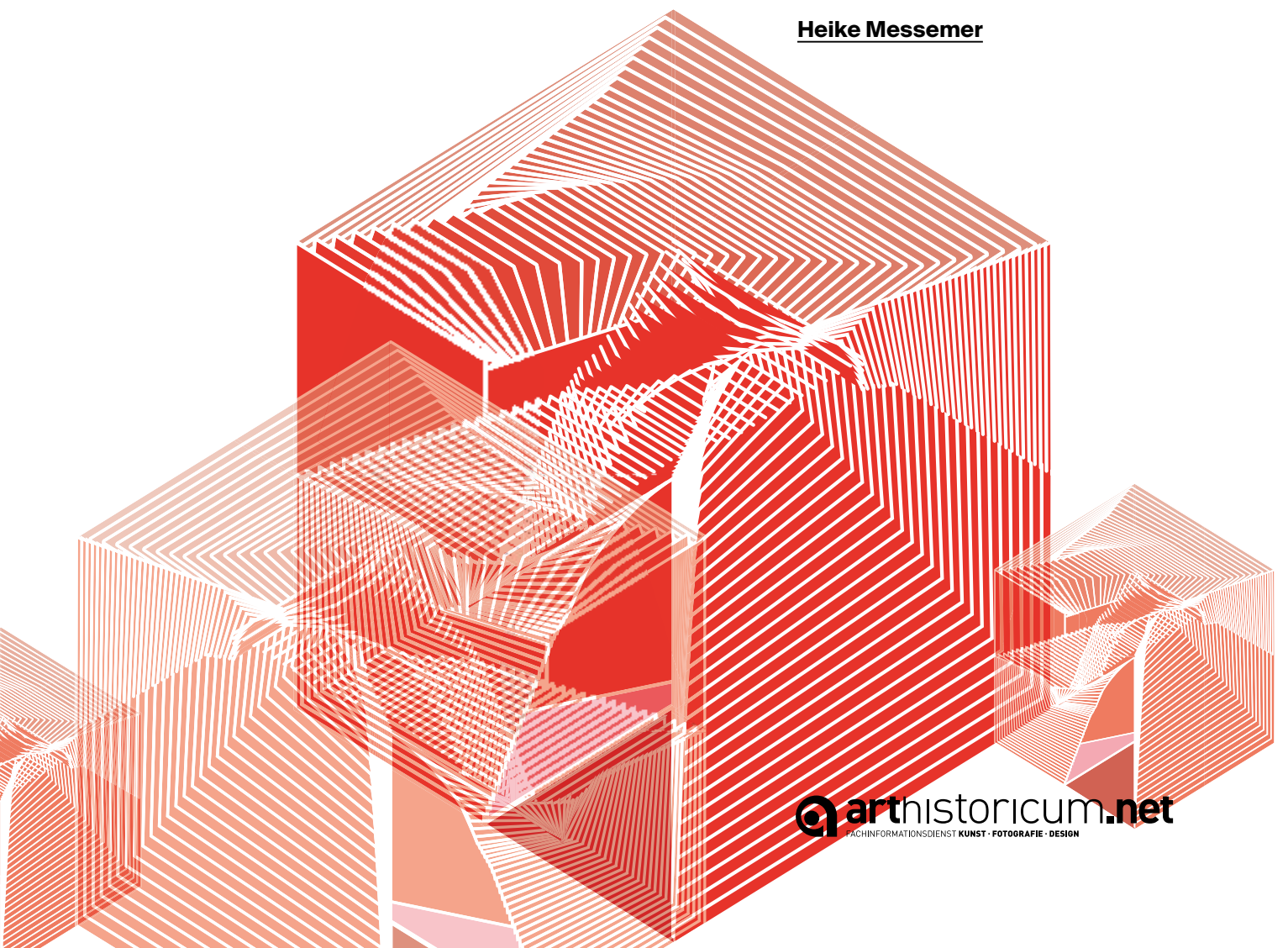


Digitale 3D-Modelle historischer Architektur

→ Entwicklung, Potentiale
und Analyse eines neuen
Bildmediums aus kunst-
historischer Perspektive

Heike Messemer



Digitale 3D-Modelle historischer Architektur



Band 3

Computing in Art and Architecture

→ Eine Buchreihe des Arbeitskreises
Digitale Kunstgeschichte und der
Arbeitsgruppe Digitale Rekonstruktion

Herausgegeben von Piotr Kuroczyński, Peter Bell,
Lisa Dieckmann, Stephan Hoppe und Sander Münster

Digitale 3D-Modelle historischer Architektur

→ Entwicklung, Potentiale und Analyse
eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive

Heike Messemer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.



Dieses Werk ist unter der Creative Commons-Lizenz 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0) veröffentlicht. Die Umschlaggestaltung unterliegt der Creative-Commons-Lizenz CC BY-NC-ND 4.0.



FACHINFORMATIONSDIENST KUNST · FOTOGRAFIE · DESIGN

Publiziert bei arthistoricum.net, Universitätsbibliothek Heidelberg

2020. Die Online-Version dieser Publikation ist auf

www.arthistoricum.net dauerhaft frei verfügbar (Open Access).

urn: urn:nbn:de:bsz:16-ahn-artbook-516-7

doi: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

Text © 2020. Das Copyright des Texts liegt bei der Verfasserin.

Die vorliegende Arbeit entstand als Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Gestalterisches Konzept

Yvonne Kümmel

Gestaltung | Satz

Heike Messemer

Coverdesign

Silke Messemer

Reinzeichnung

Michael Sherman

Korrektorat

Melanie Zumbansen

ISSN 2626-9538 (Print)

ISSN 2626-9546 (Online)

ISBN 978-3-947449-71-2 (PDF)

ISBN 978-3-947449-72-9 (Softcover)

Inhaltsverzeichnis

	Dank	→ 009
Kapitel 1	Einleitung	→ 011
1.1	Begriffsdefinitionen und Eingrenzung des Untersuchungsgegenstands systematisch und historisch	→ 017
1.2	Aktualität und Potentiale	→ 023
1.3	Forschungsstand und Desiderate	→ 029
1.4	Ziele, Methoden und Aufbau der Arbeit	→ 045
Kapitel 2	Die 1960er- und 1970er-Jahre – Ursprünge	→ 051
Kapitel 3	Die 1980er-Jahre – Initiierung	→ 063
3.1	Frühe Initiativen – Vom Präsentationsmedium zum Forschungswerkzeug	→ 065
3.2	Old Minster, Winchester (IBM UK Scientific Centre, 1984–1986)	→ 091
3.3	Cluny III (asb baudat, 1989)	→ 125
3.4	Erste 3D-Modelle historischer Architektur – Dominanz der Archäologie	→ 159
Kapitel 4	Die 1990er-Jahre – Institutionalisierung	→ 163
4.1	Anstieg an 3D-Projekten und das Potential von 3D-Modellen zum Forschungswerkzeug	→ 165
4.2	Spätgotischer Kirchenchor (IWR, Universität Heidelberg, 1992)	→ 193
4.3	Dresdner Frauenkirche (IBM u. a., 1993)	→ 233

4.4	Festspielhaus Hellerau (University of Warwick/atelier4d Architekten/ King's College London, um 1994/1996–2012)	→ 261
4.5	Neue Technologien als Katalysatoren	→ 297
Kapitel 5	Um das Jahr 2000 – Verstetigung	→ 299
5.1	Zunehmende Professionalisierung und Entstehung von Langzeitprojekten	→ 301
5.2	Santa Maria Maggiore, Rom (UCLA u. a., 1998–2000)	→ 331
5.3	Synagoge in der Glockengasse, Köln (TU Darmstadt, um 1998)	→ 367
5.4	Synagoge Neudeggasse, Wien (TU Wien, 1998)	→ 403
5.5	Auftakt zur Diskussion	→ 443
Kapitel 6	Die 2000er-Jahre bis heute – Etablierung	→ 445
6.1	Tendenzen – Gegenwärtig und zukünftig	→ 447
6.2	Eröffnung von Diskursen – Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses, Langzeitarchivierung	→ 469
6.3	Kölner Dom (Lengyel Toulouse Architekten, 2009–2010)	→ 521
6.4	Offene Potentiale	→ 561
Kapitel 7	Analyse und kritische Reflexion – Digitale 3D-Modelle historischer Architektur im Vergleich	→ 563
7.1	Der Untersuchungsgegenstand – Themen, Entstehungskontexte von 3D-Rekonstruktionen und Rezeption	→ 565
7.2	Die Bilder – Technische Voraussetzungen, ästhetischer Eindruck, Darstellungsweise und Erkenntnisgewinn	→ 573
7.3	Visuelle Vielfalt und gestalterische Abhängigkeiten	→ 589
Kapitel 8	Zusammenfassung und Ausblick – Potentiale für die kunsthistorische Forschung	→ 595

Appendix 1	Kurzinformationen zu 3D-Projekten	→ 609
	1. Old Minster, Winchester (1984–1986)	→ 611
	2. Cluny III (1989)	→ 615
	3. Spätgotischer Kirchenchor (1992)	→ 617
	4. Dresdner Frauenkirche (1993)	→ 621
	5. Festspielhaus Hellerau (um 1994/1996–2012)	→ 623
	6. Santa Maria Maggiore, Rom (1998–2000)	→ 627
	7. Synagoge in der Glockengasse, Köln (ca. 1998)	→ 629
	8. Synagoge Neudeggergasse, Wien (1998)	→ 633
	9. Kölner Dom (2009–2010)	→ 637
Appendix 2	Experteninterviews	→ 639
	1. Interview mit Andy Walter	→ 641
	2. Interview mit Dr. Paul Reilly	→ 653
	3. Interview mit Dr. Norbert Quien	→ 657
	4. Interview mit Prof. Dr. Richard Beacham	→ 663
	5. Interview mit Prof. Dr. Bernard Frischer	→ 669
	6. Interview mit Dr.-Ing. Marc Grellert	→ 675
	7. Interview mit Prof. Dr. Bob Martens	→ 683
	8. Interview mit Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel	→ 689
	9. Interview mit Andreas Lange	→ 695
Appendix 3	Verzeichnisse	→ 701
	Bibliografie	→ 703
	Abbildungsnachweis	→ 735

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

Dank

Für die inspirierende und stets wohlwollende Unterstützung und Förderung meiner Dissertation möchte ich mich bei meinem Doktorvater, Prof. Dr. Stephan Hoppe, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), sehr herzlich bedanken. Von ihm stammt der Vorschlag zum Untersuchungsthema.

Dem Korreferenten, Prof. Dr. Hubertus Kohle, LMU München, und meiner Drittprüferin, Dr. Karin Guminski, Akademische Oberrätin, LMU München, danke ich sehr herzlich für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse und Engagement.

Die vorliegende Arbeit entstand am Institut für Kunstgeschichte der LMU München, an dem die beiden Professoren Hubertus Kohle und Stephan Hoppe einen Schwerpunkt für Digitale Kunstgeschichte eingerichtet haben. Hier hatte ich auch Gelegenheit, an den von Dr. Harald Klinke organisierten Gesprächsrunden der Arbeitsgruppe Digitale Kunstgeschichte teilzunehmen, wofür ich mich sehr herzlich bedanken möchte.

Meinen herzlichen Dank möchte ich weiterhin nachdrücklich meinen Interviewpartnern sowie weiteren Experten aussprechen, die mir persönliche Einblicke in ihre Arbeit gaben und mir großzügig zahlreiche Materialien zur Verfügung stellten: Prof. Dr. Richard Beacham, Prof. Martin Biddle CBE, FBA, Prof. Dr. Sible De Blaauw, Dr. Brian Collins, Prof. Dr. Bernard Frischer, Dr.-Ing. Marc Grellert, Andreas Lange, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel, Prof. Dr. Bob Martens, Dr.-Ing. Mieke Pfarr-Harfst, Daniel Pletinckx, Dr. Norbert Quien, Dr. Paul Reilly und Andy Walter.

Mein Dank gilt auch jenen, die mich durch wichtige Informationen und dem Zurverfügungstellen von Bildern und Materialien großzügig unterstützt haben: Virginie Goutayer, Centre des monuments nationaux; Mark Perry, Peter Short und Julian Gerry von IBM Hursley Park; Prof. Philip Beesley, University of Waterloo.

Ein großer Dank gilt auch meinem ehemaligen Arbeitgeber Georg Laue, dem Inhaber der Galerie Kunstkammer Georg Laue, und meiner ehemaligen Arbeitskollegin Dr. Virginie Spenlé, der Galeriedirektorin, die mich stets wohlwollend und tatkräftig unterstützt haben.

Sehr herzlich bedanken möchte ich mich bei Melanie Zumbansen für ihren unermüdlichen und kritischen Blick, ihre konstruktiven Korrekturen und Anregungen.

Mein Dank gilt auch Michael Sherman und Yvonne Kümmel für die hilfreichen Hinweise zum Layouten dieser Arbeit.

Für inspirierende Anregungen und Gespräche möchte ich mich herzlich bedanken bei Prof. Dr. Sander Münster, Prof. Dr.-Ing. Piotr Kuroczyński, Assoc. Prof. Dr. Maximilian Schich und Prof. Dr. Andres Lepik.

Einen sehr herzlichen Dank für die offenen Ohren und kritischen Fragen sowie die inspirierenden Gespräche widme ich meinen Freunden Martin Höppl und Andreas Hornig.

Ganz besonders herzlich möchte ich mich vor allem bei meiner Familie, meinen Eltern, meiner Schwester Silke, meiner Patentante Margarete, meinem Onkel Friedrich sowie meinem Partner Gunnar bedanken, die mir immer zur Seite gestanden haben und mich größtmöglich unterstützten. Ohne sie hätte ich diese Arbeit nicht schreiben können. Ihnen widme ich diese Arbeit.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

Kapitel 1

→ Einleitung

■ 01

Ephemerides sive Diarium. Erster Teil: 10. April 1594 – 9. Mai 1604. Wolfenbüttel, Herzog August Bibliothek, Cod. Guelf. 42. 19 Aug. 2^o Transkription: Maria von Katte, zit. nach: Sauerländer 2008, S. 365–367, hier: S. 367.

■ 02

Lund, Universitätsbibliothek, Mikr. B. Fol. 1, Bl. 206a–211a. Abdruck nach Bolte 1890, S. 424, zit. nach: Sauerländer 2008, S. 369–370, hier: S. 370.

■ 03

Kurtze vertrewliche Relation, wie ich Philippus Hainhofer Burger in Augspurg, meine Rayß, nacher Eystatt und München verrichtet habe, und wie sich die Correspondentz, zwischen den füstlichen Häusern, Bayrn und Pommern angefangen hat. Anno MDCXI. Innsbruck, Universitätsbibliothek, Co. 581, fol. 109r–124r, hier: 109r–124r. Transkription: Peter u. Dorothea Diemer, zit. nach: Sauerländer 2008, S. 370–377, hier: S. 376.

»Etliche stette in grundt gelegtt, gar artig in holtz geschnitten.« **01**

Hferzog August d. J. von Braunschweig und Lüneburg,
Besuch der Münchner Kunstkammer, 22. Oktober 1598

»[...] die vornembsten Städte in Beyern aus holtz klein geschnitten, wie sie an sich fein mit gaßen, heyßeren undt festungen [...]« **02**

Herzog Julius Philipp von Pommern-Wolgast,
Besuch der Münchner Kunstkammer, 26. August 1603

»Auf zwen grossen tischen, etliche von holtz di rileo inn grund gelegte Stätt, als Ingolstatt, Landshutt, München, Jerusalem, vnd andere.« **03**

Kunstagent Philipp Hainhofer,
Besuch der Münchner Kunstkammer, 23. bis 25. Mai 1611

Einen beeindruckend neuen, ungewohnten Blick auf vertraute Städte, der unmittelbar und distanziert zugleich ist, boten im 16. Jahrhundert aus Holz gefertigte Architekturmodelle für den zeitgenössischen Betrachter in der Münchner Kunstkammer und ähnlichen Sammlungsinstitutionen. Hinterhöfe, enge Gassen, zentrale und abgelegene Plätze ließen sich aus der Vogelschau genau besichtigen, bauliche Bezüge, Sichtachsen und räumliche Zusammenhänge ergaben sich beim näheren Studieren. Der Perspektivwechsel, vom Durchschreiten der Städte auf Augenhöhe bis hin zum »Überfliegen« der gewachsenen urbanen Architektur, ermöglichte nun eine Position einzunehmen, die einen Überblick bot, Strukturen verdeutlichte und neue Erkenntnisse über eine vermeintlich vertraute Umgebung generierte. Von Faszination und Begeisterung zeugen die von den Besuchern der Münchner Kunstkammer im 16./17. Jahrhundert verfassten Berichte über die von Jakob Sandtner gefertigten Stadtmodelle.

Ebenso eindrucksvoll sind die seit den frühen 1980er-Jahren realisierten digitalen 3D-Modelle historischer Architektur. Denn diese lassen nicht nur existierende Bauwerke in teils fotorealistischer Weise betrachten, sondern auch längst zerstörte oder nie gebaute Architektur. Es entsteht eine computergenerierte virtuelle Welt, die auch ein immersives Eintauchen des Betrachters erlaubt.

■ 04

Zur Idee der »Bavaria Illustrata« vgl.: Reitzenstein 1967, S. 6 (Einleitung); Messemer 2011, S. 39–55.

■ 05

Zu Jakob Sandtners Stadtmodellen und insbes. der Art und Weise wie er eine Stadt im Modell darstellte vgl.: Messemer 2015, insbes. S. 183 u. S. 197–198; Messemer 2011, insbes. S. 1–3 u. S. 6–7. Zur Aufstellung der Modelle in der Münchner Kunstammer vgl.: Seelig 2008, insbes. S. 30, S. 41 u. S. 47.

In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts hatte Herzog Albrecht V. von Bayern den Drechslermeister Sandtner damit beauftragt, wichtige Städte seines Herrschaftsbereichs im Modell abzubilden. **04** Er strebte nach einer Art **Bavaria Illustrata**, einer Visualisierung seines Herrschaftsterritoriums in Form von Karten, Veduten und eben auch haptischen Modellen. **05** Heute erarbeiten Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen digitale 3D-Modelle von historischer Architektur, um damit bestimmten Forschungsfragen nachzugehen und Hypothesen zu überprüfen. Museen und Dokumentarfilmer beauftragen auf computertechnische Rekonstruktionen spezialisierte Experten, bestimmte Sachverhalte in kurzen Videos darzustellen, um sie einem breiten Publikum zu präsentieren. Das durch die 3D-Modellierung gewonnene Wissen soll weitergegeben und diskutiert werden. Architekturmodelle, ob haptisch oder digital, stellen das abgebildete Objekt in den Mittelpunkt, fokussieren sich ganz auf dessen Visualisierung, die es neu wahrnehmen lassen.

Wie schon Sandtner Vereinfachungen der Gestalt von Stadtplätzen und Häusern als eine Art Stilmittel einsetzte, so arbeiten auch heute Wissenschaftler mit Reduktionen in 3D-Modellen, indem sie beispielsweise den Fokus auf die reine Geometrie und Gesamtform legen, um eine bestimmte Hypothese zu visualisieren. Die farbliche Abstraktion auf Grautöne kann wesentliche Elemente in den Vordergrund stellen, wohingegen eine fotorealistische Bildlichkeit eine überwältigend reale Anmutung zu erzeugen vermag. In den Sandtnerischen Modellen lenken überhöht dargestellte Stadt- und Kirchtürme den Blick auf das Wesentliche, den damaligen Mittelpunkt urbanen Lebens. So können auch heute Wissenschaftler durch visuelle Betonungen den Betrachter auf bestimmte Sachverhalte gezielt aufmerksam machen. In virtuellen Flügen kann sein Blick an wichtige Details herangeführt werden, interaktiv angelegte 3D-Modelle lassen ihn eigenständig die rekonstruierte Architektur entdecken.

Im Gegensatz zu den hölzernen Stadtmodellen, deren Erforschung eine lange Tradition in der Kunstgeschichte aufweist, hat das Fach Kunstgeschichte digitale 3D-Modelle bislang noch nicht als Untersuchungsgegenstand wahrgenommen und ihr Potential, als Forschungswerkzeug zu dienen noch nicht erkannt und entsprechend eingesetzt. Wissenschaftlich erstellte digitale 3D-Modelle von historischer Architektur können als komplexe Wissensträger verstanden werden. Eine Analyse der aus ihnen generierten Bildwerke (Rendering, Filmstill) kann Erkenntnisse über die dargestellten Bauwerke einerseits und über visuelle Darstellungsstrategien andererseits hervorbringen. Zudem können digitale Modelle als Forschungswerkzeug die kunsthistorische Methodik erweitern, um insbesondere Fragen zu Raum, Perspektive, Baugeschichte, räumlicher Kontextualisierung oder Wahrnehmung zu bearbeiten.

Digitalen wie haptischen Modellen wohnt eine immense Fülle an Informationen inne – sowohl implizit anhand zugrundeliegender Quellen, die die (Re-)Konstruktion erst ermöglichten (selbst Sandtner muss auf Vermessungen von Bauten und Straßen zurückgegriffen haben), als auch explizit, in Form der dargestellten Details. Es gilt das visualisierte Wissen begreifbar zu machen, dem Betrachter zu vermitteln und damit Erkenntnis zu generieren.

Digitale Architekturmodelle eröffnen hier eine neue Dimension, eine neue Perspektive auf bekannte, bedrohte oder noch nie visualisierte Bauwerke. Neue Forschungsfragen ergeben sich und ein neuer Untersuchungsgegenstand für

die kunsthistorische Forschung entsteht, den es wahrzunehmen und zu untersuchen gilt.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, aus kunsthistorischer Perspektive digitale 3D-Modelle historischer Architektur zu analysieren und historisch zu kontextualisieren sowie ihr Potential, dem Fach als Forschungswerkzeug dienen zu können, zu diskutieren.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

1.1 Begriffsdefinitionen und Eingrenzung des Untersuchungsgegenstands systematisch und historisch

■ 06

Der Architekt Marc Grellert äußerte in seiner Dissertation eine etwas enger geführte Definition: »Unter 3D-Computer-Rekonstruktion ist die Nachbildung nicht mehr vorhandener oder stark veränderter Bauwerke und Stadtanlagen im Computer in Form eines dreidimensionalen Modells zu verstehen.« Zit. aus: Grellert 2007, S. 162. Die Architektin Mieke Pfarr-Harfst verwendet in ihrer Dissertation den Begriff »Digitale Rekonstruktion«, den sie als Vereinheitlichung verschiedener Termini versteht. Vgl. Pfarr 2010, S. 7. Zum Begriff »Rekonstruktion« in der Architektur und in Abgrenzung zu »Wiederaufbau« vgl.: Assmann 2010, S. 16–23. Der Literatur- und Kulturwissenschaftlerin Assmann zufolge »bezieht sich ›Rekonstruktion‹ auf die Wiederherstellung eines verlorenen Originals nach Bild-, Schrift- oder Sachquellen«, eine Definition, die auch auf digitale Rekonstruktionen anwendbar ist. Zit. aus: ebd., S. 16. Bisher gibt es noch kein einheitliches Vokabular zu digitalen Architekturmodellen. Begriffe wie 3D-Modell, Visualisierung, CAD-Modell, Rekonstruktion, Simulation o. ä. und ihre englischen Entsprechungen werden in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Vgl. dazu Favro 2006 (In the eyes of the beholder), S. 321–334, hier: S. 322; Münster 2014, S. 109–110. Der Anschaulichkeit halber sowie zur Vermeidung von Wiederholungen werden in diesem Text die Begriffe digitales Modell und digitale Architekturvisualisierung synonym verwendet.

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind digitale 3D-Modelle historischer Architektur, die im wissenschaftlichen Kontext realisiert wurden. Gemeint sind hier am Computer generierte dreidimensionale Rekonstruktionen von Gebäuden, die entweder vollständig, nur noch in Teilen (z. B. Ruinen, Ausgrabungsbefunde) oder überhaupt nicht mehr existieren oder noch nie errichtet worden sind. **06** Letzteres meint weniger aktuelle Neubauprojekte (also in den vergangenen rund 20 Jahren errichtete Architektur), die explizit aus der Untersuchung ausgeschlossen sind, sondern solche Bauwerke, deren Entwurf vorliegt, jedoch nie in die Realität umgesetzt wurde. Auch für diesen Fall kann der Begriff Rekonstruktion herangezogen werden, denn etymologisch abgeleitet vom französischen *reconstruction*, bedeutet er »Wiederherstellung, Nachbildung, Wiedergabe« **07** und schließt somit die hier genannten Kontexte ein. **08** Einzig Computerspiele, in denen einzelne historische Bauten oder ganze Städte nach realen Vorbildern widergegeben werden, sind nicht Teil der Arbeit, da diese nicht primär wissenschaftlich erarbeitet und damit in der Regel nicht erkenntnisgetrieben erstellt wurden. **09**

Unter 3D-Modell wird in der vorliegenden Arbeit eine dreidimensionale Repräsentation eines Objekts, genauer gesagt einer Architektur (und ihrer Umgebung), verstanden. Etymologisch stammt der Begriff Modell vom lateinischen *modulus* mit der Bedeutung »Maß« und speziell im architektonischen Kontext »Maßstab, Grundmaß«. **10** In der italienischen Renaissance etablierte sich schließlich der Begriff *modello* für eine proportional verkleinerte Architektur, die als »Demonstrationsmedium« **11** zur Anschauung von Ideen gegenüber Auftraggebern diente oder auch als Entwurfsmedium fungierte. **12** Ähnliche Anwendungsfelder lassen sich heute auch für ein 3D-Modell identifizieren. So wird es als Präsentationsmedium und Forschungswerkzeug verwendet und dient damit der Diskussion, wie in Teil 2 ausführlich dargelegt wird.

Nach dem Mathematiker Bernd Mahr zeichnet sich ein Modell folgendermaßen aus: »Einem Modell liegt immer etwas zugrunde, wovon es ein Modell ist, d. h. von dem ausgehend oder auf das Bezug nehmend es hergestellt oder gewählt wurde [...]. Zweck der Herstellung oder Wahl eines Modells ist sein Gebrauch.« **13** Dementsprechend sind zentrale Fragen dieser Arbeit, auf wel-

■ 07

Vgl. »Rekonstruktion«, in: Pfeifer et al. 1993, online abrufbar unter: <https://www.dwds.de/wb/Rekonstruktion>.

■ 08

Die Verwendung des Begriffs »Rekonstruktion« in der Fachliteratur ist keineswegs einheitlich. So führt z. B. die Architekturohistorikerin Diane Favro folgende Definitionen für ihre Untersuchung ein: »For the sake of clarity, I will use »re-creation« to refer to secondary visualizations, and »reconstruction« to refer to on-site rebuilding using archaeological material. The lack of pan-disciplinary consensus regarding these terms, as well as others (restoration, preservation, simulation, replica), complicates and confuses work in this field.« Zit. aus: Favro 2006 (In the eyes of the beholder), S. 322.

■ 09

Zur Bildlichkeit und Medialität von Computerspielen wird aus verschiedenen Perspektiven geforscht: Gardner 2007, S. 255–272; Hensel 2011, S. 282–293; Bonner 2014.

■ 10

Vgl. »digital«, in: Pfeifer et al. 1993, online abrufbar unter: <https://www.dwds.de/wb/digital>.

■ 11

Lepik 1995, S. 12.

■ 12

Vgl. Ebd.; Mahr 2015, S. 330.

■ 13

Mahr 2015, S. 331.

■ 14

Für frühe Einführungen zum Thema CAD bzw. CAAD (Computer-aided architectural design) vgl. beispielsweise: Mitchell 1977; Spur/Krause 1984.

■ 15

Vgl. Münster 2014, S. 33.

■ 16

Vgl. Remondino et al. 2009; Steffen 2016, S. 99–104.

chen Quellen und damit verbundenen Entscheidungen im Erstellungsprozess ein 3D-Modell basiert und für welchen Zweck bzw. mit welchem Ziel es realisiert wurde.

Die zeitliche Spanne der für diese Untersuchung ausgewählten digital rekonstruierten Architektur umfasst eine aus kunsthistorischer Perspektive relevante Zeitspanne von frühchristlichen Bauten bis hin zu Gebäuden des 20. Jahrhunderts. Da vor allem in der Frühphase digitaler Rekonstruktion häufig antike Bauten in 3D-Modellen dargestellt wurden, finden sie hier ebenfalls Erwähnung, werden aber weniger umfassend untersucht als Bauwerke des genannten Zeitraums.

Erstellt werden digitale 3D-Modelle mittels spezieller Software, wie beispielsweise Computer Aided Design-Programmen (CAD), auf Basis von Daten, die u. a. aus historischen Bild- und Textquellen stammen. ¹⁴ Dieses Verfahren wird vor allem dann angewendet, wenn die Architektur, die digital dargestellt werden soll, kaum oder gar nicht mehr vorhanden ist. Bei noch existierenden Gebäuden kommen mit der Weiterentwicklung der Technik häufig bestimmte Verfahren zur maschinellen Erfassung der Messdaten zum Einsatz, wie Fotogrammetrie und Laserscanning: ¹⁵ Bei Ersterem erzeugen spezielle Kameras exakte Fotografien des Objekts, bei Letzterem wird die vorhandene Architektur von Lasern abgetastet. ¹⁶ So werden Daten generiert, um eine digitale dreidimensionale Kopie erstellen zu können. Damit handelt es sich zwar um ein digitales Modell, jedoch nicht um eine Rekonstruktion. Vielmehr spricht man in diesem Fall von einer **Simulation**, also einer Nachbildung, Nachahmung der Wirklichkeit. ¹⁷ Ferner kann sie auch eine mögliche Zukunft darstellen. ¹⁸ Je nachdem welche Ausgangssituation vorliegt (noch oder nicht mehr existierende Architektur) und welches Ziel mit dem Modell verfolgt wird (z. B. Darstellung der Baugeschichte, Visualisierung eines nicht mehr existierenden Bauzustands, räumliche Kontextualisierung eines Gebäudes), bieten sich diese Verfahren – auch in Kombination – zur Erstellung von 3D-Modellen an. Im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen Projekte, die mit CAD-Software erstellt wurden, da es sich dabei explizit um **rekonstruierte** Architektur handelt.

Aufgrund der zuvor beschriebenen technischen Verfahrensweisen handelt es sich um **digitale** Modelle, die also am Computer in bestimmten Rechenprozessen erstellt wurden, in Abgrenzung zu **haptischen** Modellen, die **mechanisch** gefertigt werden. Der Begriff **virtuell** kann in diesem Zusammenhang nicht ohne weiteres als Synonym zu **digital** verwendet werden, denn er bezieht sich nicht auf die technische Erstellungsweise, sondern auf eine Metaebene, die beschreibt, inwiefern es sich um eine **echt erscheinende** Wirklichkeit handelt. ¹⁹ Dementsprechend kann unter einem virtuellen Modell auch ein Gedankengebilde verstanden werden. ²⁰ Daher ist eine klare Unterscheidung in der Verwendung der beiden Begriffe notwendig, je nachdem, was jeweils über das zu beschreibende Objekt ausgesagt werden soll.

In Fachpublikationen findet sich eine Vielzahl an Begriffen, die allesamt um die digitale 3D-Rekonstruktion kreisen und deutlich machen, dass es keinen einheitlichen, disziplinübergreifenden Terminus gibt. Vielmehr koexistieren in unterschiedlichen Fachdisziplinen mehrere Begrifflichkeiten wie beispielsweise **3D-Computer-Rekonstruktion**, **Digitale Rekonstruktion**, **Virtual Reality model**, **virtual reconstruction** und **3D (archaeological) model**. ²¹ In der vorliegenden

■ 17

Der Begriff »Simulation« leitet sich vom lateinischen »simulare« ab mit der Bedeutung »ähnlich machen, nachahmen, zum Schein äußern oder vorgeben, sich stellen als ob«, und fand in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts Eingang in die Wissenschaftssprache mit der Bedeutung »technische Vorgänge oder Naturprozesse wirklichkeitsgetreu (im Modell) nachbilden«. Vgl. »simulieren«, in: Pfeifer et al. 1993, online abrufbar unter: <https://www.dwds.de/wb/simulieren>. Dementsprechend kann eine Simulation auch einen zeitlichen Ablauf darstellen.

■ 18

Der Kunsthistoriker Hubertus Kohle trennt in seinem 2017 erschienenen Beitrag »Digitale Rekonstruktion und Simulation« die beiden Begriffe klar voneinander, indem er der Simulation zuschreibt etwas zu zeigen »wie es einmal hätte gewesen sein können«. Zit. aus: Kohle 2017, S. 315. Allerdings vermag dies auch eine Rekonstruktion zu leisten, die einen historischen Zustand als Hypothese wiedergibt und ggf. noch weitere mögliche Alternativen anbietet.

■ 19

Der Begriff »digital« etablierte sich im 20. Jahrhundert, abstammend vom englischen »digital«, »in Stufen erfolgend, in Ziffern darstellend«, sowie vom ebenfalls englischen »digit«, »zum Zählen benutzter Finger«, wobei der lateinische Begriff »digitalis«, also »zum Finger gehörig« zugrunde liegt. Vgl.: »digital«, in: Pfeifer et al. 1993, online abrufbar unter: <https://www.dwds.de/wb/digital>. Hingegen entlehnt sich der Begriff »virtuell«, »möglich, gedacht, als Kraft vorhanden ohne Wirksamkeit«, im 19. Jahrhundert vom gleichbedeutenden französischen »virtuel«, das wiederum auf das mittellateinische Wort »virtualis«, »eine gelehrte scholastische Bildung«, zurückgeht. Vgl.: »virtuell«, in: Pfeifer et al. 1993, online abrufbar unter: <https://www.dwds.de/wb/virtuell>.

■ 20

Vgl. Mahr 2015, S. 330.

Arbeit werden die Begriffe digitales 3D-Modell und digitale 3D-Rekonstruktion verwendet, da diese einerseits den Bezug zur Erstellungstechnik (digital) sowie den räumlichen Charakter der Darstellung (dreidimensional) verdeutlichen und andererseits auf den Abbildungscharakter eines haptischen Architekturmodells verweisen bzw. auf die Tatsache, dass ein Objekt rekonstruiert wurde. So kann je nach Bedeutungskontext und Schwerpunktsetzung auch eines der beiden Attribute digital oder 3D weggelassen werden.

Zu unterscheiden sind ferner Anwendungen der Virtuellen Realität (VR) und der Augmented Reality (AR), wobei VR laut Marco Hemmerling und Anke Tiggemann folgendermaßen definiert wird:

»Als virtuelle Realität, englisch **virtual reality**, bezeichnet man die Simulation der Wirklichkeit in einer computergenerierten, interaktiven künstlichen Umgebung, die in Echtzeit erfahren wird. Echtzeit, englisch **realtime**, bezieht sich dabei auf eine Zeitwahrnehmung, wie sie in der realen Welt existiert.« ²²

In Abgrenzung dazu meint AR eine sogenannte **erweiterte** Realität, die mithilfe mobiler Endgeräte wie Smartphones oder Tablet-Computern erzeugt werden kann: ²³ Bestimmte Applikationen (Apps) ermöglichen es, auf dem Display in die über die eingebaute Kamera wiedergegebene reale Umgebung digitale erzeugte Objekte, Texte und Ähnliches einzublenden. Hierbei vermischt sich die tatsächliche Realität mit virtuellen, echt erscheinenden Inhalten. Immersive VR- oder AR-Erlebnisse können beispielsweise mittels Head-Mounted-Displays (HMD), am Kopf getragenen Geräten, erzeugt werden. ²⁴ Auf das wohl erste televirtuelle, also über eine Internetverbindung erzeugte, Treffen wird in **Kapitel 3.3** (→ 125) eingegangen. ²⁵

Das Erscheinungsbild der im 3D-Modell dargestellten Bauwerke kann sehr stark variieren in Abhängigkeit der technischen Möglichkeiten (Speicherkapazität, Rechenleistung) sowie folgenden Parametern und dem jeweiligen, daran gestellten Anspruch: Einsatz von Farben, Texturen und Beleuchtung, mögliche Integration eines größeren räumlichen Zusammenhangs (wie bauliche und landschaftliche Umgebung), Einbinden von Informationsquellen. Diese beeinflussen die ästhetische Gestaltung sowie die inhaltliche Aussage der Visualisierung und letztendlich auch die Wirkung auf den Betrachter. Mit Texturen sind Oberflächenstrukturen gemeint, die entweder am Computer manuell erstellt, beziehungsweise aus Vorlagen der verwendeten Software ausgewählt oder als Fotografien eingefügt werden können. ²⁶ Sie geben bestimmte Materialien oder ganze Objekte visuell wieder und werden auf ein Geometriemodell appliziert.

Digitale 3D-Modelle können in unterschiedlicher Weise computertechnisch ausgegeben und in verschiedenen Formen einer Öffentlichkeit präsentiert werden. Grundsätzlich ist es möglich Renderings der rekonstruierten Architektur zu erstellen. ²⁷ Dabei handelt es sich um Bilder, die eine bestimmte Ansicht des Bauwerks – mit oder ohne Umgebung – mit einer Vielzahl an festzulegenden Gegebenheiten (Perspektive, Bildausschnitt, Lichtsimulation, Oberflächendar-

■ 21

Vgl. die in der Reihenfolge der genannten Begriffe zugehörigen Publikationen: Grellert 2007, S. 162; Pfarr 2010, S. 7; Favro 2006 (In the eyes of the beholder); Hermon 2008; Frischer 2008 (Introduction), S. vi.

■ 22

Hemmerling/Tiggemann 2010, S. 201. Einen Überblick zur Entstehung der VR-Technik und deren Einsatz bieten folgende Publikationen in kurzer bzw. ausführlicher Weise: ebd., S. 201–202; Grau 2000; Hale, Kelly/Stanney/Badcock 2014.

■ 23

Vgl. Furht 2011.

■ 24

Vgl. Hua/Brown/Zhang 2011, S. 123–124.

■ 25

Weitere VR- und AR-Projekte werden in den Kapitel 4.1 (→ 165) und Kapitel 6.1 (→ 447) vorgestellt.

■ 26

Vgl. Pieper 1994, S. 57; Münster 2014, S. 109–110.

■ 27

Vgl. Münster 2014, S. 110.

■ 28

Frings 2001, S. 20.

■ 29

Vgl. Roth 1982; Greenberg 1991; Hemmerling/Tiggemann 2010, S. 110. Zur Anwendung von »Raytracing« in einem konkreten Beispiel vgl.: Appendix 2.3 (→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 6.

■ 30

Zur Funktionsweise der virtuellen Kamera vgl.: Parche 2008, S. 56–57, online abrufbar unter: https://mg.inf.tu-dresden.de/sites/mg.inf.tu-dresden.de/files/2008_Diplomarbeit_Parche_0.pdf.

■ 31

Vgl. Pieper 1994, S. 3 u. S. 57–60.

■ 32

Vgl. Hemmerling/Tiggemann 2010, S. 114.

stellung) wiedergeben. In den Worten des Kunsthistorikers Marcus Frings sind dies »wissenschaftlich aufgeladene Bilder historischer Architektur« ²⁸. Sie werden vom Computer mittels Verfahren wie Raycasting, Radiosity, Raytracing, Global Illumination, Shading gerechnet, um als digitale Datei abgespeichert werden zu können. ²⁹

Um die Räumlichkeit eines am Computer rekonstruierten Bauwerks zu zeigen, kann eine virtuelle Kamera einen Rundgang auf Augenhöhe eines Spaziergängers bzw. einen Rundflug mit Ansichten aus jeder erdenklichen Perspektive wiedergeben. ³⁰ Anhand zuvor festgelegter Punkte oder Pfade wird sodann eine virtuelle Tour durch ein 3D-Modell als Computeranimation oder kurz als Animation erstellt. ³¹ In diesem technischen Kontext wird Animation also nicht als filmisches Mittel verstanden, das ein unbewegtes Objekt im Sinne eines Trickfilms zum ›Laufen‹ bringt, sondern als Montage von Einzelbildern, die in ihrer Abfolge eine Bewegung durch einen Raum wiedergeben. ³² In interaktiven oder auch immersiven Anwendungen hingegen kann sich ein Benutzer eigenständig durch die 3D-modellierte Architektur bewegen. Zwar umfasst dies einen größeren Bewegungsspielraum innerhalb der virtuellen Welt, jedoch ist eine solche Anwendung vor allem in Museen meist nur auf einen aktiven Nutzer ausgerichtet.

Die Möglichkeiten, eine (wissenschaftlich erstellte) Computeranimation der Wissenschaftscommunity wie auch der Öffentlichkeit zu präsentieren beziehungsweise medial zugänglich zu machen, sind vielfältig. Häufig findet sie als eigenständiger Film veröffentlicht in Form einer Installation im Museum Verwendung, als Teil eines Dokumentarfilms oder als im Internet abrufbare Datei. Eine weitere, noch relativ junge Veröffentlichungsart bieten Online-Journale mit der Einbindung von Videodateien in Aufsätze. ³³ Ansonsten werden Projektberichte, die den Rekonstruktionsvorgang beschreiben und die Ergebnisse diskutieren, von den daran beteiligten Experten meist analog veröffentlicht. Dabei handelt es sich vorwiegend um Beiträge in Zeitschriften, Konferenz- und Sammelbänden, denen nur selten auch CD-Roms oder DVDs mit Videomaterial beigelegt sind. Auf die mediale Zugänglichkeit von 3D-Projekten wird in den detaillierten Analysen ausgewählter Arbeiten in den zugehörigen Kapiteln genau eingegangen, um zu zeigen wie präsent sie für die Wissenschaftscommunity vorliegen und damit eine umfassende Rezeption überhaupt erst ermöglichen. Unter 3D-Projekt wird in der vorliegenden Arbeit ein Projekt verstanden, in dessen Zentrum die wissenschaftliche Erstellung eines digitalen 3D-Modells historischer Architektur steht.

Sofern eine Computeranimation auf einer Videokassette gespeichert ist, handelt es sich genau genommen um einen Videofilm, einen Videoclip (also einen kurzen Videofilm) oder, kurz, um ein Video. ³⁴ Allerdings hat sich im allgemeinen Sprachgebrauch für online gestellte, kürzere Filme – insbesondere wenn es sich dabei um Plattformen wie YouTube oder Vimeo handelt – der Begriff Video fest verankert. In diesen Fällen wird daher in dieser Arbeit der Begriff Video synonym zu Film verwendet, wobei explizit von Videofilm die Rede sein wird, wenn es sich bei dessen Speichermedium um eine Videokassette handelt.

■ 33

Auf diese Publikationsart wird in Kapitel 3.2 (→ 091) und Kapitel 6.2 (→ 469) genauer eingegangen.

■ 34

Vgl. »video«, in: Duden, online abrufbar unter: <https://www.duden.de/node/714272/revisions/1602878/view>.

■ 35

Vgl. Kapitel 3.3 (→ 125).

Ein digitales 3D-Modell hat nicht ein einzelnes, singuläres Erscheinungsbild, denn es handelt sich um eine räumliche Darstellung, von der per se verschiedene Ansichten existieren. Zudem kann es in verschiedenen Varianten veröffentlicht werden: Drahtmodell (engl. **wireframe model**) oder Volumenmodell (engl. **solid model**), fotorealistisch oder abstrakt, in Farbe oder Graustufen sowie aufwendiger Lichtsimulation, Staffagefiguren, urbaner/ruraler Kontext und vieles mehr. Beispielsweise ist die digitale Rekonstruktion von Cluny III in verschiedenen Variationen in der zugehörigen Buchpublikation abgebildet, die allerdings größtenteils nicht Teil des virtuellen Rundgangs im veröffentlichten Video sind. ³⁵ Zudem erfolgt die Präsentation von 3D-Modellen in unterschiedlichen Medien, ob als Video, interaktives Modell, Rendering oder VR-Anwendung. Dementsprechend kann die Rekonstruktion selbstständig aktiv erkundet oder passiv in Augenschein genommen werden. Je nachdem wie viel von der Architektur zu sehen ist, erhält der Betrachter ein vollständiges oder nur ein begrenztes Bild des dargestellten Bauwerks.

Zusammengefasst ist festzuhalten: Digitale Architekturmodelle können als Medien verstanden werden, die in einem bestimmten Kontext – sei es im Museum, Dokumentarfilm oder in wissenschaftlichen Publikationen – Informationen zu Architektur (und deren Umgebung) an wissenschaftliche Adressaten und die breite Öffentlichkeit transportieren und somit als Wissensträger fungieren. Sie kodieren Wissen, vermitteln eine Botschaft, werfen Fragen auf und können als Werkzeug zur Untersuchung des dargestellten Objekts dienen. Die hier erläuterten Implikationen und Potentiale, die die moderne Computertechnologie der Forschung zu historischer Architektur bietet, wurden von der Kunstgeschichte allerdings bislang noch nicht in umfangreichem Maße wahrgenommen.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

1.2 Aktualität und Potentiale

■ 36

Koob 2000, S. 1269.

Der Architekt Manfred Koob ³⁶, einer der Pioniere der digitalen Rekonstruktion nicht mehr existierender Architektur, äußerte sich im Jahr 2000 über das 3D-Projekt zur Klosterkirche Cluny III, das er im Jahre 1989 realisiert hatte: »Cluny III ist [...] die Fusion von bekanntem Wissen und dessen Verdichtung im Bild.« Diese Aussage gilt noch heute und kann ganz allgemein auf sämtliche 3D-Rekonstruktionsprojekte übertragen werden. Allerdings ist sie zu erweitern, um zu betonen, dass auch die Arbeit an einer 3D-Rekonstruktion neues Wissen generiert: **Eine digitale 3D-Rekonstruktion historischer Architektur ist die Fusion von bekanntem sowie im Erstellungsprozess generiertem Wissen und dessen räumlicher Verdichtung im Bild. Mit räumlich verdichtetem Wissen ist hier die Anreicherung von Informationen aus unterschiedlichen Quellen, deren Interpretation und visuelle Zusammenstellung in einem virtuellen Raum gemeint. Wie diese Wissensverdichtung im 3D-Modell und dann im daraus erstellten Bild letztendlich visualisiert sein kann, gestaltet sich je nach Zielvorstellung vollkommen verschieden und hängt von diversen technischen, inhaltlichen und auch ästhetisch motivierten Faktoren ab.**

Bei einem wissenschaftlich erzeugten digitalen 3D-Modell handelt es sich um ein komplexes Gebilde mit unterschiedlichen Funktionen und Anwendungsmöglichkeiten, die insbesondere im Bereich der Kunstgeschichte weder grundsätzlich anerkannt noch umfassend dargestellt wurden. Angesichts der Fülle an 3D-Projekten, die bereits entstanden sind, ist es nun geboten auf diese gut dreißig Jahre währende Entwicklung digitaler Rekonstruktionen zurückzublicken, um ihre Potentiale für die kunsthistorische Forschung herauszuarbeiten und für die Zukunft nutzbar zu machen: Digitale Modelle historischer Architektur stellen sowohl einen ernstzunehmenden Untersuchungsgegenstand als computergenerierte Komprimierung wissenschaftlicher Erforschung eines Bauwerks dar als auch ein gewinnbringendes Forschungswerkzeug, mit dessen Hilfe beispielsweise neue Erkenntnisse zu Funktion und Baugeschichte von Gebäuden erarbeitet werden können. Daher zielt die vorliegende Arbeit darauf ab, eine historische Kontextualisierung von bisher erfolgten 3D-Modellen historischer Architektur aus kunstgeschichtlicher Perspektive vorzunehmen als auch Anwendungsmöglichkeiten von digitalen Modellen als Forschungswerkzeuge für das Fach zu darzulegen.

Hingegen haben die Archäologie und der Fachbereich Architektur die vielfältige Relevanz digitaler Rekonstruktionen auf wissenschaftlicher Ebene

■ 37

Für umfangreiche Informationen über »CyArk« vgl. Webseite der Organisation: <http://www.cyark.org/about/>.

■ 38

Zum Projekt »Rekrei«, vormals »Project Mosul«, vgl. dessen Webseite: <https://projectmosul.org/>.

■ 39

Vgl. Clammer 2016.

■ 40

Die Konferenz »World Heritage Conference 2016« fand vom 8. bis 10. September 2016 an der Harvard University in Cambridge, Massachusetts, USA, statt unter dem Titel »A Global Approach to Reconstruction: toward consensus on international standards for monuments restoration in the face of 21st century technology«. Für weitere Informationen zur Konferenz vgl. Webseite des IDA: <http://digitalarchaeology.org.uk/annual-conference/>.

■ 41

Vgl. Clammer 2016.

■ 42

In der vorliegenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Frauen und Männer gleichermaßen.

■ 43

Insbesondere in [Kapitel 6.2](#) (→ 469) werden wesentliche Diskurse und Bemühungen zur Etablierung internationaler Richtlinien in den Blick genommen.

■ 44

Die Einrichtung von einschlägigen Institutionen, Initiativen und Arbeitsgruppen wird in [Kapitel 2](#) (→ 051) bis [Kapitel 6](#) (→ 445) in den Blick genommen. So steht in [Kapitel 4.1](#) (→ 165) die in den 1990er-Jahren zunehmende Institutionalisierung des Bereichs der digitalen Rekonstruktion im Fokus. In [Kapitel 6.1](#) (→ 447) werden insbesondere EU-Projekte vorgestellt. Ein umfassender Überblick über einschlägige Konferenzen zu 3D-Rekonstruktionen kulturellen Erbes ist zu finden in der von Sander Münster im Fachbereich Erziehungswissenschaft verfassten Dissertation: Münster 2014.

bereits seit längerem wahrgenommen und deren forschungsgetriebene Anwendung im Fach verankert. Wie sich dies im Einzelnen verhält, wird in [Kapitel 1.3](#) (→ 029) ausführlich erläutert. Aber auch auf politischer und gesellschaftlicher Ebene erfahren digitale 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur weltweit zunehmende Aufmerksamkeit und Bedeutung. In den letzten Jahren sind Stätten kulturellen Erbes vor allem im Nahen Osten zunehmend massiv von Zerstörung bedroht. Einzigartige Kulturgüter und Architektur sind bereits der Gewalt von radikalen Gruppen wie dem sogenannten Islamischen Staat (IS) zum Opfer gefallen. Daher haben es sich verschiedene Organisationen zum Ziel gesetzt, bedrohte oder bereits zerstörte Bauten und Artefakte digital zu rekonstruieren beziehungsweise zu dokumentieren und damit das Wissen darüber für die Nachwelt zu erhalten. Die international agierende Non-Profit-Organisation CyArk arbeitet beispielsweise bereits seit 2003 daran, bedrohtes kulturelles Erbe weltweit mit modernster Technologie digital zu dokumentieren, online zu sammeln und so öffentlich zugänglich zu machen. ³⁷ Unterstützt wird die Initiative weltweit durch Universitäten, Kultureinrichtungen sowie Technologiefirmen. Auch das Projekt Rekrei (Esperanto für nachbilden, engl. to recreate) hat sich dem digitalen Bewahren von zerstörtem und bedrohtem kulturellem Erbe verschrieben: ³⁸ Das Projekt setzt seit 2015 auf die digitale Rekonstruktion kulturellen Erbes durch in der Internet-Crowd gesammelte Fotos, die zu 3D-Modellen zusammengesetzt und online öffentlich zugänglich gemacht werden.

Diese Bestrebungen, kulturelles Erbe digital zu rekonstruieren, werden in der Öffentlichkeit zunehmend diskutiert. Beispielsweise beleuchtete der im Mai 2016 im britischen *The Guardian* erschienene Artikel *Erasing Isis: how 3D technology now lets us copy and rebuild entire cities* verschiedene aktuelle Rekonstruktions-Projekte in Krisengebieten. ³⁹ Darin wird unter anderem das Project Mosul (heute: Rekrei) kurz erwähnt, aber auch die im Mai 2016 in London präsentierte Replik des Triumphbogens des Temple of Bel der syrischen Stadt Palmyra. Noch bevor der IS sämtliche Kulturstätten in Palmyra zerstörte, verteilte das Institute of Digital Archaeology (IDA) in Zusammenarbeit mit der UNESCO 3D-Kameras an Freiwillige. Mit diesen Fotos, die in einer vom IDA initiierten Datenbank, der Million Image Database, gesammelt werden, können digitale 3D-Modelle erstellt werden. Diese bilden dann die Vorlage für 3D-Drucke von den historischen Gebäuden. Im September 2016 veranstaltete das IDA gemeinsam mit der UNESCO an der Harvard University in Cambridge, Massachusetts, USA, eine Konferenz mit dem Ziel sich auf globale Richtlinien in Bezug auf Rekonstruktionen von kulturellem Erbe zu verständigen. ⁴⁰ Hintergrund für diese Bestrebungen ist, dass die Technologien, die für eine digitale Rekonstruktion nötig sind, allmählich zu Standards werden. ⁴¹ Sie sind leicht zugänglich, die Kosten sinken, die Vielfalt an Open-Source-Software steigt, sodass der Zugang nicht mehr nur einer Gruppe von Experten ⁴² offen steht, sondern der Allgemeinheit.

Dies ist Fluch und Segen zugleich. Denn einerseits entsteht dadurch eine enorme Masse an 3D-Modellen bedeutender Bauwerke, die vielfach im Internet frei zugänglich sind. Andererseits sind deren Wissenschaftlichkeit und Entstehungskontext zum Teil sehr fraglich oder nicht nachvollziehbar. Um daher verlässliche, historisch korrekte und wissenschaftlich fundierte Rekonstruktionen zu erstellen und sie auch als solche zu kennzeichnen, sind verbindliche Regelungen und Vorgaben notwendig. Diese wesentlichen Aspekte für die

■ 45

Vgl. Webseite des BMBF zur Förderlinie: <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1197.html>.

■ 46

Zu nennen sind beispielsweise folgende EU-Projekte: »DigiArt« (2015–2018) hat zum Ziel, eine Lösung für die digitale Erfassung, Verarbeitung und Präsentation von Artefakten zu erarbeiten und greift hierzu auf Laserscantechniken zurück. Vgl. Informationen auf Cordis, Webseite der EU-Kommission: http://cordis.europa.eu/project/rcn/196958_en.html. Bei »Scan4Reco« (2015–2018) steht die Entwicklung portabler Technologie zur automatischen Digitalisierung von Artefakten im Fokus. Vgl. Informationen auf Cordis: http://cordis.europa.eu/project/rcn/197123_en.html.

■ 47

Vgl. Informationen zum Projekt »INCEPTION« auf Cordis, Webseite der EU-Kommission: http://cordis.europa.eu/project/rcn/196967_en.html.

■ 48

Weitere Informationen zur Arbeitsgruppe »Digitale Rekonstruktion« ist auf deren Webseite zu finden: <http://www.digitale-rekonstruktion.info/uber-uns/>.

■ 49

Das Panel »Digitale Rekonstruktion und aktuelle Herausforderungen«, das am 26. Februar 2015 stattfand, gestalteten Piotr Kuroczyński, Oliver Hauck, Mieke Pfarr-Harfst, Marc Grellert, Sander Münster u. Martin Scholz. Vgl. Programm der »Dhd« 2015 in Graz: <http://gams.uni-graz.at/archive/objects/o:dhd2015.nachlese.vortragsfolien/methods/sdef:HTML/get>.

■ 50

Vgl. Kuroczyński/Pfarr-Harfst/Münster 2019. Als ein einführender Aufsatz in die historische Kontextualisierung digitaler Rekonstruktionen historischer Architektur dient ein Beitrag der Autorin zum Thema »Das digitale Modell historischer Architektur. Seine Ursprünge, Technologien und Protagonisten«. Vgl. Messemer 2019.

■ 51

Vgl. Frings 2001.

Erstellung und Veröffentlichung von digitalen Architekturmodellen werden daher in der vorliegenden Arbeit diskutiert und in bestehende Diskurse der Wissenschaftscommunity verortet. ⁴³

Die in den letzten Jahren zunehmende Aktualität von 3D-Rekonstruktionen von Architektur im Speziellen und des kulturellen Erbes im Allgemeinen (hierunter fallen auch Skulpturen und andere nicht-architektonische Artefakte) zeigt sich u. a. in ganz unterschiedlichen Bereichen: Konferenzen zum Thema sowohl auf akademischer als auch auf technologischer Ebene, Förderprogramme der EU und nationalen Förderorganisationen, Gründung von spezialisierten Organisationen, Institutionen, Initiativen, Arbeitsgruppen und Firmen. ⁴⁴ Auf nationaler Ebene sei hier beispielsweise die 2016 ausgeschriebene Förderlinie des BMBF Richtlinie zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Digitalisierung von Objekten des kulturellen Erbes – eHeritage zu nennen. ⁴⁵ Vordringliches Ziel dieser Initiative ist es, dreidimensionale Objekte des kulturellen Erbes zu digitalisieren und sie fachwissenschaftlich zu erschließen, um sie der Wissenschaft zugänglich zu machen. Zwar stehen hier museale Objekte und nicht Architektur im Fokus, allerdings lässt sich daran eine Sensibilisierung der Forschungsförderer ablesen, digitale 3D-Modelle als Untersuchungsgegenstand wahrzunehmen. Die Europäische Kommission startete bereits weit mehr Initiativen, die sich dem Thema des kulturellen Erbes in Verbindung mit 3D-Technologien annahmen. ⁴⁶ Hier sei beispielhaft das Projekt **Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling** (2015–2019) genannt, das zum Ziel hat, kulturelle Artefakte in Europa in dynamischen 3D-Rekonstruktionen darzustellen und so deren Entwicklung aufzuzeigen. ⁴⁷

Ein noch relativ junger Zusammenschluss von Experten im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur ist die Arbeitsgruppe **Digitale Rekonstruktion**. Sie wurde im März 2014 von Teilnehmern der Konferenz **Digital Humanities im deutschsprachigen Raum (Dhd)** in Passau im Rahmen der Veranstaltung gegründet. ⁴⁸ Die erste Mitgliederversammlung acht Monate später brachte viele Experten aus unterschiedlichen Fachrichtungen wie Kunstgeschichte, Architektur, Archäologie, Bauforschung, Informatik zusammen. So konnte bereits im Februar 2015 auf der Dhd in Graz ein eigenes Panel mit dem Titel **Digitale Rekonstruktion und aktuelle Herausforderungen** gestaltet werden. ⁴⁹ Einige Mitglieder des Panels gaben schließlich 2019 den Sammelband **Der Modelle Tugend 2.0** heraus, der die aktuelle Bandbreite des Themas in den Blick nimmt, von den technischen und konzeptuellen Grundlagen über Darstellungs- und Vermittlungsformen, methodische Herangehensweisen, Wissensorganisation und Repräsentation bis hin zu einzelnen Projektbeispielen. ⁵⁰ Er nimmt Bezug auf die im Jahr 2000 an der Technischen Universität Darmstadt veranstaltete Tagung **Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte**. ⁵¹ Obwohl sie laut dem Kunsthistoriker Wolfgang Liebenwein damals großen Anklang fand, entstanden daraus keine direkten Folgeveranstaltungen. ⁵² Der Tagungsband kann durchaus zur Grundlagenliteratur gezählt werden, bietet er doch einen sehr anschaulichen Einblick in damals aktuelle Forschungsprojekte zum Thema 3D-Architekturmodelle sowie einen theoretischen Überbau zu Fragen der Methodik, Lehre und Bedeutung der digitalen Rekonstruktion von Kulturgütern. ⁵³ Insgesamt bilden einschlägige Konferenzen den Gradmesser des aktuellen Stands digitaler 3D-Modelle histori-

■ 52

Vgl. Liebenwein 2001, S. 8.

■ 53

In **Kapitel 5.1** (→ 301) werden einige der im Tagungsband genannten 3D-Projekte ausführlich vorgestellt.

■ 54

Marc Grellert nennt als Anwendungsmöglichkeit für die Darstellung historischer Bauphasen im digitalen 3D-Modell die Rekonstruktion der Synagoge Speyer: Hier wurden zwei aufeinanderfolgende Bauphasen in einem Modell mit Überblendungen dargestellt. Diese dynamische Visualisierung führte den Betrachtern sehr anschaulich die bauliche Veränderung in dem jüdischen Gotteshaus vor Augen. Vgl. Grellert 2007, S. 206–207. Auf die Besonderheit dieser Darstellungsweise wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) im Zusammenhang mit der Kennzeichnung von Hypothesen in 3D-Modellen eingegangen.

■ 55

Exemplarisch für die virtuelle Zugänglichmachung sei hier folgende Initiative genannt: Die Bojana Kirche bei Sofia, Bulgarien, die 1979 von der UNESCO zum Weltkulturdenkmal ernannt wurde, war von 1954 an bis 2006 nicht mehr für die Öffentlichkeit zugänglich, da sie restauriert werden sollte. Um die Jahrtausendwende erstellte der Fachbereich CAD der TU Darmstadt unter Leitung von Manfred Koob ein digitales 3D-Modell des Bauwerks, das im zugehörigen Museum in Sofia präsentiert wurde. Dieses ermöglichte den Besuchern zumindest einen virtuellen Zugang zu der Kirche, die in Bulgarien identitätsstiftende Bedeutung hat. Vgl. Grellert 2007, S. 209; Webseite der Bojana-Kirche: <http://www.boyanachurch.org/galleryge.htm>; Artikel über die Kirche auf Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Bojana_Church, zuletzt aktualisiert am 18. Oktober 2015. Für Projekte zu gefährdeter Architektur sei hier auf die Initiativen von »CyArk« verwiesen. Vgl. Webseite der Organisation <http://www.cyark.org/about/>.

■ 56

Vgl. Grellert 2007, S. 547–555, hier: S. 205. Marc Grellerts Ausführungen zu den vier genannten Aspekten folgen in ebd., S. 205–209.

scher Architektur in Bezug auf Fragestellungen, Technologien und Methoden. Auf ihre Bedeutung für die bearbeiteten Themen in 3D-Projekten und die Entwicklung von Diskursen, wird daher in **Kapitel 2** (→ 051) bis **Kapitel 6** (→ 445) der vorliegenden Arbeit genauer eingegangen.

Die Potentiale digitaler 3D-Modelle historischer Architektur sind vielfältig. Für die Geisteswissenschaften bieten sie einerseits neue Möglichkeiten der Vermittlung von Wissen, aktuellen Thesen und Ergebnissen aus der Forschung, andererseits können sie auch als Werkzeug dienen, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Gegenüber haptischen Architekturmodellen weisen sie einige Vorteile auf: So sind digitale Modelle schnell veränderbar, können also neuen Forschungsdaten rasch angepasst und dahingehend überarbeitet werden. Es ist möglich Prozesse und Entwicklungen über längere Zeiträume hinweg – beispielsweise die Baugeschichte von Gebäuden – zu visualisieren. ⁵⁴ Zudem bieten sie, wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausführlich dargelegt, die Möglichkeit verschiedene Hypothesen gleichzeitig beziehungsweise in einem einzigen Modell darzustellen und vor allem auch einzelne Elemente mit Metadaten und weiteren Informationen (wie Hypothesencharakter, Quellen, Interpretationen) zu verknüpfen und diese auch optisch im Modell anzuzeigen. Ganz konkret können computergenerierte Modelle auch den Zutritt zu Orten gewähren, deren Zugang der Öffentlichkeit ansonsten verwehrt ist, sei es aus Denkmalschutzgründen, wegen Einsturzgefahr nach Naturkatastrophen oder Lebensgefahr in Krisengebieten. ⁵⁵

Im Kontext der Erinnerungskultur sind für den Architekten Marc Grellert, der an der TU Darmstadt lehrt und seit Mitte der 1990er-Jahre an der Initiierung und Erstellung von 3D-Modellen historischer Architektur maßgeblich beteiligt ist, folgende vier Aspekte wesentlich, die digitale Modelle gegenüber haptischen im Kontext der Erinnerungskultur auszeichnen: Varianten und Zeitstufen, Aktualisierungen, dynamische Simulationen sowie Zugänglichkeit nicht-öffentlicher Bauwerke. ⁵⁶ Einen weiteren Vorteil sieht die Kunsthistorikerin Agnieszka Lulinska in dem flüchtigen Charakter der Visualisierungen, der verdeutliche, dass es sich eben nicht um eine konkrete Realität handele, sondern um eine realitätsnahe Wiedergabe. ⁵⁷ Auch lassen sich sowohl der Innen- als auch der Außenraum eines Gebäudes in einem Modell darstellen, so dass auch räumliche und strukturelle Verbindungen eindrücklicher visualisiert werden können. 3D-Modelle können ernstzunehmende »Wissenschaftsinstrumente« ⁵⁸ sein, vorausgesetzt es wird mit den zugrundeliegenden Quellen, ihrer Interpretation und Umsetzung verantwortungsvoll umgegangen.

Der Mehrwert digitaler Rekonstruktionen historischer Architektur wurde insbesondere in der Archäologie schon früh erkannt. Bereits Mitte der 1980er-Jahre wurden erste 3D-Modelle von nicht mehr existierenden Gebäuden von Archäologen am Computer erstellt, wie noch gezeigt wird. Gleichsam als Rückblick auf diese Aktivitäten fasst Jean-Pierre Mohen, der damalige Associate Director des Musées de France, 1993 sämtliche Potentiale digitaler 3D-Modelle zusammen:

»Virtual reconstruction is a fabulous tool for the archaeologist [...] With it we can reconstruct in volume buildings,

■ 57

Lulinska kuratierte die Ausstellung »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn im Jahr 2000. Vgl. Agnieszka Lulinska, *Bundeskunsthalle Bonn*, in: ebd., S. 547-555.

■ 58

Ebd., S. 554.

■ 59

Zit. aus: Dorozynski 1993, S. 544. Mohen wurde im Zusammenhang mit der von Christian Père und Philippe Marécaux erstellten Computerrekonstruktion von Cluny III interviewt, die in **Kapitel 3.3** (→ 125) vorgestellt und mit dem von »asb baudat« realisierten 3D-Modell der Kirche verglichen wird.

■ 60

Novitski 1998, S. 14.

towns, and even prehistoric camps, of which we have vestiges as small as a couple of centimeters thick. We can proceed by trial and error, verify hypotheses, study elevations, verify building technologies, make a selection among the most likely results and place objects, even food, where they probably belong. And there is, of course, the great pedagogic value of a spectacular reconstitution that brings to life vestiges of the past.« **59**

Der Aspekt der Vermittlung von Wissen über das im 3D-Modell rekonstruierte Bauwerk stellt einen zentralen Punkt für die Autorin Barbara-Jo Novitski dar, den sie in der Einleitung zu ihrem 1998 herausgegebenen Buch **Rendering Real and Imagined Buildings. The Art of Computer Modeling from The Palace of Kublai Khan to Le Corbusier's Villas** wie folgt formuliert:

»This book explores the variety of reasons architects pursue the digital unbuilt.

- To help archaeologists visualize the original state of their excavations
- To teach the lay public about archaeology and architectural history
- To practice the art and craft of architectural design
- To teach architecture students about great buildings – even if they were never actually built
- To study the changes in urban patterns through time
- To resurrect work of a famous architect whose work was unfortunately destroyed
- To provide a realistic backdrop for retelling of a culture's history
- To teach children about space exploration« **60**

Ergänzt werden können diese Potentiale mit folgenden weiteren Aspekten, die vor allem im Hinblick auf die Diskursbildung wesentlich sind: Durch eine digitale Rekonstruktion von historischer Architektur, die auf historischen Quellen und Forschungsarbeiten über das Bauwerk basiert, können Unstimmigkeiten, Widersprüche und Lücken in dem vorliegenden Material aufgedeckt werden. Anhand eines 3D-Modells können Lösungsvorschläge und Varianten diskutiert und erprobt werden. Dieser Mehrwert einer digitalen Rekonstruktion zeigt sich in zahlreichen 3D-Projekten, die in **Kapitel 2** (→ 051) bis **Kapitel 7** (→ 563) dieser Studie detailliert analysiert werden.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

1.3 Forschungsstand und Desiderate

■ 61

Zur Geschichte haptischer Architekturmodelle vgl.: Lepik 1995.

■ 62

Eine überblickshafte Zusammenstellung einer historischen Entwicklung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur hat die Autorin erstmals 2016 unternommen: Messemer 2016. Im Rahmen des 2019 erschienenen Sammelbands »Der Modelle Tugend 2.0. Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung« fasst die Autorin zudem wichtige Entwicklungen in Hinblick auf Technik und Ausführung von 3D-Modellen in einem Aufsatz zusammen: Messemer 2019.

■ 63

Favro 2006 (In the eyes of the beholder), S. 328.

Architektur in Modellen aus Holz, Papier, Gips, Kork oder Ähnlichem dreidimensional abzubilden, hat eine jahrhundertlange Tradition. ⁶¹ Ob als Entwurfsmodell, Detailansicht oder Rekonstruktion dienend, das Anfertigen von Architekturmodellen lässt sich bis ins 14. Jahrhundert zurückverfolgen. Vergleichsweise jung ist hingegen die Geschichte der digitalen Architekturmodelle, die in den 1980er-Jahren ihren Anfang hat, mit ersten Vorläufern in den 1960er- und 1970er-Jahren. ⁶² Während haptische Modelle aus unterschiedlichen disziplinspezifischen Perspektiven erforscht werden, fehlt bislang noch eine wissenschaftliche Untersuchung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur, die einen kontextualisierenden und chronologischen Überblick über deren Entwicklung sowie eine Analyse des Gegenstands an sich im Hinblick auf Funktion, Erscheinungsbild und erkenntnisgenerierende Möglichkeiten bietet. Die Architekturhistorikerin Diane Favro forderte im Jahr 2006 die disziplinübergreifende Theoretisierung und Kontextualisierung von 3D-Modellen und appellierte an die Wissenschaftler:

»If scholars in the arts, architecture, humanities and social sciences become accustomed to the visualization of ideas, they will more readily consider less abstracted surrogates such as Virtual Reality models as knowledge representations. Once that shift occurs, scholars and other observers hopefully will supplant the axiom ›to see is to believe‹ with ›to see is to question.‹« ⁶³

Dieser »shift«, wie Favro es nennt, hat sich in den angesprochenen Disziplinen allerdings noch nicht vollkommen vollzogen und vor allem noch nicht in der breiten Öffentlichkeit. Denn Visualisierungen historischer Architektur werden nach wie vor als Wahrheit abbildende Medien aufgefasst. Hier zeigt sich ein dringender Handlungsbedarf in Bezug auf das Ausweisen von Hypothesen und ein Umdenken der Wissenschaftler allgemein, 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge wahrzunehmen und einzusetzen. Eine Arbeitsgrundlage hierzu bietet ein umfassender Überblick über bisher realisierte 3D-Projekte, um festzuhalten was, wie und zu welchem Zweck erarbeitet wurde. Zwar liegen Publikationen in Buchform oder online veröffentlichte Repositorien vor, die nach Kriterien wie

■ 64

Abgesehen von den im Folgenden näher beschriebenen online-Repositorien kann hier noch auf weitere exemplarisch verwiesen werden: Eine Liste von Simulationen im Bereich des Cultural Heritage bietet die Webseite der Plattform netzspannung.org, die sich als »Schnittstelle von Medienkunst, Medienwissenschaften und Medientechnologie« versteht: <http://netzspannung.org/media-art/topics/cultural-heritage/?currentpage=9&lang=de#>. Zudem sind im Internet zunehmend Portale wie Sketchfab zu finden, die 3D-Modelle von Architektur, Skulpturen und weiteren Kunstwerken zum Download oder nur zur Ansicht zur Verfügung stellen. Allerdings ist hier meist nicht klar, ob diese Arbeiten wissenschaftlich erstellt wurden. Auch die Herkunft von bei YouTube und ähnlichen Plattformen hochgeladenen Videos von 3D-Modellen ist oft unklar. In Bezug auf die Dokumentation von 3D-Projekten sowie die Angabe von Paradata wird in [Kapitel 6.2](#) (→ 469) auf diese und weitere online-Angebote näher eingegangen.

■ 65

Webseite von »3DVisA«: <http://3dvisa.cch.kcl.ac.uk/index.html>. Auf den Unterseiten werden zudem umfangreiche Informationen zu den beteiligten Experten und Organisationen, Veranstaltungen und Veröffentlichungen u. v. m. gegeben.

■ 66

Vgl. Webseite von »3DVisA«: <http://3dvisa.cch.kcl.ac.uk/projectlist.html>.

■ 67

Vgl. Webseite zu »arts-humanities.net«, die online nur noch über die »Wayback Machine« des »Internet Archive« in Teilen zugänglich ist: <https://web.archive.org/web/20170428171950/http://ahnet2-dev.cch.kcl.ac.uk/node/about> (letzte Erfassung der Webseite am 2. April 2018).

Fachgebiet, Fördergeber oder dargestelltem Bauwerk ausgewählte, wissenschaftlich erstellte 3D-Projekte auflisten, diese aber meist nicht in einem historischen Kontext verorten. ⁶⁴ Bei einem genuin digitalen Medium wie einem 3D-Architekturmodell wäre zu erwarten, eine große Anzahl online vorzufinden. Jedoch existiert bis heute keine zentrale Datenbank, die sich der Sammlung, Dokumentation und Bereitstellung von wissenschaftlich erarbeiteten 3D-Modellen widmet. Ein solches Repositorium böte die Möglichkeit als zentrale, seriöse und verlässliche Anlaufstelle für Wissenschaftler zu fungieren und damit Wissen zu bündeln, worauf in [Kapitel 6.2](#) (→ 469) genauer eingegangen wird. Zu finden sind lediglich vereinzelte Zusammenstellungen, von denen hier die Wesentlichen kurz vorgestellt werden.

Zu den größten im Internet zugänglichen Sammlungen zählt das dem Thema der 3D-Visualisierung in den Künsten gewidmete Netzwerk 3DVisA, dessen Ziel es ist: »to enhance and extend 3D visualisation-related knowledge, understanding and opportunities within the UK academic community, with particular attention to the Arts and Humanities domains.« ⁶⁵ Angesiedelt am King's Visualisation Lab (KVL) des King's College London, wurde es zwischen 2006 und 2008 durch das UK Joint Information Systems Committee (JISC) gefördert, um unter anderem die Erforschung von Methoden und Standards im Bereich des kollaborativen Forschens zu koordinieren. Im Rahmen dessen stellte die Kunsthistorikerin Anna Bentkowska-Kafel eine Liste wissenschaftlich erstellter digitaler Rekonstruktionen von Architektur und Skulptur nach Fachdisziplinen geordnet zusammen, die auch weiterhin ergänzt wird. ⁶⁶ Darin finden sich etwa 100 Initiativen zu Archäologie, Architektur, Kunstgeschichte und Theaterwissenschaft sowie weiteren Forschungsgebieten, wobei hier beispielsweise unter dem Themenbereich **Art History and Conservation** wahlweise mit Gemälden oder Skulptur spezifiziert wird. Zu jedem Projekt existiert eine eigene Unterseite mit zugehörigen Informationen in Bezug auf Inhalt, Laufzeit, Beteiligte, Publikationen und Links, meist allerdings ohne Abbildungen. Nur in Ausnahmefällen wird statt dieses Datenblatts ein direkter Link zur Homepage des Projekts angegeben. Insofern vermittelt diese Liste einen grundsätzlichen Überblick über die Bandbreite an digitalen Rekonstruktionen und bietet Basisdaten zu den einzelnen Initiativen. Eine historische Kontextualisierung erfolgt jedoch nicht, lediglich in den Beschreibungen der Projekte finden sich teilweise kurze Hinweise auf deren Entstehungskontexte.

Auch die 2008 am King's College London initiierte Webseite arts-humanities.net bietet eine Zusammenstellung verschiedener 3D-Projekte, die vornehmlich im Vereinigten Königreich realisiert und von dem Arts and Humanities Research Council (AHRC) gefördert wurden. ⁶⁷ Verzeichnet sind darin insgesamt 29 Arbeiten, in denen digital rekonstruierte Architektur im Zentrum steht und die mit einer ausführlichen Beschreibung und Verschlagwortung sowie einer Auflistung der verwendeten Software, Metadatenstandards, Datenformate und Ausgabeformate ausgestattet sind. Hier sind keinerlei Abbildungen hinterlegt. Es handelt sich um eine sehr spezifische Sammlung, die keine Gesamtdarstellung an Projekten anstrebt.

Im Printbereich sind bis jetzt lediglich kurze geschichtliche Einführungen zum Thema zu finden, die meist nicht als eigenständige Veröffentlichungen verfasst sind, sondern als knappe Einführungen am Rande von Publikationen

oder als Aufsätze im Rahmen von Tagungsbänden erscheinen. Zudem beschränken sie sich meist inhaltlich auf ein bestimmtes Themengebiet, beispielsweise antike Bauten, oder regional auf einzelne Länder oder gar Institutionen, die 3D-Projekte durchführen.

Im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur ist eine Vielzahl an Fachdisziplinen aktiv. Insbesondere in der Archäologie lässt sich sowohl eine hohe Produktivität hinsichtlich der Erstellung von 3D-Modellen seit Mitte der 1980er-Jahre feststellen als auch eine rege Reflexion über das Medium. In diesem Umfeld prägte Paul Reilly 1990 den Begriff der **Virtual Archaeology**, der sich vor allem auf eine virtuell existierende, also simulierte Replik eines archäologischen Gegenstands bezieht. ⁶⁸ Er sah in der 3D-Rekonstruktion eine Lösung des Dilemmas, dass bisher dreidimensionale Räume auf eine zweidimensionale Fläche übertragen werden mussten. So stellt sein mit dem Archäologen Sebastian Rahtz zwei Jahre später herausgegebenes Buch **Archaeology and the information age. A global perspective** einen essentiellen Beitrag zum Diskurs über den weltweiten Einsatz digitaler Rekonstruktionen in der Archäologie dar. ⁶⁹ Nicht nur Projekte aus der ganzen Welt – Süd- und Ostafrika, Japan, UdSSR, Polen, Ungarn – werden darin vorgestellt, sondern auch neue Technologien und übergeordnete Themen zum Computereinsatz in der Forschung des Fachs diskutiert.

Diesen Überblick weitete Reilly in seinem 1996 veröffentlichten Aufsatz **Access to Insights: stimulating archaeological visualisation in the 1990s** weiter aus. ⁷⁰ Er nennt darin die ersten Projekte, die Bauwerke in Großbritannien, Frankreich, Italien, Griechenland, Ägypten, Zentralamerika und Japan zum Gegenstand hatten. Durchgeführt wurden die Arbeiten größtenteils von Experten in eben diesen Ländern. In seiner Aufzählung geht er allerdings nicht auf Deutschland ein, wengleich bis Mitte der 1990er-Jahre dort bereits einige, auch international beachtete Projekte umgesetzt worden waren. ⁷¹ Lediglich der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche hinsichtlich der Hintergründe ihrer Entstehung und technischen Besonderheiten Anfang der 1990er-Jahre widmet er eine ausführliche Beschreibung. ⁷² Die von Reilly vorgestellten Initiativen haben weitgehend Architektur aus der vorchristlichen Zeit zum Thema, wie römische und griechische Antike (beispielsweise römische Legionärs-Badehäuser in Caerleon, Großbritannien; Stabianer Thermen in Pompeji; Akropolis in Athen), frühe Hochkulturen in Ägypten (Pyramide des Pharaos Pepi I. in Sakkara; Karnak-Tempel), Zentralamerika (Xunantunich in Belize) sowie prähistorische Bauten in Asien (beispielsweise Yamada-Mizunomi in Japan). Aber es finden sich auch Gebäude aus dem Mittelalter (Cluny III; ehemalige Zisterzienserabtei Furness Abbey in Cumbria, Großbritannien). Dieser Überblick ist dezidiert aus archäologischer Perspektive zusammengestellt und gewährt somit einen Einblick in die Aktivitäten innerhalb dieses Fachs. Paul Reilly selbst zählt zu den Protagonisten der Frühphase digitaler Rekonstruktion, vornehmlich seit seiner Tätigkeit an der Forschungseinrichtung **IBM UK Scientific Centre (IBM UKSC)** in Winchester, Großbritannien, worauf an späterer Stelle noch ausführlich eingegangen wird. ⁷³

Bereits ein Jahr später, 1997, erschien die von den Archäologen Maurizio Forte und Alberto Siliotti herausgegebene Buchpublikation **Virtual Archaeology. Re-creating Ancient Worlds**, eine der frühesten, umfangreichen Übersichten zum State of the Art der digitalen Visualisierung von Kulturerbe. ⁷⁴ Darin sind

■ 68

Vgl. Reilly 1991, insbes. S. 132.

■ 69

Vgl. Reilly/Rahtz 1992.

■ 70

Vgl. Reilly 1996, insbes. S. 45–46.

■ 71

Zu diesen Projekten zählen u. a. die digitale Rekonstruktion von Cluny III aus dem Jahr 1989, vgl. Kapitel 3.3 (→ 125), die Anfang der 1990er-Jahre gestartete Rekonstruktion spätgotischer Gewölbe, vgl. Kapitel 4.2 (→ 193), sowie das 1995 begonnene Synagogen-Projekt, vgl. Kapitel 5.3 (→ 367).

■ 72

Vgl. Reilly 1996, S. 44–45. Auf das Projekt der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche wird in Kapitel 4.3 (→ 233) genauer eingegangen.

■ 73

Vgl. Kapitel 3.2 (→ 091). Zum Einfluss Paul Reillys im Bereich der »Virtual Archaeology« vgl.: Carter 2017, online abrufbar über Electronic Thesis and Dissertation Repository. 4902: <http://ir.lib.uwo.ca/etd/4902>, S. 27–29.

■ 74

Vgl. Forte/Siliotti 1997.

fünfzig damals aktuelle Projekte aus der Archäologie versammelt, die überwiegend 3D-Modelle von historischer Architektur zum Thema haben. Sie geben die damalige Bandbreite der computergestützten Forschung in der Archäologie wieder.

Der Archäologe Bernard Frischer weist in seinem 2008 veröffentlichten historischen Überblick zurecht darauf hin, dass die bei Forte und Siliotti präsentierten Arbeiten allesamt von Firmen erstellt und Archäologen dabei keine Urheberschaft zuerkannt wurde. ⁷⁵ In seiner Einführung zu dem von ihm und seiner Fachkollegin Anastasia Dakouri-Hild herausgegebenen Sammelband **Beyond Illustration. 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology** liefert er einen knappen Überblick über die Anwendung computer-technischer Modellierung in seinem Fachgebiet und fokussiert sich darauf wie digitale Technologien, beispielsweise **Geographical Information Systems (GIS)**, in der Forschung eingesetzt werden. Zudem stellt er fest, dass 3D-Modellierung in der Archäologie noch kaum als Forschungswerkzeug eingesetzt wurde, weshalb in dem von ihm und Dakouri-Hild herausgegebenen Buch entsprechende Vorreiter-Projekte versammelt sind, wie der Titel bereits ankündigt.

Zusammen mit seinem Fachkollegen Juan A. Barceló, dem Mathematiker Franco Niccolucci und dem Informatiker Nick Ryan liefert Frischer schon 2002 in dem gemeinsamen Aufsatz **From CVR to CVRO: the past, present, and future of cultural virtual reality** eine Art Vorgeschichte zur **Cultural Virtual Reality (CVR)**. ⁷⁶ Sie nennen technische Vorläufer, die für die Entwicklung von VR-Projekten in den 1990er-Jahren den Weg bereiteten, wobei auch hier die Archäologie im Vordergrund steht.

Im Jahr 1998, also nur ein Jahr nach Forte und Siliottis Publikation erschien das von Barbara-Jo Novitski herausgegebene Buch **Rendering Real and Imagined Buildings. The Art of Computer Modeling from The Palace of Kublai Khan to Le Corbusier's Villas**. ⁷⁷ Vorgestellt werden 27 in den 1990er-Jahren entstandene Projekte zu digitalen 3D-Architekturmodellen, wobei der Architekt William J. Mitchell ⁷⁸ in seinem Vorwort folgende vier Typen unterscheidet: »Computer-generated architectural reconstructions show us what was, reports depict what is, counterfactuals speculate about what might have been, and predictions attempt to illustrate what will be.« Unter den sogenannten »reports« versteht Mitchell 3D-Modelle von bestehenden Bauten, die beispielsweise mittels 3D-Scantechniken oder photogrammetrischen Methoden angefertigt werden können. Diesem Modelltyp wird in dem Buch jedoch kein eigenes Kapitel gewidmet, vielmehr werden 3D-Modelle von zerstörten Bauten, von Architekten geplanten, jedoch nie umgesetzten Gebäuden sowie von utopischer Architektur in einzelnen Kapiteln vorgestellt. Im vierten Teil des Buches sind schließlich noch zwei Beispiele zu virtuellen Umgebungen zu finden. Interessanterweise stellt Mitchell ähnliche Fragen, wie sie heute wieder gestellt werden. Dabei geht es um die Verlässlichkeit der computertechnischen Darstellungen und Standards für die Beurteilung der Modellierung und Visualisierung. Mitchell weist auch darauf hin, dass die Erwartungen, die von wissenschaftlicher Seite an 3D-Modelle gestellt werden, sich je nach Modelltyp unterscheiden:

■ 75
Vgl. Frischer 2008 (Introduction), S. vii.

■ 76
Vgl. Frischer et al. 2002.

■ 77
Vgl. Novitski 1998.

■ 78
Mitchell 1984, S. 12.

»The production processes differ correspondingly, and so do the standards of scholarly judgment; we expect reconstructions to be informed by historical knowledge and sound judgment, we want reports to be careful and honest, we require counterfactuals to be plausible and intellectually stimulating, and we look to predictions to provide reliable guidance for our future actions.« ⁷⁹

■ 79

Ebd.

■ 80

Vgl. Wittur 2013.

■ 81

Vgl. Kapitel 2 (→ 051) bis Kapitel 6 (→ 445).

Insofern liefert das Buch keine bloße Auflistung an 3D-Projekten, sondern bindet sie in einen Rahmen ein, der nach Wissenschaftlichkeit der Arbeiten verlangt. Die kurz vorgestellten Initiativen entstanden so auch in unterschiedlichen Kontexten: als Instrument, um Studierenden computergestützte Konstruktionstechniken näher zu bringen, als Multimedia-Anwendung zu Vermittlungszwecken, als Computerspiel, als Unterstützung eines Forschungsprojekts in der Anthropologie, als Visualisierung verschiedener Bauphasen, als Fernseh-Dokumentation zu Entwicklungsperioden einer Stadt, als Animation historischer Sachverhalte innerhalb einer Fernsehdokumentationsreihe, als interaktive CD-Rom zur Vermittlung neuer Forschungsergebnisse und als Video eines Spaziergangs durch ein rekonstruiertes Gebäude. Mit dieser heterogenen Zusammenstellung erweist sich das Buch als wichtiger Beitrag und Grundlage zur Reflexion und daran anschließenden Analyse von 3D-Projekten.

Eine erst in den letzten Jahren verfasste, umfangreiche Untersuchung von in der Archäologie realisierten digitalen Rekonstruktionen stellt die 2013 erschienene Dissertation **Computer-Generated 3D-Visualisations in Archaeology. Between added value and deception** von Joyce Wittur im Fachbereich Ur- und Frühgeschichte dar. ⁸⁰ Darin stellt sie verschiedene Funktionen digitaler 3D-Modelle in der Archäologie vor und erörtert, inwiefern digitale Modelle ethische Probleme aufwerfen können und wie deren Diskussion einen Mehrwert für die Forschung bedeuten kann. Damit fügt sie der Untersuchung insbesondere archäologischer digitaler Rekonstruktionen eine neue Fragestellung hinzu. Ihrer Untersuchung stellt sie sowohl einen knappen Überblick über bisherige 3D-Modelle als auch detaillierte Analysen von drei exemplarisch ausgewählten 3D-Projekten voran, die um 2001 entstanden. Den historischen Überblick gliedert sie mit scharfen Abtrennungen gemäß einschneidender Ereignisse, wohingegen in der vorliegenden Untersuchung eine etwas gröbere Unterteilung mit fließenden Grenzen vorgeschlagen wird, worauf noch genauer eingegangen wird. ⁸¹ Wittur nimmt in ihrer Analyse vor allen Dingen die Quellenlage und deren Einbeziehung in die Rekonstruktion, den Vorgang der Modellerstellung sowie das endgültige Ergebnis in den Fokus. Diese Aspekte sind auch in der vorliegenden Arbeit essentieller Teil der Analyse, die hier allerdings neun Projekte umfasst und in der Untersuchung der fertiggestellten 3D-Modelle, dem kunsthistorischen Ansatz entsprechend, insbesondere visuelle Qualitäten (Texturierung, Beleuchtung, Plastizität) in den Blick nimmt.

Nicht nur in der Archäologie, sondern auch im Fachbereich Architektur und Architekturgeschichte setzen sich Experten neben der Umsetzung konkreter Projekte mit der analytischen Untersuchung von 3D-Rekonstruktionen

■ 82

Vgl. Favro 2006 (In the eyes of the beholder). Zur Vertiefung der von Favro angesprochenen Herausforderungen vgl. insbes. **Kapitel 3.1** (→ 065), **Kapitel 6.2** (→ 469) und **Kapitel 8** (→ 595).

■ 83

Favro 2006 (In the eyes of the beholder), S. 329.

■ 84

Ebd., S. 332.

■ 85

Zur Vertiefung des Themas interdisziplinäre Kollaborationen in 3D-Projekten vgl.: Münster 2014.

■ 86

Vgl. Sassmannshausen 1998.

■ 87

Zum Entstehungszeitraum der von Sassmannshausen untersuchten Animationen liefert seine Arbeit lediglich folgende Informationen: »Die Entstehung der einzelnen Arbeiten kann meist nur über das entsprechende Copyright angegeben werden. Die verschiedenen Arbeiten reichen bis in das Jahr 1996. Durch die recht junge Anwendung dieses Mediums umfaßt der Betrachtungszeitraum noch nicht einmal ein Jahrzehnt. Der Hauptteil der Arbeiten stammt daher aus den neunziger Jahren.« Zit. aus: ebd., S. 112-113.

■ 88

Ebd., S. 112.

auseinander. Hier ist zuvorderst die Architekturhistorikerin Diane Favro zu nennen, die in ihrem Aufsatz **In the eyes of the beholder: Virtual Reality re-creations and academia** eine Reihe an zentralen Themen und Herausforderungen anspricht, die auch in der vorliegenden Arbeit an entsprechenden Stellen aufgegriffen und vertieft werden: ⁸² So identifiziert sie eine generelle Skepsis gegenüber digitalen Rekonstruktionen von historischen Artefakten innerhalb der Wissenschaft. Insbesondere vermutet sie dies bei Wissenschaftlern, die ihre Kompetenz in Gefahr sehen, wenn 3D-Modelle spekulativen, statt glaubwürdigen Charakters sind. Zudem nähmen Wissenschaftler laut Favro an, Fotorealismus schmälere den wissenschaftlichen Anspruch von 3D-Rekonstruktionen: »Scholars maintain that the use of a broad color palette, realistically depicted sky, rendered shadows and textures conveys an unverifiable, or even a biased, interpretation of facts, which compromises the scientific content.« ⁸³ Allerdings wird von der breiten Öffentlichkeit eine ausgestaltete Bildlichkeit erwartet, wie sie häufig in Filmen, Computerspielen und Kunst gegenwärtig ist. Dieses Dilemma – wissenschaftlicher Anspruch versus öffentliche Erwartungshaltung – betreffend bringt Favro unterschiedliche Lösungsansätze vor, wie die Vermischung verschiedener Darstellungsmethoden oder die Verknüpfung mit textbasierten Metadaten. Dennoch weist sie daraufhin, dass ansprechende Bilder vertretbar sind, denn: »[...] it must be underscored that attractiveness is not a sin. In an attempt to be scientific and accurate, researchers should not forget that the subject of study, the ancient city, was both attractive and comparable to painted stage-sets.« ⁸⁴ Hier sind Kompromisse vonnöten. Essentiell erscheint jedoch die Entwicklung methodischer Strategien, um die angesprochene Kluft zu überwinden. Nach der Diskussion des Status Quo werden in **Kapitel 8** (→ 595) der vorliegenden Arbeit Vorschläge für mögliche Vorgehensweisen vorgebracht. Hinzu kommt, dass sich Sehgewohnheiten, Erwartungen und Interpretationen je nach Fachdisziplin unterscheiden. Diese können, laut Favro, interdisziplinäre Kollaborationen in 3D-Projekten bereichern und vorantreiben. ⁸⁵

Im gleichen Jahr wie Novitski veröffentlichte der Architekt Volker Sassmannshausen seine Doktorarbeit **Architektur und Simulation. Animation als manipulierbares Darstellungswerkzeug in der Architektur**. ⁸⁶ Darin analysiert er 100 von ihm zusammengetragene Architekturanimationsvideos, deren überwiegender Teil aus den 1990er-Jahren stammt, mit den jüngsten aus dem Jahr 1996. ⁸⁷ Ziel seiner Arbeit ist die statistische Auswertung der von ihm eruierten Charakteristika der Videos, um Kriterien für die Erstellung von verlässlichen Animationen zusammenzutragen. Seinen Untersuchungsgegenstand definiert Sassmannshausen folgendermaßen:

»Bei den zur Untersuchung stehenden Architekturanimationsvideos handelt es sich um [am] Computer erzeugte Darstellungen, die auf einem CAD Modell basieren. Diese sind durch mehr oder minder starke Ausarbeitung im Detail von abstrakter bis realitätsnaher Darstellung. Im einzelnen bestehen sie aus einer stark differenzierenden Anzahl von Einstellungen.« ⁸⁸

Er unterteilt die von ihm untersuchten Filme in zwei Gruppen, die er mit A und B betitelt, wovon Gruppe A nur 20 Prozent der Gesamtmenge ausmacht und für die vorliegende Arbeit die relevantere ist, denn:

»Die als Gruppe A benannten Filme zeichnen sich durch eine durchgängige Darstellung älterer Objekte aus. Diese bestehen einerseits aus Entwürfen baugeschichtlich bekannter aber nicht realisierter Objekte oder andererseits aus visuell rekonstruierten, teilweise oder völlig zerstörter Bauwerke. Im folgenden wird diese Gruppe als **historisch** bezeichnet.«⁸⁹

Im Gegensatz dazu vereinte Gruppe B Darstellungen von Architektur, die für die Präsentation aktueller Planungen realisiert wurden. Eine Angabe zur Dauer der untersuchten Filme, die allesamt im Format VHS vorlagen, macht Sassmannshausen nicht, sondern er verweist lediglich auf einzelne Angaben in von ihm erstellten Tabellen seiner Arbeit. Leider fehlt in seiner Dissertation eine Liste der 100 herangezogenen Animationen, die Aufschluss darüber gibt, um welche Filme es sich überhaupt handelt, wer sie wann und wo erstellt hat, in welchem Kontext sie entstanden sind und vor allem, welche Architektur sie eigentlich darstellen. Die einzige Aufstellung, die Sassmannshausen in seiner Arbeit liefert, ist eine Liste mit Kommentaren der durchnummerierten Animationen, die lediglich folgende Informationen bereithält: Angabe, ob es sich um einen Film aus dem Bereich der historischen Architektur handelt, kurzer allgemeiner Kommentar zu wesentlichen Merkmalen des Films (wie Konzept, Beleuchtung, Perspektive, Schnitt, Kamera) sowie Beschreibung der unterlegten Musik (inklusive Geräusche).⁹⁰ Lediglich in der im Anhang aufgeführten Literatur finden sich einige Hinweise auf mögliche, verwendete Animationen.⁹¹ Er kommt schließlich zu dem Ergebnis, dass in Architekturanimationen das Potential des Filmschnitts nicht voll ausgeschöpft wird, beispielsweise in Hinblick auf Montagetechniken. Insgesamt stellt er eine große Heterogenität der einzelnen Videos fest, die darauf hinweisen, dass es keine Standardisierung bei deren Ausarbeitung gibt. Aufgrund der fehlenden Angaben über die seiner Untersuchung zugrunde liegenden Rekonstruktionen, lässt sich Sassmannshausens Arbeit nur schwer nachvollziehen. Ohne konkrete Beispiele ist eine Überprüfung seiner Thesen kaum möglich. So kann allenfalls sein Kriterienkatalog als Anregung für weitere Arbeiten im Kontext der Analyse von Videos zu 3D-Modellen herangezogen werden.

Im Fachbereich der Architektur finden sich jedoch noch andere Herangehensweisen an 3D-Rekonstruktionen: Der zu Beginn der Studie erwähnte Architekt Manfred Koob stellt in diesem Zusammenhang eine Schlüsselfigur dar. In seiner Antrittsvorlesung als Gastprofessor an der TU Darmstadt im Jahr 1992 präsentierte er erstmals seine Vision einer **Architectura Virtualis**.⁹² Dabei handelte es sich um das Konzept zu einem digitalen Architekturmuseum, in dem in Form eines Wissenschaftszentrums »das Wissen um die Kunst der Bautechnik in digitaler Form aufbereitet [wird], schon durchgeführte Projekte dokumentiert und bewertet werden.«⁹³ Koob betont das Potential digitaler Informationsverarbeitung kulturelles Wissen schnell zugänglich und veränderbar zu machen

■ 89
Ebd., S. 141.

■ 90
Absurderweise gibt Sassmannshausen in seinen Kommentaren teils sogar den Timecode für bestimmte von ihm beschriebene Phasen in einem Film an, beispielsweise bei Film Nr. 6 aus der Gruppe der historischen Architektur: »1. Durch Beibehaltung der Augenhöhe und der Geschwindigkeit, wird das Erreichen eines Innenraums durch eine kurze Sequenz ("18'0 - "19'5) dargestellt. Eine nachvollziehbare Verbindung ist in der Einzelbildschaltung nicht möglich. 2. Durch eine Gegenschußaufnahme wird die absolute Kamerahöhe beibehalten, die in der folgenden Aufnahme wesentlich höher liegt. [...]« Zit. aus. ebd. S. 144. Ohne den Gesamtzusammenhang in Bezug auf die Gesamtlänge des Films und die Kontextualisierung des Filmhalts, verliert eine solche Angabe an Bedeutung und liefert keinen Erkenntniswert für den Leser.

■ 91
Beispielsweise finden sich zwei Publikationen des Architekten Manfred Koob zu digitalen Rekonstruktionen, wodurch es relativ wahrscheinlich ist, dass Sassmannshausen Videos zu Cluny III und Gebäuden von Architekten im Kontext des Bauhaus für seine Analyse heranzog. Auf beide Projekte wird in der vorliegenden Arbeit noch eingegangen in Kapitel 3.3 (→ 125) u. Kapitel 4.1 (→ 165). Vgl. auch die betreffenden Bücher: Cramer/Koob 1993; Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet CAD in der Architektur 1994.

■ 92
Vgl. Koob 1992 (unveröffentlichte Antrittsvorlesung zur Gastprofessur an der TU Darmstadt 1992). Für das zur Verfügung stellen dieses Dokuments bedanke ich mich sehr herzlich bei Mieke Pfarr-Harfst, TU Darmstadt.

■ 93
Ebd., o. S., unter dem Abschnitt »Architectura Virtualis in Kürze«.

■ 94

Ebd., o. S., unter dem Abschnitt »3 Gründe, warum die *Architectura Virtualis* entstehen sollte«.

■ 95

Vgl. Webseite der Firma *Architectura Virtualis*: <http://www.architectura-virtualis.de>.

■ 96

Vgl. Grellert/Pfarr-Harfst 2014.

■ 97

Vgl. Grellert/Pfarr-Harfst 2013.

■ 98

Vgl. Kapitel 6.2 (→ 469).

sowie mit Simulationstechnologien Architektur aus Vergangenheit und Zukunft virtuell zu visualisieren und damit auch für die Forschung zur Verfügung zu stellen. In der *Architectura Virtualis* sollen dementsprechend die weltweit entstandenen Projekte zu »digitaler Architektur«⁹⁴ gemäß den Ansprüchen eines Museums zur Sammlung, Dokumentation, Auswertung und Präsentation versammelt werden. Zwar kam es nie zur Umsetzung dieses ambitionierten Projekts, jedoch weist es darauf hin, dass das archivarische Zusammenstellen digitaler 3D-Rekonstruktionen notwendig ist, um einen Überblick über diese Objekte zu erhalten und sie erforschen zu können. Nach wie vor fehlt ein internationales Repositorium mit den Ansprüchen von Koobs *Architectura Virtualis*.

In kleinerem Rahmen konnte seine Idee jedoch verwirklicht werden: Die Webseite zu der von ihm und dem Architekten Marc Grellert gegründeten Firma *Architectura Virtualis* bietet eine Übersicht über die von ihnen realisierten 3D-Projekte.⁹⁵ Reich bebildert geben kurze Informationstexte Aufschluss über die rekonstruierten Bauwerke, den Entstehungskontext des digitalen Modells und dessen mediale Präsentation.

Eine Ergänzung der auf der Webseite bereitgestellten Informationen liefert eine von Grellert gemeinsam mit seiner Fachkollegin Mieke Pfarr-Harfst 2013 veröffentlichte kurze Bestandsaufnahme.⁹⁶ Im Rahmen des Konferenzbands zur **CHNT (Conference on Cultural Heritage and New Technologies)** in Wien legten sie eine Zusammenstellung von digitalen Rekonstruktionen vor, die bislang am Fachgebiet Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur (heute: Digitales Gestalten) an der TU Darmstadt in Zusammenarbeit mit der Firma *Architectura Virtualis* erstellt wurden. Darin beleuchten sie die Projekte thematisch geordnet nach beispielsweise Sakralbauten, Klöstern, urbanen Strukturen, Kulturen der Welt. Allerdings fehlt hier meist ein Verweis auf den Entstehungszeitrahmen, so dass ein zeitlicher Überblick leider kaum möglich ist. Die Autoren stellen wichtige Herausforderungen an die Erstellung von und den Umgang mit 3D-Modellen im wissenschaftlichen Kontext dar. Dies betrifft insbesondere die Sichtbarmachung von Quellenlücken im Modell und die Dokumentation des Modellierungsprozesses. Dieser Aufsatz fasst somit einzelne Projekte, die hauptsächlich unter der Leitung von Manfred Koob entstanden, erstmals in einer Publikation zusammen. Denn einige der unter dem Architekten realisierten 3D-Projekte sind bislang nicht in wissenschaftlichen Veröffentlichungen dokumentiert.

An diesem Beispiel wird abermals deutlich, welche wesentliche Bedeutung einer umfassenden Dokumentation von digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur zukommt. Darauf weisen auch Grellert und Pfarr-Harfst in ihrem 2013 erschienenen Aufsatz **25 Years Virtual Reconstructions. Current Challenges and the Comeback of Physical Models** hin, in dem sie Schlaglichter sowohl auf bisherige Entwicklungen von Designs und Präsentationsmöglichkeiten als auch auf zukünftige Herausforderungen für die Erstellung und Präsentation von 3D-Rekonstruktionen werfen.⁹⁷ Als wichtige zu bearbeitende Herausforderungen erachten sie neben der Dokumentation des Projekts, die Darstellung von Unsicherheiten, die Erstellung von Datenbanken sowie die digitale Langzeitarchivierung, was an späterer Stelle noch genauer ausgeführt wird.⁹⁸

Auch aus der Perspektive der Architekturgeschichte verfasste Überblicke zur Entwicklung digitaler 3D-Rekonstruktionen historischer Bauwerke liegen vor,

■ 99

Hierzu sei exemplarisch folgende frühe Publikation genannt: Die Architekturhistorikerin Patricia Alkhoven führt in ihrer 1993 veröffentlichten Dissertation »The changing image of the city. A study of the transformation of the townscape using Computer-Aided Architectural Design and visualization techniques. A case study: Heusden« einige Beispiele zu frühen, vor 1993 entstandenen digitalen Architekturmodellen aus den Bereichen Bildung, Lehre, Rekonstruktion und Präsentation auf. Vgl. Alkhoven 1993, S. 51–56.

■ 100

Vgl. Pfarr 2010, S. 12–15. Auf das von ihr entwickelte Konzept eines Dokumentationssystems für 3D-Projekte wird in Kapitel 6.2 (→ 469) eingegangen.

■ 101

Vgl. Grellert 2007.

■ 102

Bleichner 2008, S. 3.

■ 103

Ebd., S. 26.

allerdings in weniger umfassender Ausführung als in der Archäologie: ⁹⁹ So berichtet beispielsweise Pfarr-Harfst in ihrer 2010 veröffentlichten Doktorarbeit **Dokumentationssystem für Digitale Rekonstruktionen am Beispiel der Grabanlage Zhaoling, Provinz Shaanxi, China** kurz über digitale Architekturvisualisierung und deren Vorläufer. ¹⁰⁰ Hier nimmt sie in knapper Form Bezug auf haptische Modelle und die rasch voranschreitende Entwicklung der Kommunikations- und Informationstechnologie.

Ihr Fachkollege Marc Grellert erschloss mit seiner drei Jahre vorher erschienenen Dissertation **Immaterielle Zeugnisse. Synagogen in Deutschland. Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur** das Thema der Erinnerungskultur für digitale Rekonstruktionen. ¹⁰¹ Er macht damit deutlich, inwiefern 3D-Modelle in diesem Kontext einen wichtigen Beitrag leisten können, auch im Hinblick auf Aufklärung und Prävention im musealen und schulischen Rahmen sowie auf partizipativ ausgelegte Internetplattformen. Hierfür vergleicht er traditionelle Formen der Erinnerung mit einer von digitalen Technologien geprägten Erinnerungskultur und stellt deren Vorzüge heraus. Insgesamt liefert er eine umfangreiche Grundlage für die weitere Beschäftigung mit dem Medium des 3D-Modells historischer Architektur, da er anhand verschiedener Projekte zentrale Themen wie Präsentation, Vermittlung, Rezeption und Interaktivität in den Blick nimmt und über den Fachbereich Architektur hinaus erweitert.

Eine weitere Form des Erinnerns mit einer auf die Denkmalpflege zugeschnittenen Perspektive nimmt der Architekt Stephan Bleichner in seiner 2008 publizierten Doktorarbeit **Das elektronisch visualisierte Baudenkmal** ein, in der er den Fragen nachgeht:

»[...] ob das substanziell-reale und das virtualisierte Baudenkmal uneingeschränkt gegenseitig austauschbar sind, [...] und ob die elektronische Virtualisierung das geeignete Mittel ist, die Öffentlichkeit im Umgang mit Baudenkmalen zu stimulieren, und ob das virtualisierte Baudenkmal das immaterielle Zeugnis der Kulturgeschichte in der Zukunft werden kann.« ¹⁰²

Unter virtualisierten Baudenkmalen versteht er immaterielle Objekte, die »baulich-kulturelles Erbe« ¹⁰³ darstellen und letztendlich nicht einfach ein Ersatz für nicht mehr existierende Baudenkmale sind. Vielmehr hebt er deren Eigenschaften als immaterielles Gedächtnis zu fungieren sowie als Quelle neuer Sichtweisen zu dienen hervor. Er exemplifiziert seine Überlegungen abschließend an einem konkreten Beispiel, der 3D-Rekonstruktion des heute nur noch in Teilen bestehenden Franziskanerklosters in Landshut. Gleichsam als Verweis auf andere Arbeiten zur digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur listet er im Anhang kommentarlos insgesamt 23 3D-Projekte sortiert nach Städtenamen bezüglich des dargestellten Objekts auf, die er jeweils nur mit einem Hinweis auf den Erstellungskontext, das Veröffentlichungsjahr und einem Link versieht. Eine historische und thematische Kontextualisierung erfolgte hier nicht, was abermals die Dringlichkeit eines historischen Überblicks vor Augen führt.

Thematisch knüpft an Bleichners Überlegungen die im Bereich Neue Medien lehrende Grafikdesignerin Daniela Sirbu an, die in ihrem Aufsatz **Digital**

■ 104
Vgl. Sirbu 2010, S. 61.

■ 105
Ebd., S. 82.

■ 106
Clark 1992, S. v-vi.

■ 107
Vgl. exemplarisch ausgewählte Überblickswerke zum Thema »Scientific Visualisation«: Earnshaw/Wiseman 1992; Rosenblum et al. 1994. Hier wird nur kurz auf Anwendungsmöglichkeiten in der Architektur und Archäologie hingewiesen: Earnshaw/Wiseman 1992, S. 32 u. S. 99, Abb. 7.26. In Rosenblums et al. Überblickswerk findet sich ein einziger Beitrag, der erläutert wie Ansichten von Innenräumen eines Hauses über Algorithmen computergeneriert dargestellt werden können: Gagalowicz 1994, S. 349-364.

■ 108
Begand 2008, S. 54.

Exploration of Past Design Concepts in Architecture 2010 erörtert, inwiefern eine digitale 3D-Rekonstruktion historischer Architektur dazu geeignet ist, reale Architektur besser zu verstehen. ¹⁰⁴ Sie argumentiert, dass 3D-Modellen in Bezug auf die Darstellung und Erkundung von physisch nicht vorhandenen Bauwerken ein Alleinstellungsmerkmal innewohnt: »Interactions with digital reconstructions open the possibility to test hypotheses about lost, ruined or unbuilt architecture and thus expand our understanding of architectural thinking of the past.« ¹⁰⁵ Anhand mehrerer Beispiele zu 3D-Rekonstruktionen veranschaulicht sie ihre These, vor allem auch in Bezug auf den Aspekt der Immersion von VR-Systemen.

Im Bereich der Informatik findet sich insbesondere in den 1990er-Jahren eine Fülle an Publikationen zu Computergrafik und (3D-)Animation, als sich diese Technologien etablieren und stark weiterentwickeln. Ein wichtiges Arbeitsfeld stellt hier **Scientific Visualisation** dar, innerhalb dessen in unterschiedlichen Disziplinen auf wissenschaftlicher Basis computergenerierte Visualisierungen erstellt werden. Die Computergrafikexperten Rae A. Earnshaw und Norman Wiseman betonen in ihrer 1992 veröffentlichten Einführung zu diesem Feld dessen Bedeutung und zukünftige Anwendung:

»Scientific Visualization [...] is rapidly becoming a requirement for virtually all disciplines that deal with geometric things. What is Scientific Visualization? It is a set of software tools coupled with a powerful 3D graphical computing environment that allows any geometric object or concept to be visualized by anyone. The software provides an easy to use interface for the user. The hardware must be able to manipulate complex, geometrically described, 3D environments in motion, color and with any level of »realism« called for to better communicate the essence of the computation.« ¹⁰⁶

Diese Definition schließt auch Architektur ein, schließlich besteht sie aus **geometrischen Objekten**. Dennoch nennen sie – wie andere Überblickswerke der Zeit auch – als Anwendungsbereiche vor allem Medizin, Maschinenbau, Biologie, Physik, während 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur und archäologischen Stätten hier nur am Rande erwähnt werden, obwohl dazu bereits Forschungsfelder existierten. ¹⁰⁷

Hingegen finden ganz konkret fünf Projekte im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur in dem von dem Grafiker und Software-Entwickler Christian Begand 2008 veröffentlichten Buch **Virtuelle Gebäuderekonstruktionen. Virtuelle Archäologie: Anwendung und Erstellung von 3D-Rekonstruktionen historischer Gebäude** Erwähnung, »die beispielhaft für verschiedenen Arten der Umsetzung sowie der Präsentation stehen, und gleichzeitig Möglichkeiten und Grenzen der verwendeten Verfahren aufzeigen.« ¹⁰⁸ Dabei handelt es sich um Arbeiten, die folgende Gebäude bzw. Orte visualisieren: Abteikirche in Cluny, Tenochtitlán (Mexiko-Stadt), Jülich, Magdeburger Kaiserpfalz und Synagogen in Deutschland. Bei jedem Projektbeispiel gibt er

jeweils einen kurzen Überblick über die Baugeschichte der betreffenden Architektur und erläutert dann kurz den Entstehungskontext der digitalen Rekonstruktion mit wichtigen Projektdaten wie Zeitraum, Software, Ausführende, Präsentationsart und Ähnlichem sowie Details, die Aufschluss über die Besonderheit des Projekts geben. Ein resümierendes Fazit seines kurzen Überblicks bleibt er schuldig. Da die von ihm gelieferten Informationen zudem sehr knapp gehalten sind, können sie nur als Anstoß für weitere Untersuchungen dienen.

Einen Anstoß geben auch Publikationen, die sich aus unterschiedlichen Fachdisziplinen mit der Repräsentation der Vergangenheit mittels digitaler Technologien und der bildlichen Visualisierung von Wissen befassen. Darin geht es nicht immer grundsätzlich um 3D-Rekonstruktionen, wohl aber um verschiedene Ansätze sich mit der auf historischen Quellen beruhenden Wiedergabe nicht mehr existierender Artefakte zu beschäftigen. Exemplarisch sei hier auf den von dem Historiker Mark Greengrass 2008 herausgegebenen Sammelband **The virtual representation of the past** verwiesen. Darin sind Positionen von Archäologen und Historikern vereint, die zeigen, wie digitale Werkzeuge und Anwendungen die Erforschung von »incomplete, contradictory or doctored evidence of the past« ¹⁰⁹ unterstützen. Offen lassen die Autoren hier die Frage, wie die durchgeführten Projekte und deren Daten nachhaltig und langfristig vorgehalten werden können – ein zentraler Punkt, auf den in **Kapitel 6.2 (→ 469)** genauer eingegangen wird. ¹¹⁰

Der 2004 von dem Archäologen John H. Jr. Jameson publizierte Sammelband **The Reconstructed Past. Reconstructions in the Public Interpretation of Archaeology and History** widmet sich dem Thema der Rekonstruktion in der archäologischen Forschung ganz allgemein und in einer Sektion auch explizit virtuellen Rekonstruktionen. ¹¹¹ Der Archäologe Robert Daniels-Dwyer bietet in seinem Aufsatz einen kurzen Überblick über die Entwicklung von CAD und CAE (Computer Aided Engineering) in den 1980er-Jahren und erläutert kurz wie diese Technik in seinem Fachbereich angewendet wurde. ¹¹² Er vertritt die These, dass für CAE-Projekte insbesondere solche Bauwerke ausgewählt wurden, die eine große Menge an sich wiederholenden Elementen und ein relativ einfaches Design aufweisen. Inwiefern diese Vermutung zu kurz gegriffen ist, wird im **Kapitel 3.1 (→ 065)** über 3D-Modelle in den 1980er-Jahren diskutiert.

Einen explizit analytisch gestalteten Ansatz verfolgt Sander Münster in seiner im Fachbereich Erziehungswissenschaft 2014 vorgelegten Dissertation **Interdisziplinäre Kooperation bei der Erstellung virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen**. ¹¹³ Darin untersucht er mit sozialwissenschaftlichen Methoden die interdisziplinäre Kooperation in 3D-Rekonstruktionsprojekten in den Geschichtswissenschaften, die Archäologie inbegriffen. Allerdings nehmen die Studien in seinem Untersuchungskorpus, die sich mit nicht mehr existierender bzw. nie gebauter Architektur befassen, nur einen vergleichsweise kleinen Teil ein gegenüber Arbeiten zu noch vorhandenen Gebäuden.

In der Kunstgeschichte reicht die analytische Auseinandersetzung mit digitalen Architekturmodellen nicht so weit zurück, wie in der Archäologie oder Informatik, was möglicherweise mit der Tatsache zusammenhängt, dass in der Anfangsphase von 3D-Rekonstruktionen wenige Kunsthistoriker an Projekten

■ 109

Vgl. Greengrass 2008, S. 2.

■ 110

Vgl. Hughes 2008, insbes. S. 200–201.

■ 111

Vgl. Jameson 2004.

■ 112

Vgl. Daniels-Dwyer 2004.

■ 113

Vgl. Münster 2014. Als Vorstudie stellte er bereits 2011 in einem Aufsatz erste Ergebnisse seiner Auswertung einschlägiger Projektberichte dar: Münster 2011. Auf Ergebnisse aus seiner Dissertation wird in **Kapitel 7.1 (→ 565)** genauer eingegangen.

■ 114

Vgl. Frings 2001. In **Kapitel 5.1** (→ 301) wird ausführlich auf die in dem Sammelband vorgelegten 3D-Projekte und Konzepte eingegangen.

■ 115

Vgl. Versteegen 2007.

■ 116

Vgl. Breitling 2007, S. 170.

■ 117

Vgl. Informationen zu Anna Bentkowska-Kafel auf ihrem Blog: <https://bentkowska.wordpress.com/about/>.

■ 118

Vgl. Bentkowska-Kafel/Denard/Baker 2012.

■ 119

In der London Charter werden Paradata folgenderweise definiert: »Informationen über menschliche Prozesse des Verstehens und Interpretierens.« Zit. aus: Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 14. Dies bedeutet, dass sie im Laufe von Erkenntnis- und Interpretationsprozessen bei der Erforschung von Objekten entstehen. Sie beschreiben wie beispielsweise Quellen für die Untersuchung eines Gegenstands herangezogen und zur Generierung von Wissen über ihn beitragen.

beteiligt waren – eine Konstellation, die ausführlich in **Kapitel 3.1** (→ 065) thematisiert wird. Insofern stellt der 2001 publizierte Sammelband **Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte** des Kunsthistorikers Marcus Frings einen Meilenstein dar. ¹¹⁴ Darin finden sich Beiträge von Fachkollegen, die von ihnen realisierte 3D-Projekte präsentieren. So stellt beispielsweise der Kunsthistoriker Hubertus Günther ein von ihm an der Universität Zürich mit Studierenden durchgeführtes Rekonstruktionsprojekt der *Loggia per mercanti* von Sebastiano Serlio vor. Er weist explizit auf das große Potential der Erstellung eines 3D-Modells für die kunsthistorische Forschung hin. Denn auf diese Weise wird unter anderem das Sehen intensiv geschult, indem Pläne und Entwürfe betrachtet, verglichen und auf ihre Durchführbarkeit hin überprüft werden. So lassen sich etwaige Unstimmigkeiten in den Quellen aufdecken und Lösungsstrategien für eine Visualisierung entwickeln. Insgesamt stellt dieser Sammelband klar, dass Kunsthistoriker bereits in den 1990er-Jahren 3D-Projekte durchführten, was allerdings bis heute nicht selbstverständlich geblieben ist.

Im Jahr 2007 wurde auf dem 29. Deutschen Kunsthistorikertag in Regensburg die Sektion **Neue Technologien in der Architekturforschung** eingerichtet. Präsentiert wurden dort verschiedene Ansätze zum Einsatz digitaler Methoden in der architekturhistorischen Forschung und Lehre. Beispielsweise stellte die Kunsthistorikerin Ute Versteegen in ihrem Beitrag **Vom Mehrwert digitaler Simulationen dreidimensionaler Bauten und Objekte in der architekturgeschichtlichen Forschung und Lehre** verschiedene Beispiele von digitalen Architektursimulationen vor. ¹¹⁵ Diese identifiziert sie als innovative Visualisierungsverfahren, um sich in der Architekturgeschichte auf adäquate Weise mit Fragen des Raumes zu beschäftigen. Einen großen Mehrwert für die Lehre sieht sie in der Integration von Animationen und Filmen in Präsentationen sowie die Möglichkeit anhand von Simulationen bzw. Rekonstruktionen Gebäude zeigen zu können, die teils nicht mehr erhalten oder weit entfernt sind. Der Bauforscher Stefan Breitling zeigte in seinem Beitrag **Das digitale Abbild der Kathedrale – Vernetzte Dokumentation, Information und Präsentation am Nidaros-Dom in Trondheim**, wie sich durch den Einsatz digitaler Methoden die Rezeption des untersuchten Bauwerks verändert und sich neue Fragestellungen in der kunst- und architekturhistorischen Forschung ergeben. ¹¹⁶

Auf internationaler Ebene ist die Kunsthistorikerin Anna Bentkowska-Kafel zu nennen, die sich seit den 1990er-Jahren in Großbritannien (bis 2015 am King's College London) mit dem Computereinsatz in der kunsthistorischen Forschung beschäftigt. ¹¹⁷ Hervorzuheben sei insbesondere der von ihr mit dem Theaterwissenschaftler Hugh Denard und dem Informatiker Drew Baker 2012 herausgegebene interdisziplinäre Sammelband **Paradata and Transparency in Virtual Heritage**, ein mittlerweile als Grundlagenwerk zu erachtendes Buch. ¹¹⁸ Es versammelt Positionen von Experten unterschiedlicher Fachbereiche – wie Archäologie, Theaterwissenschaft, Kunstgeschichte, Informatik – zu den Herausforderungen des Einsatzes von 3D-Modellen in den historischen Wissenschaften. Eine zentrale Position nimmt hier die Diskussion der London Charter und ihrer Grundsätze insbesondere in Bezug auf Paradata ein. ¹¹⁹ Darauf wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausführlich Bezug genommen.

In ihrem 2013 veröffentlichten Aufsatz »I bought a piece of Roman furniture on the Internet. It's quite good but low on polygons.« – Digital Visuali-

■ 120

Vgl. Bentkowska-Kafel 2013.

■ 121

Vgl. Kohle 2013, insbes. S. 161–167.

■ 122

Vgl. Kohle 2017.

■ 123

Vgl. Egel-Andrews 2012.

■ 124

Ein Video zum von Egel-Andrews erstellen 3D-Modell in »Second Life« ist auf YouTube abrufbar: <https://www.youtube.com/watch?v=8YbZYYviRA>.

■ 125

Vgl. Lutteroth 2015.

zation of Cultural Heritage and its Scholarly Value in Art History skizziert Bentkowska-Kafel sehr anschaulich das noch heute anzutreffende zwiegespaltene Verhältnis von Kunsthistorikern gegenüber Computertechnologien und insbesondere 3D-Modellen. ¹²⁰ Sie argumentiert, dass das Fach davon profitieren könnte, die Verdienste der frühen Pioniere, die computertechnische Anwendungen für die Erforschung von Kunst einsetzten, anzuerkennen. Denn bisher halten sich – insbesondere in Bezug auf **Virtual Reality** – Vorbehalte es handle sich dabei um bloßes Edutainment. Sie knüpft damit an Diane Favros 2006 geäußerte Beobachtungen an, ein Hinweis darauf, dass die zuvor erwähnte Kluft keineswegs vollkommen überwunden ist und nach wie vor Wissenschaftler aktiv daran beteiligt sein sollten, diesen Zustand zu ändern.

Ebenfalls im Jahr 2013 veröffentlichte der Kunsthistoriker Hubertus Kohle seine Monografie **Digitale Bildwissenschaft**, in der er digitalen Rekonstruktionen ein eigenes Kapitel widmet. ¹²¹ Darin entwickelt er Visionen und Szenarien zu möglichen Inhalten und Kontexten zukünftiger digitaler Rekonstruktionen und gibt zu bedenken, die Wissenschaftlichkeit der Arbeiten nicht aus dem Blick zu verlieren. Insbesondere betont er den didaktischen Mehrwert, den 3D-Modelle für die universitäre Lehre bieten können.

In seinem 2017 veröffentlichten Beitrag **Digitale Rekonstruktion und Simulation** nähert er sich diesen beiden Begriffen über den Bereich der computertechnischen Darstellung von insbesondere Bauwerken und historischen Ereignissen. ¹²² Hiermit bietet er eine grundsätzliche Einführung in diese Thematik für Geisteswissenschaftler im Allgemeinen und Kunsthistoriker im Speziellen.

Allerdings stellen im Rahmen von kunsthistorischen Abschlussarbeiten realisierte 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur bislang noch Ausnahmen dar. Zu verweisen ist hier auf die unter der Betreuung von Bentkowska-Kafel am King's College in London 2009 fertiggestellte Masterarbeit von Ryan Egel-Andrews. ¹²³ Er hatte die heute nicht mehr existierenden Atelierräume von Piet Mondrian in Paris auf Grundlage von Texten von und über den Künstler, Fotografien sowie Gemälden am Computer rekonstruiert und in **Second Life** zugänglich gemacht. ¹²⁴

Ein aktuelles Beispiel einer unter kunsthistorischen Fragestellungen erarbeiteten 3D-Rekonstruktion findet sich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Hier betreut der Kunsthistoriker Stephan Hoppe die Dissertation von Jan-Eric Lutteroth, in deren Rahmen die Münchner Residenz bis etwa 1600 digital rekonstruiert wird. ¹²⁵ In intensiver Auseinandersetzung mit vorliegenden historischen Quellen entstehen 3D-Modelle der einzelnen Bauphasen mit dem Ziel das Potential des neuen Mediums für die Residenzforschung zu erproben.

Eine analytische und historisch kontextualisierende Auseinandersetzung von Kunsthistorikerinnen und Kunsthistorikern mit der digitalen Visualisierung historischer Architektur ist noch nicht so stark ausgeprägt wie beispielsweise in der Archäologie. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, die Desiderate – umfassender historischer Überblick von und analytische Auseinandersetzung mit digitalen 3D-Rekonstruktionen historischer Architektur – aus einer kunsthistorischen Perspektive zu adressieren. Denn insbesondere in der Kunstgeschichte sind 3D-Modelle weder als Untersuchungsgegenstand noch als Werkzeug

zentraler Bestandteil der Forschung. Allerdings ist es dringend notwendig, wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle als Untersuchungsgegenstand wahrzunehmen und historisch zu kontextualisieren, da es sich bei ihnen um Wissens-träger handelt, die Hypothesen zu Architektur transportieren. Dies kann einen großen Mehrwert für das Fach bedeuten und es in die Diskurse einbinden, die in anderen Disziplinen bereits geführt werden. Gerade die Kunstgeschichte, deren Kern die Erforschung von Bildern ist, ist prädestiniert dafür digitale 3D-Modelle und deren Abbildungen zu untersuchen sowie als Werkzeug (beispielsweise zur Überprüfung architekturhistorischer Hypothesen) zu nutzen.

Die Bedeutung für das Fach, bereits realisierte 3D-Projekte zu dokumentieren und zu untersuchen, lässt sich an folgendem exemplarisch herangezogenen Fall ablesen, der zwar ein archäologisches Projekt umfasst, aber gerade deshalb als zu vermeidendes Negativbeispiel dienen soll: In mehreren Publikationen Ende der 1980er- und der 1990er-Jahre wird auf die digitale Rekonstruktion der römischen Bäder in Bath, Großbritannien, verwiesen als eine der ersten 3D-Modellierungen eines Baukomplexes. ¹²⁶ Jedoch werden kaum mehr Informationen darüber gegeben, es folgt meist keine Beschreibung, warum dieses Projekt realisiert und wie es technisch umgesetzt wurde, wie das Ergebnis aussieht oder wo und wie seine öffentliche Präsentation erfolgte. ¹²⁷ Auch Projektbeteiligte und Initiatoren werden kaum genannt. Im Rückblick ist anzunehmen, dass zum Zeitpunkt dieser Publikationen das Projekt in Fachkreisen sehr wohl bekannt war, es hier also keiner expliziten Erklärung mehr bedurfte. Heute kennen es wohl nur mehr wenige Fachleute, Kunsthistorikern dürfte es weitgehend unbekannt sein, da es sich um ein antikes Bauwerk handelt.

Dies zeigt ein wichtiges Desiderat auf: die ausführliche Dokumentation des Erstellungsprozesses von digitalen 3D-Projekten historischer Architektur. Es ist notwendig, wissenschaftlich erstellte Projekte für die Nachwelt in Wort und Bild und möglichst auch in Form von Film und/oder Video bzw. Daten festzuhalten. Denn ohne nachhaltige Speicherung und Dokumentation sind die gewonnenen Informationen für die Wissenschaft verloren, schließlich haben die 3D-Modelle eine inhaltliche Aussage, weisen neue Forschungserkenntnisse auf und dokumentieren den Stand des Wissens. Sie sind Informationsträger und zugleich historisches Objekt in einem und verlangen danach in ihrem Kontext betrachtet und verortet sowie für die Zukunft bewahrt zu werden.

Hieran schließen sich sogleich weitere Fragen an: Wie können digitale 3D-Modelle von historischer Architektur langzeitarchiviert werden? Wie können sie überhaupt umfassend dokumentiert werden? Themen wie Langzeitarchivierung und Dokumentation des Erstellungsprozesses sind erst seit ein paar Jahren Gegenstand von internationalen Initiativen wie der London Charter, die sich zum Ziel gesetzt hat, verbindliche Grundsätze für wissenschaftliche, digitale Rekonstruktionsprojekte zu formulieren. ¹²⁸ In diesem Zusammenhang werden auch Metadaten und Paradata angesprochen, die bereits bei der Planung der Projekte eine wichtige Rolle spielen sollten, um im Projektverlauf umgesetzt werden zu können. Doch inwiefern finden diese Vorschläge in der Wissenschaftscommunity überhaupt Gehör? Hierzu wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit Experten in Interviews befragt. ¹²⁹ Ihre Einschätzungen werden in **Kapitel 6.2** (→ 469) diskutiert. Diese Themen werden in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen und mit konkreten Beispielen verdeutlicht. ¹³⁰

■ 126

Exemplarisch seien hierzu genannt: **Burridge 1989, S. 568; Woodwark 1991, S. 19; Miller/Richards 1995; Reilly 1996, S. 45.**

■ 127

Eine Ausnahme hiervon bildet folgender Aufsatz: **Reilly 1992, S. 149-151.**

■ 128

Vgl. **Denard 2009 (Die Londoner Charta). Diskutiert wird die Londoner Charta in Kapitel 6.2 (→ 469).**

■ 129

Vgl. **Appendix 2 (→ 639).**

■ 130

Vgl. insbes. **Kapitel 6.2 (→ 469).**

■ 131

Vgl. Messemer 2016 (The Beginnings of Digital Visualization).

■ 132

Vgl. ebd. und Informationen zur Tagung »Virtual Palaces, Part II« in München 2012 auf der Webseite von PALATIUM: <http://www.courtresidences.eu/index.php/events/workshops-and-colloquia/Munich2012/>.

■ 133

Vgl. Messemer 2019.

Eine erste, verschiedene Aspekte umfassende Übersicht zur Entwicklung der digitalen Visualisierung historischer Architektur im wissenschaftlichen Bereich von ihren Anfängen in den 1960er- bis zu den 1990er-Jahren wurde 2016 aus kunsthistorischer Perspektive in einem Aufsatz der Autorin verfasst. ¹³¹ Als geschichtliche Einführung in das Thema rahmt der Aufsatz aktuelle Projekte zu digitalen 3D-Modellen historischer Architektur ein, die auf der von Stephan Hoppe und Stefan Breitling ausgerichteten internationalen Tagung **Virtual Palaces. Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media 2012** an der Ludwig-Maximilians-Universität in München vorgestellt worden waren. ¹³² Zudem identifizierte die Autorin wesentliche technische Vorläufer wichtiger 3D-Projekte und einflussreiche Protagonisten, die sie in einem Aufsatz vorstellt, der im Rahmen des Sammelbands **Der Modelle Tugend 2.0. Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung 2019** veröffentlicht wurde. ¹³³

Die vorliegende Arbeit ist hingegen anders konzipiert. So nimmt sie bestimmte technische, inhaltliche und konzeptionelle Entwicklungen digitaler 3D-Modellierung von historischer Architektur innerhalb bestimmter Zeitfenster von den 1960er- bis zu den 2010er-Jahren aus kunsthistorischer Perspektive in den Blick. Zudem werden darin ausgewählte 3D-Projekte herausgegriffen, detailliert analysiert und historisch kontextualisiert. In einer übergreifenden Analyse werden diese abschließend miteinander verglichen. Das genaue Vorgehen wird im folgenden Kapitel eingehend dargelegt.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

1.4 Ziele, Methoden und Aufbau der Arbeit

Ein wesentlicher Teil der Arbeit umfasst einen historischen Überblick, der aus kunsthistorischer Perspektive die Entwicklung digitaler Rekonstruktionen von ihren Anfängen bis heute beleuchtet. Zentral sind hierbei die Fragen: Welche Entwicklungslinien zu digitalen 3D-Modellen historischer Architektur lassen sich in einem chronologischen Überblick von den technischen Voraussetzungen in den 1960er-Jahren über die ersten 3D-Rekonstruktionen in den 1980er-Jahren bis heute verfolgen? Können daraus bewährte Konzepte für ein ›ideales 3D-Modell‹ abgeleitet werden? Um sich diesen Fragen zu nähern, ist es essentiell den Entstehungskontext von 3D-Projekten zu untersuchen. Von wem und zu welchem Zweck werden digitale Rekonstruktionen auf welche Weise erstellt und in welche wissenschaftlichen Diskurse sind sie eingebettet? Diese Aspekte werden im Zuge des historischen Überblicks erörtert und detailliert untersucht im Rahmen von Einzelanalysen ausgewählter, bedeutender Projekte, die im Folgenden noch vorgestellt werden. Ziel ist es, den Fragen nach deren Rezeption nachzugehen: Welchen Einfluss haben digitale 3D-Modelle historischer Architektur auf die Erforschung des darin dargestellten Bauwerks? Gelangen die gewonnenen Erkenntnisse in den Forschungsdiskurs? Im Falle eines negativen Befunds wären die Gründe hierfür zu erörtern sowie zu klären wie die Rezeption von 3D-Rekonstruktionen gesteigert werden könnte.

Aufbauend auf den Ergebnissen zum historischen Überblick sowie aus den Einzelanalysen schließen sich folgende zwei übergeordnete Fragenkomplexe an, die dazu dienen die Untersuchung der ausgewählten Projekte zu vertiefen und daraus allgemeingültige Thesen abzuleiten: Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinsichtlich der Themen, Entstehungsprozesse, Rezeption und Erkenntnisgewinn sind festzustellen? Wovon hängen insbesondere Rezeption und Erkenntnisgewinn dabei ab? Zudem ist auch die Bildsprache genauer zu betrachten: Gibt es einen Zusammenhang zwischen technischen Voraussetzungen und ästhetischem Eindruck in Bezug auf die Bildproduktion digitaler Modelle? Lassen sich die Arbeiten stilistisch einordnen?

Die gesamte Untersuchung einrahmend durchziehen folgende Fragen, die auf die Potentiale digitaler Rekonstruktionen abzielen, um insbesondere der Kunstgeschichte eine Perspektive für die Erforschung historischer Architektur mit neuen Methoden zu bieten: Welche Möglichkeiten bieten digitale 3D-Modelle historischer Architektur explizit für die kunsthistorische Forschung? Wie können

sie als Untersuchungsgegenstand einerseits und als Forschungswerkzeug andererseits wichtige Erkenntnisse für den Fachbereich liefern? Die dazu gewonnenen Ergebnisse werden in der abschließenden Zusammenfassung gleichsam als Ausblick und Anknüpfungspunkt für die kunsthistorische Forschung dargelegt.

Um diesen in unterschiedliche Bereiche – Chronologie, (Bild- und Film-) Analyse, Kontextualisierung (historisch und in wissenschaftliche Diskurse) – abzielenden Fragen nachzugehen sowie aufgrund der komplexen Thematik und dem noch nicht in dieser Bandbreite untersuchten Forschungsfeld, wurden verschiedene methodische Ansätze verfolgt:

Einen wichtigen Bestandteil stellt hier die sowohl medienimmanent als auch transmedial vorgenommene vergleichende Betrachtung dar: So werden einerseits verschiedene 3D-Modelle miteinander verglichen, um mögliche ästhetische Entwicklungen aufzuzeigen. Andererseits werden Abbildungen digital rekonstruierter Architektur zur Herausarbeitung möglicher Mehrwerte der 3D-Modelle in inhaltlicher und gestalterischer Hinsicht zeichnerischen, malerischen und haptischen Darstellungen gegenübergestellt.

Die Grundlage für diese vergleichende Untersuchung bilden sowohl die kunsthistorische Bildanalyse als auch die Filmanalyse. Denn bei 3D-Modellen handelt es sich um ein komplexes Medium, von dem sowohl statische Bilder in Form von Renderings und Standbildern (Filmstills) als auch bewegte Szenen als Film und interaktive Bilder vorliegen. Zwar sind dies unterschiedliche mediale Ausformungen, jedoch sind sie eng miteinander verbunden, da sie alle auf digitalen Modellen beruhen. Dies bedingt somit auch eine Verbindung der beiden Analysemethoden an entsprechenden Stellen. Ziel ist insbesondere die gestalterische Darstellung des rekonstruierten Bauwerks zu untersuchen.

Für die Bildanalyse werden Renderings herangezogen. Diese stellen sozusagen virtuelle Fotografien digitaler Rekonstruktionen dar und sind um einiges komplexer als beispielsweise Fotografien eines realen Gegenstands. Denn ihnen wohnt eine Fülle an Informationen inne, die erst die Grundlage für ihre Erstellung gebildet haben. Insofern handelt es sich um vielschichtige Abbildungen, denen gesichertes Wissen, Hypothesen, Interpretationen und schließlich noch der Zeitgeist im Hinblick auf die ästhetische Darstellung zugrunde liegen. Renderings sind somit hochgradig künstlich erstellte Wiedergaben eines Objekts. Dementsprechend muss die kunsthistorische Analyse über eine bloße Bildbeschreibung hinausgehen und die Mechanismen, die der Bilderstellung zugrunde liegen, aufdecken sowie die Wirkung der Abbildung in den Blick nehmen. Hier bietet der Rezeptionsästhetische Ansatz von Wolfgang Kemp vielversprechende Erkenntnisse. ¹³⁴ Er stellt die Tatsache, dass ein Kunstwerk für einen Betrachter erstellt wurde, in den Vordergrund. Für die vorliegende Studie bedeutet dies, das Rendering, bei dem es sich explizit nicht um ein Kunstwerk im Sinne künstlerischen, kreativen Schaffens handelt, sondern um eine wissenschaftliche Visualisierung, in Beziehung zum intendierten Betrachter zu stellen. Denn dieser ist in der Regel zu Beginn eines Rekonstruktionsprojekts festgelegt und eng mit dem Zweck sowie der Zielrichtung der Rekonstruktion und damit auch deren Ästhetik verbunden. Insofern ist die von Kemp vorgeschlagene Kontextualisierung des Werks auch hier essentieller Bestandteil der Untersuchung.

■ 134

Vgl. Kemp 1992, S. 7–27.

■ 135

Vgl. Hickethier 2012, S. 50–69.

■ 136

Bereits verstorben sind der Architekturprofessor Manfred Koob (1949–2011), der für die digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III im Jahr 1989 verantwortlich zeichnet und Werner Müller (1923–2005), der mit der digitalen Rekonstruktion von gotischen Gewölben Ende der 1980er- bzw. Anfang der 1990er-Jahre Pionierarbeit leistete.

■ 137

Im Falle der digitalen Rekonstruktion von Old Minster in Winchester (1984–1986) wurde das Interview mit zwei Experten geführt, dem Ingenieurwissenschaftler und Softwareentwickler Andy Walter, dem die Leitung der 3D-Modellierung oblag, sowie dem Archäologen Paul Reilly, der zwar erst kurz nach Abschluss des Projekts am IBM UK Scientific Centre arbeitete, an dem das 3D-Modell erstellt wurde, aber damit bestens vertraut war und seit Anfang der 1990er-Jahre einer der führenden Protagonisten im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur ist. Vgl. [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 2.

■ 138

Folgende Experten beantworteten die Interviewfragen schriftlich: Richard Beacham (die Hälfte der Fragen), Dominik Lengyel, Paul Reilly und Andy Walter. Die übrigen Interviews wurden am Arbeitsort der Experten oder über Videotelefonie (Skype) geführt.

■ 139

Diese fünf Fragen wurden den Interviewpartnern, Norbert Quien und Andreas Lange, nicht gestellt, da sie in dem Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur nicht mehr bzw. nicht tätig sind.

Im Falle der Filmanalyse werden in der vorliegenden Arbeit die entsprechenden filmischen Techniken (Bildkomposition, Kamerabewegung, Kameraperspektive, Schnitt), mit denen in den Computeranimationen gearbeitet wird, identifiziert sowie nach ihrer Funktion und Wirkung genauer untersucht. [135](#) Auf diese Weise soll in Kombination mit einer Beschreibung des Inhalts der filmischen Visualisierung die Präsentation und Inszenierung des dargestellten Objekts ergründet werden.

Zwar werden die 3D-Modelle in verschiedenen Publikationen von Projektbeteiligten erläutert und meist auch mit Bildmaterial vorgestellt, jedoch fehlen oft Schlüsselinformationen, beispielsweise zur Initiierung des Projekts, zum konkreten Arbeitsablauf oder zur Zusammenarbeit der Fachleute. Daher war ein deutlicher Erkenntnisgewinn durch das Interviewen von Experten, die an der Realisierung der 3D-Modelle beteiligt waren, zu erwarten. Bei der Recherche zeigte sich, dass teilweise die Initiatoren bereits verstorben waren, insbesondere bei Arbeiten der 1980er- und frühen 1990er-Jahre. [136](#) Umso wichtiger war es, nun anhand von Gesprächen Informationen zu den 3D-Projekten zu dokumentieren.

Bei den ausgewählten Interviewpartnern handelt es sich weitgehend um Personen, die federführend an einem der 3D-Projekte gearbeitet haben, die für eine detaillierte Analyse in der vorliegenden Arbeit exemplarisch herangezogen wurden. [137](#) Eine Ausnahme bildet hier das Interview mit Andreas Lange, Gründungsdirektor und Kurator des Computerspielmuseums in Berlin (1997–2018), der nicht an der Erstellung eines 3D-Modells beteiligt war, aber als Experte für digitale Medien die Problematik der Langzeitarchivierung thematisiert. Die in den Interviews festgehaltenen Aussagen basieren auf den Erinnerungen der Befragten, da sie fast ausschließlich mündlich geführt wurden und nur in Ausnahmefällen in schriftlicher Form erfolgten. [138](#)

Generell ist für die Auswertung der Gespräche insbesondere in Bezug auf Daten zu beachten, dass es sich hier um Näherungswerte handelt und es bei einzelnen Details bezüglich der 3D-Modelle zu Unstimmigkeiten mit Informationen in bereits vorliegenden Publikationen kommen kann. Davon abgesehen stellen die Interviews wichtige Quellen und Zeitdokumente dar, da sie Informationen aus erster Hand zum damaligen Stand der Technik zu einem bestimmten Zeitpunkt liefern. Dies wird insbesondere an den jeweils letzten fünf in den Interviews gestellten Fragen deutlich, da es hier darum ging, die Einschätzung der Experten zur gegenwärtigen Situation und zukünftigen Tendenzen im Bereich der 3D-Modellierung historischer Architektur festzuhalten. [139](#) In [Appendix 2](#) (→ 639) finden sich die vollständigen Transkriptionen der Gespräche in der chronologischen Reihenfolge der Entstehungszeiträume der jeweils thematisierten 3D-Projekte.

Der Aufbau der Arbeit gliedert sich in acht Hauptkapitel, wovon das erste bereits den Untersuchungsgegenstand vorgestellt und eingegrenzt sowie Begriffe definiert, den Forschungsstand mitsamt Desideraten und daran anschließenden hier zu untersuchenden Fragen und Zielen dargelegt hat und nun den Inhalt der Arbeit unterbreitet. Die mit den zuvor dargelegten Zielen verbundenen Fragen werden in [Kapitel 2](#) (→ 051) bis [Kapitel 7](#) (→ 563) erörtert, um in

einem resümierendem Fazit in **Kapitel 8** (→ 595) zu münden. **Appendix 1** (→ 609) umfasst Tabellen zu Kerninformationen über ausgewählte 3D-Projekte, **Appendix 2** (→ 639) Transkriptionen der Interviews. Im Folgenden seien die Inhalte der **Kapitel 2** (→ 051) bis **Kapitel 8** (→ 595) genauer vorgestellt:

Kapitel 2 (→ 051) bis **Kapitel 6** (→ 445) und deren Unterkapitel bieten einen chronologisch aufgebauten und auf eine kunsthistorische Perspektive abzielenden Überblick über die Entwicklung wissenschaftlich erstellter digitaler 3D-Modelle historischer Architektur, die innerhalb des Zeitraums von den 1960er-Jahren bis heute realisiert wurden. ¹⁴⁰ Vor dem Hintergrund technischer Innovationen werden Projekte, Initiativen und Tendenzen aus diesem Bereich beleuchtet.

Die Einteilung von **Kapitel 2** (→ 051) bis **Kapitel 6** (→ 445) in Dekaden ist den technischen und inhaltlichen Entwicklungen von 3D-Rekonstruktionen sowie Tendenzen in deren Ausführung, Gestaltung und Thematik geschuldet, die in den Texten identifiziert und genauer betrachtet werden. Die Ränder verlaufen hier fließend, es ist nicht intendiert eine scharfe Trennlinie zwischen den einzelnen Jahrzehnten zu ziehen. Vielmehr soll hiermit eine temporale Orientierung geschaffen werden. Innerhalb der jeweiligen Zeiträume lassen sich technische und thematische Entwicklungen beobachten, die diese Einteilung bedingen, wie zu Beginn eines jeden Kapitels genauer erläutert wird. Andererseits überspannen einzelne Phänomene auch mehrere Jahrzehnte, sodass Entwicklungslinien nachgezeichnet werden können und sich gleichsam als roter Faden durch den historischen Überblick ziehen. Mit Vor- und Rückgriffen auf ähnliche oder unterschiedliche Initiativen wird zudem eine inhaltliche Verbindung der einzelnen Kapitel unterstützt. Da um das Jahr 2000 ein starker Anstieg an 3D-Projekten zu bemerken ist, wird dieser Phase ein eigenes Kapitel gewidmet. Hingegen werden die 2000er- mit den 2010er-Jahren in einem Kapitel zusammengefasst, denn aufgrund der Fülle an Projekten und neuen Technologien in den letzten rund 20 Jahren, können hier nur ausgewählte Projekte, Initiativen und technische Innovationen im Sinne eines Ausblicks angesprochen werden. Demgegenüber gibt ein eigenes Unterkapitel den in den 2000er-Jahren bis heute geführten Diskursen zu Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses und Langzeitarchivierung Raum, sich näher damit auseinanderzusetzen.

In diesen historischen Überblick eingebettet ist die detaillierte Analyse von neun wegweisenden Projekten, die wissenschaftlich erstellte digitale 3D-Modelle historischer Architektur zum Gegenstand haben. Diese wurden aus unterschiedlichen Gründen als herausragende Arbeiten identifiziert und bilden gleichsam die Bandbreite an Entstehungskontexten, Urheberschaften, dargestellten Objekten (von frühchristlichen Bauten bis zur Architektur des 20. Jahrhunderts), Visualisierungs- und Anwendungsmethoden ab. Hier sei kurz auf die aus kunsthistorischer Perspektive vorgenommene Auswahl eingegangen, wobei die wissenschaftliche Bedeutung der Projekte im Rahmen der jeweiligen Kapitel genauer gefasst ist: eines der ersten Videos von einem virtuellen Rundgang durch ein digitales 3D-Modell historischer Architektur (Old Minster in Winchester, **IBM UK Scientific Centre**, GB, 1984–86), digitale Rekonstruktion eines komplexen, nicht mehr existierenden bedeutenden sakralen Bauwerks mit

■ 140

Mit »wissenschaftlich erstellter digitaler 3D-Modelle« sind hier Projekte zu verstehen, die unter allgemeingültigen Prämissen des wissenschaftlichen Arbeitens entstanden. Vgl. beispielsweise den 1998 erstmals publizierten und 2013 überarbeiteten Leitfaden der DFG zu diesem Thema: Vorschläge zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis 2013. Frischer et al. definieren explizit virtuelle Welten folgendermaßen: »accurate digital representations of the object they purport to model as authenticated by experts.« Zit. aus: Frischer et al. 2002, S. 7.

Einbindung in einen Fernsehdokumentarfilm (Cluny III, **asb baudat**, D, 1989), kunsthistorisches Pionierprojekt in der Erforschung nie gebauter spätgotischer Gewölbe durch deren digitale Rekonstruktion (Spätgotischer Kirchenchor, **Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen** der Universität Heidelberg, D, 1992), Realisierung eines 3D-Modells einer zerstörten Kirche für das Fundraising zum realen Wiederaufbau (Dresdner Frauenkirche, **IBM** und andere, D/GB/USA, 1993), Einbettung eines wissenschaftlich realisierten 3D-Modells in den Restaurierungsprozess des dargestellten Bauwerks als Initialprojekt zur Entwicklung einer virtuellen Lernumgebung (Festspielhaus Hellerau, University of Warwick/**atelier4d Architekten**/King's College London, GB/D, um 1994/1996–2012), Einsatz eines internationalen wissenschaftlichen Komitees als Überprüfungsinstanz für die Erstellung eines digitalen Architekturmodells (Santa Maria Maggiore in Rom, University of California Los Angeles/**Vatikanische Museen/Koninklijk Nederlands Instituut in Rome**, USA/IT, 1998–2000), exemplarisch ausgewähltes 3D-Modell einer Synagoge aus dem umfassenden Langzeitprojekt zur digitalen Rekonstruktion zerstörter Synagogenarchitektur in Deutschland als Beitrag zur Erinnerungskultur (Synagoge in der Glockengasse in Köln, Technische Universität Darmstadt, D, 1998), Beispiel eines 3D-Modelles aus dem Langzeitprojekt zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen in Wien, die anhand von Panoramabildern interaktiv virtuell erkundet werden können (Synagoge Neudeggergasse in Wien, Technische Universität Wien, A, 1998), Visualisierung von Bauphasen sowie innovativer Ansatz zur visuellen Darstellung von Hypothesen in einem digitalen 3D-Modell historischer Architektur (Kölner Dom, **Lengyel Toulouse Architekten**, D, 2009–2010).

Die insgesamt neun Projekte werden zu bestimmten Aspekten aus kunsthistorischer Perspektive detailliert analysiert, wie vorherige wissenschaftliche (zeichnerische, haptische) Rekonstruktionen der jeweiligen Bauwerke, Entstehungskontext der 3D-Projekte, Vorgang der digitalen Rekonstruktion, Erscheinungsbild der Visualisierung, Einbettung von Quellen, mediale Präsenz sowie öffentliche Zugänglichkeit. **141** Auf diese Weise können sie in dem jeweiligen Forschungskontext verortet werden.

Essentielle Grundlage dieser Analysen bilden jeweils Filme beziehungsweise – wie im Falle des Projekts an der TU Wien – Panoramabilder, die einen virtuellen Rundgang durch das jeweils digital rekonstruierte Bauwerk bieten. Anhand von Filmstills und Renderings kann insbesondere die Gestaltung der Visualisierung hinsichtlich der Verwendung von Farben und Texturen, Einsatz von Licht und Schatten, Plastizität und Raumeindruck sowie Detailgenauigkeit in Bezug auf die verwendeten historischen Quellen untersucht werden. Zudem erfolgen darauf aufbauend sowohl ein Vergleich der digitalen Bilder mit historischen Bildwerken, um zu ergründen inwiefern sich die Darstellungsweisen der unterschiedlichen Medien unterscheiden oder gleichen und ob sich daraus ein visueller und inhaltlicher, also erkenntnisgenerierender, Mehrwert der 3D-Modelle ergibt, als auch eine Gegenüberstellung mit weiteren digitalen 3D-Modellen des jeweiligen Bauwerks, die von anderen Urhebern stammen.

Eine wichtige Voraussetzung für die Auswahl der Filme beziehungsweise der Panoramen ist deren öffentliche Zugänglichkeit. Denn so kann gewährleistet werden, dass die Dateien auch von anderen Wissenschaftlern für Forschungszwecke leicht herangezogen werden können.

■ 141

Dadurch, dass sich die Menge an vorliegendem Material und Informationen bei den einzelnen 3D-Projekten unterscheidet, variiert auch die Gewichtung der einzelnen Abschnitte in der Analyse.

Diese Einzelanalysen sind eingebettet in eine chronologische Übersicht des jeweiligen Entstehungszeitraums, innerhalb dessen die 3D-Projekte realisiert wurden. So ist es möglich sie im Kontext der damaligen Technologien und Forschungsdiskurse zu betrachten. Zu jedem dieser 3D-Projekte wurde eine Tabelle angelegt, die die wichtigsten Daten zu Projektbeteiligten, Realisierungszeitraum, verwendete Technik, öffentliche Präsentationen, Publikationen, Links und Ansprechpartner kompakt zusammenfasst. In chronologischer Reihenfolge sind diese Tabellen in **Appendix 1 (→ 609)** abgelegt.

Ziel des Überblicks ist zu zeigen, unter welchen technischen und inhaltlichen Voraussetzungen, wissenschaftlichen Kontexten sowie fächerübergreifenden Diskursen digitale Rekonstruktionen von historischer Architektur entstehen und Erkenntnis fördernd eingesetzt werden. Gezeigt werden soll, wie 3D-Architekturmodelle als Forschungsgegenstand und auch als Forschungswerkzeug dienen und verwendet werden können, wie sie neue Fragestellungen in den Geisteswissenschaften allgemein und in der Kunstgeschichte im Speziellen generieren und beantworten können.

Auf diesen umfassenden Überblick folgt **Kapitel 7 (→ 563)**, **Analyse und kritische Reflexion – Digitale 3D-Modelle historischer Architektur im Vergleich**, das sich der vergleichenden Analyse der neun untersuchten Projekte widmet. An geeigneten Stellen werden auch andere, in **Kapitel 2 (→ 051)** bis **Kapitel 6 (→ 445)** besprochene Projekte als Vergleichswerke herangezogen. Zunächst steht der Untersuchungsgegenstand im Fokus, um die Themen der Rekonstruktionen, deren Entstehungskontexte sowie die wissenschaftliche Rezeption zu ergründen. Anschließend werden die digitalen Bilder analysiert, um der Frage nachzugehen, welcher Zusammenhang zwischen technischen Voraussetzungen, ästhetischem Eindruck und der Darstellungsweise besteht. Ferner wird das Potential des Erkenntnisgewinns durch die Erstellung von 3D-Rekonstruktionen erörtert. Darauf aufbauend erfolgt eine Reflexion über die visuelle Vielfalt digitaler 3D-Modelle, die auch die grundlegenden gestalterischen Abhängigkeiten in den Blick nimmt.

In der abschließenden Zusammenfassung, **Kapitel 8 (→ 595)**, werden die in der vorhergehenden Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse gebündelt, um die Potentiale digitaler Architekturrekonstruktionen insbesondere für die kunsthistorische Forschung darzulegen und Entwicklungsperspektiven zu diskutieren. Zudem wird ein Ideal-Vorschlag für ein zeitgemäßes und adäquates 3D-Modell historischer Architektur präsentiert. Ein Ausblick für zukünftige Untersuchungen zum Thema schließt die Arbeit ab.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

Kapitel 2

→ Die 1960er- und 1970er-Jahre – Ursprünge

■ 142

Vgl. eine Übersicht über die technische Entwicklung von Computern von den 1950er- bis zu den 1970er-Jahren und deren Einsatz in Architekturbüros in: Mitchell 1977, S. 18–26. Einen medienwissenschaftlichen Ansatz verfolgt Matthias Pieper in seiner 1992 erschienenen Doktorarbeit, in der er die Entwicklung der Computeranimation von den zuvor existierenden Medien herleitet, der Malerei, über Fotografie und Film (u. a. Zeichentrickfilm) bis hin zum Fernsehen. Vgl. Pieper 1994, S. 20–38. Eine grundlegende Einführung zu Entwicklung, Technik, Erstellung und Ästhetik computergenerierter Standbilder liefert die Kunstpädagogin Karin Guminski in ihrer 2002 erschienenen Dissertation. Vgl. Guminski 2002.

■ 143

Vgl. Ross 1960; Ross 1961, S. 235; Spur/Krause 1984, S. 23.

■ 144

Vgl. Spur/Krause 1984, S. 16.

■ 145

Einen kurzen Überblick zu Programmiersystemen und -sprachen liefern z. B. Günter Spur und Frank-Lothar Krause: vgl. ebd., S. 22–23.

■ 146

Zu Hintergrundinformationen zur Studie CAD vgl.: Coons 1963, insbes. S. 299–300.

■ 147

Spur/Krause 1984, S. 16.

■ 148

Vgl. ebd., insbes. S. 22–26.

Den einen Ursprung digitaler Architekturvisualisierung gibt es nicht, vielmehr haben verschiedene Entwicklungen in unterschiedlichen Bereichen wie Computertechnik, Architektur, Film aber auch Videokunst ihren Beitrag dazu geleistet. Eine wesentliche Rolle spielt die Computertechnik hinsichtlich Hard- und Software, die eine immer schnellere Verarbeitung von immer größer werdenden Datenmengen ermöglicht. ¹⁴²

Computer Aided Design (CAD) ist heute in aller Munde. Geprägt wurde dieser Begriff bereits um 1960 von dem Informatiker Douglas T. Ross. ¹⁴³ Ins Deutsche übersetzt bedeutet er »computerunterstütztes Konstruieren«. ¹⁴⁴ Die technische Basis hierfür lieferten verschiedene Entwicklungen im Bereich der Programmiersysteme für beispielsweise NC-Werkzeugmaschinen (Numerical Control, dt. Numerische Steuerung) und auch auf dem Feld von Programmiersprachen. ¹⁴⁵ Am MIT arbeitete die Computer Applications Group mit der Design Division des Mechanical Engineering Department an einer komplexen Anwendung des Computers im Bereich des Ingenieurdesigns und nannte diese Studie CAD. ¹⁴⁶ Unterstützt wurde diese Forschung von einer Gruppe der Air Force, was die enge Verbindung im Bereich der Entwicklung von Computertechnologie mit dem Militär vor Augen führt.

Allerdings umfasst ein sogenanntes CAD-System weit mehr als nur den Vorgang des Konstruierens. Als komplexes Geflecht aus der das System bedienenden Person, der Hardware und zugehöriger Betriebssoftware sowie der CAD-Software kann es für folgende Aufgaben verwendet werden: »Bearbeitung von Unterlagen der Angebotserstellung, des Konzipierens, des Entwurfs, der Gestaltung, der Zeichnungs- und Stücklistenherstellung, der Berechnung, der Arbeitsplanung, der NC-Programmierung und der Qualitätssicherung«. ¹⁴⁷ Einen fokussierten Überblick über die Entwicklung von Computerprogrammen und Technologien im CAD-Bereich bietet das von Günter Spur und Frank-Lothar Krause 1984 herausgegebene Handbuch. ¹⁴⁸ Darin listen sie nicht nur wichtige technische Wegbereiter und deren Innovationen auf, sondern geben auch Einblick in die damaligen Anwendungsbereiche von Konstruktionssoftware in Maschinen-, Automobil- und Flugzeugbau sowie auch im Bauwesen.

Um 1960 war der Grafikdesigner William Allan Fetter bei der Boeing Company in Wichita, Kansas, tätig und setzte dort das damals neue computertechnische Zeichnen ein. ¹⁴⁹ Hierfür prägte er den Begriff Computer Graphics und gilt zugleich als Pionier auf diesem Feld, denn wenige Jahre später entwickelte er für die Firma am Standort in Seattle ein Computerprogramm, mit dessen Hilfe er dreidimensionale Figuren zeichnen konnte. Dabei trug er zur

■ 149

Zur Tätigkeit von William Allan Fetter im Bereich der Computergrafik vgl.: Nierhoff-Wielk/Klütsch/Lanfermann 2007, S. 232–233, S.240 u. S. 334–335, Kat. Nr. 67.

■ 150

Vgl. Herzogenrath/Nierhoff-Wielk 2007, S. 428.

■ 151

Vgl. Sutherland 2003, S. 3.

■ 152

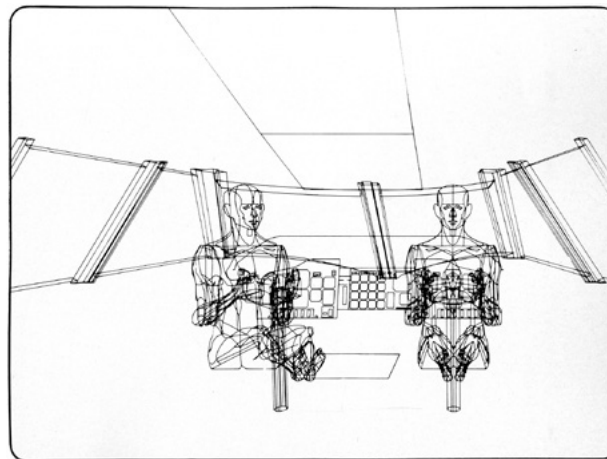
Vgl. Mitchell 1977, S. 14–15. Laut Bernhard Langer umfasste der Rechner TX-2, an dem »Sketchpad« erarbeitet wurde, eine Fläche von etwa 100 m². Vgl. dazu: Langer 2011, S. 158.

■ 153

Vgl. Sutherland 2003, S. 3; Vgl. Mitchell 1977, S. 14–15.

Weiterentwicklung des CAD bei, indem er Drahtgittermodelle von Flugzeugen, Cockpits und darin sitzenden Piloten erstellte ⁰¹. Ziel seiner Zeichnungen war es beispielsweise, die eingeschränkte Sicht bei der Landung zu simulieren. Allerdings ist es nicht einfach in einer solchen Computergrafik einzelne Details wie die Steuerelemente zu identifizieren und deren Position im Raum im Verhältnis zu den Personen zu bestimmen, da gestalterische Elemente zur Tiefenstaffelung in der Zeichnung fehlen.

Zur gleichen Zeit entstanden auch künstlerische Arbeiten im Bereich der frühen Computergrafik, die im Gegensatz zu Fetter jedoch oftmals das Zufallsprinzip einsetzten. Bereits im Jahr 1965 findet in der Studiogalerie der Technischen Hochschule Stuttgart unter Leitung des Philosophen und Mathematikers Max Bense weltweit die erste Ausstellung zu digital erstellten Computergrafiken statt. ¹⁵⁰



□ 01

Zwei menschliche Figuren in einem Cockpit. William Allan Fetter, um 1966–1969, Schwarz-Weiß-Computergrafik, Fotografie einer Plotterzeichnung, Blatt 18,2 x 24 cm.

Ein Meilenstein auf dem Weg zur Etablierung von CAD als Standardtechnik war das Grafikprogramm **Sketchpad**: Als eines der ersten sogenannten **graphical user interfaces** hatte das von Ivan Sutherland am MIT entwickelte **Sketchpad** großen Einfluss auf den Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion. ¹⁵¹ In seiner 1963 veröffentlichten Doktorarbeit stellte Sutherland einen **interactive graphics terminal** vor. ¹⁵² An diesem konnten mithilfe einer Tastatur und eines sogenannten Lichtstifts (engl. **light pen**), dem Vorläufer der Computermaus, zweidimensionale Objekte auf einem Bildschirm gezeichnet und verändert werden ⁰². ¹⁵³

Die Funktionsweise gestaltete sich folgendermaßen:

»Das elektronische Werkzeug des Lichtgriffels, das einem Zeichenstift nachempfunden ist, lenkt durch eine Linse das Licht des Bildschirms, über den es bewegt wird, auf eine fotoelektronische Zelle in seinem Inneren. Die Zelle gibt in diesem Moment einen elektrischen Impuls an den Computer. Dieser bestimmt die Position des Lichtgriffels durch die Ortung des Strahls auf dem Bildschirm in dem Moment, in dem er das Signal vom Lichtgriffel erhält. Mittels

eines Knopfes kann diese Position festgehalten und grafisch bearbeitet werden.« ¹⁵⁴

■ 154

Nierhoff-Wielk/Klütsch/Lanfermann
2007, S. 234–235.

■ 155

Für Informationen zu Präsentation und Einsatz des »Sketchpad« vgl.: Mitchell 1977, S. 9 u. S. 14–15; Sutherland 2003, S. 10 u. S. 107.

■ 156

Vgl.: Steenson o. J.; Langer 2011, S. 159.

■ 157

Hintergrundinformationen zum »URBAN-5 System« bietet: Mitchell 1977, S. 92–93.

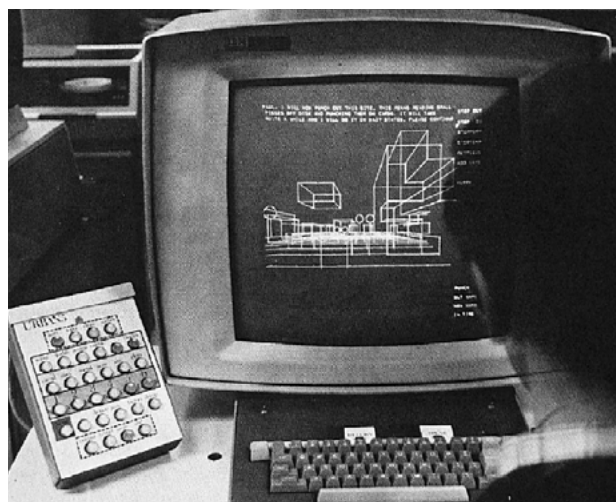


□ 02

Ivan Edward Sutherland bedient das Grafikprogramm »Sketchpad«, Fotografie 1963.

Der Architekt William J. Mitchell, der 1977 ein umfassendes Handbuch zum Thema **Computer-aided architectural design** veröffentlichte, hielt **Sketchpad** für einen essentiell wegweisenden Beitrag im Bereich des CAD. ¹⁵⁵ Bereits bei der Präsentation des neuen Systems 1963 auf der **Spring Joint Computer Conference** in Detroit, Michigan, zeigten Experten auf dem Gebiet des Ingenieurwesens daran großes Interesse. Eingesetzt wurde **Sketchpad** schließlich für das Erstellen von Zeichnungen im Bereich der Mathematik, Mechanik, Elektronik und der Wissenschaft. So diente es beispielsweise zur Ermittlung der Lastenverteilung bei Fachwerksbrücken. Aber es wurden auch künstlerische Ansätze mit der neuen Technik verfolgt, indem Zeichnungen von Gesichtern so abgewandelt wurden, dass eine Bewegungsabfolge wie in einem Cartoon dabei entstand.

Nur wenige Jahre später, 1968, entwickelten Nicholas Negroponte und Leon Groisser am MIT das **URBAN-5 System**. ¹⁵⁶ Auch hier konnten mittels Tastatur und Lichtstift Objekte am angeschlossenen Bildschirm gezeichnet werden, sogar in dreidimensionaler Darstellung ⁰³. ¹⁵⁷ Der Architekt Bernhard Langer fasst das Ziel von **URBAN-5 System** folgendermaßen zusammen:



□ 03

Historisches Foto des »URBAN-5 Systems« im Einsatz, um 1968.

»Die Architecture Machine war als ein (weiter ausbaubares) System von Input- und Outputgeräten gedacht, das als intelligenter und eigenständiger Akteur eine der menschlichen Intelligenz analoge Fähigkeit zur Einschätzung kulturell bedingter Kontexte erlangen sollte.« ¹⁵⁸

■ 158

Langer 2011, S. 159.

■ 159

Vgl. Herzogenrath/Nierhoff-Wielk 2007, S. 428–429.

■ 160

Vgl. Franke 1971, S. 105; Webseite der »Heike Werner Galerie für Computerkunst und Neue Fotografie«: <http://www.heikewerner.com/kubo.html>.

■ 161

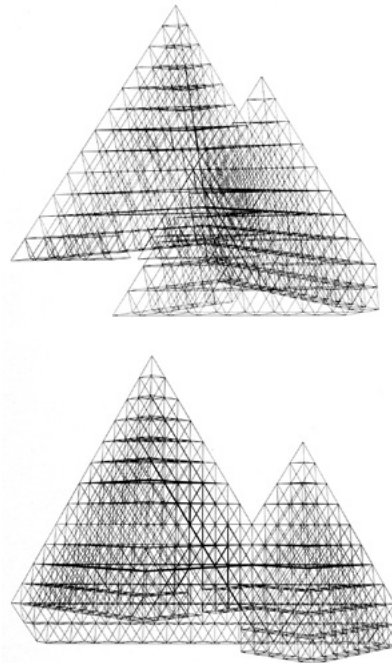
Vgl. Zur Erzeugung und Verwendung der computertechnisch erstellten Gitterstrukturen vgl.: Franke 1971, S. 104, Abb. 90 u. S. 105; Franke 1985, S. 142.

■ 162

Zur Tätigkeit von Resch vgl.: Franke 1971, S. 105; Franke 1985, S. 142; Webseite der »Heike Werner Galerie für Computerkunst und Neue Fotografie«: <http://www.heikewerner.com/kubo.html>.

Der Nutzer des **URBAN-5 System** konnte aus einem Menü Elemente auswählen und am Bildschirm platzieren. So war es möglich, Designvorschläge zu erarbeiten. Die Interaktion zwischen dem System und dem Nutzer war relativ flüssig, was das Gerät besonders auszeichnete. Allerdings wurde es nicht mehr weiter verwendet, da seine Weiterentwicklung durch Einschränkungen des ihm zugrundeliegenden Designs nicht mehr möglich war.

In Deutschland entstanden erste computergenerierte Architekturvürfe Ende der 1960er-Jahre, als der Mathematiker und Softwareingenieur Georg Nees mit dem Architekten Ludwig Rase bei Siemens in Erlangen zusammenarbeitete. ¹⁵⁹ Mit Hilfe des von Nees entwickelten Programms **ALGOL** und der **Siemens 4004** Rechenanlage erstellten sie 1970 einen Bauplan für einen Messestand der Firma in Hannover. ¹⁶⁰ Ebenso zeichneten sie am Computer räumliche Gitterstrukturen, die in unterschiedlichen Perspektiven am Bildschirm angezeigt werden konnten ⁰⁴. ¹⁶¹ Hier verbanden sie die Phasen der gestalterischen Arbeit einerseits und der konstruktiven Optimierung von Bauwerken andererseits. Denn auf Basis der Zeichnungen konnten Entscheidungen zur Ausgestaltung der Architektur getroffen werden.



□ 04

Am Computer gezeichnete Gitterstrukturen in unterschiedlichen perspektivischen Ansichten, Ludwig Rase und Georg Nees, vor 1971.

Parallel dazu vollzogen sich in den USA ähnliche Entwicklungen: Ronald Resch, Künstler und Computerfachmann, konnte Ende der 1960er-Jahre mithilfe des Computers die Gerüststruktur der Geodätischen Kuppeln errechnen, die von Buckminster Fuller errichtet worden waren. ¹⁶² Zudem erstellte er noch weitere Varianten der Gebäude.

■ 163

Zu Verwendung von CAD-Programmen in Architekturbüros vgl.: Steele 2001, S. 216; Franke 1985, S. 141–142.

■ 164

Vgl. Langer 2011, S. 157. Langer verweist dazu auf eine Publikation, die Programme auflistet, die damals in Planungsbüros verwendet wurden: Lee 1974.

■ 165

Vgl. Langer 2011, S. 158; Franke 1985, S. 144.

■ 166

Vgl. Steele 2001, S. 216 u. Langer 2011, S. 159.

■ 167

Vgl. Mitchell 1977, S. 15.

■ 168

Vgl. Langer 2011, S. 159.

■ 169

Vgl. ebd., S. 160; Yares, Evan: AutoCAD's ancestor, in: <http://www.3dcadworld.com/autocads-ancestor/>, veröffentlicht am 17.02.2012.

■ 170

Vgl. Yares, Evan: AutoCAD's ancestor, in: <http://www.3dcadworld.com/autocads-ancestor/>, veröffentlicht am 17.02.2012.

■ 171

Vgl. Mitchell 1977, S. xi.

■ 172

Vgl. Hemmerling/Tiggemann 2010, S. 14–15. Um »CATIA« weiterentwickeln und besser vermarkten zu können, gründete Bernard 1981 die Firma, »Dassault Systèmes«. Vgl. ebd.

■ 173

Vgl. Bernard, Francis: The DASSAULT SYSTEMS Success Story, in: Webseite von isicad.net, http://isicad.net/articles.php?article_num=14120, veröffentlicht am 26.11.2010.

■ 174

Vgl. ebd.; Hemmerling/Tiggemann 2010, S. 14–15.

In den 1970er-Jahren – als CAD-Programme allmählich Einzug in die Architekturbüros hielten – und bis in die 1980er-Jahre hinein konnten es sich nur größere Architekturbüros leisten mit CAD-Programmen zu arbeiten. ¹⁶³ Denn neben teuren Wartungsverträgen war es auch nötig, einen auf CAD spezialisierten Experten zu engagieren. Jedoch verwendeten die Büros bereits in den 1970er-Jahren verschiedene andere Computerprogramme beispielsweise für die Buchhaltung, Verwaltung ihrer Daten, aber auch zum Berechnen von Lichtverhältnissen oder Isolierverhalten. ¹⁶⁴ In der finanzstarken Flugzeug- und Automobilbranche hingegen etablierten sich schon in den 1970er-Jahren sehr schnell Modellierungsprogramme. ¹⁶⁵ Mit Aufkommen des Personal Computers (PC) 1982 erfolgte der Siegeszug des erschwinglichen Rechners in die Architekturbüros und damit auch der entsprechenden Software. ¹⁶⁶ Nicht zuletzt hatte eine gewisse Skepsis seitens der Architekten gegenüber der Technik zur langsamen Etablierung von CAD in den Architekturbüros geführt. ¹⁶⁷ Jedoch hatten sich in der Zwischenzeit auch die architektur-spezifischen Entwurfsprogramme weiterentwickelt. ¹⁶⁸ So brachte die Softwarefirma Autodesk kurz nach ihrer Gründung 1982 das Programm AutoCAD auf den Markt. ¹⁶⁹ Seine Wurzeln reichen bis in das Jahr 1977 zurück, als Mike Riddle das INTERACT CAD system schrieb, das wohl als erstes CAD-System überhaupt auf einem handelsüblichen sogenannten Microcomputer funktionierte. ¹⁷⁰

Im gleichen Jahr attestierte der Architekt William J. Mitchell in seinem Buch *Computer-aided architectural design* der CAD-Technik das Potential, das Arbeitsfeld Architektur der 1980er-Jahre grundlegend revolutionieren zu können und nannte hierfür folgende drei Gründe: ¹⁷¹

- theoretische Grundlagen durch die Grundlagenforschung in den 1970er-Jahren,
- Verfügbarkeit von speziell für Architekten entwickelter Computersoftware,
- auch für kleinere Architekturbüros erschwinglichere Preise für Computerhardware.

Mit seiner Prognose sollte er recht behalten, wie im Folgenden gezeigt wird. Ebenfalls im Jahr 1977 begann der französische Flugzeughersteller Dassault Aviation unter der Leitung von Francis Bernard das Programm CATIA (Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application) zu entwickeln. ¹⁷² Das Ergebnis war eine Software zum Designen von Objekten in 3D, die auch beschnitten und rotiert werden konnten. ¹⁷³ Hier war es möglich das »reale« Objekt am Bildschirm zu sehen, anstatt eine Zeichnung interpretieren zu müssen, wie es bislang der Fall der war. Zunächst fand CATIA in der Flugzeugindustrie Verwendung und erhielt erst in den 1980er-Jahren Einzug in die Architekturbüros. ¹⁷⁴ Frank O. Gehry war einer der ersten, die die Software für die Konstruktion von Gebäuden verwendeten. ¹⁷⁵ In seinem Büro wurde CATIA erstmals auf Initiative seines Mitarbeiters James M. Glymph eingesetzt, um den 1989 erhaltenen Auftrag für einen Pavillon an der Küste Barcelonas umzusetzen. ¹⁷⁶ So konnte die Stahlkonstruktion des Bauwerks in Form eines riesigen, gold schimmernden Fisches mittels der Software gezeichnet und zu den Olympischen Spielen 1992 fertiggestellt werden. Später setzte Gehry CATIA auch bei der Konstruktion seines 1997 eröffneten Guggenheim Museums in Bilbao

■ 175

Vgl. Hemmerling/Tiggemann 2010, S. 14–15.

■ 176

Vgl. Gehrys Pavillon-Projekt in Barcelona vgl.: Goldberger 2015, S. 269.

■ 177

Vgl. ebd., S. 299ff.

■ 178

Zur Entwicklung, Funktion und Einsatz von Relatoskopen vgl. Schulz van Treeck 1974. Im Jahr 1993 wurde die European Architectural Endoscopy Association (EAEA) gegründet, die regelmäßig Konferenzen an wechselnden Universitäten in Europa ausrichtet, zuletzt an der Glasgow School of Art im September 2017. Vgl. Webseite der TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/eaea/e-statutes.html>; Webseite der 13. EAEA-Konferenz: <http://www.eaea13.org>. Die Geräte sind in der Architekturpraxis auch unter dem Begriff Endoskop bekannt.

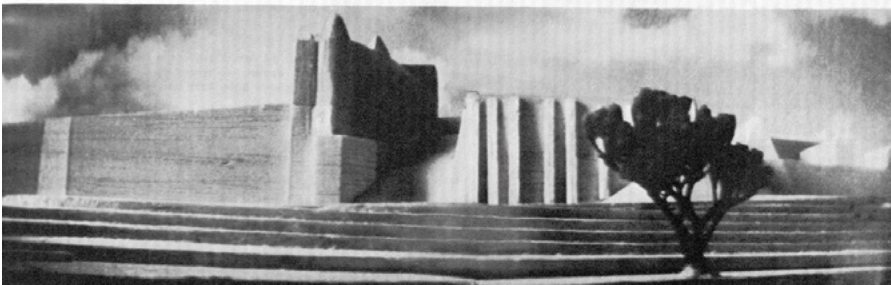
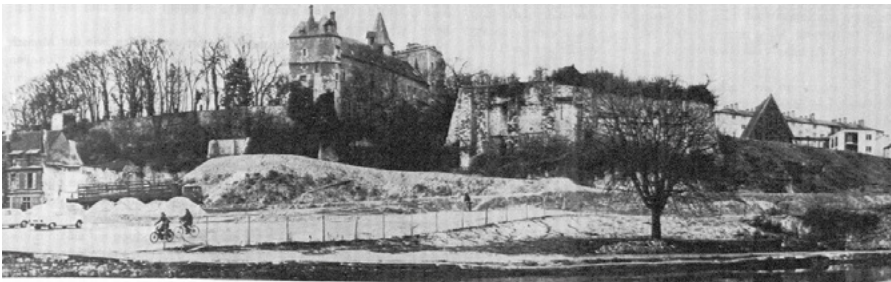
■ 179

Schulz van Treeck 1974, S. 636.

ein, das mit seinem spektakulären Fassadendesign in die Architekturgeschichte einging. ¹⁷⁷

Nicht nur für den architektonischen Entwurf sondern auch für dessen Präsentation wurden neue Technologien eingesetzt. Der Architekt Martin Schulz van Treeck entwickelte das Relatoskop, ein auf dem medizinischen Endoskop beruhendes Gerät, mit dessen Hilfe Architekturmodelle fotografiert und gefilmt werden können. ¹⁷⁸ Über einen angeschlossenen Fotoapparat oder eine Filmkamera, die mit einem Bildschirm verbunden ist, können die Bilder, die im Modell aufgenommen werden auch live mitverfolgt werden. Die so erzeugten Aufnahmen vermitteln ein gänzlich anderes Bild als der Eindruck eines haptischen Modells, wie es Schulz van Treeck 1974 formulierte ⁰⁵:

»Der Sinn der Relatoskopie liegt darin, den Blick des Betrachters dem Maßstab des Architekturmodells anzugleichen, und ihn im Inneren des Modells in die gewohnte menschliche Blickhöhe zu versetzen. [...] Folglich wird das Architekturmodell, das zwar eine bequeme, aber willkürliche Verkleinerung des Projektes darstellte, wirklich erlebbar: es wird durch die Relatoskopie eine vorgreifende Gestaltung der zukünftigen Wirklichkeit. Sie ermöglicht vor allem auch eine eindeutige, sofortige Kontrolle des Projektes und gibt Garantien über seine zukünftige Physiognomie.« ¹⁷⁹



□ 05

Beispiele relatoskopischer Aufnahmen von Architekturmodellen, um 1974. Bilder in Schwarz-Weiß als Vergleich eines Fotos der Situation in Realität (oben) und der Aufnahme eines maßstabgerechten Modells (Mitte); farbige Bilder eines Modells im Maßstab 1:100 mit vielen realistisch anmutenden Details (unten).

■ 180

Vgl. Frew 1977; Messemer 2016 (*The Beginnings of Digital Visualization*), S. 39.

■ 181

Eine ausführliche Dokumentation von ASPEN Movie Map ist in der online-Datenbank von »netzspannung.org media arts & electronic culture« zu finden: <http://netzspannung.org/database/130599/de>, letztes Update am 04.03.2004. Eine kurze Zusammenfassung der Entwicklung der Architecture Machine Group ist auf der Webseite der Princeton University zu finden: <http://radical-pedagogies.com/search-cases/a13-architecture-machine-group-media-lab-massachusetts-institute-technology-mit/>. Zur technischen Umsetzung und dem Einsatz der Moviemap vgl.: Naimark 1997, insbes. Abschn. »2. Moviemaps« u. »2.1 Past Moviemaps«. Robert Mohl schrieb seine Doktorarbeit über das Projekt: Mohl 1982, S. 3, S. 56 u. S. 57, Abb. 33.

■ 182

Unmittelbarer Vorläufer von »Google Street View« ist das Projekt »Stanford City Block«, das 2001 startete und als Forschungsprojekt an der Stanford University schließlich von 2002 bis 2006 von »Google« finanziell gefördert wurde. Vgl. dazu Webseite zum Projekt: <http://graphics.stanford.edu/projects/cityblock/>.

Diese Technik ermöglichte Perspektiven auf ungebaute Architektur, die zuvor in fotorealistischer Weise nicht in dieser Qualität möglich waren. In ihrer Ästhetik erinnern sie an digitale 3D-Modelle und können so in gestalterischer Hinsicht durchaus als deren Vorläufer gelten. Computertechnisch realisierte Architekturmodelle entstanden allerdings erst knapp zehn Jahre später, wie im anschließenden Kapitel genauer ausgeführt wird.

Ende der 1970er-Jahre hatten sich an amerikanischen Universitäten im Fachbereich Architektur bereits Zentren gebildet, die Computertechnologien einsetzten, wie beispielsweise an der University of California Los Angeles (UCLA), Carnegie Mellon University in Pittsburgh, Cornell University in Ithaca, New York, sowie am MIT. ¹⁸⁰ Um 1977 existierten etwa 108 sogenannte *Schools of Architecture* in Nordamerika, an denen Studierenden der Einsatz von CAD vermittelt wurde. So entstand in dieser Zeit – knapp zehn Jahre nach Sutherland – ein weiterer Meilenstein am MIT, wenn auch in einem gänzlich anderen Forschungsfeld, am Department für Architektur: Die damaligen Studenten Peter Clay, Bob Mohl und Michael Naimark entwickelten im Rahmen der *Architecture Machine Group* Ende der 1970er-Jahre das Projekt *ASPEN Movie Map*. ¹⁸¹

Bei der im Bereich der Architekturvisualisierung angesiedelten Arbeit kam das Prinzip der Panoramafotografie zur Anwendung. Auf einem fahrbaren Unterstell waren synchron geschaltete Kameras montiert, die in kurzen Abständen alle Straßen der Stadt Aspen in Colorado, USA, anhand von Fotografien festhielten. Ziel war, eine lückenlose Fahrt durch die Stadt zu erstellen, die nach der Bearbeitung als sogenannte interaktive *Movie Map* von einem Benutzer am Bildschirm erkundet werden kann. Mit Hilfe eines Joysticks oder Trackballs kann er sich frei durch den virtuellen Raum bewegen und dabei die Richtung der Fahrt, das Tempo sowie den Blickwinkel selbst bestimmen ⁰⁶. Allerdings war die Benutzung der *Aspen Movie Map* an verschiedene, zusammen geschaltete Geräte gebunden und erforderte somit eine hohe technische Ausrüstung. Die Idee, das Straßennetz einer Stadt fotografisch festzuhalten, um es virtuell begehrbar zu machen, kann durchaus als Vorahre von *Google Street View* gelten, das erst in den 2000er-Jahren entwickelt und 2007 online gestellt wurde. ¹⁸²



□ 06

Nutzer der »Aspen Movie Map« im Media Room der »Architecture Machine Group« des MIT, Regelung von Geschwindigkeit und Fahrtrichtung mit Joystick und Trackball, Touchscreens mit Anzeige von Luftbildern und einer Karte ermöglichen Zugang zu weiterem multimedialem Material, Fotografie Bob Mohl, um 1980.

■ 183

Zur Geschichte, Themen und Konferenzen der »CAA« vgl. Webseite der »CAA«: <http://caa-international.org/about/>.

■ 184

Informationen zu Entwicklung und Zielen der »ACM SIGGRAPH« und deren Konferenzen finden sich auf der Webseite von »SIGGRAPH«: <https://www.siggraph.org/about/about-acm-siggraph> u. <https://www.siggraph.org/attend/annual-conferences>.

■ 185

Vgl. Lindsay 1966.

■ 186

Zu Prowns Analysen vgl. Prown 1966, insbes. S. 128–137.

■ 187

Zur computergestützten Darstellung von gotischer Architektur vgl. Müller/Hänisch 1976.

Bereits in den 1970er-Jahren wurden an der Schnittstelle zwischen Archäologie, Architektur, Kultur und Computertechnik Konferenzen ins Leben gerufen, die bis heute zu den wichtigsten in diesem Bereich zählen: So etablierten einige Archäologen und Mathematiker in Großbritannien 1973 die Konferenz **Computer Applications in Archaeology (CAA**, heute: **Computer Applications & Quantitative Methods in Archaeology**).¹⁸³ Sie dient dazu, für die zuvor genannten Fachdisziplinen ein Forum zum Austausch zu bieten und um aktuelle Projekte vorzustellen, vor allem in den Bereichen 3D-Rekonstruktion, Visualisierung in der Archäologie, GIS (**Geographical Information System**), Datenerhebung, -analyse und management. Sie findet jährlich an wechselnden Orten statt, seit 1992 auch außerhalb Großbritanniens in europäischen Staaten und seit 2006 weltweit.

Eine weitere Konferenz existiert seit 1974, als sich die Interessensgemeinschaft **Association for Computing Machinery (ACM) SIGGRAPH** formierte und an Computergrafik und interaktiven Anwendungen interessierte Experten aus Forschung, Entwicklung, Kunst und Film zusammenbrachte.¹⁸⁴ Ziel ist es über Disziplinengrenzen hinweg Kooperationen und Innovationen an vorderster Front in Theorie und Anwendung zu befördern. Die **ACM SIGGRAPH** versteht sich dabei als Katalysator und veranstaltet die jährliche Konferenz **SIGGRAPH** in Nordamerika und inzwischen auch **SIGGRAPH Asia** für den asiatischen Raum. Sie zählt heute zu den führenden Veranstaltungen im Bereich der Computergrafik.

Bereits in den 1960er-Jahren zeichneten sich erste Tendenzen in der Kunstgeschichte ab, die Computertechnik in der Forschung einzusetzen, wie es der Kunsthistoriker Kenneth C. Lindsay 1966 kurz skizziert.¹⁸⁵ Er nennt beispielsweise seinen Fachkollegen Jules David Prown, der die von dem Künstler John Singleton Copley um 1800 gemalten Portraits untersuchte.¹⁸⁶ Mittels des Computers konnte dieser Zusammenhänge zwischen Copleys Schaffen und den persönlichen Daten wie Wohnort, politische oder religiöse Zugehörigkeit der Portraitierten analysieren. Abweichungen von statistisch ausgewerteten Mittelwerten identifizierte der Kunsthistoriker als Ausgangspunkt für neue Untersuchungen. Lindsay folgert daraus, dass der Rechner Prowns Fragestellungen damit direkt beeinflusste.

In den 1970er-Jahren tritt schließlich Werner Müller in Erscheinung, der von Beruf Chemiker war, sich aber zeitlebens intensiv mit gotischer Architektur beschäftigte. Er befasste sich gemeinsam mit Klaus Hänisch mit der computergestützten Darstellung historischer Architektur.¹⁸⁷ In ihrem gemeinsamen Artikel **Die Möglichkeit einer computergesteuerten isometrischen Darstellung von figurierten Gewölben der deutschen Spätgotik** aus dem Jahr 1976 wird das Potential des Computereinsatzes für ihre Arbeit deutlich. So können zeitsparend isometrische Darstellungen von historischen Gewölbekonstruktionen unter frei wählbaren Blickwinkeln erstellt werden. Kompliziert aufgebaute Gewölbe lassen sich so verständlich visualisieren. Diese computergestützten Visualisierungsmethoden können durchaus als Vorläufer von 3D-Modellen gelten. Müller beschreibt deren Potential folgendermaßen:

»Eine wesentliche Hilfe wird dabei der graphische Bildschirm bieten, der es gestattet, durch Drehen des Objektes

verschiedene Ansichten eines Gewölbes kontinuierlich ineinander überzuführen. Wir hoffen, darüber in einer späteren Arbeit berichten zu können.« **188**

■ **188**
Ebd., S. 341.

Hier greift Müller einer Technik voraus, die sich wenige Jahre später im Bereich der Architekturvisualisierung etablieren sollte und die er im Rahmen seiner Projekte nutzte, wie in **Kapitel 4.2 (→ 193)** näher erläutert wird.

Kapitel 3

→ Die 1980er-Jahre – Initiierung

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

3.1 Frühe Initiativen – Vom Präsentationsmedium zum Forschungswerkzeug

■ 189

Vgl. Frischer/Niccolucci/Ryan/Barceló 2002, S. 9; Webseite der Firma »SGI« (nun umbenannt in »Silicon Graphics International Corp.«): http://www.sgi.com/company_info/overview.html.

■ 190

Vgl. Webseite der Firma »SGI«: http://www.sgi.com/company_info/overview.html.

Was in der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre noch Vision war, wie Werner Müllers zukunftsweisender Kommentar zu am Bildschirm dreidimensional drehbaren Architekturelementen dokumentiert, konnte keine zehn Jahre später tatsächlich umgesetzt werden. Eine wichtige technische Voraussetzung für digitale Rekonstruktionen bildeten beispielsweise die von der US-Firma SGI (Silicon Graphics Inc.) 1984 auf den Markt gebrachten 3D-Grafiksysteme. ¹⁸⁹ Das Innovative dieser neuen Technik bestand darin, dass sie auf kleinen Computern einsetzbar und somit unabhängig von der Anschaffung und Unterhaltung großer Computersysteme war. ¹⁹⁰

Archäologie

Die wohl ersten digitalen 3D-Rekonstruktionen historischer Architektur, die auf wissenschaftlicher Grundlage erstellt und als texturierte Volumenmodelle dargestellt wurden, finden sich in Großbritannien. Der Archäologe Paul Reilly sieht den Beginn dieser Entwicklung in der ersten Hälfte der 1980er-Jahre. ¹⁹¹ Er identifiziert die Rekonstruktionen des in römischer Zeit erbauten Tempelbezirks in Bath ⁰⁷ und der Legionärs-Badehäuser in Caerleon ⁰⁸ als wichtige Initialprojekte, in deren Nachfolge weitere im Land folgten. Diese Arbeiten fokussieren sich jeweils auf in der Antike errichtete Bauwerke und wurden dementsprechend auch von Archäologen betreut. Kunsthistoriker waren nicht involviert.

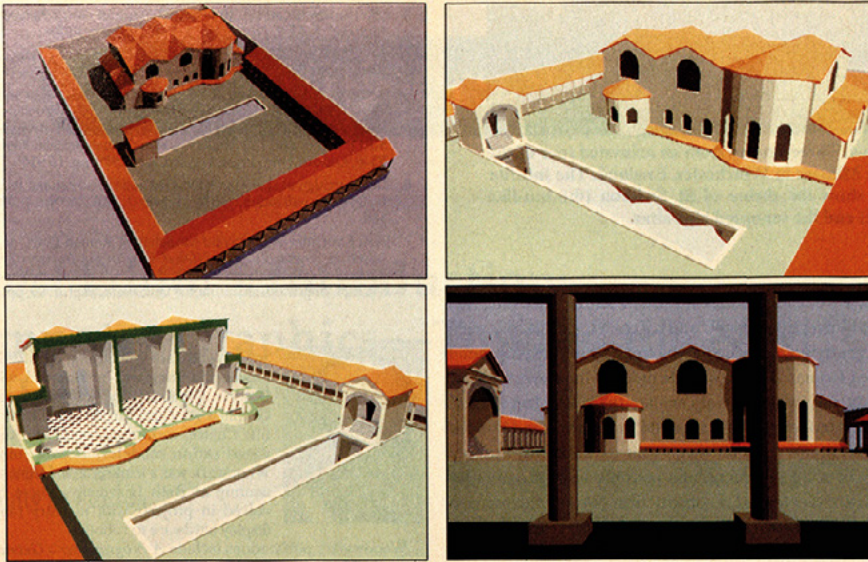
■ 191

Zu Paul Reillys Ausführungen zur Realisierung von 3D-Projekten in Großbritannien vgl.: Reilly 1996, S. 45–46.



□ 07

Digitale Rekonstruktion des Tempelbezirks in Bath, Großbritannien, John Woodwork, um 1983/1984.



□ 08

Vier Ansichten der digital rekonstruierten Legionärsbadehäuser in Caerleon, Wales, Dayong Zhang/John Woodwark, um 1985.

Ferner stellt Reilly fest, dass diese in den 1980er-Jahren entstandenen Projekte sich scheinbar regional konzentrierten, was seiner These zufolge vor allem daran lag, dass sich die Forscher untereinander kannten und in engem Austausch miteinander standen.

Die digitalen Rekonstruktionen der Tempelanlage im westenglischen Bath sowie die Legionärsbadehäuser in Caerleon in Südwales erstellte John Woodwark, der in den 1980er-Jahren an der Bath University im Bereich Maschinenbau lehrte. ¹⁹² Beide 3D-Modelle wurden mit der Software **Dora (Divided Object-Space Ray-Casting Algorithm)** erarbeitet. Ende 1983 trat Barry Cuncliffe, der an den Ausgrabungen an der römischen Tempelanlage beteiligt war, an Woodwark heran. Er bereitete damals gerade einen Fernsehbeitrag vor und gemeinsam beschlossen sie den Tempel mitsamt der umliegenden Gebäude in einem digitalen 3D-Modell zu visualisieren, um Bilder davon im Film zu zeigen.

Grundlage der Modellierung waren Pläne und Aufrisse, die Cuncliffe zur Verfügung stellte, sowie Maßangaben zu zwei Tempeln, einem Badehaus und den Kollonaden, die den Platz einrahmen. ¹⁹³ Mittels des Texteingabesystems **SID (Set Theoretic Input for Dora)** wurden diese Informationen in ein 3D-Modell am Computer umgesetzt. Allerdings war sowohl von Seiten der Technik als auch von Seiten der zur Verfügung stehenden Zeit nicht die Möglichkeit gegeben, eine Animation zu erstellen. Daher realisierten sie verschiedene Luftaufnahmen der historischen Stätte sowie eine Bilderreihe, die einen Gang durch diese Anlage visualisierte: durch den Bogen am Eingang, vorbei am in der Mitte des Platzes befindlichen Altar und ein paar Stufen hinauf zum Tempel. Cuncliffe überprüfte das 3D-Modell, indem eine virtuelle Kamera verschiedene Ansichten erzeugte, wobei der limitierende Faktor für die Erstellung von Bildern hier in der Rechenleistung des Computers sowie dessen Verfügbarkeit begründet war. Die unterschiedlichen Ansichten, die auf diese Weise realisiert wurden, gaben verschiedene Blickwinkel eines virtuellen Betrachters wieder. Dieser war beispielsweise am Eingang zu der Anlage platziert, mit Blick auf den Tempel Sulis Minerva, der aus dieser Perspektive als beeindruckendes Bauwerk erscheint. Nimmt der Betrachter eine Position auf den Stufen des Tempels ein, bietet sich

■ 192

Erläuterungen zu den digitalen Rekonstruktionen des Tempelbezirks von Bath sowie der Legionärs-Badehäuser in Caerleon liefert der für das Projekt verantwortliche John Woodwark in: Woodwark 1991, S. 19. Vgl. auch Informationen zu den beiden 3D-Projekten in: Lavender et al. 1990, S. 16; Reilly 1992, S. 149–152.

■ 193

Zu den verwendeten Quellen, der Funktionsweise von SID und der Erstellung von Ansichten und Animationen vgl. insbes.: Reilly 1992, S. 149–150.

■ 194

Für Informationen zur Ausstrahlung im Fernsehen vgl.: Lavender et al. 1990, S. 16; Woodwark 1991, S. 18–20; Reilly 1992, S. 150; Collins et al. 1995, S. 19.

■ 195

Collins et al. bezeichnen es in ihrem Aufsatz von 1995 als eine der ersten Computeranimationen aus dem Bereich der Archäologie und »National Heritage«. Vgl. Collins et al. 1995, S. 19.

■ 196

Auf die Ausstrahlung im Fernsehen weisen folgende Publikationen explizit hin: Lavender et al. 1990, S. 16; Woodwark 1991, S. 18–20; Reilly 1992, S. 150; Collins et al. 1995, S. 19.

■ 197

Zur Erstellung von Postkarten mit Motiven des 3D-Modells vgl.: Woodwark 1991, S. 19.

■ 198

Vgl. Lavender/Wallis/Bowyer/Davenport 1990, S. 16.

■ 199

Vgl. Ebd.; Woodwark 1991, S. 19; Reilly 1992, S. 151–152.

■ 200

Woodwark nimmt 1991 an, dass seine 3D-Modelle wohl die erste Anwendung von »solid modelling« waren und möglicherweise auch im Bereich der computergenerierten archäologischen Rekonstruktion. Vgl.: Woodwark 1991, S. 19. Laut Reilly handelt es sich bei den Projekten von Woodwark zur Tempelanlage in Bath sowie der Legionärsbadehäuser in Caerleon um die ersten dieser Art, die in Großbritannien realisiert wurden. Vgl.: Reilly 1996, S. 45.

■ 201

Zur Unterscheidung von »Solid Models« und »Face Models« vgl.: Reilly 1992, S. 148.

■ 202

Vgl. Daniels-Dwyer 2004, S. 264.

ihm ein Blick auf die Anlage, der die umliegenden Bauten relativ klein wirken lässt. Reilly stellte fest, dass anhand dieser Bilder Forschungsfragen zur Repräsentation von Macht und deren Verhältnis zum Raum bearbeitet werden konnten.

Eine Sequenz von Stills wurde mit einem Interview von Cuncliffe, in dem er seiner Bewunderung für die neue Technologie Ausdruck verleiht, am 27. März 1984 in der Sendung **Bath Waters: Under the Pumproom** der BBC-Sendereihe **Chronicle** im Fernsehen gezeigt. **194** Dabei handelte es sich um eine der ersten öffentlichen TV-Ausstrahlungen einer Sequenz von Stills eines 3D-Modells historischer Architektur. **195** In der Tatsache, dass mehrere Experten im Bereich der digitalen Rekonstruktion in ihren Publikationen Anfang bis Mitte der 1990er-Jahre explizit auf diese Sendung hinweisen, zeigt sich die große Bedeutung, die die Fernsehausstrahlung des 3D-Modells auch in der Wissenschaftscommunity damals hatte. **196** Denn im Zeitalter vor dem Internet stellten sowohl das Fernsehen als auch Ausstellungen und Konferenzen wichtige Plattformen dar, um ein breites Interesse zu wecken.

Aufgrund dieser Medienpräsenz wurde ein Postkartenhersteller auf die Arbeit von Woodwark und seiner Kollegen aufmerksam. **197** In der Folge wurden zwei Ansichten der 3D-modellierten Tempelanlage als Postkarten gedruckt und vor Ort in Bath verkauft. Hierfür fügte Woodwarks Kollege Adrian Bowyer Figuren beziehungsweise menschliche Schatten ein, die Römer darstellen sollten. Informationen über adäquate historische Bekleidung erhielt er aus dem Archiv der BBC. Allerdings sind Details der Kostüme schwer erkennbar. Stills zu diesem Projekt, die die Tempelanlage von außen visualisierten, wurden dann ein paar Jahre später den Besuchern vor Ort als Teil einer audio-visuellen Präsentation gezeigt. **198**

Um das Jahr 1985 beauftragten der damalige Kurator der Caerleon Roman Fortress Baths, Woodwark, und seine Kollegen, ein digitales 3D-Modell der Legionärsbadehäuser zu erstellen. **199** Insgesamt war dieses Modell um einiges detaillierter ausgestaltet als das der Tempelanlage in Bath. Modelliert hatte es Dayong Zhang, ein Student von Woodwark. So kreierte sie eine Serie an Luftaufnahmen und Bildern, die einen Gang durch die Anlage wiedergaben, wobei sich an dessen Ende die Fassade des Badehauses auflöste und somit den Blick ins Innere des Gebäudes freigab. Mit Hilfe der Software **Dora** konnten sie sogar Lichtreflexionen im Wasser eines Außenbeckens sowie Schatten visualisieren. Diese Sequenzen wurden zu einer Animation zusammengefügt und in Form eines Videos im Informationszentrum der historischen Anlage präsentiert. Zudem wurde auch für dieses Projekt eine Postkarte produziert, die vier verschiedene Ansichten der digital rekonstruierten Stätte wiedergibt **[08]**.

Wie bereits angesprochen, handelt es sich um zwei der frühesten Projekte, die in den 1980er-Jahren digitale 3D-Modelle von historischer Architektur auf wissenschaftlicher Grundlage erstellten. **200** Eine Besonderheit in ihrer Modellierung liegt darin begründet, dass es sich um **Solid Models**, also Volumenmodelle, handelt. **201** Diese erzeugen vollplastische Objekte, im Gegensatz zu sogenannten **Face Models**, die aus Flächen zusammengesetzt werden, aber keine geschlossenen Körper bilden. Der Archäologe Robert Daniels-Dwyer vermutet wie in **(→ 067)** angesprochen, dass in CAE-Projekten der 1980er-Jahre vornehmlich Architektur mit vielen sich wiederholenden Elementen in relativ einfach gehaltenem Design rekonstruiert wurde. **202** Er äußert diese

■ 203

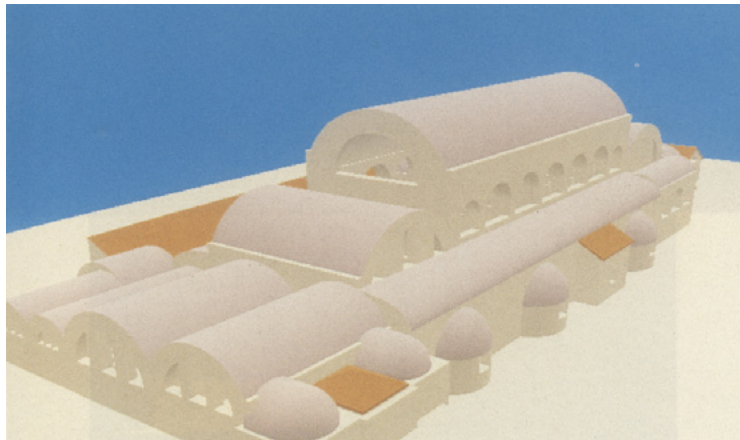
Die digitale Rekonstruktion von Old Minster in Winchester ist Gegenstand von Kapitel 3.2 (→ 091) und wird darin eingehend analysiert. Zum 1988 am Computer-Aided Engineering Centre des North Cheshire College begonnenen 3D-Projekts zur ehemaligen Zisterzienserabtei Furness Abbey in Cumbria, Großbritannien, vgl.: Delooze/Wood 1991; Daniels-Dwyer 2004, S. 264.

■ 204

Für Informationen über das 3D-Projekt zu den römischen Bädern in Bath vgl.: Lavender/Wallis/Bowyer/Davenport 1990.

These in Hinblick auf die Arbeiten zum Tempelbezirk in Bath, den Legionärsbadehäusern in Caerleon, Old Minster in Winchester und Furness Abbey in Cumbria. ²⁰³ Jedoch ist die Vermutung von Daniels-Dwyer anhand der vorliegenden Untersuchung zu den drei erstgenannten Projekten schwer nachvollziehbar. Das Design der rekonstruierten Bauwerke erscheint aus heutiger Sicht zwar tatsächlich einfach gestaltet, allerdings ist dies auch in der Tatsache begründet, dass keine Fototexturen verwendet wurden und die farbliche Gestaltung teils nicht sehr realistisch anmutet.

Aufgrund des großen öffentlichen Anklangs und Erfolgs der beiden Arbeiten von Woodwark trat das Roman Baths Museum an den an der Bath University lehrenden Ingenieur Adrian Bowyer heran, mit der Bitte, ein digitales Modell des römischen Bäderkomplexes der Stadt zu erstellen. ²⁰⁴ So erarbeitete schließlich David Lavender an der School of Mechanical Engineering der Bath University Ende der 1980er-Jahre mit der dort entwickelten Software eine digitale Rekonstruktion ⁰⁹.



□ 09
Digitale Rekonstruktion des römischen Bäderkomplexes in Bath, David Lavender, Ende der 1980er-Jahre.

Die nötigen archäologischen Hintergrundinformationen lieferte der für den Bath Archaeological Trust tätige Peter Davenport. Vor dieser Initiative existierten lediglich künstlerische Zeichnungen des historischen Gebäudekomplexes, die weitestgehend nicht auf wissenschaftlichen Quellen beruhten. 1986 wurde von dem Avon County Council Planning Department ein hölzernes Modell erbaut, das im Museum der Anlage ausgestellt wurde. Wenige Jahre später realisierte John Ronayne perspektivische Zeichnungen, die den damaligen Stand der Forschung wiedergaben und den Besuchern als Orientierung dienten.

Der Anspruch des Projekts zur digitalen Rekonstruktion der römischen Bäderanlage war, archäologische Forschung einzubeziehen, Informationen korrekt und ansprechend wiederzugeben sowie ein konsistentes Bild der gesamten Visualisierung zu erstellen. Als Grundlage dienten neben Publikationen aus der archäologischen Forschung vor allem Rekonstruktionszeichnungen von Davenport im Maßstab 1:100. Zudem konsultierten die Projektbeteiligten das Museum vor Ort sowie das vorliegende Bildmaterial und das Holzmodell. Allerdings lagen beispielsweise für die Gestaltung der oberen Stockwerke der historischen Bauten keine Informationen vor. Für diesen Bereich im 3D-Modell wurde daher auf Basis von renaissancezeitlichen Texten sowie historischen Fundstücken im Museum unter Beratung durch Davenport eine Interpretation erstellt. In Bezug auf die archäologische Erforschung der Bäderanlage in Bath

konnten mittels der digitalen Rekonstruktion neue Erkenntnisse eingebracht werden. So wurde beispielsweise im Zuge der Modellierung festgestellt, dass die Mauern des Gebäudes, die das Gewölbe tragen, bisher als viel zu massiv angenommen wurden. Auch die Bedachungen konnten an einigen Stellen anhand des 3D-Modells gegenüber früheren Rekonstruktionen überarbeitet werden.

Die in diesem Projekt verwendete Software umfasste das **Raytracing**-Programm **DODO (Daughter of Dora)**, die Eingabesprache war **SID**. Das 3D-Modell wurde in Form von geometrischen Grundformen mittels mathematischen Operationen wie Vereinigung, Schnitt und Differenz zusammengesetzt, in der finalen Visualisierung deutlich erkennbar ^[09]. Das finale Modell bestand aus etwa 12.000 Halbräumen, damals die größtmögliche Anzahl, die die Software verarbeiten konnte. Für die Modellierung wurde über den Grundriss ein Gitter gelegt, das die Position und Dimensionen der Wände festlegte. So zog eine Änderung des Gitters eine Veränderung der Raumgrößen sowie deren Anordnung nach sich. Daher wurde jeder Raum zunächst separat modelliert und anschließend zu einem Komplex zusammengeschlossen, was insgesamt die Arbeit erleichterte.

Nach Abschluss des Projekts zogen die Beteiligten das Fazit, dass sie es als ihre Pflicht ansähen, die gewonnenen Erkenntnisse zu veröffentlichen. Zudem erkannten sie in der 3D-Modellierung ein wirkungsvolles Werkzeug, dies umzusetzen. Die computergenerierte Rekonstruktion ergänzte damit die bereits im Museum vorhandenen Visualisierungen und konnte zu einem besseren Verständnis des historischen Bäderkomplexes vor Ort beitragen.

Wenige Jahre zuvor hatten die beiden Archäologen Martin Biddle und Birthe Kjølbye-Biddle gemeinsam mit dem **IBM UK Scientific Centre (IBM UKSC)** zwischen 1984 und 1986 auf Basis ihrer Forschung digitale Rekonstruktionen der aus dem 7. Jahrhundert stammenden Kathedrale Old Minster in Winchester, Großbritannien, erstellt. Dabei handelt es sich um eines der ersten 3D-Projekte, in dem auf wissenschaftlicher Grundlage ein Kirchenbau digital rekonstruiert wurde. Ziel der Archäologen war es, die Erkenntnisse aus ihrer inzwischen zwei Jahrzehnte umfassenden Erforschung des nicht mehr existierenden Bauwerks mittels innovativer Visualisierungstechniken der Öffentlichkeit zu präsentieren. Daher steht dieses Projekt als herausragende Initiative im nachfolgenden **Kapitel 3.2 (→ 091)** im Fokus, um einerseits darzustellen, wie das Ziel der beiden Wissenschaftler umgesetzt wurde und andererseits zu untersuchen, ob durch die 3D-Modellierung auch ein inhaltlicher Mehrwert erzielt werden konnte.

Kurze Zeit später initiierten die Archäologen Christopher J. Arnold und Jeremy W. Huggett in Kooperation mit dem am **IBM UKSC** tätigen Archäologen Paul Reilly eine schematische computertechnische Rekonstruktion der frühmittelalterlichen Burganlage Mathrafal in Wales. ²⁰⁵ Dieses Projekt zog moderne Technologien und Methoden heran, um noch unbeantwortete Fragen in der archäologischen Forschung zu dem Bauwerk zu beantworten und wandte damit Computertechnik explizit forschungsbezogen an. Der im 13. Jahrhundert zerstörte Baukomplex wurde mit Unterstützung von britischen Kultureinrichtungen – **Society of Antiquaries, Royal Archaeological Institute, Board of Celtic Studies, Powysland Club** – am Computer modelliert. Übergeordnetes Ziel war die Erforschung der Entwicklung sowie Funktion der Burganlage mittels computertechnologischer Verfahren und Methoden. Zwar stand Mathrafal seit Anfang

■ 205

Zu Hintergründen zum 3D-Modell vgl.: Arnold et al. 1989; Reilly 1992, S. 165. Eine kurze Zusammenfassung des Projekts erstellte die Autorin in: Messemer 2016 (*The Beginnings of Digital Visualization*), S. 25–26; Messemer 2019.

des 19. Jahrhunderts im Interesse von Archäologen, die bis ins 20. Jahrhundert hinein mehrere Ausgrabungen unternahmen, dennoch blieben viele Fragen der Forscher offen. Daher verfolgten die Wissenschaftler um Arnold Mitte der 1980er-Jahre das Ziel, diesen Fragestellungen unter Anwendung neuer Technologien in der Computergrafik nachzugehen.

Erste Daten, die aus der Aushebung der noch heute zu erkennenden Gräben stammten, dienten 1985 dazu, ein Drahtgittermodell mit Hilfe der Grafiksoftware **PICASO System** zu erstellen. Dies legte nahe, dass umfangreichere computertechnische Untersuchungen dieser Art auch ohne weitere Ausgrabungen wichtige Informationen zur Funktion der historischen Anlage liefern würden. Daraufhin wurden 1988 topografische und geophysikalische Untersuchungen durchgeführt, die insgesamt etwa 40.000 Messwerte erzeugten. Diese Datenmenge wurde am **IBM UKSC** gesichtet und überprüft. Mithilfe von Grafik- und Bildverarbeitungsprogrammen wurden die Daten aus der topografischen Untersuchung in ein Drahtgittermodell beziehungsweise in ein digitales 3D-Modell zur Darstellung der Umgebung übertragen.

Um sämtliche Oberflächenkonturen besser sichtbar zu machen, die vor Ort im Feld nicht erkennbar waren, nutzten die Archäologen eine einfache Lichtsimulation: Hierfür färbten sie der angenommenen Lichtquelle zugewandte Bereiche heller, abgewandte entsprechend dunkler. Für die Analyse der geophysikalischen Daten zogen sie das über verschiedene Bildverarbeitungswerkzeuge verfügbare **IBM IAX Image-Processing System** heran. Das große Potential der Datenvisualisierung in einem interaktiven Modell, einer damals noch sehr neuen Technologie, beschrieben die Projektbeteiligten um Arnold folgendermaßen:

»Thus, for example, the range and distribution of the geophysical data can be indicated as shaded contours on a terrain model of the site topography. It therefore becomes possible to determine visually whether or not the features suggested in the different data sets complement or contradict one another, which is of great assistance in forming preliminary interpretations.« **206**

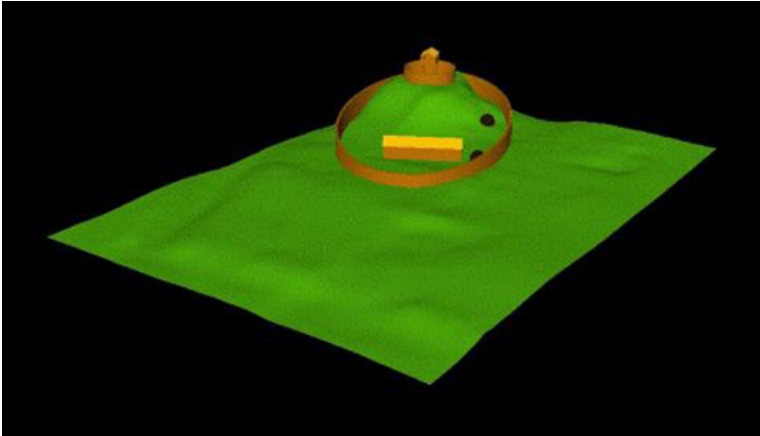
■ 206

Arnold et al. 1989, S. 151.

■ 207

Vgl. Arnold/Huggett 1995, S. 72.

Beispielsweise konnten so anhand der Markierungen im 3D-Modell die Kanten einer rechteckigen Fläche als Wände und ein ovaler Bereich als Hof identifiziert werden, die der Forschung noch nicht bekannt waren **[10]**. In der Folge führten die hier gewonnenen Erkenntnisse zu einer neuen Datierung, die eine Errichtung der äußeren Befestigungsanlage zwischen 1200 und 1400 nahelegt. **207** Zudem entwarfen die Wissenschaftler eine zukünftige Ausgrabungsstrategie, die so wenige Eingriffe wie möglich umfasste. Anschaulich erläutern konnten sie ihre auf den vorliegenden Daten aufbauenden Interpretationen mit dem **Winchester Solid Modelling Programme (Winsom)**. Denn dies ermöglichte es, die Messdaten sowie die Rekonstruktionen in einem Volumenmodell zu vereinen. Darüber hinaus machte das Projekt ein weiteres Potential von 3D-Modellen deutlich: das Aufwerfen von Fragen während des Erstellungsprozesses, die neue Forschungsarbeiten oder weiterführende Auswertungen der bisher gesammelten Daten in Aussicht stellen.



□ 10
3D-Modell der digital rekonstruierten
Burganlage von Mathrafal in Wales,
Großbritannien, Ende der 1980er-Jahre.

David Lavender und seine Projektpartner schätzten 1990 die Potentiale zukünftiger 3D-Rekonstruktionen im Bereich der Archäologie ähnlich gewinnbringend ein:

»Solid modelling by computer, now employed extensively in engineering, may be fruitfully applied to archaeology; in particular, to popular archaeology. Not only can computers make archaeology more attractive and immediate, but the very flexibility of computers may open new mines of archaeological investigation.« ²⁰⁸

■ 208
Lavender et al. 1990, S. 19.

Jedoch beschränkte sich die Anwendung computergestützter Modellierung nicht auf die Archäologie, auch Wissenschaftler anderer Disziplinen erkannten in den 1980er-Jahren das Potential digitaler 3D-Rekonstruktionen.

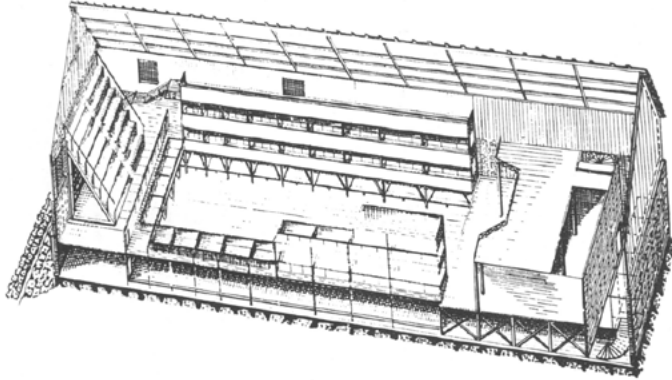
Theaterwissenschaft

Eine der ersten in der Theaterwissenschaft auf wissenschaftlicher Grundlage realisierten digitalen Rekonstruktionen stammt aus dem Jahr 1984. Der Theaterwissenschaftler John Golder hatte in eben jenem Jahr das Gebäude des Théâtre du Marais in Paris am Computer rekonstruiert. ²⁰⁹ Seine Arbeit zeigt das Erscheinungsbild des Bauwerks im Jahr 1644. Die Grundlage seines Projekts bildete eine aus demselben Jahr stammende wichtige Schriftquelle. Es handelte sich dabei um einen Text, der den Wiederaufbau beschreibt, nachdem das Theater im Januar 1644 abgebrannt war. ²¹⁰ In den 1950er-Jahren hatte die Theaterwissenschaftlerin Sophie Wilma Deierkauf-Holsboer dieses historische Dokument entdeckt und basierend auf ihrer Interpretation zeichnerische Rekonstruktionen angefertigt ¹¹. Diese umfassen sowohl Grundrisse und einen Schnitt als auch eine perspektivische Zeichnung des Gebäudes, die anschaulich die innere bauliche Struktur von Tribünen, Gängen, Emporen und Treppen wiedergeben. Dreißig Jahre nach dieser grundlegenden Arbeit, war es Golders Ziel, den Text von 1644 sowie weitere historische Quellen nochmals eingehend zu untersuchen, neu zu interpretieren und darauf aufbauend Alternativen zu Deierkauf-Holsboers Vorschlägen zu erarbeiten, denn diese ließen seiner Meinung nach Raum für Diskussion. In einem Aufsatz legte er detailliert seine Kritikpunkte an den Theorien der Theaterwissenschaftlerin dar und stellte seine

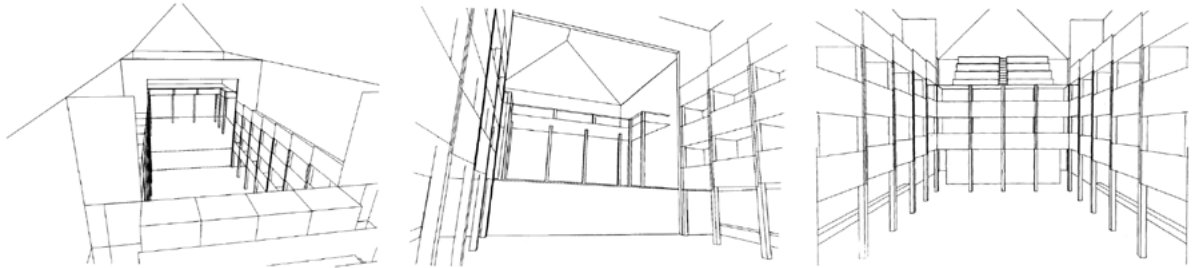
■ 209
Zu John Golders Projekt zum Théâtre du Marais vgl.: Golder 1984.

■ 210
Der Titel dieses Texts lautet: »mémoire de ce qu'il faut faire au jeu de paume des Marais«. Vgl. ebd., S. 127.

Argumente für eine andere Interpretation der historischen Quellen vor. Er visualisierte seine Thesen mit Grundrissen, einem Schnitt sowie am Computer erstellten Perspektiven, die den Innenraum aus unterschiedlichen Blickwinkeln zeigen ¹².



□ 11
Zeichnerische Rekonstruktion des Théâtre du Marais in Paris im Jahr 1644, Sophie Wilma Deierkauf-Holsboer, um 1954.



□ 12
Digitale Rekonstruktion des Théâtre du Marais in Paris im Jahr 1644 aus verschiedenen Blickwinkeln: Blick eines Zuschauers vom obersten Rang auf die Bühne (links), Blick eines Zuschauers vom Parkett zur Bühne (Mitte), Blick eines Schauspielers von der Mitte der Bühne in den Zuschauerraum (rechts); John Golder, 1984.

Bei diesen computertechnischen Visualisierungen handelt es sich jedoch nicht um ein **Solid Model**, sondern vielmehr um eine Art Zeichnung, die er mit einem **Computer Aided Drafting-System** realisierte. Einigen Elementen, beispielsweise Fußböden und Trennwänden, fehlt die räumliche Tiefe, da er sie nur zweidimensional darstellt. Ebenso visualisiert er keine Details wie Säulen und Verzierungen von Bühnenportal oder der Brüstungen der Logen. Golder begründet dieses Vorgehen folgendermaßen: »But since, as often as not, these details would have been wholly conjectural, I have preferred to base my reconstructions as far as possible upon either known facts or high probabilities.« ²¹¹ Hier wird deutlich, dass sein Ziel eindeutig darin bestand, eine möglichst objektive Rekonstruktion anzufertigen, insbesondere im Hinblick darauf, sich von Deierkauf-Holsboers Thesen auch visuell abzusetzen. Außerhalb der Forschungstätigkeiten in der Archäologie zählt Golder damit zur Avantgarde derjenigen, die historische Architektur am Computer dreidimensional modellierten. Ähnlich wie 1990 der Archäologe David Lavender und seine Kollegen, formuliert der Thea-

■ 211
Ebd., S. 150.

terwissenschaftler Golder bereits im Jahr 1984 zukünftige Anwendungsgebiete digitaler Rekonstruktionen im Bereich der Theaterwissenschaft:

»Such a system, used here for the first time to my knowledge in this kind of research, makes it possible for one to test the practical viability of one's theoretical reconstructions. As these illustrations show, it enables one not only to rebuild, but actually to go inside theatres which have long since ceased to be. These perspective views of the stage and auditorium of the Marais are very much a grace-note to the present study, of course, but they do hint strongly, I believe, at the potential which graphic computers have in the research into and rebuilding of theatres of the past. Shakespeare's Globe, Wren's Drury Lane ... The possibilities, if not endless, are considerable.« ²¹²

■ 212
Ebd., S. 146 u. S. 150.

■ 213
Im Interview äußert sich Richard Beacham ausführlich zu *Theatron*. Vgl. Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 1 und Frage 2 sowie Frage 2 bis 7.

■ 214
Vgl. »grace note«, in: *English Oxford Living Dictionaries*, online abrufbar unter: https://en.oxforddictionaries.com/definition/grace_note.

■ 215
Golder 1984.

Er liefert hier die wegweisende Idee, historische Theaterbauten digital zu rekonstruieren, um sie virtuell begehbar zu machen und mit neuen Methoden zu erforschen. Gut zehn Jahre später, 1996, entwickelte der an der University of Warwick tätige Theaterwissenschaftler Richard Beacham die Idee zu dem Langzeitprojekt *Theatron*, das sich der digitalen Rekonstruktion wichtiger historischer Theatergebäude in Europa widmete. ²¹³ Diese wird in **Kapitel 4.1** (→ 165) innerhalb thematischer und technischer Entwicklungen von 3D-Rekonstruktionen in den 1990er-Jahren kontextualisiert und in **Kapitel 4.4** (→ 261) im Rahmen der Analyse des Auftaktprojekts von *Theatron* genauer betrachtet.

Interessanterweise bezeichnet Golder seine perspektivischen Visualisierungen als »grace-note to the present study«, wobei der Begriff **grace note** aus der Musik stammt und Noten bezeichnet, die eine Art Vorschlag oder musikalische Verzierung für das jeweilige Musikstück darstellen. ²¹⁴ Er bezeichnet seine computertechnisch erzeugten Ansichten sogar explizit als »illustrations« ²¹⁵, obwohl sie in diesem Kontext tatsächlich als eigenständiges Argument gesehen werden können. Allerdings weisen sie seiner Meinung nach auf mögliche Anwendungen in der Theaterwissenschaft hin. So sieht er in digitalen Rekonstruktionen vor allem das Potential, Thesen zu überprüfen.

Architektur

Im Fachbereich Architektur zeigt sich die Wichtigkeit des Einsatzes von CAD ebenfalls Anfang der 1980er-Jahre. In dieser Zeit wurden zwei große Konferenzen zu dem Thema gegründet, die bis heute regelmäßig veranstaltet werden. Sie dienen vor allem dazu, eine Fachcommunity zusammenzubringen und zu vernetzen sowie eine Plattform zum Austausch zu neuen Entwicklungen und Anwendungen im Bereich der 3D-Modellierung zu bieten. Zum einen ist hier **ACADIA** (**A**ssociation for **C**omputer **A**ided **D**esign in **A**rchitecture) zu nennen, die 1981 in den USA ins Leben gerufen wurde. ²¹⁶ Sie findet an wechselnden Universitäten in Nordamerika statt und fokussiert sich auf den Einsatz von CAD

■ 216
Vgl. Webseite von ACADIA: <http://acadia.org/content/about>.

■ 217

Vgl. Webseite von eCAADe: <http://ecaade.org>.

■ 218

Vgl. Webseite von CUMINCAD: <https://cumincad.architexturez.net>.

in der Architektur, Bauplanung und -konstruktion sowie in der Lehre. Zum anderen entwickelte sich die 1983 gegründete Konferenz **eCAADe (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe)** zu einer wichtigen Veranstaltung in Europa. **217** Thematisch umfasst sie den Computereinsatz in der Erforschung von Architektur und in der Lehre. Zudem etablierte sie die online zugängliche Datenbank **CUMINCAD**, die Publikationen im Bereich von CA(A)D vorhält. **218**

Ein herausragendes Beispiel eines 3D-Projekts im Fachbereich Architektur stellt die 1989 unter Leitung des Architekten Manfred Koob und seiner Firma **asb baudat** in Bensheim durchgeführte digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III in Burgund dar. Mit seinem Team rekonstruierte er im Auftrag des **Südwestrundfunks (SWR)** das heute weitgehend nicht mehr existierende Bauwerk auf Basis der vorliegenden architekturhistorischen Forschung. So konnte es einer großen Öffentlichkeit erstmals – zumindest virtuell – wieder zugänglich gemacht werden. In Deutschland stellt das 3D-Projekt wohl das erste dieser Art dar, das eine komplexe und nur mehr fragmentarisch erhaltene Architektur computertechnisch modellierte. In **Kapitel 3.3 (→ 125)** steht es im Fokus der Untersuchung, um zu ergründen, inwiefern das digitale Modell von Cluny III einen inhaltlichen und visuellen Mehrwert zur Erforschung der einst größten Kirche der Christenheit schuf.

Kunst- und Architekturgeschichte, Medienkunst

In der Kunstgeschichte im Allgemeinen und der Architekturgeschichte, einem Teilbereich derselben, im Speziellen ist die Computertechnik in den 1980er-Jahren präsent, wenn auch nicht so selbstverständlich und umfassend wie in der Archäologie. Wie noch gezeigt wird, finden sich nur wenige explizit kunsthistorische Projekte, in denen 3D-Modellierung zum Einsatz kommt. Um aufzuzeigen, in welchem wissenschaftlichen Kontext diese entstanden, wird im Folgenden ein kurzer Überblick über den allmählichen Einzug der Computertechnik in die kunsthistorische Forschung dargelegt. So fand 1978 die **First International Conference on Automatic Processing of Art History Data and Documents** statt. **219** Dort wurden unter anderem Anwendungen von Computertechnik in der Kunstgeschichte, vornehmlich in Bezug auf die Erstellung von spezifischen Datenbanken, vorgestellt. Auf der zweiten Konferenz 1984 waren eher auf Infrastrukturen abzielende Themen vertreten: »Lexicons, Thesauri, Biography, General Catalogues, Special Catalogues, Bibliography, Integration and Iconography«. **220**

Um Fragen der Klassifikation kreisten auch die Beiträge auf dem **XXV. Internationalen Kongress für Kunstgeschichte** im Jahr 1983, in den erstmals Vorträge zur Computertechnik Eingang fanden. **221** Konkrete Projekte wurden nicht vorgestellt, vielmehr wurden Ideen zur Weiterentwicklung des Fachs Kunstgeschichte vorgebracht. Diese bezogen sich beispielsweise auf die Katalogisierung und systematische Sammlung von Daten zu Kunstwerken und Künstlern und der damit verbundenen neu zu denkenden Klassifikation.

Zwei Jahre später wurde in Großbritannien **CHArt (Computers and the History of Art)** gegründet, mit dem Ziel an der Computeranwendung im Bereich der Erforschung von Kunst und Design Interessierte zusammenzubringen. **222** Bis 2010 führte die Organisation regelmäßig Konferenzen durch und publizierte

■ 219

Vgl. Ohlgren 1980.

■ 220

Sunderland 1985, S. 53.

■ 221

Vgl. Rinehart 1985; Heusinger 1985.

■ 222

Vgl. Webseite von CHArt, die zwar nicht mehr existiert, aber auf [webarchive.org.uk](https://www.webarchive.org.uk/wayback/archive/20100628220159/http://www.chart.ac.uk/index.html) archiviert ist: <https://www.webarchive.org.uk/wayback/archive/20100628220159/http://www.chart.ac.uk/index.html>.

■ 223

Vgl. Hamber/Miles/Vaughan 1989. Darin finden sich einige kunsthistorische Projekte, die vornehmlich die Erstellung von Datenbanken und die Katalogisierung von Sammlungen zum Thema haben.

■ 224

Heusinger 1989.

■ 225

Als weiteres Beispiel weist er kurz auf das Projekt zur computertechnischen Untersuchung von Raffaels Fresko »Schule von Athen« hin, das 1986 bis 1987 realisiert wurde, vgl. ebd., S. 9–13. Darauf wird in einem folgenden Abschnitt dieses Kapitels genauer eingegangen.

■ 226

Vgl. Vaughan 1989.

■ 227

Vgl. Wiemer 1982.

deren Beiträge in Sammelbänden, wovon insbesondere die in den 1980er-Jahren erschienenen Aufschlüsse über den frühen Computereinsatz in der Kunstgeschichte geben. 223 Einen kurzen Überblick dazu bietet der Kunsthistoriker Lutz Heusinger in seinem 1989 publizierten Aufsatz **Computers in the History of Art**, in dem er folgende Einsatzbereiche des Rechners ausweist:

- »1. To collect data.
2. To retrieve data.
3. To examine issues.
4. To reconstruct, simulate and produce objects.
5. To administrate and organize people and objects.
6. To communicate and produce things of beauty.« 224

Als ein Beispiel für den vierten Punkt nennt er die 1984 entstandene computertechnische Nachzeichnung der historischen Zeichnung eines Kelchs, die der Maler Paolo Uccello im 15. Jahrhundert anfertigte 13. 225 Das digitale Exemplar erstellte der Kunsthistoriker Christof Thoenes, um zu zeigen, wie einfach dies mit einem Rechner zu bewältigen ist. Der Kelch in seiner Zeichnung wirkt weit plastischer als der in Uccellos Arbeit, da er nicht transparent dargestellt ist, sodass die verdeckten Kanten nicht sichtbar sind. Thoenes Zeichnung zierte bis heute das Cover der 1984 erstmals publizierten Zeitschrift **Computer Aided Geometric Design**.



□ 13

Paolo Uccello, Kelch [Perspektivische Studie], 15. Jh., Feder und Tusche auf Papier, 29 x 24,5 cm, Florenz, Uffizien (links); Titelblatt der Zeitschrift »Computer Aided Geometric Design« mit computertechnischer Nachzeichnung des Kelchs von Uccello, Christof Thoenes, um 1984 (rechts).

Welche Möglichkeiten sich für die Analyse von Gemälden durch den Rechnereinsatz bieten, stellte der Kunsthistoriker William Vaughan, der von 1986 bis 2003 Vorsitzender von **CHArt** war, in seinem Beitrag von 1989 mit einigen Beispielen ausführlich dar. 226 Er befasst sich darin mit den Bereichen der Bildreproduktion, Konservierung und Bildanalyse und appelliert an die Kunsthistoriker, sich nun aktiv in die Prozesse zur Etablierung und Standardisierung digitaler Bilder einzubringen.

Eine frühe computertechnische Anwendung im Bereich der Architekturgeschichte stellt die Anfang der 1980er-Jahre realisierte Arbeit von Wolfgang Wiemer zur Baugeschichte der aus dem 13. Jahrhundert datierenden Klosterkirche Ebrach dar. 227 Zwar fertigt er kein 3D-Modell, jedoch wendet er Methoden der numerischen Datenanalyse an, um die den Grundriss zugrundeliegenden Proportionen systematisch zu untersuchen. Aus den Ergebnissen konnte er Rückschlüsse auf mögliche Konstruktionspraktiken ziehen und so Fragen für

■ 228

Vgl. Hersey/Freedman 1992; Novitski 1998, S. 81.

■ 229

Vgl. Novitski 1998, S. 81.

■ 230

Mazzola 1987 (Vorworte der Autoren), S. xiii.

■ 231

Zur Arbeit mit dem Holzmodell vgl. Mazzola 1987 (Raffaels verborgene Symmetrien), insbes. S. 10.

■ 232

Informationen zu Vorgehensweise und Hintergründen der 3D-Modellierung sind zu finden in: Krömker/Hofmann 1987.

zukünftige Forschungsvorhaben aufwerfen, die beispielsweise die Bedeutung der Baugeometrie in der Architektur des Mittelalters betreffen.

Auch die Grundrisse von Andrea Palladios Villen aus dem 16. Jahrhundert wurden in den 1980er-Jahren computertechnisch analysiert. ²²⁸ Der Kunst- und Architekturhistoriker George Hersey und der Programmierer Richard Freedman entwickelten an der Yale University ein Computerprogramm, das basierend auf Palladios Konstruktionsprinzipien und Entwurfscharakteristika Pläne und Ansichten von Gebäuden anfertigen konnte. Auf diese Weise war es ihnen möglich, noch weitere, bisher unbekannte Konstruktionsregeln des Architekten zu bestimmen. Anfang der 1990er-Jahre baute der Architekt Thomas Seeböhm auf dieser Arbeit auf, indem er 3D-Modelle von Palladios Villen generierte. ²²⁹ Auf seine Initiative wird in **Kapitel 4.1 (→ 165)** genauer eingegangen, um sie anderen gegenüberzustellen, die sich der computertechnischen Analyse von Werken bestimmter Architekten widmeten. Die beiden hier vorgestellten Projekte zur Untersuchung von Grundrissen – Klosterkirche Ebrach und Palladio-Villen – weisen bereits auf das Potential von computergestützter Forschung in diesem Bereich hin, die in den 1990er-Jahren mit texturierter 3D-Modellierung entscheidend erweitert wird.

Insofern ist der kunst- und architekturhistorischen Forschung die Computertechnik in den 1980er-Jahren nicht fremd, jedoch hat sie nur spärlich Einzug in die Untersuchung von historischer Architektur gefunden: Wie im Folgenden gezeigt wird, ist festzustellen, dass die ersten 3D-Projekte, die Kunsthistoriker federführend realisierten oder an denen sie zumindest beteiligt waren, Meisterwerke des kunstgeschichtlichen Kanons zum Gegenstand hatten. Dabei handelte es sich insbesondere um Wandgemälde, also Bildwerke, die in einem Raum und für ein Raumerlebnis geschaffen wurden, wodurch sie untrennbar mit dem Raum verbunden sind. Bei den Projekten stand allerdings nicht die 3D-Modellierung von Architektur als solche im Fokus, vielmehr diente sie als Methode, um Thesen zum darin situierten Kunstwerk zu überprüfen. Hierzu seien zwei wesentliche Beispiele aus der zweiten Hälfte der 1980er-Jahre vorgestellt:

So bildete Raffaels Fresko **Schule von Athen** ¹⁴ den Gegenstand eines zwischen 1986 bis 1987 an der Technischen Hochschule Darmstadt (heute: Technische Universität Darmstadt) realisierten interdisziplinären Projekts, dessen Ziel es war, »die räumlichen Verhältnisse im Werk mit Methoden moderner computergraphischer Modellierung zu untersuchen, um »verborgenen« Symmetrien durch Variation der Perspektive auf die Spur zu kommen.« ²³⁰ Experten aus den Fachbereichen Informatik, Mathematik und Architektur arbeiteten zusammen an einer geometrischen Analyse des großformatigen Bildwerks im Vatikan, wobei der Kunsthistoriker Oskar Bätschmann beratend tätig war.

Zu Anfang wurde ein Holzmodell der Szenerie im Maßstab 1:7,1 erstellt, um darin die Positionen der Figuren anhand von Gliederpuppen mit einer Größe von 30 Zentimetern zu ermitteln, denn die rechnerische Bestimmung über das Fresko selbst wäre ungleich aufwendiger gewesen. ²³¹ Mittels des Modellierungssystems **PADL-2**, einer Anwendung aus dem Ingenieurbereich, wurden die Architektur und die Figuren am Computer in einzelnen Modulen erstellt und später zu einem Objekt zusammengesetzt. ²³²

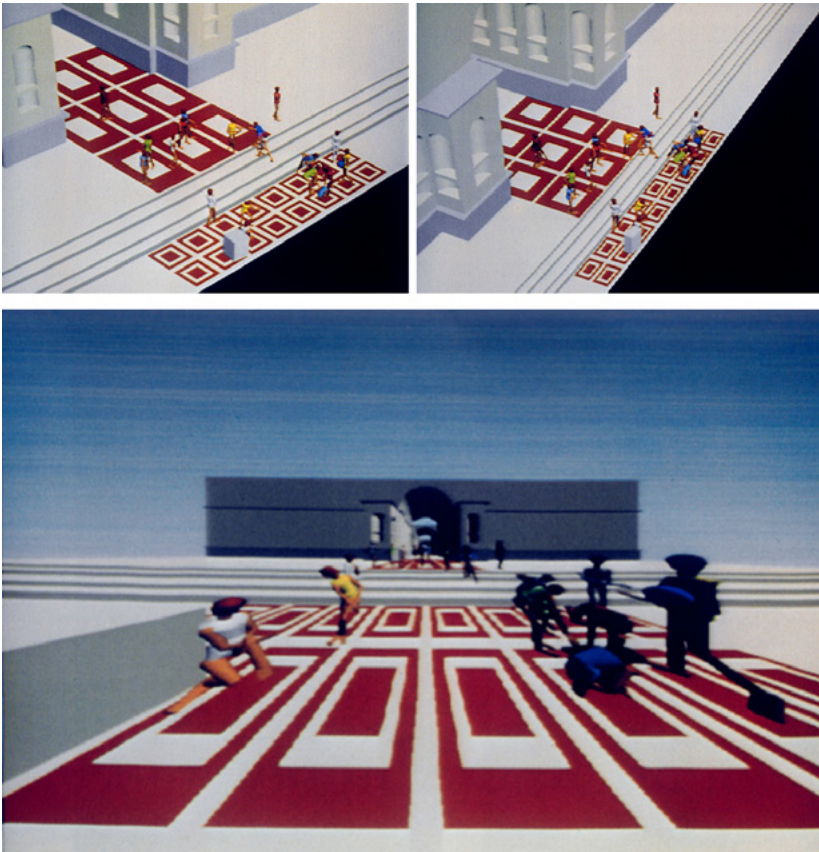


□ 14
 Raffael, »Die Schule von Athen«, Fresko, Stanza della Segnatura, Vatikan, 1509–1511 (oben); digital rekonstruierte Architektur in Raffaels »Schule von Athen« als »Shading«-Darstellung (Mitte) und als Drahtgittermodell (unten), Mazzola/Krömker/Hofmann, 1986–1987.

Diese modulare Arbeitsweise war der hohen Rechenleistung und -zeit geschuldet, die auf diese Weise handhabbar gemacht wurden. Am Computer konnten zudem die im Holzmodell bestimmten Standorte der Figuren hinsichtlich ihrer perspektivischen Korrektheit überprüft werden. Die Ausgabe der digital rekonstruierten Szenerie erfolgte in Form von zwei verschiedenen Visualisierungen: als Drahtgittermodell, in dem die Geometrie der im Fresko dargestellten Räumlichkeiten festgehalten wird oder als **Shading**-Darstellung ^[14]. Bei letzterer werden farbige Bilder aus Pixeln generiert, die über RGB-Monitore (Rastergerät) angezeigt werden können. Hier kommt allerdings der **Aliasing**-Effekt zum Tragen, der sogenannte Treppeneffekt, wenn eine Linie schräg zum Raster angelegt ist. Um dies zu reduzieren, sind Glättungsverfahren notwendig, die Farbabstufungen für sämtliche Pixel entlang der Linie berechnen. Je nachdem wie groß die Bildauflösung ist, können dabei schwächere oder stärkere Unschärfen auftreten. Die in der Publikation zum Projekt gezeigten Bilder hatten zwar bei ihrer Berechnung eine Auflösung von 1024×1024 Pixel, wurden aber mit dem Programm **ANTIAL** anhand eines Filters auf 512×512 Pixel reduziert, um so die finalen Bilder zu erzeugen.

Insgesamt entstanden eine Vielzahl unterschiedlicher, computergenerierter Visualisierungen des Freskos ^[15], wobei es nicht darum ging, das Kunstwerk vollständig in all seinen Details wiederzugeben. Vielmehr stand im Fokus, den dargestellten Raum zu analysieren und zu zeigen, wie exakt Raffael mit der

Perspektive umgegangen ist. Aufgrund ihrer Untersuchung argumentierten die Forscher, dass offenbar zwei verschiedene Perspektiven Verwendung fanden. Um dies deutlich zu machen, stellten sie zwei Abbildungen nebeneinander, wobei eine die ursprüngliche Szenerie um 45° im Uhrzeigersinn sowie um 45° nach oben gedreht darstellt. Hier ergibt sich im oberen Bereich ein großzügiger Abstand zwischen den einzelnen Figuren, aber die Treppe zeigt sich mit extrem breiten Stufen. Die andere Ansicht weist eine Stauchung um den Faktor 1,8 auf, wodurch sich die Ausformung der Fußbodenmuster unten und oben verändert. Zwar scheint hier die Breite der Stufen plausibel, jedoch zeigt sich, dass die vorderen Figuren zu eng beieinander angeordnet sind 15.



15

Visualisierung von den der Bildkonstruktion zugrundeliegenden zwei Perspektiven (oben); Darstellung mit einem sehr großen Blickwinkel von 176° (unten), Mazzola/Krömker/Hofmann, 1986–1987.

Anhand dieser Gegenüberstellung wird deutlich, dass wohl tatsächlich zwei verschiedene Perspektiven in dem Bildwerk verwoben wurden. Mit konventionellen Methoden wäre dieser Nachweis weit aufwendiger gewesen.

Ende der 1980er-Jahre entstanden relativ zeitgleich zwei unterschiedliche Projekte, die sich beide mit Leonardo da Vincis **Das letzte Abendmahl** befassen und jeweils 3D-Modelle erstellten, die das Wandbild in seinem räumlichen Kontext zeigen. Zum einen handelt es sich dabei um ein 3D-Projekt des **IBM UKSC**, das 1988 anlässlich einer großen Leonardo-Ausstellung realisiert wurde. Zum anderen initiierte Lillian Schwartz, eine Pionierin der Computerkunst, 1988/1989, eine Arbeit zu dem Thema. Daher sei im Folgenden auf beide im Hinblick auf Intention, Erstellungsprozess und visuelle Gestaltung eingegangen, um sie dahingehend anschließend zu vergleichen.

Im Rahmen des am **IBM UKSC** in Winchester durchgeführten 3D-Projekts wurde eine Computeranimation für die Ausstellung **Leonardo da Vinci**

■ 233

Umfangreiche Hintergrundinformationen zum Ablauf und der technischen Durchführung des 3D-Projekts am »IBM UKSC« sowie der daran beteiligten Personen nannte der Ingenieur Andy Walter, der an der Erstellung des 3D-Modells und des Videos maßgeblich beteiligt war, in E-Mails an die Autorin vom 10. und 13. Dezember 2017. Im Ausstellungskatalog findet sich ein Beitrag, der die Hintergründe für die Auswahl und Entstehung der in der Ausstellung gezeigten Computereanimationen kurz erläutert. Neben dem Video zu »Das letzte Abendmahl« wurden noch vier weitere Videos mit 3D-Modellen zu verschiedenen Themen gezeigt, die auch am »IBM UKSC« erstellt wurden. Vgl.: Steadman 1989 (Modelling Leonardo's Ideas); Steadman 1989 (Leonardo and the computer).

■ 234

Vgl.: Leonardo da Vinci, Katalog zur Ausstellung in der Hayward Gallery, South Bank Centre, London, 26. Januar bis 16. April 1989, New Haven/London 1989.

■ 235

Vgl. zu den Verantwortlichkeiten in der Ausstellung: Drew 1989, S. vii.

■ 236

Vgl. Kapitel 3.2 (→ 091).

■ 237

Zu den Verantwortlichkeiten im Bereich der Ausstellung, Computeranimation und technischen Ausführung vgl. Leonardo da Vinci 1989, S. vi u. x. Informationen hierzu gab auch Andy Walter in E-Mails an die Autorin vom 10. und 13. Dezember 2017.

■ 238

Zu Steadmans Analyse des Wandgemäldes vgl.: Steadman 1989 (Modelling Leonardo's Ideas by Computer), S. 211–213.

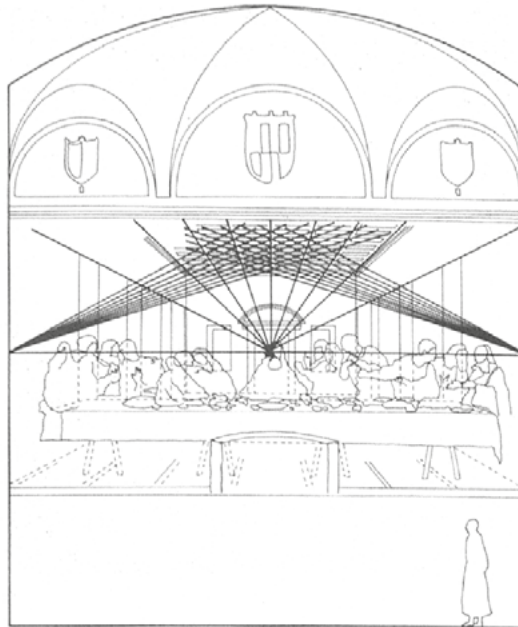
erstellt. **233** Gezeigt wurde die Schau vom 26. Januar bis 16. April 1989 in der Hayward Gallery, South Bank Centre, in London. **234** Das dafür generierte Video mit einer Länge von 1:34 Min. wurde in Endlosschleife auf einem Fernsehbildschirm präsentiert und zeigte einen virtuellen Flug durch das Refektorium des Klosters Santa Maria delle Grazie in Mailand, an dessen Stirnwand sich die Ende des 15. Jahrhunderts in Öl-Tempera gearbeitete Wandmalerei Leonardos befindet. Das Kunstwerk wurde für die computertechnische Visualisierung ausgewählt, da es eines der wenigen Gemälde des Künstlers ist, in dem explizit Architektur wiedergegeben ist und es in der Forschung hinsichtlich der Darstellung von Perspektive kontrovers diskutiert wird. Zudem war es Ende der 1980er-Jahre in einem relativ schlechten Erhaltungszustand, sodass eine Untersuchung seines kompositorischen Aufbaus mit neuen Methoden vielversprechend erschien.

An der Erstellung des 3D-Modells sowie des Videos war mit Projektbeginn im April 1988 eine Vielzahl an Personen beteiligt. IBM fungierte als Sponsor der Ausstellung und so wurde unter der Verantwortung von Tony Cleaver, CEO von IBM, und Peter Wilkinson, Sponsorship Programme Manager der Firma, im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit und Kunstförderung die 3D-Rekonstruktion am IBM UKSC in Winchester durchgeführt. **235** Das Institut war in den 1980er-Jahren auf Forschung im Bereich des **Graphics Image Processing** spezialisiert und hatte durch die computertechnische Rekonstruktion von Old Minster bereits einen gewissen Bekanntheitsgrad erreicht. **236** Im Unterschied zur Arbeit an Old Minster wurde allerdings eine Fototextur in das 3D-Modell eingefügt. So konnte eine Abbildung von **Das letzte Abendmahl** gezeigt werden.

Die Grundlage für das 3D-Modell und das daraus erstellte Video bildete ein Storyboard, in dem die einzelnen Einstellungen zeichnerisch festgehalten wurden. Philip Steadman, Direktor des **Centre for Configurational Studies** an der britischen Fernuniversität Open University, war für die Konzeption der Computereanimation verantwortlich. **237** Er erstellte beispielsweise eine Zeichnung, in der er die perspektivische Darstellung der Abendmahlsszene in Leonardos Wandgemälde analysiert **[16]**. **238** Wenn der Künstler das Bild aus der Perspektive eines auf dem Fußboden des Refektoriums stehenden Besuchers gemalt hätte, hätte dieser weder den Boden des Abendmahl-Raums noch die Oberseite des Tisches sehen können. Steadman argumentiert, dass Leonardo daher den Fluchtpunkt des Wandgemäldes am Kopf von Christus in 4,5 Metern Höhe über dem Boden anlegte. Auf der gleichen Höhe befindet sich somit der gedachte ideale Betrachterstandpunkt. Auch wenn ein Besucher das Wandgemälde nur auf dem Boden stehend betrachten kann, so präsentiert sich ihm nun der Tisch in Aufsicht, sodass auch Christus und die Apostel gut zu sehen sind, da sie nicht von dem Möbel verdeckt werden. Trotz dieser Verschiebung des Fluchtpunkts lässt Leonardo den gemalten Raum als Fortführung des realen Raums erscheinen, indem er beispielsweise den Lichteinfall über die Fenster an der westlichen Wand des Refektoriums malerisch einbezieht.

Den Informationsaustausch zwischen Steadman, Ausstellungsbeteiligten wie dem Kunsthistoriker Martin Kemp, der University of St Andrews (Ausstellungskonzeption und Werkauswahl), Roy Reed von **Triangle Two** (künstlerischer Leiter) sowie Olivia Winterton (Forschungsassistentin) und den ausführenden Technikern wickelte hauptsächlich die Ausstellungsorganisatorin Julia

Peyton-Jones ab. In regelmäßigen Treffen besprach sie – teils auch gemeinsam mit Steadman sowie Reed – die Visualisierung am **IBM UKSC** mit dem dortigen Team Andy Walter, Tom Heywood und Peter Quarendon, das dann Änderungswünsche entsprechend umsetzte.



□ 16

Analyse der perspektivischen Darstellung in Leonardo da Vincis »Das letzte Abendmahl«: eingezeichneter Fluchtpunkt am Kopf von Christus in 4,5 m Höhe über dem Boden und einnehmbarer Betrachterstandpunkt unterhalb des Gemäldes (Silhouette rechts unten), Zeichnung, Philip Steadman, 1988.

Der Erstellungsaufwand war enorm: So dauerte die Berechnung eines Renderings mit einer Auflösung von 512×512 Pixel etwa eine Stunde auf einem Großrechner. Daher griff das **IBM UKSC** nachts auf die Rechner des unweit gelegenen **IBM Hursley Labs** zu, um dies durchzuführen. Sie generierten Bilder mit einer Auflösung von 8 Bit, wobei damals auch 24 Bit-Bilder erstellt werden konnten. Da diese allerdings dreimal so viel Speicherplatz benötigten, hohe Kosten verursachten und einen großen Zeitaufwand voraussetzten, wurde dies nur in Ausnahmefällen durchgeführt, um beispielsweise hochaufgelöste Poster zu generieren. Aus den Einzelbildern stellten sie eine Computeranimation zusammen, die im Folgenden kurz beschrieben wird.

Die erste Einstellung zeigt eine Nahansicht von Leonardos Wandbild im 3D-modellierten Refektorium, dessen Wände und Gewölbe in Brauntönen gehalten sind. Sodann entfernt sich die virtuelle Kamera von der Stirnwand und bewegt sich zu ausgewählten Standorten im Raum, an denen sie jeweils kurz verharret, um auf einen bestimmten Blickwinkel auf das Kunstwerk hinzuweisen ^[17]. Anschließend wird in eine Nahansicht des Gemäldes eine digitale Rekonstruktion von Leonardos Werk eingeblendet.

Nach einem kurzen Stillstand verändert sich die Gemälderekonstruktion, sodass sie nun anstelle des gemalten Raums den Raum so zeigt, wie er ausgesehen hätte, wenn der Künstler den realen Raum im Bild fortgeführt hätte. Hieran schließt sich eine Kamerafahrt wie zu Beginn an, sodass nun das Refektorium mit dem fiktiven Raum anstelle des Wandbilds zu sehen ist ^[18].

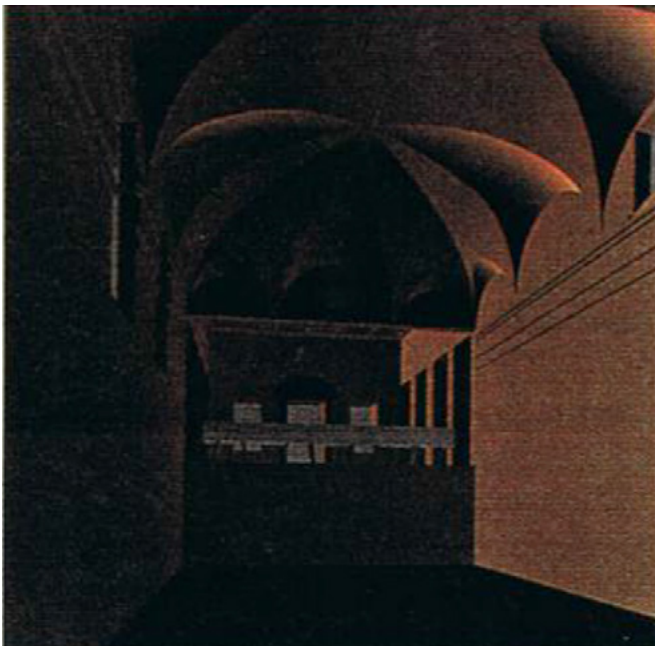
Danach erfolgt ein virtueller Flug um das digital rekonstruierte Refektorium, das ohne architektonischen Kontext auf einer grünen Wiese unter hellgrauem Himmel wiedergegeben wird. Zu sehen ist der langgestreckte, kubusförmige Bau, an den sich der 3D-modellierte fiktive Bildraum anschließt.

Dem Betrachter wird somit die räumliche Disposition von tatsächlich existierendem Refektorium und hypothetischem Anbau mit der Abendmahl-Tafel vor Augen geführt. Nach dem Umkreisen der Architektur taucht die virtuelle Kamera wieder in das Gebäude ein und bewegt sich mittig auf die Stirnwand zu. Nun wird der fiktive Raum wieder in den von Leonardo dargestellten Raum zurück überführt. Eine Überblendung des Wandbilds schließt das Video ab, sodass nun die gleiche Einstellung wie zu Beginn zu sehen ist.



□ 17

Leonardo da Vincis Wandbild als Fototextur im 3D-Modell des Refektoriums von Santa Maria delle Grazie in Mailand, Ansicht aus dem Video zur digitalen Rekonstruktion von Leonardo da Vincis »Das Letzte Abendmahl«, »IBM UKSC«, 1988.



□ 18

Ansicht, in der die virtuelle Kamera bei ihrem Flug durch den Raum kurz verharrt mit Blick auf die 3D-Rekonstruktion mit dem im Bild fortgeführten realen Raum, Ansicht aus dem Video zur digitalen Rekonstruktion von Leonardo da Vincis »Das Letzte Abendmahl«, »IBM UKSC«, 1988.

Die in der Literatur meist vertretene Auffassung, Leonardo hätte in seinem Wandbild den realen Raum fortgeführt, konnte das Video widerlegen: Da in der Computeranimation anstelle des Wandgemäldes Leonardos gemalter

Raum zunächst 3D-modelliert und dann in die rekonstruierte Fortführung des realen Raums umgewandelt wurde, konnte der signifikante Unterschied zwischen den beiden Räumen dargestellt werden. So ist in Leonardos Bild die Oberfläche des Tisches mitsamt des Geschirrs zu sehen, was im Falle einer konsequenten Fortführung des realen Raums nicht möglich gewesen wäre. Diese wichtige Erkenntnis wird im Video weder über eine Tonspur noch über Einblendungen in Textform, die die Hintergründe zur digitalen Rekonstruktion oder Leonardos Intentionen erläutern, vermittelt. Thematisiert wird sie jedoch im Ausstellungskatalog. Zudem hatte der Ausstellungsbesucher die Möglichkeit, sich anhand von Texttafeln zum Film, die an der Wand angebracht waren, zu informieren. In der Ausstellung wurden ferner noch weitere Computeranimationen zu verschiedenen Rekonstruktionen von Leonardos Werk gezeigt. ²³⁹ Sie bildeten zwar nicht den Mittelpunkt der Schau, jedoch stellten sie eine Art neuartiges, ergänzendes Material dar. In dem von IBM herausgegebenen Magazin *Management Topics* findet sich in der Februar-Ausgabe des Jahres 1989 ein Artikel von Steadman, der darin die in der Ausstellung präsentierten Computeranimationen kurz vorstellt. ²⁴⁰

Eine zumindest bildliche Erwähnung findet die 3D-Rekonstruktion von *Das letzte Abendmahl* in dem Katalog zur von Martin Kemp 2006 kuratierten Ausstellung *Leonardo da Vinci. Experience, Experiment and Design* im Londoner Victoria and Albert Museum. Denn darin ist zwar eine Abbildung des 3D-Modells zu sehen, allerdings geht der Kunsthistoriker im Text nicht näher auf die 3D-Rekonstruktion ein. ²⁴¹ Er weist aber darauf hin, dass der Künstler in seinen Zeichnungen bereits das auf Computertechnik basierende Prinzip des *Raytracings* präsentiere. Nicht erwähnt wird weder in dem Katalog von 1989 noch in dem von 2006 die zur gleichen Zeit wie das 3D-Modell von IBM von Schwartz unternommene, computertechnische Analyse, auf die nun näher eingegangen wird.

Bemerkenswerterweise untersuchte Lillian Schwartz ebenfalls 1988/1989 Leonardo da Vincis *Das letzte Abendmahl* mittels Computertechnik. ²⁴² Ihr ging es darum, die Verlässlichkeit der im Bildwerk dargestellten Perspektive zu untersuchen und zentrale Fragen, die Wissenschaftler schon lange beschäftigen, mit neuen Methoden zu bearbeiten. Ziel war es, zu ergründen, wie das Gemälde betrachtet werden soll, ob es einen auf Augenhöhe befindlichen Standpunkt im Raum gibt, von dem aus der Raum im Gemälde als Fortführung des realen Raums erscheint. Hierfür erstellte sie mit der *Pixel Machine*, einem auf die Bildverarbeitung spezialisierten Computer, ein 3D-Modell des Refektoriums. Ein Foto des Wandbilds fügte sie sodann als Textur ein und verglich verschiedene Ansichten des Gemäldes von unterschiedlichen Standpunkten im Raum ¹⁹.

Auf diese Weise konnte Schwartz feststellen, dass das Bildwerk dann als »richtig« erscheint, wenn der Betrachter an der Eingangstüre, also nur wenige Meter von der Stirnwand entfernt schräg davor steht oder sich auf Höhe des Fluchtpunkts etwa 4,5 m über dem Boden befindet. In der Forschung existierten bis dahin unterschiedliche Meinungen zur Wirkung von Leonardo da Vincis Wandbild auf den Besucher. ²⁴³ So gingen einige davon aus, es gäbe gar keinen optimalen Betrachterstandpunkt, andere sahen in jeder Sitzposition, die die Mönche im Refektorium einnehmen konnten, einen guten Blickwinkel, der

■ 239

Weitere Computeranimationen umfassten 3D-Modelle von: Polyedern; verästelten Strukturen wie einer menschliche Lunge; dem verzweigten Flusslauf des Arno; verschiedenen Bäumen; sakralen Zentralbauten von nicht errichteten Kirchen; Darstellungen von Licht und Schatten. Vgl. Steadman 1989 (*Modelling Leonardo's Ideas by Computer*).

■ 240

Vgl. Steadman 1989 (*Leonardo and the computer*).

■ 241

Vgl. Kemp 2006, insbes.: S. 83, S. 84, Abb. II.27. Darin ist als Urheber der 3D-Rekonstruktion »IBM Research Centre, Winchester« angegeben und 1989 als Entstehungsjahr, vgl. ebd.

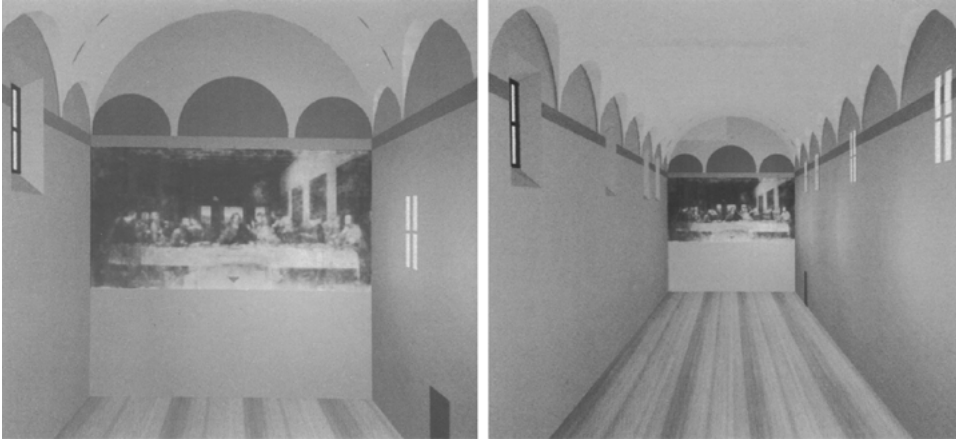
■ 242

Zu Lillian Schwartz Arbeit zu Leonardo da Vincis Fresko vgl.: Schwartz 1988; Alkhoven 1993, S. 53. Das Video »THE STAGING OF THE »LAST SUPPER«« (7:05 Min.) zu Lillian Schwartz Arbeit ist zu finden auf der Webseite von Lillian Schwartz: <http://lillian.com/art-analysis/>.

■ 243

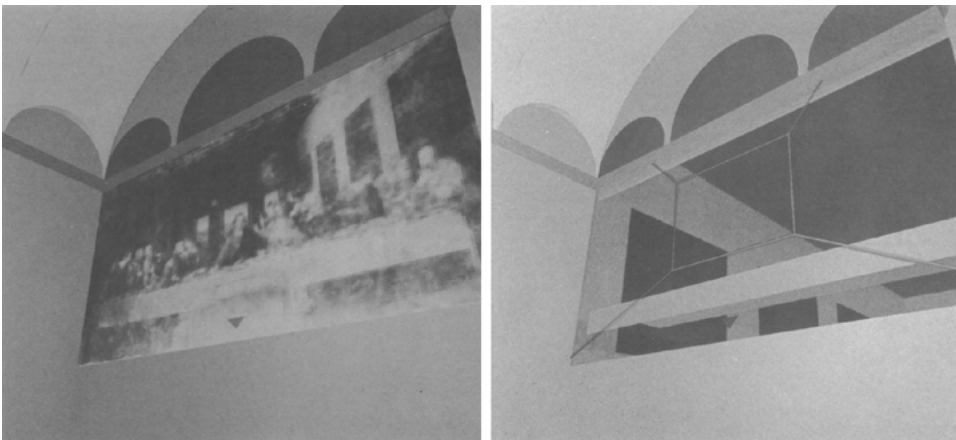
Einen Überblick über die divergierenden Meinungen in der Forschung gibt Schwartz in ihrem Aufsatz: Schwartz 1988, S. 90. Vgl. auch: Hüttel 1994, S. 117–121.

sie sogar in das Gemälde hineinziehen würde. Möglicherweise waren sie von Leonardos eignen Texten zur Perspektive fehlgeleitet, denn die von ihm dargelegten Konstruktionsregeln wendete er im Wandbild **Das letzte Abendmahl** nicht an.



□ 19
3D-Modell des Refektoriums des Klosters Santa Maria delle Grazie in Mailand mit Leonardo da Vincis Wandgemälde »Das letzte Abendmahl« als Fototextur, mit Betrachterstandpunkt auf Höhe des Fluchtpunkts hinter dem Kopf von Christus (links) u. Standpunkt aus größerer Entfernung (rechts), Renderings, Lillian Schwartz, 1988/1989.

Hingegen konnte Schwartz mittels ihrer computergenerierten Ansichten sehr anschaulich Leonardo da Vincis Darstellungsmethode des Bildraums visualisieren [20]. Darin wird deutlich, dass der Künstler den realen Raum nicht in das Gemälde hinein verlängert hat. Stattdessen legte er einen Raum an, dessen Fußboden, Rückwand und rechte Seitenwand sehr wohl vom Standort an der Eingangstüre zu sehen waren.



□ 20
Ansicht vom Standpunkt an der Eingangstüre (links) u. digital rekonstruierte Fortführung des realen Raums in das Gemälde hinein im Hintergrund mit eingezeichneten Kanten des von Leonardo tatsächlich gemalten Bildraums, Renderings, Lillian Schwartz, 1988/1989.

Der erste Blick eines eintretenden Mönchs wurde sogleich auf Christus und dessen Hand gelenkt, die eine einladende Geste formt und somit den Besucher willkommen heißt. Die optimalen Blickachsen auf das Gemälde waren insbesondere auf diesen Standpunkt sowie entlang der Seiten des Raums hin ausgerichtet. Ferner argumentiert Schwartz, dass sich der Künstler Illusionstechniken aus der Theatermalerei bediente, indem er den im Gemälde gezeigten Raum in verkürzter Perspektive abbildete. Da er nachweislich zahlreiche Bühnenbilder für den Herzog von Mailand, Ludovico Sforza, entworfen hatte, ist davon auszugehen, dass ihm die damaligen Vorgehensweisen zur Inszenierung eines vermeintlich realen Raums auf der Bühne durchaus vertraut waren.

Schwartz erstellte ein knapp siebenminütiges Video, in dem sie ihre Kernthesen mittels Voice-over vorstellt und mit virtuellen Flügen durch das

■ 244

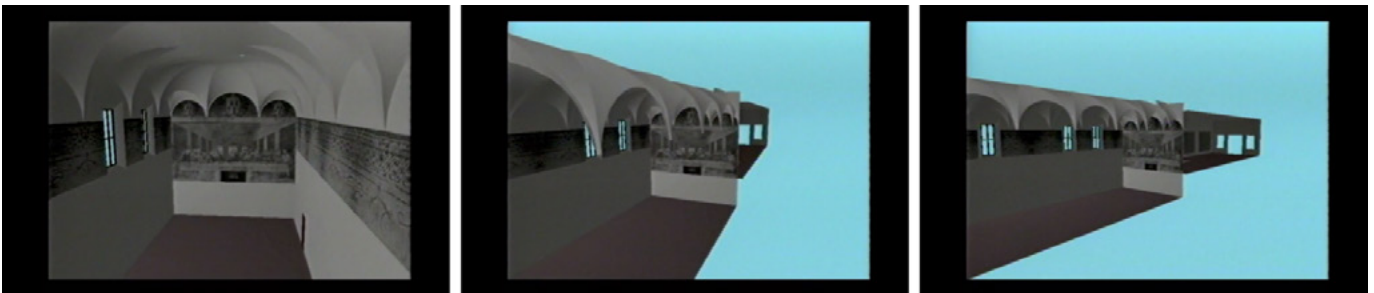
Vgl. Lillian Schwartz, Video »The Staging of ›The Last Supper‹« (7:05 Min.) auf der Webseite der Künstlerin: <http://lillian.com/art-analysis/>.

3D-Modell visualisiert ²¹. ²⁴⁴ Die filmische Darstellung verstärkt ihre Aussagen zusätzlich, da der Raum anhand des virtuellen Durchschreitens erst wirklich als solcher erfahrbar und seine Größendimensionen einschätzbar werden. Zudem verdeutlicht sich, wie der gemalte Raum im Verhältnis zum realen gewirkt hätte, wenn er tatsächlich als Fortführung angelegt worden wäre ²².



□ 21

Virtueller Flug durch das 3D-Modell des Refektoriums mit Blick zu Leonardo da Vincis »Das letzte Abendmahl«, Filmstills aus »The Staging of ›The Last Supper‹«, Min. 0:58–1:02, Lillian Schwartz, 1989.



□ 22

Filmstills aus »The Staging of ›The Last Supper‹«, Min. 6:47–6:55, Lillian Schwartz, 1989.

Im Unterschied zur Visualisierung des IBM UKSC bereitet Schwartz die der 3D-Rekonstruktion zugrundeliegenden Theorien im Video didaktisch auf. Zudem bringt sie zwei weitere Thesen in die Diskussion um Leonardos Werk ein: Zum einen umfasst dies die These über die Inszenierung des Abendmahlraums nach Prinzipien der Theatermalerei. Zum anderen betrifft es ihre Annahme, dass das Wandgemälde auf den Betrachterstandpunkt am Eingang zum Refektorium

ausgerichtet sei. Das Video von Schwartz informiert den Betrachter somit detaillierter über Leonardos Intentionen und bietet mehr Erklärungsmöglichkeiten zum Aufbau des Kunstwerks. Mehrere Einstellungen und Abläufe in beiden Videos ähneln sich frappierend. Dies ist vor allem hinsichtlich der Standpunkte der virtuellen Kamera und deren virtuellen Flügen innerhalb und außerhalb des Refektoriums zu beobachten. Gestalterische Unterschiede können insbesondere in Details in folgenden Bereichen festgestellt werden:

Aufgrund der zeitlichen Nähe der beiden 3D-Projekte ist nicht auszuschließen, dass Schwartz möglicherweise die Computeranimation in der Ausstellung Anfang 1989 gesehen und ihr eigenes Video daraufhin konzipiert hatte, das mit 1989 datiert ist. Ihre Überlegungen zur Darstellung der Perspektive in **Das letzte Abendmahl** publiziert sie hingegen bereits im Frühjahr 1988. Das **IBM**-Projekt erhielt mediale Präsenz über die Ausstellung 1989 und im zugehörigen Katalog sowie als einzelne Abbildung in Kemps Katalog von 2006. Darüber hinaus wurde es im Rahmen eines Artikels im Firmenmagazin **Management Topics** im Februar 1989 veröffentlicht. Diese Veröffentlichungen erreichten möglicherweise nicht potentiell an digitalen Methoden interessierte Geisteswissenschaftler, wodurch die Rezeption dieses 3D-Projekts im Fach erschwert wurde. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass es in einschlägigen Publikationen nicht wahrgenommen wurde. Interessanterweise findet aber auch die Arbeit von Lillian Schwartz keine Erwähnung in der Literatur. So wurde in der 1989 von Richard Hüttel in den Fachbereichen Neuere Deutsche Literatur und Kunstwissenschaft eingereichten Dissertation **Spiegelungen einer Ruine. Leonardos Abendmahl im 19. und 20. Jahrhundert** ein ausführlicher Überblick über wissenschaftliche Ansätze zur Analyse von Leonardos Darstellung der Perspektive gegeben. ²⁴⁵ Die Arbeiten von **IBM** und Schwartz finden darin keinerlei Erwähnung, obwohl die Doktorarbeit für die Buchpublikation 1994 mit aktueller Literatur ergänzt wurde. Hier stellt sich die Frage, ob und warum Hüttel möglicherweise nichts von den 3D-Projekten wusste.

Auch in der 1999 von Antonio Crimini eingereichten Dissertation in den Bereichen **Machine Learning** und **Computer Vision**, in der er eine auf bestimmten Algorithmen basierende mathematische Methode entwickelte, um beispielsweise in Gemälden dargestellte räumliche Szenerien in einem 3D-Modell abzubilden, wird nicht auf die Vorläufer seiner Studie – die Projekte zu **Schule von Athen** sowie **Das letzte Abendmahl** – verwiesen. ²⁴⁶ Er beschreibt lediglich ganz allgemein das große kunsthistorische Forschungsinteresse vor allem an Werken von Piero della Francesca im Hinblick auf die Untersuchung der Anlage von Perspektive. ²⁴⁷ In diesem Zusammenhang wird in **Kapitel 4.1** (→ **165**) ein zu dem Künstler realisiertes 3D-Projekt der frühen 1990er-Jahre ausführlicher vorgestellt.

Keine Hinweise auf die 3D-Projekte finden sich in Katalogen zu in den letzten Jahren stattgefunden habenden einschlägigen Ausstellungen, wie beispielsweise **Leonardo da Vinci. Painter at the Court of Milan**, die 2011/2012 in der National Gallery in London gezeigt wurde. ²⁴⁸ Sie war explizit zu Leonardos Schaffen in Mailand konzipiert, jedoch thematisiert der zugehörige Katalog die beiden computertechnischen Rekonstruktionen nicht. Im Text zu **Das letzte Abendmahl** wird lediglich ganz allgemein angemerkt, dass 1978 der Startpunkt war für: »a 20-year programme of conservation and scientific analysis« ²⁴⁹.

■ 245

Vgl. Hüttel 1994, S. 117–121.

■ 246

Vgl. Crimini 2001. Zur in der Kunstgeschichte unternommenen Untersuchungen der Perspektive in Bildwerken vgl. ebd., insbes.: S. 27–28.

■ 247

Hier sei exemplarisch verwiesen auf: Field 1997.

■ 248

Vgl. Syson/Keith 2011.

■ 249

Ebd., S. 251.

■ 250

Zur Problematik fehlender Rezeption von Projekten, die digitale 3D-Modelle historischer Architektur zum Thema haben, insbesondere in Bezug zur Kunstgeschichte, siehe Kapitel 7.1 (→ 565), Kapitel 8 (→ 595).

■ 251

Umfangreiche Informationen zu Jeffrey Shaws Arbeit sind auf seiner Webseite zu finden: http://jeffrey-shaw.net/html_main/show_work.php?record_id=83#.

■ 252

Vgl. Alkhoven 1993; Messemer 2015, S. 31–32.

Hinweise darauf welcher Art die Forschungsarbeiten waren, werden nicht gegeben. Die Frage nach der Sichtbarkeit der Arbeiten von IBM und Schwartz bleibt damit bestehen. ²⁵⁰

Auch in der Medienkunst lassen sich frühe Experimente mit der Visualisierung von Architektur im virtuellen Raum finden. Beispielsweise ist hier die Installation *The Legible City* zu nennen, die der US-amerikanische Künstler Jeffrey Shaw 1989 vorstellte. ²⁵¹ Hier konnte der Betrachter auf einem Fahrradsitzend virtuell durch eine als Video auf eine große Leinwand projizierte Simulation Manhattans fahren ²³. Die Trittschwindigkeit und das Bewegen des Lenkers durch den Betrachter bestimmten die Navigation durch die virtuelle Landschaft. Die Gebäude am Straßenrand sind als Buchstaben dargestellt, die Geschichten erzählen. Die Unschärfe der Projektion im hier gezeigten Foto zeigt eindrucksvoll die Geschwindigkeit, mit der sich der Nutzer durch die virtuelle Stadt bewegen konnte. Insgesamt sechs unterschiedliche Erzählstränge, die sich inhaltlich auf Manhattan beziehen, hat Shaw in jeweils verschiedenen Farben dargestellt. In weiteren Versionen dieser Arbeit visualisierte er 1990 Amsterdam und ein Jahr später Karlsruhe anhand von Schriftbändern. Diese waren allerdings skaliert und entsprachen den Größenverhältnissen der Gebäude, die sie repräsentierten.



□ 23

Jeffrey Shaw, »The Legible City«, Multimedia-Installation, 1989; Nutzer auf Fahrrad bewegt sich virtuell durch die vor ihm auf einer Leinwand projizierte Simulation von Manhattan.

Wie in dieser Kunstinstallation wurden auch in wissenschaftlichen Initiativen nicht nur einzelne Gebäude innerhalb eines Projekts digital rekonstruiert, sondern auch ganze Städte. Ein frühes Beispiel hierfür, das zwischen 1989 und 1993 realisiert wurde, ist an der Universität Utrecht zu finden. ²⁵² Die Architekturhistorikerin Patricia Alkhoven erstellte im Rahmen ihrer Doktorarbeit ein CAD-Modell der Stadt Heusden in den Niederlanden, um die Entwicklung der Stadtgestalt am Computer zu visualisieren. Ziel war es, zu ergründen, inwiefern neue Technologien die architekturhistorische Forschung unterstützen können. Hierfür wählte sie Heusden aus, da es sich aufgrund der noch heute existierenden Befestigungsanlagen um eine räumlich klar eingegrenzte Stadt handelt. Als Quellen dienten Alkhoven historische und aktuelle Karten des Ortes, der im 20. Jahrhundert grundlegender Umgestaltungen unterzogen wurde, um die einstigen historischen baulichen Verhältnisse wiederherzustellen.

In zwei Phasen, beginnend 1965 bis 1978, wurden ausgewählte Bauwerke in der Innenstadt sowie am Hafen restauriert, um ihnen wieder ihre ursprüngliche Gestalt zu verleihen. Zwischen 1978 und 1990 wurden zudem pseudo-historische Gebäude errichtet, die Stadttore rekonstruiert sowie einzelne Stadthäuser restauriert. Entsprechend erstellte Alkhoven für jeden einzelnen

Zeitabschnitt ein eigenes 3D-Modell. Auf diese Weise war es möglich die verschiedenen baugeschichtlichen Phasen miteinander zu vergleichen und Transformationsprozesse nachzuvollziehen ^[24].



□ 24

Digitale Rekonstruktion der Stadt Heusden, Blick entlang der Hauptstraße in Richtung Rathaus im Jahr 1943 (links) und 1990 (rechts), Patricia Alkhoven, 1989–1993.

Insofern nutzte sie die digitalen Modelle als Forschungswerkzeug und konnte die Analyse der Stadtentwicklung gegenüber traditionellen Methoden wie dem Anfertigen von Zeichnungen oder haptischen Modellen sowohl beschleunigen als auch präzisieren.

Werner Müller äußerte 1989 in seinem Vortrag **Computersimulation spätgotischer Gewölbe. Ein Diskussionsbeitrag zum Thema ›CAD als Ende der Baukunst‹** verschiedene Ideen, wie die Computertechnologie in der kunsthistorischen Forschung gewinnbringend eingesetzt werden könnte. ²⁵³ Denn ihm zufolge vollzog sich die Zusammenarbeit von Kunsthistorikern und Informatikern bis dahin in nur sehr eingeschränkten Bereichen, wie der Katalogisierung, dem Auswerten von Messdaten oder auch dem Erstellen von komplexen Konstruktionszeichnungen – eine Beobachtung, wie sie auch die Themen der zuvor vorgestellten Konferenzen der 1980er-Jahre nahelegen. Weit aufschlussreicher befand Müller hingegen Fragestellungen, die die Visualisierung von Architekturentwürfen betrafen. So verteidigte er in seinem Vortrag vehement den Einsatz des Computers im Allgemeinen und die Verwendung von CAD im Speziellen in der kunst- und architekturhistorischen Forschung gegenüber einem Fachpublikum im Rahmen des Kolloquiums **Wölbkonstruktionen der Gotik, Nachgotik und Neugotik**, das am Institut für leichte Flächentragwerke der Universität Stuttgart stattfand. Sein Plädoyer richtete er explizit gegen die seiner Ansicht nach durchklingende Skepsis von Architekturhistorikern gegenüber neuen Computertechniken und insbesondere des CAD, die er in der Publikation zu dem 1985 vom **Bund Deutscher Architekten** veranstalteten Symposium **CAD: Architektur automatisch?** identifizierte. Schon allein die Tatsache, dass keine Architekturhistoriker zu dem Symposium eingeladen waren, wertete Müller als Indiz für die besagte Skepsis.

■ 253

Zu Werner Müllers Äußerungen über das seiner Meinung nach defizitäre Verhältnis der Kunst- und Architekturgeschichte zur Computertechnik vgl. seinen Beitrag zu dem Kolloquium **Geschichte des Konstruierens IV., Wölbkonstruktionen der Gotik 1**, 16. bis 17. Februar 1989, in Stuttgart: Müller 1990 (**Computersimulation spätgotischer Gewölbe**), insbes.: S. 144–145.

Seine Vision mit Hilfe von digitalen Rekonstruktionen gotische Gewölbe zu erforschen, konnte Müller in Form eines DFG-geförderten Projekts von 1989 bis 1993 umsetzen. Dieser wegweisenden Forschungsarbeit ist **Kapitel 4.2** (→ **193**) gewidmet, um sie eingehend zu analysieren und ihren Mehrwert für die kunsthistorische Untersuchung gotischer Gewölbe darzulegen.

Auch der Kunsthistoriker Lutz Heusinger summierte 1989 wesentliche Schwierigkeiten, die eine umfassende Nutzung der Computertechnik in der Kunstgeschichte beeinflussen, wobei er drei Problembereiche identifizierte: technische, institutionelle/individuelle sowie systematische. **254**

■ 254

Vgl. Heusinger 1989, S. 17–20.

Auf technischer Seite gab es laut Heusinger bis Ende der 1980er-Jahre keine Datenbank, die speziell für die Bearbeitung kunsthistorischer Daten geeignet gewesen wäre. Auch die Speicherung von gut aufgelösten Bildern war nur unzureichend gewährleistet. Als schwierig erachtete er zudem die Handhabung von Soft- und Hardware, die aufgrund ihrer Schnelligkeit zusätzlich eine Herausforderung für ihre Benutzer bedeutete sowie die teils hohen Kosten dafür.

Institutionell und individuell bedingte Probleme sah er in der damaligen Situation kunsthistorischer Institute, die weder mit in Datenverarbeitung geschultem Personal noch entsprechender Computertechnik ausgestattet waren. Zudem stellte es sich seiner Meinung nach als ungünstig heraus, dass Forscher, die eine digitale Katalogisierung von Kunstwerken vornehmen wollten, die Ziele der Arbeit nicht klar genug formulierten und daran scheiterten.

Systematische Probleme erläuterte Heusinger am Beispiel der Erstellung einer Datenbank auf Basis eines zuvor in Buchform generierten Katalogs. Hier plädierte er für die Erzeugung von maschinenlesbaren Daten und wies darauf hin, dass der Gebrauch von Computern letztendlich darauf hinausläuft, Daten kostenlos zur Verfügung zu stellen und damit Wissen zugänglich zu machen. Mit Letzterem nimmt er Prinzipien des Internets bereits vorweg. Allerdings haben kunsthistorische Institute teils heute noch mit von ihm skizzierten Problemen im Hinblick auf den Einsatz von Computertechnik zu tun und auch die von Werner Müller angesprochene Skepsis ist nicht gänzlich verschwunden.

Trotz all dieser Unwägbarkeiten ist festzustellen, dass in der Kunstgeschichte beziehungsweise im kunsthistorischen Kontext Mitte bis Ende der 1980er-Jahre erste Projekte realisiert wurden, die 3D-Modelle von historischer Architektur explizit als Forschungswerkzeuge verwendeten. So wurden die Wandgemälde **Schule von Athen** und **Das letzte Abendmahl** sowie nur im Entwurf vorliegende gotische Gewölbe computertechnisch untersucht. Demgegenüber fanden zwar schon ab 1983 3D-Modellierungen Einzug in die Archäologie, jedoch handelte es sich hierbei durchweg um Projekte, die die digitalen Rekonstruktionen zur Präsentation oder Illustration ihrer Forschungsergebnisse einsetzten, die Initiative zu Mathrafal ausgenommen. Es scheint, die Kunstgeschichte habe diesen Schritt – mit Ausnahme von Arbeiten wie der Visualisierung des Kelchs von Uccello – übersprungen und ist sogleich in Projekte eingestiegen, die wissenschaftliche Fragestellungen beantworten sollten.

Um diese beiden Tendenzen – Präsentationsmedium und Forschungswerkzeug – genauer zu untersuchen werden wesentliche Arbeiten hierzu exemplarisch herausgegriffen und in jeweils eigenen Kapiteln analysiert. Der Chronologie entsprechend steht zunächst die erste Hälfte der 1980er-Jahre im Fokus,

die von Projekten mit dem Ziel neue Präsentationsmedien zu erproben geprägt war. Hierfür wird die im Fachbereich der Archäologie realisierte 3D-Rekonstruktion von Old Minster herangezogen. Denn dabei handelt es sich wohl um die erste, auf wissenschaftlicher Grundlage computertechnisch modellierte frühmittelalterliche Kathedrale und ist damit auch aus kunsthistorischer Perspektive interessant. Realisiert wurde das digitale Modell, um aktuelle Forschungsergebnisse mit moderner Computertechnologie zunächst der Fachcommunity zu präsentieren. Später wurde ein Video davon im Museum und im Fernsehen gezeigt, wodurch auch ein größeres Publikum an den Erkenntnissen der Forscher teilhaben konnte. Das anschließende **Kapitel 3.2 (→ 091)** widmet sich daher der Analyse dieses 3D-Projekts und untersucht insbesondere welchen visuellen und inhaltlichen Mehrwert es zur Erforschung des Bauwerks beitragen konnte.

Um auch Ende der 1980er-Jahre begonnene kunsthistorische 3D-Projekte genauer zu betrachten, wird hierfür die von Werner Müller initiierte Forschungsarbeit zur computertechnischen Untersuchung gotischer Gewölbe exemplarisch herausgegriffen. Dies erfolgt in **Kapitel 4.2 (→ 193)**, da das für die Analyse ausgewählte 3D-Modell 1992 realisiert wurde und eine herausragende Rolle innerhalb des Projekts einnimmt. Im Gegensatz zu den zuvor vorgestellten computertechnischen Analysen von Wandgemälden, steht in Müllers Arbeit die Rekonstruktion von Architektur explizit im Vordergrund.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

3.2 Old Minster, Winchester (IBM UK Scientific Centre, 1984–1986)

In den Jahren 1984 bis 1986 wurde das aus dem 7. Jahrhundert stammende, nicht mehr existierende Old Minster in Winchester, Südengland, am **IBM UK Scientific Centre (IBM UKSC)** in Winchester digital rekonstruiert. Umfangreiche Forschungen der beiden Archäologen Martin Biddle und Birthe Kjølbye-Biddle lieferten hierzu die wissenschaftliche Grundlage. Dieses Projekt lieferte die erste animierte virtuelle Tour durch das digitale 3D-Modell eines historischen, archäologisch erforschten Bauwerks und wurde in Form zweier Filme, der **Minster Movies**, veröffentlicht. 2015, gut 30 Jahre später, wurden diese digitalen Rekonstruktionen aus dem Archiv geholt, überarbeitet und der Öffentlichkeit wieder zugänglich gemacht.

Baugeschichte von Old Minster, Winchester

Die Ursprünge der als Old Minster bezeichneten Kirche reichen bis in das 7. Jahrhundert zurück: King Cenwalh of Wessex ließ um das Jahr 648 eine Kirche in Winchester, Südengland, erbauen, die St. Peter und Paul geweiht war. ²⁵⁵ Bereits in den Jahren 901 bis 903 wurde nördlich dieses Gotteshauses eine weitere Kirche errichtet, die zur eindeutigen Unterscheidung New Minster genannt wurde. Von der einstigen Existenz des Old Minster zeugt heute lediglich ein mit Steinen eingefasster Umriss, der die letzte Bauphase der Kirche vor ihrem Abriss um 1093/1094 darstellt und nördlich der heute existierenden Kathedrale zu finden ist ²⁵. ²⁵⁶ Wie die Fotografien eindrücklich zeigen, heben sich die steinernen Platten deutlich von der sie umgebenden Wiese ab: So ist für Besucher dieses Orts unmittelbar zu erkennen, wie sich Old Minster einst in der Fläche ausdehnte und wie klein es verglichen mit der bestehenden Kathedrale war.

Errichtet wurde Old Minster an einer südlich des antiken Forums verlaufenden Straße in Winchester (lat. **Venta Belgarum**). Der geostete Grundriss der Kirche beruhte auf der Form eines Kreuzes mit rechteckigen Anbauten im Norden und Süden sowie einer etwas größeren quadratischen Apsis im Osten. ²⁵⁷ Der im Jahr 660 zur Kathedrale erhobenen Kirche kam in vielerlei Hinsicht eine besondere Bedeutung zu: Sie bildete eine wichtige Grablege der anglo-sächsischen Könige und wurde zu einem Pilgerort, als um das Jahr 971 die sterblichen Überreste von St. Swithun in das Innere des Gotteshauses verlegt wurden. Die Grabstätte des heiligen Bischofs Swithun lag bis dahin vor

■ 255

Zur Baugeschichte von Old Minster vgl.: Biddle 1975, S. 229–231, S. 237–238, S. 251–260; Kjølbye-Biddle 1986, S. 196–200; Biddle/Kjølbye-Biddle 1995, S. 97–100.

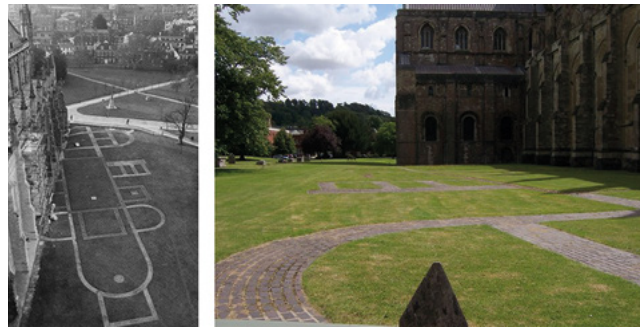
■ 256

Vgl. hier auch: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 34.

■ 257

Vgl.: Biddle 1986, S. 20, Abb. 12.

dem Westportal der Kirche. Nun wurde ein neuer Bau geschaffen, der das westliche Ende des ursprünglichen Old Minster mit dem westlich davon gelegenen Gebäude (St. Martin's Tower, errichtet Anfang bis Mitte des 8. Jahrhunderts) verband und je eine nach Norden und Süden ausgerichtete halbrunde Apsis besaß. Nachdem Bischof Aethelwold die Benediktinische Regel für die Kirchengemeinschaft in Winchester eingeführt hatte, erhielt Old Minster eine führende Funktion im Rahmen der sich nun vollziehenden monastischen Reform. Um 971 wurde die **Regularis Concordia** erlassen, eine für die Nonnen und Mönche Englands verbindliche Regel. Parallel avancierte Old Minster zu einem der literarischen, intellektuellen und künstlerischen Zentren des Landes.



□ 25

In Stein ausgelegte Umrisse von Old Minster, Winchester, letzte Bauphase um 1093/1094; Fotografie John Crook, um 1993 (links); Fotografie, Colin Babb, 2008 (rechts).

In dieser Zeit wurden einige bedeutende Umbauten an der Kathedrale vorgenommen: Das aus dem 7. Jahrhundert stammende Kirchenschiff wurde erhöht und der erst kurz zuvor errichtete Verbindungsbau zu einem blockhaften Westwerk umgebaut. Dieser neu gestaltete Gebäudeteil karolingischer Bauweise wurde im Jahr 980 geweiht. Der östliche Teil der Kathedrale wurde stark verlängert und erhielt eine neue Apsis sowie eine Außenkrypta. Auf Höhe des Altars wurden an der nördlichen Seite des Kirchenschiffs Nebenapsiden erbaut, die einem symmetrischen Grundriss entsprechend möglicherweise ebenfalls an der südlichen Seite zu finden waren. Auch im Inneren vollzog sich eine deutliche Veränderung mit der Erhöhung des Altars, unter dem eine weitere Krypta angelegt wurde. Die Weihe fand um 993/994 statt. So besaß Old Minster um das Jahr 1000 eine Länge von 76 und eine Westwerkhöhe von etwa 50 bis 60 Metern. Im Inneren war die Kirche geschmückt mit Wandgemälden, möglicherweise bunt gestalteten Glasfenstern, polychromen, reliefierten Fußbodenfliesen sowie plastisch gearbeitetem Bauschmuck.

In den Jahren 901 bis 903 ließ der König von Wessex, Edward the Elder (899–924), das sogenannte New Minster erbauen, das als Grablege für seine Familie dienen sollte und in das nach Fertigstellung die Gebeine seines Vaters aus dem Old Minster überführt wurden. Bereits im Jahr 1110 wurde dieses Gebäude, das auch ein Kloster umfasste, wieder abgebrochen und nach Hyde, außerhalb der Stadt verlegt.

Inzwischen hatte es große Veränderungen in der Geschichte des Landes gegeben, denn im Jahr 1066 hatte Herzog Wilhelm von der Normandie im Zuge seiner Eroberung Englands den englischen König Herold Godwinson besiegt und schließlich den Thron bestiegen. **258** In der Folge ließen die normannischen Bischöfe sämtliche Kirchen nach romanischem Stil (im Englischen **Norman Style** genannt) umbauen oder neu errichten. **259** Dies traf auch auf Winchester zu: Im Jahr 1093 wurden die östlichen Gebäudeteile der mit größeren Ausmaßen

■ 258

Vgl. Waßenhoven 2016, S. 7.

■ 259

Vgl. ebd., S. 110-111.

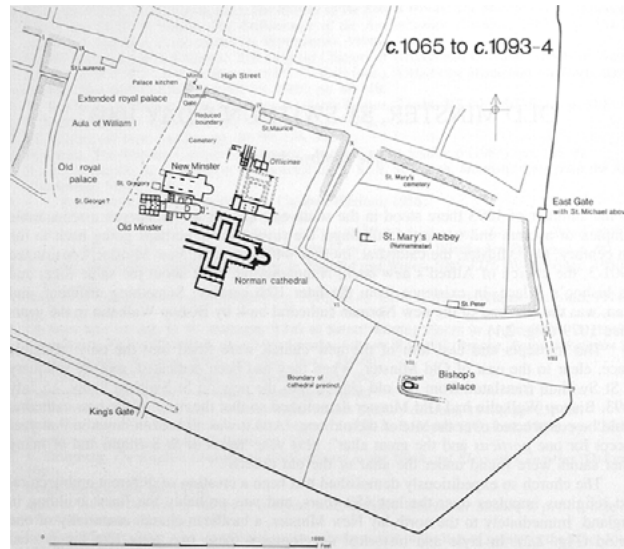
■ 260

Vgl. hier auch Webseite der Winchester Cathedral: <http://www.winchester-cathedral.org.uk/our-heritage/our-history/building-the-cathedral/>.

■ 261

Vgl. Webseite der Winchester Cathedral: <http://www.winchester-cathedral.org.uk/our-heritage/our-history/>.

südlich von Old Minster errichteten neuen normannischen Kirche geweiht, woraufhin Old Minster aufgegeben und abgerissen wurde [26]. [260] Der von Simon Hayfield angefertigte Plan von Winchester zur Zeit um 1065 bis etwa 1093/1094 zeigt sehr eindrücklich die räumliche Disposition der drei Gotteshäuser, ihre Größenverhältnisse zueinander sowie ihre Lage innerhalb der Stadt. Die abgebrochenen Steine von Old Minster wurden für den neuen Bau verwendet. Erst gegen Ende des 12. Jahrhunderts waren auch die letzten Gebäudeelemente abgetragen.



□ 26

Plan des südöstlichen Teils von Winchester um 1065 bis um 1093/1094, »Winchester Research Unit«, Simon Hayfield, 1993.

Die das Stadtbild von Winchester prägende neue Kathedrale nach 1066 weist noch heute normannische Spuren auf, wurde jedoch über die Jahrhunderte immer wieder umgebaut, bis sie im 16. Jahrhundert schließlich ihr bis in die Gegenwart überdauerndes Erscheinungsbild erhielt. [261]

Wissenschaftshistorischer Vorlauf der Rekonstruktion

Bereits im 19. Jahrhundert war das in den Jahren 1093/1094 abgerissene Old Minster in Winchester Gegenstand einer architekturhistorischen Studie. [262] Allerdings stand es nicht im Mittelpunkt der von dem Ingenieur Robert Willis 1845 verfassten Abhandlung **The Architectural History of Winchester Cathedral**, die sich vornehmlich der heute noch existierenden Winchester Cathedral widmete. In einem Kapitel summiert er kurz die Vorgeschichte der Kathedrale bis zum Jahr 1170 und geht dabei auch auf Old Minster ein. Konkrete Informationen zur Baugeschichte finden sich hier jedoch kaum, lediglich der Abbruch der Kirche Ende des 11. Jahrhunderts wird erwähnt.

Erst Anfang der 1960er-Jahre geriet das heute nicht mehr existierende Gotteshaus in den Fokus der Forschung: Auf Initiative des Historikers Roger Nathaniel Quirk, der sich bereits in den 1950er-Jahren intensiv mit der Baugeschichte des Old Minster beschäftigt hatte, wurde 1961 eine erste Ausgrabung an der Stelle des New Minster durchgeführt, durch die klar wurde, dass weitere Teile der Stadt archäologischer Ausgrabungen bedurften. [263] Da Anfang der 1960er-Jahre die unter der Erde zu vermutenden Artefakte und architektonischen Überreste von stadtplanerischen Ideen bedroht waren, initiierte der Archäologe Martin Biddle 1962 die Gründung des **Winchester Excavations**

■ 262

Zur Studie von Robert Willis vgl.: Willis 1972, insbes. S. 3-21.

■ 263

Zu Quirks Forschung vgl.: Quirk 1957. Informationen zu den Ausgrabungen und Forschung in den 1960er-Jahren sind zu finden in: Vgl. Webseite der Winchester Studies: <http://winchester-studies.org.uk/martin-biddle-cbe/>. Die 1961 erfolgte Ausgrabung wurde durchgeführt in Kooperation von »Messrs. Trust Houses Ltd.«, Winchester City Council, Society of Antiquaries und dem Ministry of Works. Finanzielle Unterstützung erhielt diese Unternehmung durch das Ministry of Works, das Royal Archaeological Institute und private Spender. Vgl. Biddle/Quirk 1962, S. 150.

Committee, das unter seiner Leitung bis 1972 umfangreiche Ausgrabungen in Winchester vornahm. Im Jahr 1964 kam Birthe Kjølbye zu den Ausgrabungen um Winchester Cathedral hinzu und übernahm kurze Zeit später die Leitung der Ausgrabungen von Old Minster. **264**

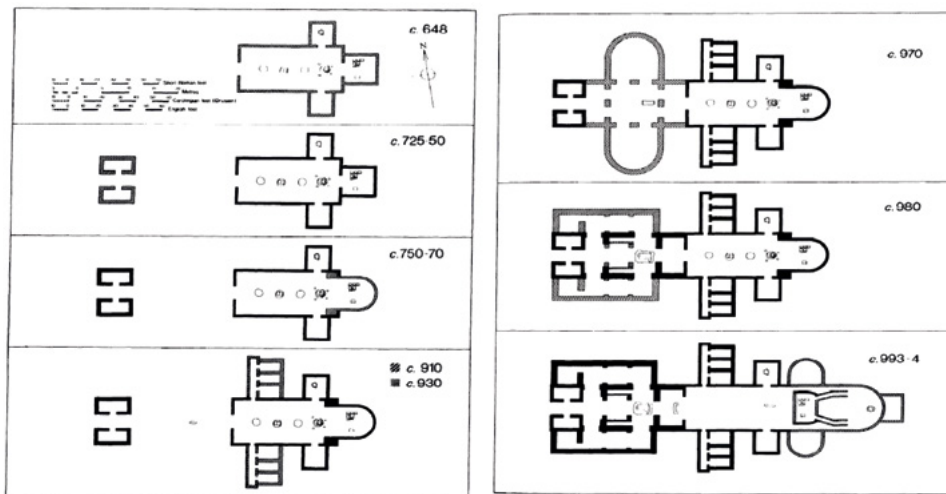
■ 264

Vgl. Webster 1986, S. 152–153.

■ 265

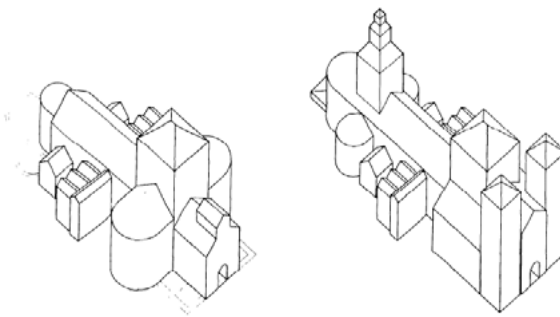
Exemplarisch seien hier genannt: Biddle 1975; Biddle 1986; Biddle/Kjølbye-Biddle 1995, inkl. Katalogteil S. 273–323.

Um in professioneller Weise und mit Unterstützung verschiedener Institutionen die umfassenden Ergebnisse der Forschung auswerten und publizieren zu können, wurde 1968 die Winchester Research Unit gegründet. So entstanden über Jahrzehnte hinweg zahlreiche Veröffentlichungen von Biddle und Kjølbye, seiner späteren Frau. **265** In Grundrissen **27** und Zeichnungen **28** hielten die Archäologen in anschaulicher Weise die bauliche Entwicklung der Kirche fest. Mitte der 1980er-Jahre waren sie gemeinsam federführend an der digitalen Rekonstruktion von Old Minster beteiligt, wie noch gezeigt wird.



□ 27

Rekonstruierte Grundrisse von Old Minster, Winchester, mit Bauzuständen zwischen etwa 648 und 993/994, Martin Biddle, 1986.



□ 28

Zwei verschiedene Bauphasen von Old Minster dargestellt in Rekonstruktionszeichnungen: Zustand um 971 nach Errichtung des Verbindungsbaus mit zwei Apsiden (links), Zustand der Kirche nach Umbau zu Westwerk um 980 und Verlängerung des östlichen Gebäudeteils um 993/994 (rechts), Martin Biddle, um 1986.

■ 266

Hintergründe zur archäologischen Forschung finden sich in: Biddle/Kjølbye-Biddle 1995, S. 98–99.

■ 267

Vgl. hier auch: Biddle 1986, S. 21, Abb. 12.

Im Rahmen der archäologischen Erforschung von Old Minster konnten einigen Bauphasen keine Befunde zugeordnet werden. **266** Dies betrifft beispielsweise die Errichtung der Westfassade sowie des Verbindungsbaus mit den beiden Apsiden. Da sich Teile der Kirche unter der heute an dieser Stelle stehenden Kathedrale befinden und deswegen nicht ergraben werden können, kann darüber nur spekuliert werden. In den Grundrissen, die den Zustand zwischen 970 und 993/994 darstellen, ist daher der südwestliche Teil jeweils symmetrisch ergänzt worden **27**. **267** Dementsprechend sind die Zeichnungen der Kathedrale relativ schematisch angelegt und scheinen vollständig aus geometrischen Grundkörpern – Würfel, Quader, Pyramide, Zylinder – zusammengesetzt zu sein **28**. Dadurch bleibt ihr hypothetischer Charakter gewahrt.

■ 268

Vgl. Webster 1986, S. 153, Abb. 80.

■ 269

Vgl. ebd.

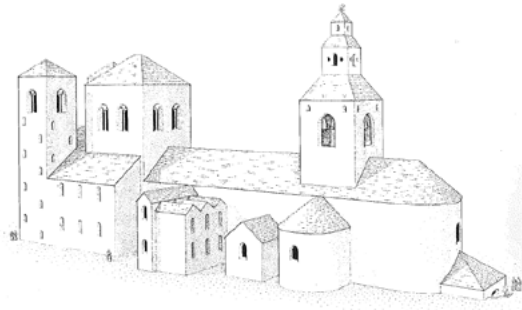
■ 270

Zu Roger Nathaniel Quirks Forschung
vgl.: Quirk 1957, S. 28 u. S. 33-34.

■ 271

Rückschlüsse auf St. Swithuns Grab
sind zu finden in: ebd., S. 40-41.

Zur 1986/1987 im British Museum gezeigten Ausstellung **Archaeology in Britain since 1945** ist im Rahmen eines historischen Überblicks über Ausgrabungen in England auch eine nicht kolorierte Zeichnung des Old Minster abgebildet ²⁹. ²⁶⁸ Sie basiert auf den Forschungsergebnissen von Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle und zeigt wie das Gebäude unter der Herrschaft von König Knut dem Großen (Cnut the Great) in den Jahren 1016–1035 ausgesehen haben könnte. ²⁶⁹ In dieser Zeichnung finden sich weit mehr Details, als in den von Biddle und Kjølbye-Biddle angefertigten. Hier weist die Kathedrale Fensteröffnungen, angedeutete Dachziegel, Glocken im höchsten Turm und ein Kreuz auf dessen Spitze sowie mehrere Staffagefiguren auf. Diese Elemente verleihen dem Gebäude insgesamt eine realistischere Anmutung. Zudem veranschaulichen die an den Seiten platzierten Personen die Dimensionen der Kathedrale. Dass es sich bei der Zeichnung um eine Hypothese handelt, wird auf diese Weise weniger deutlich als in den schematischen Zeichnungen.



□ 29

Rekonstruktionszeichnung von Old Minster, Winchester, möglicher Zustand zur Zeit von Knut dem Großen (1016–1035), angefertigt nach Martin Biddle und Birthe Kjølbye-Biddle, Simon James, um 1986.

Vor den archäologischen Ausgrabungen war Old Minster der Forschung vornehmlich durch schriftliche historische Quellen bekannt, wie der Historiker Roger Nathaniel Quirk 1957 in einem grundlegenden Aufsatz darlegt. ²⁷⁰ Er analysiert darin diese Schriften, zu denen ein dem Kantor Wulfstan zugeschriebenes Gedicht und eine um die gleiche Zeit verfasste Prosa-Abhandlung des Mönchs Lantfred zählen. Während die Datierung von Lantfreds Arbeit auf vor 998 eingegrenzt werden kann, verhält es sich mit Wulfstans Gedicht weniger eindeutig. Es ist anzunehmen, dass es bereits vor 994 geschrieben wurde, aber spätestens 1005 abgeschlossen gewesen sein muss. Beide Texte beschäftigen sich vor allem mit den von St. Swithun vollbrachten Wundern, jedoch weisen sie einen entscheidenden Unterschied auf. So ist die in Wulfstans Schrift dargelegte Beschreibung des Umbaus von Old Minster in dem anderen Text nicht zu finden. Aus diesen Schriften können bereits wichtige Rückschlüsse auf die Architektur von Old Minster um 971 bis zum frühen 11. Jahrhundert gezogen werden. ²⁷¹ Inwieweit diese Quellen als Basis für die 3D-Modelle dienen, wird in einem nachfolgenden Abschnitt zur Detailgenauigkeit der Visualisierung besprochen. Nun steht die Entstehung der digitalen Rekonstruktion Mitte der 1980er-Jahre im Fokus der Untersuchung.

■ 272

Informationen zum Entstehungskontext der digitalen Rekonstruktion von Old Minster und der Minster Movies sind zu finden in: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 34. Hintergrundinformationen nennt zudem Andy Walter im Interview. Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 4](#).

■ 273

Vgl. auch: Reilly 1992, S. 152. John Woodwork war der erste, der CSG in der Archäologie anwandte (in den Projekten »Temple precinct of Roman Bath« und »Roman military bathhouse at Caerleon«). Vgl. dazu: Reilly 1989, S. 577.

■ 274

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2015.

■ 275

Hintergrundinformationen zur Erstellung der digitalen Rekonstruktion von Old Minster finden sich in: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 34; Reilly 1992, S. 152-154; [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 1](#) bis 3. Andy Walter legt im Interview ausführlich dar, welche Hard- und Software Mitte der 1980er-Jahre für die digitale Rekonstruktion von Old Minster zur Verfügung stand und was damals technisch konkret umsetzbar war. Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 1](#).

■ 276

Vgl. hier auch Projektbeschreibung auf der Webseite »3DVisA« des King's College, London: <http://3dvisa.cch.kcl.ac.uk/project12.html>.

Entstehungskontext des 3D-Projekts

Die beiden Archäologen Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle kontaktierten im Jahr 1984 das IBM UKSC in Winchester. [272](#) Ihr Wunsch war es, mit dessen Unterstützung die Ergebnisse ihrer Forschungen zu Old Minster der Öffentlichkeit zu präsentieren. Am IBM UKSC arbeiteten Experten unterschiedlicher Fachgebiete wie Physik, Chemie, Archäologie und auch bildender Kunst in Teams zusammen. Diese multidisziplinären Arbeitsgruppen bestanden aus angestellten Forschern und Gastwissenschaftlern, die wichtige Forschungsdesiderate in ihren jeweiligen Fachgebieten identifizierten und sich im Team diesen Herausforderungen stellten. Gemeinsam mit Studierenden, die dort Arbeitserfahrung sammelten, entwickelten sie computertechnische Lösungen unter anderem in den Bereichen Datenbanken, Bildverarbeitung, Spracherzeugung und Grafik.

Die Anfrage der beiden Archäologen bedeutete somit eine interessante Aufgabenstellung für die Experten des Instituts, eine Situation, von der beide Seiten profitieren konnten: Die Archäologen erwarteten eine innovative Methode zur Präsentation ihrer Forschung. Den IBM-Wissenschaftlern bot sich hier eine Möglichkeit, ihre eigene Expertise zu erweitern, indem sie den Winchester Solid Modeller (Winsom) in dem archäologischen Projekt weiterentwickelten. Diese Technologie zur 3D-Modellierung war ursprünglich dazu gedacht, komplexe Moleküle wie Insulin dreidimensional bildlich darzustellen. Auf den Prinzipien der Constructive Solid Geometry (CSG) beruhend war es durch Winsom möglich geometrische Grundformen mit Booleschen Operatoren wie Hinzufügen, Wegnehmen, Vereinen, Überschneiden, Herausschneiden zu modifizieren. [273](#)

Aus Ebenen, Quadern, Kugeln und Kegeln konnten auf diese Weise komplexe Gebilde erstellt werden. Anfang der 1980er-Jahre stellte dies eine innovative Technologie dar und so wurde Winsom am IBM UKSC beständig weiterentwickelt. Übergeordnetes Ziel dieses digitalen Rekonstruktionsprojekts von Seiten des IBM UKSC war es, die Computergrafik weiterzuentwickeln und dadurch neue Problemstellungen anzugehen. [274](#)

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Am IBM UKSC waren unter der Leitung des Ingenieurs und Softwareentwicklers Andy Walter, die vier Studierenden Phil Barlow, Alison Bradley, Mike Stanley und Stephen Watt für die 3D-Modellierung zuständig. [275](#) Da das dafür verwendete Programm Winsom nicht interaktiv angelegt war, erfolgten Eingaben und Änderungen an der Datei des 3D-Modells über das Eingeben von Text. Anschließend musste das gesamte Modell von Winsom gerendert werden, um ein einziges neues Standbild zu erzeugen.

Als unmittelbare Grundlage für die 1984 begonnene digitale Rekonstruktion von Old Minster dienten die in den 1960er-Jahren durchgeführten archäologischen Untersuchungen von Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle. [276](#) Zudem wurden diverse, von Kjølbye-Biddle bereitgestellte Quellen wie Zeichnungen, Pläne, Grundrisse, aber auch Abbildungen architektonisch vergleichbarer Bauten in Europa sowie historische Schriftquellen mit Beschreibungen zum Bauwerk herangezogen.

Bei der digitalen Rekonstruktion lag der Fokus auf der Geometrie, um den Baukörper und seine einzelnen Bauphasen zu visualisieren, worauf in den

nächsten Abschnitten noch genauer eingegangen wird. So verzichteten die Modelleure auf einen fotorealistischen Effekt und verwendeten keine Texturen, obwohl dies mit **Winsom** umsetzbar gewesen wäre. Objekte, wie ein Geländer bei der Krypta oder eine Orgel, die sich zwar sehr wahrscheinlich in der Kirche befanden, aber deren Aussehen anhand von Quellen nicht überliefert ist, wurden bewusst nicht rekonstruiert. ²⁷⁷

■ 277

Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 8](#) u. [Frage 9](#).

■ 278

[Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#). Auf diese Holzbalkenkonstruktion wird in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels, im Kontext der Beschreibung des zweiten »Minster Movie«, genauer eingegangen.

■ 279

Vgl. hier auch [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#); [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, [Frage 6](#).

In die Rekonstruktion floss aber auch Andy Walters ingenieurwissenschaftliches Fachwissen ein. So erläutert Walter rückblickend, wie es beispielsweise zur Visualisierung der Holzbalkenkonstruktion über dem Altar kam:

»Additionally there was the challenge of meeting the archaeologist's requirements, and others which occurred. For example, the archaeologist theorised a wooden tower structure holding a bell, located above the high altar. As an engineer, I pointed out, that this would have needed some internal support, so we jointly agreed the simple wooden beams holding a wooden base above the altar.« ²⁷⁸

Nach Abschluss der 3D-Modellierung von Old Minster und der Erstellung hochaufgelöster Einzelbilder bestimmter Ansichten der digital rekonstruierten Kirche, wurde ein damals ambitioniertes Ziel angestrebt: Die Projektbeteiligten wollten einen virtuellen Rundgang durch das 3D-Modell realisieren, was Mitte der 1980er-Jahre einen enormen technischen Aufwand bedeutete. ²⁷⁹ Die Rechenzeit (**Central Processing Unit**, CPU) für ein Bild mit hoher Qualität bei einer Auflösung von 512 auf 512 Pixel betrug am **IBM 4381 mainframe** (Großrechner) eine Stunde. Daher wurden im Entwicklungsstadium des Films Bilder einer Auflösung von nur 64 auf 64 Pixel gerendert, die in nur einer Minute erstellt werden konnten. Mit diesem war es möglich festzustellen, ob beispielsweise das Beheben von zuvor entdeckten Fehlern erfolgreich war. Für eine Sekunde Film werden üblicherweise 25 Einzelbilder benötigt, was im Falle des ersten **Minster Movie** aus Zeitgründen und begrenztem Speicherplatz nicht durchführbar war. Daher entschieden sich die Projektbeteiligten dazu, nur 12,5 Bilder für eine Sekunde Film zu erstellen, diese aber zweimal zu zeigen, um auf die erforderliche Bildanzahl von 25 zu kommen. Mit **Winsom** gerechnete statische Bilder konnten maximal eine Größe von 2048 auf 2048 Pixel erreichen. Einige Bilder wurden in dieser Auflösung erstellt, um daraus 35-Millimeter-Dias anzufertigen.

Allerdings konnte **Winsom** zu diesem Zeitpunkt noch keinen Film erstellen, lediglich Einzelbilder, deren jeweilige Eigenschaften wie Standpunkt und Kameraeinstellungen allesamt einzeln bestimmt werden mussten. Um dieses aufwendige Verfahren zu vereinfachen, wurde ein sogenanntes **Splining Programme** als Ergänzung geschrieben. So konnte ein Pfad entlang zuvor festgelegter Punkte (**Keypoints**) angelegt werden. Für den **Minster Movie** wurden 25 Keypoints definiert mit je spezifischen Parametern unter anderem zu x-, y- und z-Koordinaten, Blickrichtung und -feld, **Depth-Cueing-Wert** sowie Lichtintensität. In Testversionen arbeiteten die Modelleure auch hier zunächst mit niedrig aufgelösten Bildern von 64 auf 64 Pixel. Die Rechenzeit betrug dadurch

■ 280

Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#).

■ 281

Ebd.

■ 282

Die technischen Grenzen von »Winsom« werden erläutert in: ebd.; Reilly/Todd/Walter 2016, S. 34–36. Vgl. auch Reilly/Todd/Walter 2015.

■ 283

[Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#).

■ 284

Zur »Depth-Cueing«-Funktion von »Winsom« vgl.: [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 3](#).

für die meist 64 Bilder je Film-Pfad nur etwa eine Stunde. Fehler in der Anlage eines Pfads konnten somit relativ schnell identifiziert und gegebenenfalls angepasst werden. Aufgrund von Zeitdruck konnte jedoch nicht jedes fehlerhafte Detail korrigiert werden, was auch damit zusammenhing, dass **Winsom** entwickelt wurde, während es bereits im Einsatz war. ²⁸⁰ Andy Walter beschreibt das technische Vorgehen hierbei folgendermaßen:

»Frequently the low-resolution movie looked fine, so we proceeded to generate a movie with a higher resolution, or maybe one with more frames per interval. As we did this, a problem would crop up quite often with the camera path, for example as a tiny corner of an archway would interfere with the rendering. Not all of these instances were corrected!« ²⁸¹

Der im Film festgehaltene virtuelle Flug durch Old Minster war inspiriert von der im 10. Jahrhundert von Kantor Wulfstan verfassten Beschreibung der Kirchenanlage. Verschiedene Elemente seines Werks fanden Eingang in den **Minster Movie**.

Anfang des Jahres 1985 war die erste Animation in hoher Auflösung fertiggestellt. Dieser erste **Minster Movie** wurde mit einem **U-Matic Recording System** aufgezeichnet, einem damals stark fehleranfälligen System. Sobald das Programm ausfiel, musste der gesamte Aufzeichnungsprozess neu gestartet werden, wobei die Verarbeitung eines einzelnen Bildes (frame) etwa 10 bis 20 Sekunden dauerte. Die finale Aufzeichnung des Films wurde abschließend noch auf eine VHS-Kassette übertragen. Der erste **Minster Movie** diente vor allem dazu, die Grenzen von **Winsom** auszuloten. ²⁸² Eine technische Einschränkung lag beispielsweise in der Darstellung von bestimmten perspektivischen Verzerrungen, wie Andy Walter erläutert:

»WINSOM originally had limited perspective capability, and only rendered a single unit volume of space; this was fine for technical illustration of small objects (molecules, widgets) where you, the human, are larger than, and outside the object, looking down at a smaller one. The Old Minster reversed this scenario; suddenly you become the small object, and the model is far larger than you are, surrounding you, so perspective immediately becomes a vital part of making the rendering somewhat lifelike.« ²⁸³

So war **Winsom** nicht darauf ausgelegt Ansichten aus der Perspektive von Menschen innerhalb eines kubischen Raums zu visualisieren: Einzelne Bereiche innerhalb des 3D-Modells erschienen dann extrem weit zurückgeschoben und wurden ab einem bestimmten Punkt gar abgeschnitten. Die Lösung dieses Problems stellte der sogenannte **Depth-Cueing-Effekt** dar, der dafür sorgt, dass ein Objekt umso dunkler erscheint je weiter es vom Betrachterstandpunkt entfernt liegt. ²⁸⁴ Im Film äußert sich dieses Verfahren folgendermaßen: Wäh-

■ 285

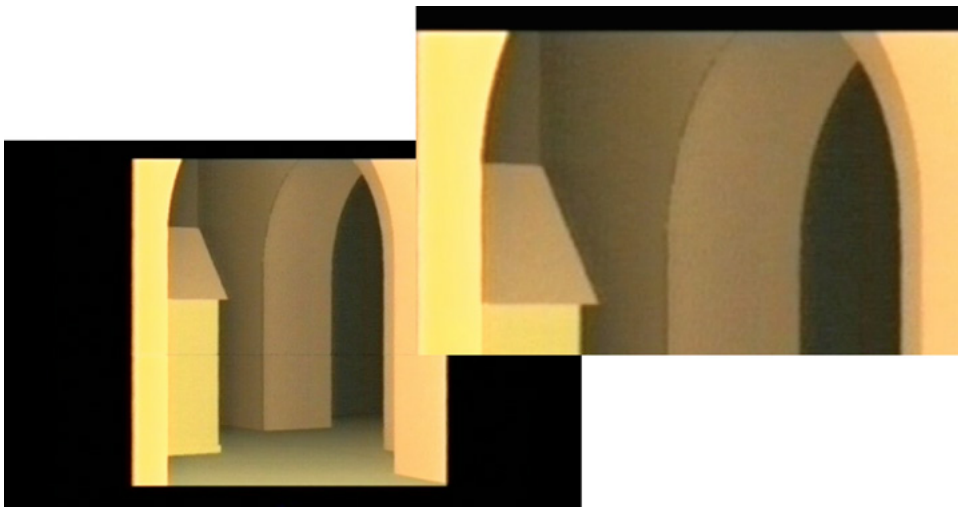
Vgl. hier auch [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#); [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, [Frage 6](#).

■ 286

Informationen zur Präsentation des ersten *Minster Movie* stammen aus einem Textentwurf von Andy Walter für das Paper »Recovering the Digital Old Minster of Winchester« von Paul Reilly, Stephen Todd und Andy Walter für die Konferenz »VHN Ireland 2015« im November in Maynooth, zur Verfügung gestellt von Paul Reilly per E-Mail am 15.10.2015. Der genaue Zeitpunkt der Präsentation wird darin nicht genannt. Es handelte sich wohl um das Jahr 1985.

rend die Außenansicht der Kirche zu Beginn des Films in hellem Sonnenlicht erfolgt, herrscht ab dem Betreten des Bauwerks hinter den Fenstern draußen tiefste Dunkelheit. Dadurch, dass Teile des 3D-Modells schwarz eingefärbt werden, verschleiern sie diejenigen Bereiche, die aufgrund der unzureichenden Darstellungsweise bei bestimmten Perspektiven von *Winsom* nicht gerendert werden können.

Ein weiteres, technisch bedingtes Problem hing auch mit der Einstellung der Perspektive zusammen: Sobald die virtuelle Kamera aus der Sicht eines Besuchers beispielsweise nach oben oder unten schwenkte, um ein bestimmtes Objekt in den Blick zu nehmen, entstand der sogenannte Treppeneffekt (*aliasing*). ²⁸⁵ Dies bedeutet, dass eigentlich glatte Kanten ausgefranst erscheinen, klare Linien brechen treppenstufenartig auf. Am Giebel der Grabstätte von St. Swithun ist dieser Effekt zu beobachten ³⁰. Auch tauchten immer wieder an Kanten, die nicht horizontal oder vertikal zur virtuellen Kamera ausgerichtet waren, dunkle Punkte auf. Dementsprechend war das Ziel, die virtuelle Kamera möglichst gerade zu halten. Zudem wurden einzelne Bilder später nachbearbeitet, um diese ungewünschten Effekte zu entfernen.



□ 30

Treppeneffekt (»aliasing«) am Giebel der Grabstätte und an den Rundbögen, Still aus dem ersten »Minster Movie«, »IBM UKSC«, 1984–1985.

■ 287

Vgl. Reilly 1992, S. 152; Bowring 2012, S. 63, online abrufbar auf der Webseite des British Museum unter: http://www.britishmuseum.org/pdf/RP_Exhibitions_Chronology.pdf.

■ 288

Informationen zur technischen Erstellung der Bilder des zweiten »Minster Movie« sind zu finden in: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 36; [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 1](#) und [Frage 2](#). In den 1990er-Jahren haben Stephen Todd, Peter Quarendon u. a. mehrere Patente registrieren lassen. Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 37.

Nach Fertigstellung des ersten *Minster Movie*, präsentierte der damalige IBM-Manager der Graphics Group, Tom Heywood, den Film auf dem *IBM Annual Meeting*, das in Southampton stattfand. ²⁸⁶ In der Folge führte dieser Film zu einer Anfrage des British Museum nach einem zweiten Film, sodass die zweite, erneuerte Version des *Minster Movie* in deren Ausstellung *Archaeology in Britain* von Juli 1986 bis Februar 1987 zu sehen war. ²⁸⁷ Dabei bot sich für das Projektteam die Möglichkeit, vor allem die Darstellung der Perspektiven im Film gegenüber der ersten Version zu verbessern. ²⁸⁸ Generell war ihr Anspruch, die Qualität der Visualisierung zu erhöhen. Allerdings konnten auch beim zweiten Film aus Zeitgründen nicht wie üblich 25 Bilder pro Sekunde gerechnet werden, sondern musste jedes Bild doppelt aufgenommen werden. Jedes Intervall zwischen zwei festgelegten Standpunkten umfasste 32 Bilder mit einer Auflösung von 512 auf 512 Pixel. Bei am Ende 25 Intervallen entstanden insgesamt 800 Bilder. Das fehleranfällige *U-matic recording system* wurde nun von einem System abgelöst, das das *Sony Betacam broadcast-quality tape* unterstützte, sodass Ausfälle nicht mehr vorkamen. Jedoch war die Bildaufzeichnung immer

■ 289

Vgl. Reilly 1992, S. 154.

■ 290

Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Andy Walter, Frage 3.

■ 291

Vgl. Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Andy Walter, Frage 6.

■ 292

Zu den Treffen von Kjølbbye-Biddle und den IBM-Experten vgl.: Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Paul Reilly, Frage 5.

■ 293

Zu den Kommentaren der Archäologin vgl. unveröffentlichtes Schriftstück mit Änderungsvorschlägen und Kommentaren von Birthe Kjølbbye-Biddle bezüglich des zweiten »Minster Movie« vom 12. Dezember 1985. Für das Zurverfügungstellen des Dokuments möchte ich mich ganz herzlich bei Paul Reilly bedanken.

■ 294

Ebd.

■ 295

Den Arbeitsablauf erläuterte Paul Reilly in einer E-Mail vom 25.06.2017.

noch relativ langsam. Hinsichtlich der Bildqualität konnte im Vergleich zum ersten **Minster Movie** noch kein Quantensprung vollzogen werden. **Winsom** ermöglichte lediglich Bilder mit einer Farbtiefe von 8 Bit, für die nur eine bestimmte Anzahl an Farben und Farbkombinationen verfügbar war. ²⁸⁹ Andy Walter erläutert die Funktionen der Farben wie folgt:

»We had 256 entries which had to cover every possible colour we might want to make, so we had 6 levels of red, 7 of green, 6 of blue, giving $6 \times 7 \times 6 = 252$ entries used in the LUT table. Two others were used for background colour, one was used to set a bright yellow dot to indicate ›buggy‹ pixels where WINSOM didn't have a clue what to do and needed debugging or further coding to sort it out. Can't remember what the remaining one was used for, if anything at all. So the grainy appearance is WINSOM ›dithering‹ the pixels, trying to get the exact shade it wants by oscillating around the nearest close-fit entries it has. A sort of Pointillism in a way.« ²⁹⁰

Somit musste auch hier eine körnige Optik der Oberflächen in Kauf genommen werden. Nicht nur auf technischer Seite erfolgten Veränderungen, sondern auch in inhaltlicher. Beispielsweise wurde der Ablauf des virtuellen Gangs durch Old Minster verkürzt, da die Erstellung des längeren Wegs, der im ersten **Minster Movie** zu sehen ist, zu viel Rechenzeit in Anspruch genommen hätte. ²⁹¹ Weitere inhaltliche Veränderungen werden an späterer Stelle, im Kontext der vergleichenden Analyse der beiden Videos besprochen.

In regelmäßigen Treffen von Kjølbbye-Biddle und der IBM-Experten besprachen sie ihre Arbeit im Team vor dem Computer. ²⁹² Änderungsvorschläge und Kommentare der Wissenschaftlerin wurden in Protokollen festgehalten, um dann am Rechner praktisch umgesetzt zu werden ³¹. ²⁹³ In einem Kommentar Ende 1985 gab sie beispielsweise genaue Anweisungen, welche Elemente in der Visualisierung des Inneren und Äußeren von Old Minster ergänzt oder weggelassen werden sollten. Auch die Farbwahl für bestimmte architektonische Details legte sie darin fest. Auf diese Weise konnte gewährleistet werden, dass die 3D-Modelle wissenschaftlich korrekt erstellt wurden. Allerdings wird in diesem Schriftstück auch deutlich, dass das British Museum ebenso Vorgaben für den Film machte. So sollte dieser eineinhalb Minuten lang sein und Phasen von stillstehenden Bildern und langsamen Schwenks umfassen. Teils fielen klare Worte bei der Äußerung der Wünsche für Veränderungen: »The present movie needs to be less jerky. The present movie makes the Minster look too much like a ›series of views of a battleship.« ²⁹⁴

In einzelnen Treffen eines Teams von sowohl Mitarbeitern des **IBM UKSC** als auch des British Museum wurden gemeinsam die Bildunterschriften, Details der Sequenzen und zeitliche Einteilungen besprochen. ²⁹⁵ Die Entstehung des zweiten **Minster Movie** war also von mehreren, direkt und indirekt beteiligten Personengruppen bedingt.

Minster Modelling

Introduction

Here is a list of the work which needs to be done to the Minster based on the conversations with Mrs Biddle. She is next visiting us on the 2nd of January.

Interior

1. Many coordinates of the buildings need to be altered. Mrs Biddle has supplied a list giving all the coordinates for all buildings.
2. The roof supports are in the wrong place. They should only be under the tower located above the altar.
3. The Aussencripta needs to extend to beneath ground level.
4. A stone coffin lid is to be added by the altar. It should extend 10cm high. It should be mansized.
5. At least 2 wells need to be added in.
6. St Swithins Tomb. The grill is too narrowly meshed. The floor should extend beneath ground level. The roof should be thinner.
7. The Altar should be higher. It should have a dome on top. Small round windows need to be added to the room beneath the altar.
8. Side windows to the Altar room may be added.
9. A baptistery needs to be added. It should contain steps leading down to a stone shaft well.
10. The cup is unnecessary.
11. The railings are unnecessary. A bannister is adequate.

Exterior Building

1. The positions of the West End tower windows need to be recomputed. Care should be taken not to place the windows in the middle of a wall. All windows need to be remodelled. There should be 2 designs of window. The single and the double splayed types. We need to use the "Taylor and Taylor" for this. The present windows in the facade should be smaller.
2. Bells need to be added in the tower.
3. An ornament needs to be added onto the top of the middle tower.
4. Graves need to be added to the grass around the east and west ends of the Minster. The graves need to be a tapered rectangular shape.
5. The overhang on the roofs should be greater.

The Foundations

Alterations here are necessary.

Colour and Texture

1. The coffin should be stone coloured and smooth.
2. The floor should be off white limestone flags.
3. The walls show a smooth plaster.
4. The St Swithins Tomb grill is iron black.
5. The St Swithins Tomb walls are yellow.

1

DOC: MINSTER PAGE: 2 STANLEY DEC. 12, 1985 15:16

6. The Timber Tower is a darker brown than the other towers.
7. The whole of the inside should be darker.

Comments on the Movie.

The British Museum would like the movie to be 1.5 mins long. The British Museum would like the movie completed by July. Some standing still and slowly panning around during the movie was desired. The present movie needs to be less jerky. The present movie makes the Minster look too much like a "series of views of a battleship".

Immediate Tasks

1. Generate a rough movie.
2. Make modelling and colour alterations as discussed.
3. Sort out lighting inside the Minster.

□ 31

In einem Protokoll festgehaltene Änderungsvorschläge und Kommentare von Birthe Kjølbye-Biddle bezüglich des zweiten »Minster Movie«, 12. Dezember 1985.

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Erster Minster**Movie: virtueller Rundgang**

Die hier folgende Beschreibung der Visualisierung von Old Minster beruht auf dem ersten **Minster Movie** aus dem Jahr 1984. ²⁹⁶ Dieser 1:38 Minuten dauernde Film wurde 2015 um einen Vorspann in Form eines Standbilds mit Text zur Erläuterung des Entstehungskontexts ergänzt und umfasst damit insgesamt 1:56 Minuten. ²⁹⁷ In der animierten digitalen Rekonstruktion wird der Betrachter um und in die frühmittelalterliche Kathedrale in Winchester geführt. Dem Film wurde keine Tonspur unterlegt. ²⁹⁸ Er kann in folgende fünf Abschnitte unterteilt werden:

1. 2015 hinzugefügter Vorspann (Min. 0:00 – 0:17)
2. Standbild mit originalem Titel des Films (Min. 0:18 – 0:26)
3. Virtueller Flug um das Äußere des Old Minster (Min. 0:27 – 0:54)
4. Virtueller Flug durch das Innere des Old Minster (Min. 0:55 – 1:49)
5. Standbild mit originalem Abspann des Films (Min. 1:50 – 1:56)

Nach dem Einblenden des hinzugefügten Vorspanns ist das originale Standbild des ersten **Minster Movie** zu sehen. Dieses zeigt in weißer Schrift auf schwarzem Grund den Titel des Films, The Old Minster Winchester, sowie den Ersteller der digitalen Rekonstruktion, **IBM UKSC**. Darauf folgt eine Überblendung auf das erste Bild, das das Westportal der Kirche aus der Vogelperspektive zeigt ³². Das Gebäude ist braun eingefärbt, Dächer und Fenster erscheinen gelb. Es befindet sich in einer einheitlich grün gehaltenen Umgebung, die nicht weiter modelliert ist. Dann fährt die virtuelle Kamera links um die Kirche herum, sodass auch die restlichen Bauteile der Nordfassade von leicht schräg oben zu sehen sind. Etwa auf Höhe der Mitte des Gebäudes beginnt die Kamera schräg nach links unten zu sinken und um den Chor herum zu fahren. So kommt auch der hellblau gefärbte Himmel ins Bild. Auf der Wiese um den Chor liegen acht relativ flache in braun gefärbte Steine mit verschiedenen Abständen zum Gebäude ³³. Dabei handelt es sich um Grabplatten, die im Rahmen der archäologischen Ausgrabungen gefunden worden sind. ²⁹⁹

■ 296

Vgl. Film des ersten »Minster Movie«, »IBM UKSC«, 1984–1985, publiziert unter »Supplementary material Exhibit 1: MPEG animation of first Old Minster, Winchester (captured from VHS copy of U-matic video tape c. 1984«, in: Reilly/Todd/Walter 2016, online zugänglich über die Webseite von »ScienceDirect« zum Online-Journal »Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage« (DAACH), unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054816300145>.

■ 297

Vgl. Transkription des Vorspanns in: Appendix 1.1 (→ 611), Old Minster, Winchester (1984–1986).

■ 298

Beim Abspielen des »Minster Movie« ist lediglich ein Rauschen hörbar, das wohl aufgrund der mehrfachen Überspielung des Films auf verschiedene Medien zustande kam. Es hat keine Relevanz für den Film.

■ 299

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 36.



□ 32

Digitale Rekonstruktion von Old Minster, Winchester, Blick auf das Westportal, Still aus dem ersten »Minster Movie«, »IBM UKSC«, 1984–1985.



□ 33

Virtueller Rundflug um die digitale Rekonstruktion von Old Minster, Winchester, von Nordwesten über Osten nach Südwesten, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:33 – 0:46, »IBM UKSC«, 1984–1985

Der geführte Blick gleitet den Bau entlang bis vor das Portal und fährt in einer Bewegung zielgerichtet auf den Rundbogeneingang in der Mitte der Westfassade zu. Links neben dem Portal liegen drei im Braun der Fassade gefärbte Grabsteine nebeneinander in der Wiese, die während des schnellen Kameranenschwenks kaum zu erkennen sind [34].



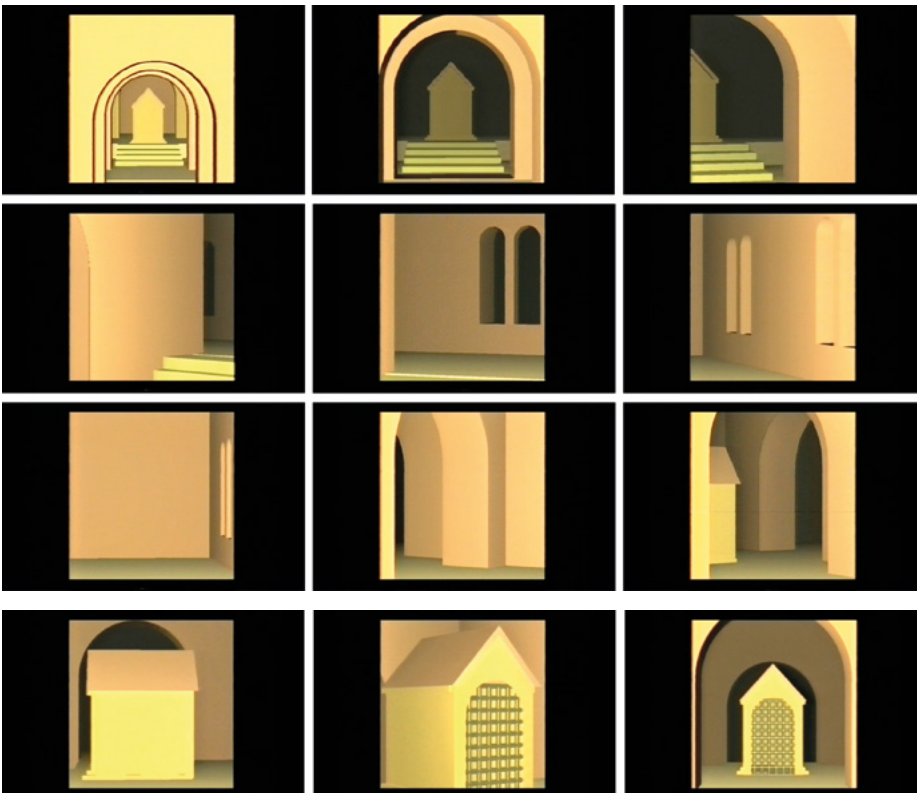
□ 34

Virtueller Rundflug um das Portal von Old Minster, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:50 – 0:51, »IBM UKSC«, 1984–1985.

Dann bewegt sich die Kamera in die Kirche hinein, die im Inneren in Braun- und Gelbtönen gehalten ist, und verlangsamt ihr Tempo etwas. Die durch mehrere Rundbögen gegliederte Vorhalle öffnet sich zu einem größeren Raum, zu dem vier Stufen hinaufführen. Auf der erhöhten Ebene befindet sich ein kleines Bauwerk mit Spitzgiebel. Es handelt sich hierbei um einen Schrein, der über der Grabstätte von St. Swithun errichtet worden war. **300** Bevor der Betrachter Gelegenheit hat, diese Architektur näher in Augenschein zu nehmen, wendet sich der Blick der virtuellen Kamera noch vor der Treppe nach rechts ab und folgt einem schmalen Aufgang ein paar Stufen nach oben in einen kleinen Raum [35]. Genau gegenüber befinden sich zwei schmale, eng beieinanderliegende Rundbogenfenster, die scheinbar ins Schwarze hinausführen. Schon gleitet die Kamera in einer Kreisbewegung nach links an zwei weiteren Fensterpaaren vorbei, sodass durch einen Durchgang wieder die Grabstätte in den Blick kommt. Mit einem Rechtsschwenk bewegt sie sich entlang des kleinen Bauwerks bis zu dessen Stirnseite, deren rundbogiger Eingang durch ein enges Gitter versperrt ist [36].

■ 300

Vgl. Biddle 1986, S. 24–25.



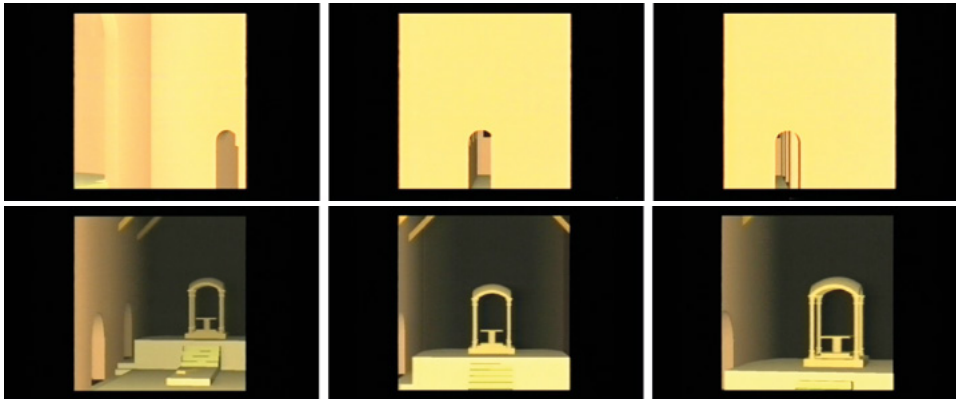
□ 35

Virtueller Rundgang durch die Vorhalle und Nebenräume des Old Minster, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:55 – 1:11, »IBM UKSC«, 1984–1985.

□ 36

Virtueller Rundgang um das Grab von St. Swithun in Old Minster, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:50 – 0:51, »IBM UKSC«, 1984–1985.

In einer Rückwärtsbewegung fährt die virtuelle Kamera weiter ins Innere von Old Minster hinein und wendet sich dann nach rechts. An der nun im Bild befindlichen nördlichen Seitenwand befindet sich ein schmaler Durchgang mit Rundbogen, der kurz den Blick in ein Seitengebäude mit kleinen Fenstern und weiteren Durchgängen freigibt ^[37]. Dann kommt der großzügige Hauptraum der Kirche ins Bild. In der Mitte führen fünf Stufen auf ein großes Podest hinauf, auf dem mittig positioniert ein Altar unter einem von vier Säulen getragenen Baldachin auf quadratischem Grund steht ^[38].



□ 37

Schwenk entlang der nördlichen Wand des Hauptraums von Old Minster vorbei an einem Zugang zu Nebenräumen, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 1:24 – 1:26, »IBM UKSC«, 1984–1985.

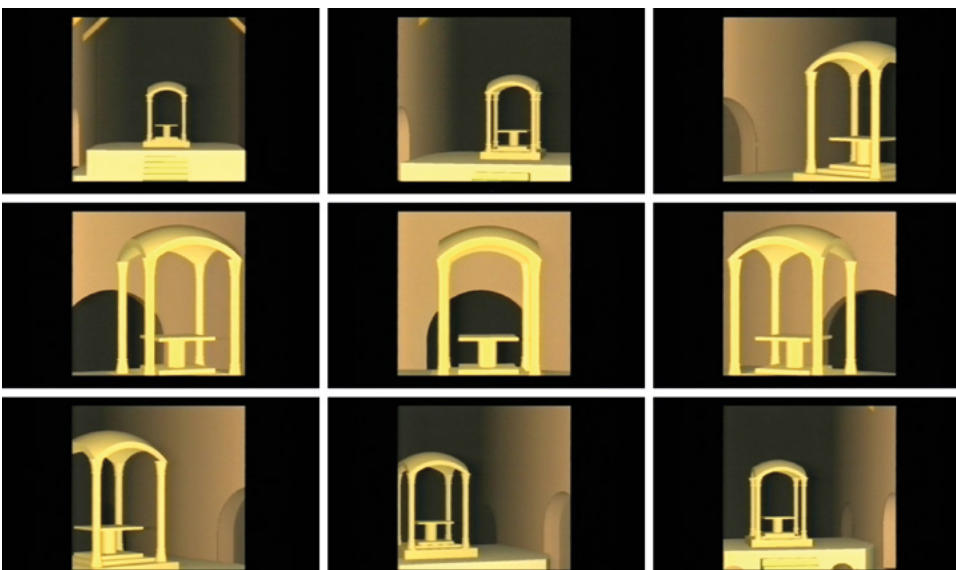
□ 38

Hauptraum von Old Minster mit erhöht angelegtem Altar, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 1:29 – 1:34, »IBM UKSC«, 1984–1985.

Die Kamera bewegt sich nach oben und fährt rechts um den Baldachin herum, sodass auch die beiden in der Seitenwand befindlichen Durchgänge mit Rundbögen wieder zu sehen sind. Nun kann die Rückseite des Podests in Augenschein genommen werden, das auch hier einige Stufen aufweist ^[39]. Links und rechts neben dieser Treppe scheinen rundbogige Durchgänge zu sein, die allerdings nicht ganz zu sehen sind, da sie aufgrund des Bildausschnitts angeschnitten sind. Ein Blick zurück in den Hauptraum wird durch eine extreme Verdunkelung verhindert. Allerdings hebt sich durch die Schwärze im Hintergrund der gelb gefärbte Altar mit Baldachin sehr deutlich von seiner Umgebung ab. Mit diesem Bild endet der Film mit einer Überblendung auf den weiß auf schwarz gehaltenen Abspann, der Informationen über die Mitarbeiter an dem Projekt gibt. ^[301]

■ 301

Vgl. Transkription des Vorspanns in: [Appendix 1.1](#) (→ 611), Old Minster, Winchester (1984–1986).



□ 39

Virtueller Rundgang um den Altar mit Baldachin, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 1:38 – 1:46, »IBM UKSC«, 1984–1985.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Erster Minster Movie: Verwendung von Farben

Nach diesem virtuellen Rundgang durch das Old Minster soll die digitale Rekonstruktion hinsichtlich der Verwendung von Farben, der Lichtsimulation, der Detailgenauigkeit in Bezug auf die zugrundeliegenden historischen Textquellen sowie der plastischen Wirkung des dargestellten Bauwerks analysiert werden. Ziel ist es, die daraus gewonnenen Erkenntnisse mit den Ergebnissen aus der anschließenden Untersuchung des zweiten **Minster Movie** zu vergleichen.

Die Farbigkeit des ersten **Minster Movie** erscheint dem Betrachter heute als relativ grell. Dabei ist aber zu bedenken, dass der Farbeindruck auch mit der Wiedergabe auf verschiedenen Bildschirmen unterschiedlich ausfallen kann. Zudem handelt es sich bei der vorliegenden Filmversion – wie bereits erläutert – um ein Digitalisat einer Kopie, die wiederum von einer Kopie erstellt wurde, und daher wahrscheinlich nicht mehr die höchste Qualität aufweist.

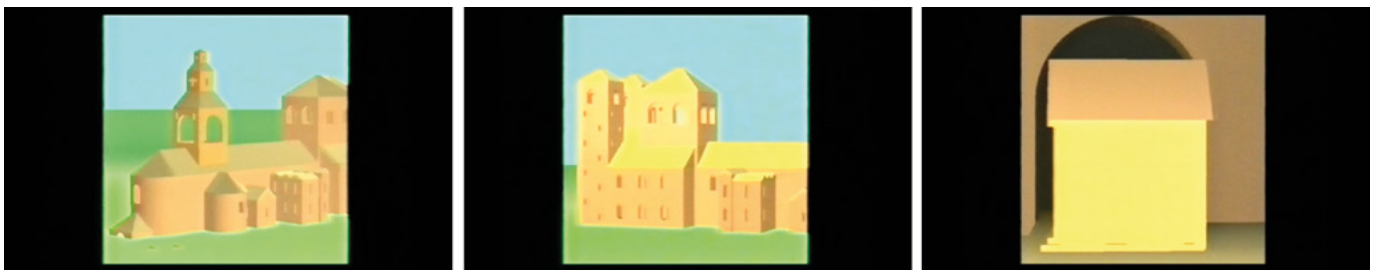
Insgesamt wurden für die Visualisierung keine Fototexturen verwendet. Denn es lagen keine archäologischen Artefakte vor, die gezeigt hätten, wie das Gebäude ausgesehen hat. ³⁰² Stattdessen wurde jeder Fläche eine eigene Farbe zugewiesen. So existieren keine Farbverläufe oder sanften Übergänge, sondern mitunter harte Kontraste durch das unmittelbare Nebeneinander von komplementären beziehungsweise stark kontrastierenden Farbtönen: braune Fassade – grüne Wiese; gelbes Dach – blauer Himmel; gelbe/orangefarbene Wände im Inneren – schwarze Schattenpartien ⁴⁰. Die einzigen archäologischen Spuren, die laut Paul Reilly für die digitale Rekonstruktion verwendet werden konnten, waren Reste von Wandputz in »dirty pink colour« ³⁰³, die als Vorlage für die Wandfarbe dienten. Betrachtet man die Stills aus dem ersten **Minster Movie** fällt auf, dass die Interpretation von Farbnuancen sehr subjektiv und durch das jeweilige Wiedergabemedium auch technisch bedingt ist. Denn was der Archäologe als »schmutziges Pink« bezeichnet, kann ebenso als braun angesehen werden. Zu bedenken ist hier, dass die Farbpalette von **Winsom** nur eine begrenzte Anzahl an Farbtönen umfasste und daher keinen großen Spielraum für Nuancen bot.

■ 302

Vgl. [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, [Frage 6](#).

■ 303

Ebd.



□ 40

Farbkontraste der Visualisierung, Stills aus dem ersten »Minster Movie«, »IBM UKSC«, 1984–1985.

Zudem ändern sich die Farben einzelner Objekte, sobald die Perspektive wechselt. Beispielsweise erscheint die Fassade des Westportals aus der Ferne braun, in der Nahansicht leuchtet sie jedoch gelb. Auch flirren im Außenbereich des Old Minster an den Fenstern die Farben, wenn sich die virtuelle Kamera dem Eingangsbereich nähert. Teils sind die Fenster beziehungsweise die

■ 304

Weitere »fehlerhafte« Details nennt Andy Walter im Interview: [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#).

Aussparungen in den Wänden gelb, dann verschwimmen sie mit der Farbe des sie umgebenden Mauerwerks und etwas später sind plötzlich schwarze Schatten an den inneren Fensterrahmen zu erkennen [41]. Beim Eintritt in die Vorhalle ist dieses Phänomen in ähnlicher Weise an den Torbögen wahrnehmbar [42]. Auch die Konturen der Podeststufen zum Altar flirren während der Kamerafahrt [38]. Diese Farbwechsel bewirken insgesamt ein relativ unruhiges Bild, sind aber der damaligen Technik geschuldet. 304



□ 41

Änderung der Farbigkeit und Erscheinungsweise der Fensterausparungen am Westportal von gelb (links) über teils braun (Mitte) zu teils schwarz (rechts), Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:50 – 0:53, »IBM UKSC«, 1984–1985.



□ 42

Änderung der Farbigkeit der Wandflächen in der Vorhalle des Old Minster, von gelb (links) zu orange (rechts), Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:55 – 0:56, »IBM UKSC«, 1984–1985.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Erster Minster Movie: Einsatz von Licht und Schatten

In der Außenansicht von Old Minster entsteht der Eindruck, kräftiges Sonnenlicht scheine aus Richtung Westen auf das Gebäude. Jedoch fehlt jeglicher Schlagschatten auf der die Kirche umgebenden Wiese. Lediglich auf den der Lichtquelle abgewandten Wänden lassen sich Schatten in Form von dunkleren Brauntönen erkennen [40]. Auch Teile der Fensterrahmen, die das Licht nicht erreicht, sind verschattet, erscheinen also dunkel.

Das Innere wirkt relativ düster, denn von außen dringt kein Tageslicht durch die offenen Fenster. Draußen ist es nun Nacht, die Sicht aus einem der Fenster führt ins konturlos Schwarze [35]. Dieser abrupte Wechsel der Tageszeiten ist – wie bereits erläutert – auf ein technisches Problem mit dem Programm **Winsom** zurückzuführen, wie auch der folgende zu beobachtende Effekt: Während des Durchschreitens der Innenräume, scheint eine Lampe auf der Kamera angebracht zu sein, die den jeweiligen Bereich erhellt, der gerade im Bild ist. Allerdings hat diese künstliche Lichtquelle keine allzu lange Reichweite. So sind die vom Betrachterstandpunkt etwas weiter entfernten Teile der Kirche umso mehr verschattet beziehungsweise vollkommen verdunkelt, je größer die Entfernung zu ihnen ist [38].

Diese Beleuchtungssituation verschafft dem rekonstruierten Old Minster etwas Geheimnisvolles, denn der Betrachter kann nicht alle Details im Inneren sofort erfassen, sondern muss geduldig warten, bis sich die Kamera dreht, bestimmten Objekten zuwendet und sich weiter vorwärts bewegt. Dies ist beispielsweise beim Eintreten in den Innenraum der Kirche der Fall, wenn die

Grabstätte von St. Swithun kurz im Bild ist. Im Gegensatz zu der im Vordergrund gelegenen Wand der Vorhalle, die scheinbar gleißendem Licht ausgesetzt ist, befindet sich das Monument im Schatten, sobald die virtuelle Kamera in das Gebäude eintritt ^[35]. Hinter der Grabstelle ist es vollkommen dunkel, sodass sie sich trotz geringer Beleuchtung farblich deutlich abhebt, wobei die zu ihr emporführenden Stufen heller dargestellt sind. Diese Beleuchtungssituation führt dazu, dass das Interesse des Zuschauers an der Grabstätte geweckt wird, zumal sie auch nur wenige Sekunden überhaupt im Bild ist.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Erster Minster Movie: Plastizität und Raumeindruck

Die plastische Wirkung des digital rekonstruierten Gotteshauses hängt eng zusammen mit der Lichtsimulation und der damit verknüpften Darstellung von Farben. Grundsätzlich wirkt die Visualisierung der Außenansicht von Old Minster insofern räumlich, als die virtuelle Kamera um das Gebäude herumfliegt. So erhält der Betrachter die Möglichkeit, die Kirche von verschiedenen Standpunkten und Blickwinkeln aus zu sehen. Der räumliche Eindruck wird allerdings durch die flirrenden Konturen und grelle Farbigkeit etwas vermindert. Insbesondere die Frontalansicht des Westwerks wirkt sehr flächig: Denn einzelne Gebäudeteile (die flankierenden Türme und das mit einem Giebel bekrönte Portal) verschmelzen aufgrund ihrer Farbigkeit scheinbar miteinander. Zudem sind die Fenster dieser Gebäudeeinheiten kaum zu erkennen und lassen dadurch die Fassade als beinahe durchgehend geschlossen erscheinen ^[34].

Das Innere wirkt trotz des Fehlens von Texturen etwas realistischer als die in gleißendes Licht getauchte Außenansicht. Dadurch, dass sich die virtuelle Kamera mehrmals um Ecken herumbewegt, ergibt sich ein räumlicher Eindruck des Gebäudes. Dieser wird lediglich von dem stellenweise auftretenden, schwarzen Verdunkeln des Hintergrunds gemindert ^[38] ^[42]. Aufgrund des zuvor bereits beschriebenen technischen Problems, kann der Kirchenraum nicht als Ganzes betrachtet werden.

Bei genauerer Betrachtung der Einzelbilder fällt auf, dass bestimmte Bereiche des Innenraums im Film nicht zu sehen sind. Die Kamera scheint teilweise auf einem festgesetzten Standpunkt montiert zu sein, um dessen Achse sie sich drehen und in den Raum hineinzoomen kann. Dies ist beispielsweise in der Sequenz zu beobachten, in der sie sich in einem 180-Grad-Schwenk von der Grabstätte zum Hauptraum dreht ^[36] ^[37]. In diesen Bildern ist der Fußboden fast überhaupt nicht zu sehen, denn der Abstand zur Wand ist relativ gering. Der Schwenk erfolgt relativ rasch, sodass ein Betrachter die Fenster, die durch den rundbogigen Durchgang zu den Nebenräumen kurz sichtbar werden, kaum wahrnimmt.

Die Bilder, die in dieser Sequenz erzeugt wurden, sind als Einzelbilder wenig aussagekräftig. Nur in der Abfolge ergeben sie einen visuellen Hinweis auf die räumliche Disposition der Kirche. Wäre ein anderer Blickwinkel gewählt worden, der auch den Fußboden oder die Decke einbezieht, hätte diese Bildfolge einen vollständigeren Raumeindruck vermittelt. Auch ein kurzer virtueller Rundgang innerhalb der Nebenräume hätte die architektonische Komplexität von Old Minster unterstrichen.

Eine ähnliche Problematik ist auch beim Umkreisen des Altars zu beobachten ^[39]. Sobald er in der Nahansicht im Bild ist, liegt der Sockel außerhalb des Bildfelds und der Baldachin ist angeschnitten. Die daraus resultierenden Einzelbilder stellen daher für sich genommen keine aussagekräftigen Abbildungen des eigentlich im Mittelpunkt stehenden Objekts dar. Die hier angebrachten Mängel sind vor allem auf die bereits beschriebenen technische Gegebenheiten – lange Rechenzeiten, problematische Darstellung räumlicher Tiefe sowie durch die Neigung der Kamera verursachter Treppeneffekt – zurückzuführen. Inwieweit sich diese Schwierigkeiten im zweiten **Minster Movie** verbessern ließen, wird an späterer Stelle noch genauer betrachtet.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Erster Minster Movie: Detailgenauigkeit

Der digitalen Rekonstruktion von Old Minster liegt nicht nur die archäologische Forschungsarbeit von Martin Biddle und Birthe Kjølbye-Biddle zugrunde, sondern auch historische Schriftquellen, die Hinweise auf die Verortung und Ausformung architektonischer Gegebenheiten von Old Minster lieferten. So ist der virtuelle Flug durch die Kirche von der historischen Beschreibung des Kantors Wulfstan aus dem 10. Jahrhundert inspiriert. ^[305] Darin heißt es in der englischen Übersetzung aus dem Lateinischen:

»[Bishop Ethelwold] also repaired the courts (atria) of this ancient temple with lofty walls and new roofs, strengthening it in its southern and northern parts with solid porticus and divers arches. He also added many chapels with sacred altars which keep the entry of the threshold doubtful [...] since open doors are seen on every hand, nor does any certain path of a way appear. Standing, he turns his wandering gaze hither and thither and is amazed at the Attic roofs of the Daedalian floor, until a better informed guide appears and leads him to the threshold of the furthest vestibule [...].« ^[306]

Dieses komplexe Raumgefüge, das sich in Wulfstans Beschreibung zeigt, findet sich in dem im ersten **Minster Movie** dargestellten virtuellen Rundgang wieder. Denn der Weg führt nicht von Westen nach Osten in gerader Linie durch die Kirche hindurch, sondern windet sich um mehrere Ecken und durch Nebenräume bis zum Hauptraum im östlichen Gebäudeteil. Auch ist der Betrachter erstaunt darüber, wie viele Durchgänge und Durchblicke sich ihm auf diesem Weg bieten ^[36] ^[37] ^[38].

Ebenso geht die Ausgestaltung der Grabstelle von St. Swithun auf Informationen aus den Textquellen von Wulfstan und Lantfred zurück, wie die von Quirk vorgenommene Interpretation der historischen Beschreibungen zeigt:

»The shrine is clearly in a closely locked and guarded enclosure (claustrum, sacellum, locellum, templum), with an entrance door (sacelli valvulam, aditum claustrum, hostium),

■ 305

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 36.

■ 306

Ebd.

described in Wulfstan as a vestibulum and in Lantfred as a camera.« ³⁰⁷

■ 307

Ebd., S. 42–43.

■ 308

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 33 u. S. 36.

■ 309

Der ursprüngliche Film war laut Paul Reilly ohne Tonspur angelegt – diese Information gab er in einer E-Mail vom 25.06.2017. Jedoch ist beim Abspielen des zweiten »Minster Movie« – wie auch bei dem früher entstandenen Film – ein Rauschen hörbar, das möglicherweise durch die mehrfache Überspielung des Films auf verschiedene Medien zustande kam. Vgl. zweiter »Minster Movie«, »IBM UKSC«, 1986, publiziert unter »Supplementary material Exhibit 2: Remastered MPEG animation of second Old Minster, Winchester developed for British Museum's Archaeology in Britain: new views of the past exhibition, 1986« in: Reilly/Todd/Walter 2016, online zugänglich über die Webseite von ScienceDirect zum Online-Journal »Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage« (DAACH), unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054816300145>. Sämtliche Texteinblendungen im Film sind als Transkriptionen zu finden in: Appendix 1.1 (→ 611), Old Minster, Winchester (1984–1986).

■ 310

Dies erläuterte Paul Reilly in einer E-Mail vom 25.06.2017.

■ 311

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 36.

Dementsprechend wurde die Grabstelle von St. Swithun im 3D-Modell in Form eines kleinen Häuschens mit einem Eingang visualisiert ³⁰⁶. Allerdings ist darin keine eindeutig zu erkennende Tür vorhanden, sondern eine vergitterte Öffnung in der nach Osten weisenden Wand.

Der virtuelle Rundgang mag für den Betrachter heute etwas überraschend anmuten, da er nicht durch die Mitte des Gebäudes führt, sondern einen Umweg über einen Nebenraum nimmt, um in den Hauptraum zu gelangen. Jedoch gibt diese Abfolge die Verwirrung eines Besuchers der frühmittelalterlichen Kathedrale, wie sie Wulfstans beschrieb, sehr anschaulich wieder. Mit einem Verweis auf diese historische Quelle wäre der virtuelle Rundgang insgesamt jedoch besser nachzuvollziehen.

Inwiefern weitere historische Quellen und Erkenntnisse der archäologischen Forschung detailgenau in der digitalen Rekonstruktion umgesetzt wurden, wird genauer untersucht, nachdem auch der zweite **Minster Movie** beschrieben und dem ersten in einem analytischen Vergleich gegenübergestellt wurde.

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Zweiter Minster Movie

Der im Juli 1986 mit einer Länge von 2:30 Minuten fertiggestellte zweite Film wurde in der Ausstellung **Archaeology in Britain since 1945** im British Museum präsentiert (Juli 1986 bis Februar 1987). ³⁰⁸ Als Endlosschleife ohne Tonspur wurde er auf einem großen Fernseh Bildschirm gezeigt. ³⁰⁹ Dieser zweite Film weist zum ersten Film folgende Unterschiede in visueller wie auch inhaltlicher Ebene auf:

Die Farbwahl wurde nicht verändert, jedoch weisen die verwendeten Farben eine höhere Sättigung auf, sodass sie sich stärker voneinander abheben. Auch hat das digital rekonstruierte Gotteshaus klarere Kanten, die im Gegensatz zum ersten 3D-Modell weit weniger flirren. Somit sind die einzelnen Bauglieder und Gebäudeöffnungen hier viel besser zu erkennen, ebenso die drei Grabsteine links neben dem Portal und die Steine in der Nähe des Chors, die im ersten Film kaum wahrnehmbar sind.

Eine wesentliche inhaltliche Veränderung zur ersten Version stellt die Einbeziehung der Baugeschichte von Old Minster dar. Die Idee, auch die Bauphasen der Kirche im Film darzustellen, geht auf Birthe Kjølbjerg-Biddle zurück. ³¹⁰ In insgesamt vier Standbildern sind verschiedene zeitliche Abschnitte der architektonischen Entwicklung von Old Minster visualisiert. Bildüberschriften, die vom British Museum formuliert wurden, geben Informationen zum jeweils dargestellten Zeitraum. ³¹¹ Entsprechend komplexer ist der Aufbau des zweiten **Minster Movie** mit einer Untergliederung in sieben Abschnitte:

1. Standbild mit Filmtitel (Min. 0:00 – 0:08)
2. Vier Standbilder zur Darstellung der Baugeschichte von Old Minster (Min. 0:09 – 0:54)
3. Standbild mit Text, Hinweis auf die folgende virtuelle Tour (Min. 0:55 – 1:03)
4. Virtueller Flug um das Äußere der Kirche (Min. 1:04 – 1:31)

■ 312

Unter **Beraubungsgraben** (engl.: »robber trench«) wird in der Archäologie ein Graben verstanden, der durch das Entfernen von Mauerwerk, das dort ursprünglich stand, entsteht. Vgl. dazu: Schlagwort »Beraubungsgraben« in den folgenden Wörterbüchern: <http://www.grabungsworerbuch.de/> u. <http://www.thefreedictionary.com/robber+trench>. In die Beraubungsgräben werden üblicherweise die Reste des vorausgegangenen Gebäudeabrisse gefüllt. Vgl. dazu: Biddle/Kjølbye-Biddle 1995, S. 99.

■ 313

Vgl. Hinweis in Dokumentarfilm über digitales 3D-Rekonstruktionsprojekt zu Old Minster, um 1986. Für das zur Verfügung stellen einer digitalen Kopie dieses Dokumentarfilms bedanke ich mich sehr herzlich bei Paul Reilly.

■ 314

Sämtliche transkribierten Textpassagen des zweiten »Minster Movie« sind zu finden in: [Appendix 1.1](#) (→ 611), Old Minster, Winchester (1984–1986).

5. Virtueller Flug durch den Innenraum (Min. 1:32 – 2:15)
6. Standbild mit Überblicksdarstellung der vier Bauphasen (Min. 2:16 – 2:23)
7. Standbild mit Informationen zum Gegenstand und zu den Erstellern des Films (Min. 2:24 – 2:31)

Nach dem Einblenden des Filmtitels mit weißer Schrift auf schwarzem Grund, beginnt der zweite **Minster Movie** mit einer Sequenz von vier Standbildern. Sie visualisieren die Baugeschichte von Old Minster in einzelnen Phasen. Ein weißer Schriftzug auf schwarzem Grund am oberen Bildrand gibt auf Aufschluss über den jeweils dargestellten Zeitraum und die spezifischen Details zum Bau. Darunter befindet sich eine grüne Fläche, einer Wiese gleich, auf der ein in Brauntönen gehaltenes, der Bauphase entsprechendes 3D-Modell der Kirche steht. Im Vordergrund ist parallel zum Gebäude mit weißer Farbe der Grundriss der ausgegrabenen Beraubungsgräben **312** von Old Minster im Boden eingeschrieben. Diese geben die Standorte der Hauptmauern des Gebäudes in seiner letzten Bauphase vor dem Abriss um 1093/1094 wieder. **313** So lassen sich die Größenverhältnisse der einzelnen Kirchenbauten zueinander ablesen. Da die einzelnen Standbilder mit Überblendungen verbunden werden, entsteht der Eindruck, aus dem vorangehenden Gebäude erwachse das darauf folgende.

Die erste Phase stellt die Zeit der Erbauung der ursprünglichen Kirche dar, die König Cenwalh um 648 n. Chr. errichten ließ **43**. **314** Das Gebäude war zu dieser Zeit etwa halb so lang wie der endgültige Bau. Anstelle des Chors existierte ein niedriger Anbau.



□ 43

Darstellung verschiedener Bauphasen: Zustand des Old Minster um 648 (links) und Erweiterung der Kirche um den zwischen 700 und 800 errichteten, freistehenden St. Martin's Tower und die zwischen 903 und 971 angebauten Kapellen und die Apsis (rechts), Stills aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 0:12 – 0:20, »IBM UKSC«, 1986.

Das anschließende Standbild vereint zwei Bauphasen in einer Darstellung. Zwischen 700 und 800 wurde in einiger Entfernung westlich der Kirche das Torhaus des St. Martin's Tower errichtet, das einem Solitär gleich in die Höhe ragt. Gut hundert Jahre später wurden zwischen 903 und 971 die Fassade von Old Minster verändert, eine Apsis an den Chor sowie mehrere Kapellen an der Nord- und Südseite der Kathedrale angebaut.

Eine Zäsur bildet das daraufhin eingeblendete Standbild mit weißem Text auf schwarzem Grund, das die Bedeutung der Kirche im 9. Jahrhundert erläutert. Darauf folgen noch zwei weitere Einzelbilder, wovon das erste die Bauphase von 971 bis 974 mit dem hinzukommenden, mit zwei großen Apsiden versehenen Verbindungsbau zwischen dem Torhaus und dem eigentlichen Kirchengebäude zeigt **44**. Das daran anschließende Bild gibt die letzte Bauphase mit dem zwischen 974 und 993 errichteten Westwerk und seinen quadratischen Türmen sowie dem Glockenturm im Osten wieder.

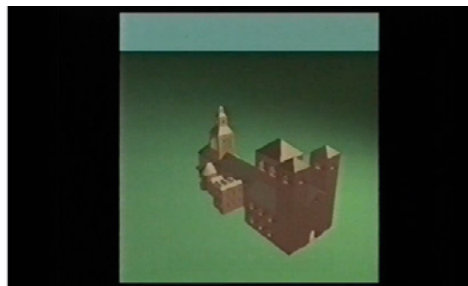


□ 44
Zustand von Old Minster um 971–974 mit Verbindungsbau (links) und um 974–993 mit Westwerk und Glockenturm (rechts), Stills aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 0:38 – 0:47, »IBM UKSC«, 1986.

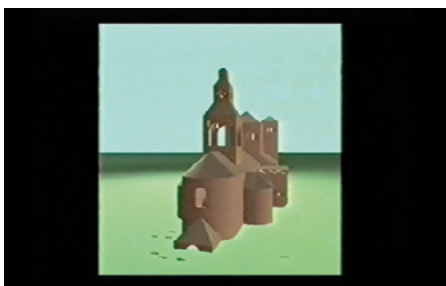
Nach dem Abblenden ins Schwarze erscheint ein Standbild mit weißer Schrift, das den Inhalt des nun folgenden virtuellen Flugs durch die um das Jahr 1000 dargestellte Kathedrale kurz beschreibt: Die Tour durch das Innere des Bauwerks wird im Westportal beginnen und führt dann vorbei am Grab von St. Swithun hin zum Hochaltar im Osten der Kirche und dem Eingang zur Krypta.

Bereits dessen erste Einstellung weicht von der im ersten **Minster Movie** ab, denn nun ist die Kirche von Nordwesten aus der Vogelperspektive schräg im Bild, sodass auch noch ein Streifen des Himmels zu sehen ist ^[45]. Die virtuelle Kamera fliegt dann relativ rasch an der Nordfassade entlang, wobei sie, je näher sie dem Chor kommt, Richtung Boden hinuntersinkt und auch die Geschwindigkeit der Bewegung abnimmt. Beim Umkreisen der Apsis ist durch ein großes Rundbogenfenster an der Stirnseite der Altar im Inneren der Kirche kurz sichtbar ^[46]. Dann gleitet der geführte Blick die Südfassade entlang und gelangt schließlich zum Portal. Um die gesamte Kirche herum befinden sich am Boden mehrere braun eingefärbte Grabplatten, die hier deutlicher zu erkennen sind, als im ersten **Minster Movie** ^[45] ^[46]. **315**

■ **315**
Links vor dem Westportal befinden sich drei Steine, vor der Nordfassade liegen zwei weitere, um den Chor im Osten sind insgesamt acht Steine zu zwei Dreier-Gruppen und einem Paar angeordnet. Entlang der Südfassade finden sich keine Steine.



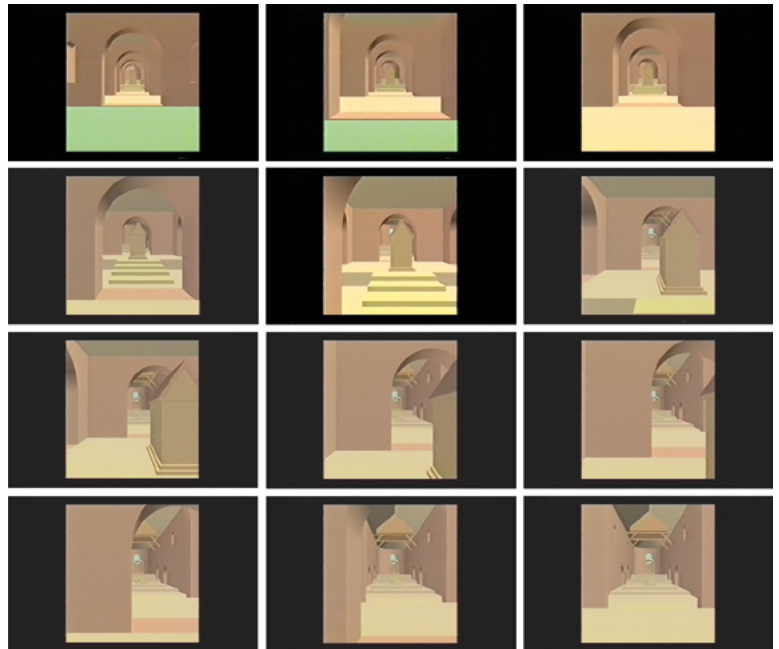
□ 45
Erste Bilder von Old Minster in den beiden »Minster Movies«: Still aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:30, »IBM UKSC«, 1984–1985 (links); Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 1:05, »IBM UKSC«, 1986 (rechts).



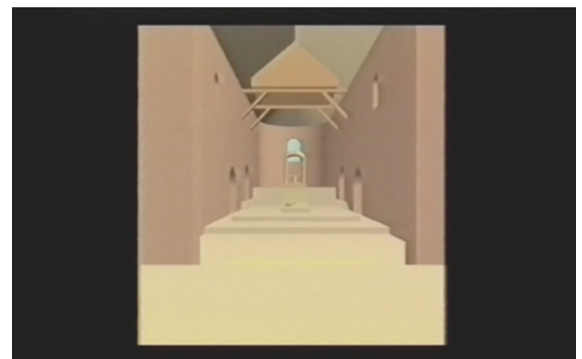
□ 46
Virtueller Flug um den östlichen Gebäudeteil der Kirche, Stills aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 1:11 – 1:12, »IBM UKSC«, 1986

Nun sinkt die Kamera auf etwa Augenhöhe eines Besuchers hinab und betritt in einer fließenden Bewegung das Gebäude. Sie gleitet in einer geraden Linie durch die verschiedenen, aufeinanderfolgenden Räume hindurch ^[47]. Einzig um die Grabstätte von St. Swithun, die sich in dem Raum unter dem zentralen Turm befindet, weicht sie in einem Bogen nach links aus und umrundet ihn. Dabei schwenkt sie im Gegensatz zum ersten Film nicht zum Eingang der Grabstätte zurück, sondern bewegt sich geradewegs in das Hauptschiff hinein. Hier sind die einzelnen Bauteile farblich differenziert dargestellt: Der Boden und sämtliche Podeste sind in Ocker gehalten, eine helle gelbe Treppe führt in vier Stufen zum höchsten Podest, auf dem sich mittig angeordnet der hellbraun gefärbte Altar befindet, der von einem auf vier Säulen ruhenden Baldachin überdacht wird ^[48].

Darüber erstrecken sich im Bereich des Dachs zwei braune Querbalken, die jeweils von Stützen an der Hochschiffwand getragen werden. Die Balken wiederum scheinen einen ebenfalls braunen, geometrischen Körper zu halten, der in die spitze Form des Kirchendachs genau eingepasst ist. Das graubraun gefärbte Dach hebt sich deutlich davon ab. Bei dem Einbau handelt es sich um eine Holzbalkenkonstruktion, die eine Glocke tragen sollte. Während des Erstellungsprozesses des 3D-Modells diskutierten Birthe Kjølbye-Biddle und Andy Walter über deren Erscheinungsweise, wie bereits dargestellt wurde.



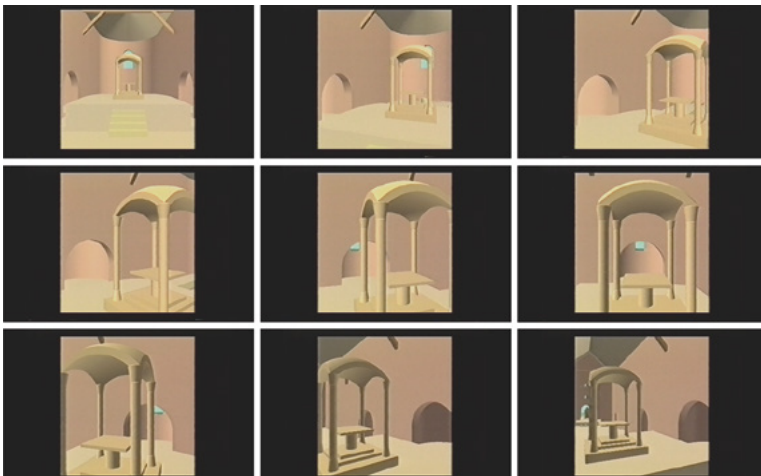
□ 47
Virtueller Rundgang durch das Innere der Kirche vom Portal bis zum Hauptraum, Stills aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 1:29 – 1:44, »IBM UKSC«, 1986.



□ 48
Blick zum Altar im östlichen Gebäudeteil, Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 1:50, »IBM UKSC«, 1986.

Die Kamera fährt zum Altar hinauf und umrundet ihn relativ nah von rechts, bis seine Rückansicht im Bild ist [49](#). Dies gibt dem Betrachter die Möglichkeit die Architektur des Innenraums aus einem anderen Blickwinkel wahrzunehmen und somit einen Blick zurückzuwerfen. Dann gleitet die Kamera rückwärts vier Treppenstufen hinab. Nachdem sie in etwa das Ende der Apsis erreicht hat, verharret sie. Diese Ansicht bildet zugleich das Schlussbild des virtuellen Rundgangs [50](#). In dieser Einstellung sind im Gegensatz zum ersten **Minster Movie** auch die Zugänge zur Krypta zu sehen.

Das Ende des virtuellen Flugs durch die Kirche markiert eine Ausblendung ins Schwarze. Darauf folgt eine Überblendung auf ein Standbild mit schwarzem Hintergrund. In weißer Schrift erscheint ein kurzer Text zur Erläuterung der darunter befindlichen Abbildungen. Hier werden die vier Hauptphasen der Baugeschichte von Old Minster, die am Anfang des Films gezeigten vier Standbilder, zusammen präsentiert [51](#). Zuletzt folgt nach einem Schnitt ein schwarzes Standbild mit weißer Schrift, das den Namen der Kirche sowie die Ersteller der Visualisierung nennt. Damit endet der Film.



□ 49
Umrundung des Altars, Stills aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 1:56 – 2:05, »IBM UKSC«, 1986.



□ 50
Blick in Richtung Westen, Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 2:10, »IBM UKSC«, 1986.



□ 51
Überblick über die vier Hauptbauphasen der Kirche von 648 bis um 1000, Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 2:17, »IBM UKSC«, 1986.

Vergleichende Analyse – Erster und zweiter Minster Movie

Nachdem nun gestalterische Unterschiede gegenüber dem ersten **Minster Movie** im Fokus standen, werden im Folgenden technische Verbesserungen und inhaltliche Ergänzungen erläutert. So hat sich die Bildqualität entscheidend verbessert, was sich in glatteren Kanten und stärkeren Farbkontrasten widerspiegelt. Zudem konnte das Problem mit der Darstellung von weiter entfernt gelegenen Objekten (**Depth-Cueing-Effekt**) behoben werden, sodass nun, in den Sequenzen, die den Innenraum der Kirche zeigen, der Hintergrund nicht mehr schwarz gefärbt ist. So ist es sogar möglich, während die virtuelle Kamera den Altar umrundet und den Blick zurück zum Westportal freigibt, durch das offene Tor ins Freie hinauszublicken. Der grüne Boden im Außenraum und ein heller Himmel sind deutlich erkennbar ^[49] (unten rechts). Auch durch kleine Fenster im Westportal ist das Tageslicht sichtbar. An all diesen Details ist die technische Weiterentwicklung in der Darstellung des 3D-Modells klar ablesbar.

Eine wesentliche inhaltliche Veränderung stellt die im zweiten **Minster Movie** neu eingefügte Sequenz zur Baugeschichte dar. Sie bietet in Form von über dem Grundriss angeordneten Renderings des 3D-Modells zu verschiedenen Bauphasen und erläuternden schriftlichen Informationen einen Überblick über die architektonische Entwicklung von Old Minster ^[51]. Sowohl auf inhaltlicher als auch auf visueller Ebene bedeutet dies einen Mehrwert für den Betrachter.

Der Ablauf des virtuellen Rundgangs durch das 3D-Modell ist im zweiten **Minster Movie** deutlich verändert worden. So gelangt der Betrachter auf direktem Weg vom Portal im Westen in den östlichen Gebäudeteil. Dadurch ist die Grabstätte von St. Swithun nur mehr von zwei Seiten sichtbar, dem Betrachter bleibt die Sicht auf deren Eingang verwehrt. Dies führt dazu, dass dieses architektonische Element nicht mehr so stark wahrgenommen wird wie im ersten Film, in dem die virtuelle Kamera ganz bewusst um die Grabstätte herumfährt. Auch erhält der Betrachter weniger Einblicke in Seitenräume der Kathedrale. Der Gang durch das Gebäude ist zudem insgesamt etwas schneller angelegt. Im ersten **Minster Movie** dauert diese Sequenz 54 Sekunden, im zweiten hingegen nur noch 43. Die Dauer des virtuellen Flugs um die Kirche herum ist dagegen bei beiden Filmen mit 27 Sekunden gleich lang. Die vom British Museum Ende 1985 gestellte Vorgabe, dass der zweite **Minster Movie** eineinhalb Minuten lang sein solle, wurde offensichtlich nicht eingehalten ^[31]. Möglicherweise gab es zwischenzeitlich weitere Absprachen, die eine Abweichung regelten.

Bei einem Vergleich der in beiden Filmen entstandenen Einzelbilder zeigt sich, dass im zweiten **Minster Movie** die Bildausschnitte teils anders gewählt sind und sich vor allem im virtuellen Rundgang durch das Innere dadurch deren Aussagekraft erhöht hat ^[39] ^[49]. Nun sind architektonische Elemente wie der Altar mit Baldachin sowie das darunter befindliche Podest besser inszeniert, indem sie deutlicher sichtbar im Bild erscheinen. Auch die zu beiden Seiten des Altars befindlichen Durchgänge zu den apsidialen Anbauten sind im zweiten Film besser zu sehen. Auf diese Weise fällt es einem Betrachter der Einzelbilder leichter, sich im Raum zu orientieren.

Der zweite **Minster Movie** stellt insofern sowohl auf technischer als auch inhaltlicher Ebene eine Weiterentwicklung des ersten Films dar. Dennoch muss festgehalten werden, dass insbesondere im virtuellen Rundgang durch das

Innere der Kirche das Geheimnisvolle – das im ersten Film durch den schwarzen Hintergrund entstand – verlorengegangen ist. Auch die Komplexität des Raumgefüges ist durch den veränderten und vereinfachten Ablauf des Rundgangs nicht mehr so deutlich erkennbar.

Aus wissenschaftlicher Perspektive bedeutet das Hinzufügen der Baugeschichte einen Mehrwert an Erkenntnis über die bauliche Entwicklung der Kathedrale, die allein aus einem Blick auf den Grundriss nicht ersichtlich ist. Erst die 3D-Modellierung bringt hier Aufschluss über die einzelnen Bauphasen. Generell stellen die erfolgte digitale Rekonstruktion und der virtuelle Rundgang einen wissenschaftlichen Mehrwert dar, da hier gegenüber zeichnerischen Rekonstruktionen in dynamischen Visualisierungen Hypothesen zur Wirkung von Größendimensionen und Raumabfolgen zur Diskussion gestellt werden können.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit damals und heute

Nach der erfolgten Gegenüberstellung der beiden **Minster Movies**, wird nun dargelegt wie diese und auch Renderings der jeweiligen 3D-Modelle medial zugänglich sind. Im Fokus steht dabei deren 2015 realisierte Bearbeitung, Dokumentation und mediale Zugänglichmachung, die als Vorbild für weitere digitale Rekonstruktionsprojekte gelten können.

Um das Jahr 2014 wurde der Archäologe Paul Reilly, mehrfach auf die 3D-Modelle von Old Minster angesprochen. ³¹⁶ Zwar hatte er nicht selbst an diesem Projekt mitgearbeitet, jedoch war er ein paar Jahre später als Research Fellow am **IBM UKSC** in Winchester tätig. ³¹⁷ In dieser Funktion präsentierte er die digitale Rekonstruktion in zahlreichen Publikationen und auch Vorträgen meist im Kontext übergeordneter Fragestellungen zum Thema Grafik und Visualisierung im Bereich archäologischer Forschung. ³¹⁸ Zur Zeit dieser Anfragen ging er noch davon aus, dass diese Daten allesamt nicht mehr vorhanden seien. Jedoch konnten infolge eines Gesprächs von Reilly mit seinen Kollegen Stephen Todd und Andy Walter die 3D-Modelle im April 2015 wiedergefunden werden. So ist der erste **Minster Movie** in Form einer digitalen Kopie erhalten, die wiederum aus mehreren Konvertierungsschritten resultiert. ³¹⁹

Die Ursprungsversion, das **U-matic-Videotape**, wurde seinerzeit auf eine Videokassette überspielt und schließlich digitalisiert. Originale Dateien und Bilder existieren bis auf eine Ausnahme nicht mehr. Lediglich ein Bild in Form eines 35-Millimeter-Dias ist noch heute erhalten, in dem der **Depth-Cueing-Effekt** sehr gut erkennbar ist ⁵².

■ 316

Informationen bezüglich der Anfragen zu den 3D-Modellen von Old Minster und der daraufhin erfolgten Bearbeitung, Präsentation und Veröffentlichung, vgl.: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 33-34.

■ 317

Zu seiner Tätigkeit am »IBM UKSC« äußerte sich Paul Reilly in einer E-Mail vom 25.06.2017. Zur Arbeitsweise des Teams am Institut vgl.: [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, [Frage 3](#).

■ 318

Für eine Auswahl seiner Publikationen und Vorträge vgl.: [Appendix 1.1](#) (→ 611), Old Minster, Winchester (1984–1986).

■ 319

Informationen zum Erhalt von Dateien und Datenträgern der beiden »Minster Movies« sind zu finden in: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 35-36; [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 7](#).



□ 52

Einziges noch erhaltenes 35-Millimeter-Dia zum ersten »Minster Movie«, »IBM UKSC«, 1984–1986.

■ 320

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 2**.

■ 321

Die Konferenz »Virtual Heritage Network Ireland 2015« fand vom 20. bis 21. November 2015 an der National University of Ireland Maynooth statt, vgl. Webseite der Institution: <https://www.maynoothuniversity.ie/foras-feasa/events/virtual-heritage-network-ireland-conference-2015>.

■ 322

Mögliche Publikationsorte hierfür wären laut Paul Reilly (E-Mail vom 11.10.2015): das peer-reviewed Online-Journal »Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage«, DAACH, (<http://www.journals.elsevier.com/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage/>) oder das e-Journal »Internet Archaeology« (<http://intarch.ac.uk/>).

■ 323

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016.

■ 324

Diese drei Dateien sind in dem 2016 im Online-Journal DAACH erschienenen Aufsatz, vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, online zugänglich unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054816300145>. Das Rendering ist auch unabhängig davon online frei zugänglich unter: <http://programbits.co.uk/minster/minstv3.html>.

■ 325

Auf Tablet-Computern oder dem Smartphone kann das Modell mit Hilfe der Finger gedreht, gezoomt und verschoben werden, auch mit einer Computermaus ist dies möglich. Vgl. dazu vorhergehende Anmerkung.

■ 326

Nähere Informationen zur Ausstellung gibt Paul Reilly in seinem Blog: <https://drpaulreilly.wordpress.com/2017/03/27/annihilation-event-digital-old-minster-the-archaeology-of-a-digital-file/>; **Appendix 2.2** (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 10**.

■ 327

Zur Software »GoW« und der Veröffentlichung von Daten zur digitalen Rekonstruktion von Old Minster vgl.: **Appendix 2.2** (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 10**.

Demgegenüber hatten die originalen Bilder des zweiten **Minster Movie** im TIFF-Format bis heute überdauert. Die Einzelbilder fügte das Team zu einem Film zusammen und erstellte daraus eine Mpeg-2-Datei. So konnte gegenüber der ursprünglichen Version eine bessere Bildqualität – reduziertes Flimmern, Vermeidung von grellen Farben – erzielt werden.

Gemeinsam beschlossen sie, diese 3D-Modelle und alle zugehörigen Daten wie Bilder, Code und Korrespondenzen zu sammeln und sie zusammen mit Informationen zum historischen Hintergrund des 3D-Projekts öffentlich zugänglich zu machen. Reilly sah sich dabei als Katalysator, der sich für die Rematerialisation von Old Minster und auch für die Problematisierung des »status of (im)materiality in archaeological theory« **320** eingesetzt hat. Im November 2015 stellte der Archäologe die geplante Rekonstruktion schließlich auf der ersten Konferenz des **Virtual Heritage Network Ireland 2015** in Maynooth, Irland, öffentlich vor. **321** Die übergeordneten Ziele der von Reilly, Todd und Walter durchgeführten Initiative beziehen sich darauf, die alten Dateien wiederzubeleben, das damalige Projekt aufzuarbeiten, Hintergrundinformationen zur Entstehung und technischen Umsetzung der digitalen Rekonstruktionen Mitte der 1980er-Jahre zu veröffentlichen sowie die technische Aufbereitung der Dateien zu erläutern und das Projekt in aktuelle Diskurse im Kontext der **London Charter** und den **Seville Principles** einzubetten.

Die Entscheidung zur Aufarbeitung wurde maßgeblich davon beeinflusst, dass sich inzwischen Online-Journale etabliert hatten, die eine Einbindung von Filmen in die Publikation eines Artikels ermöglichten. **322** Reilly und seine Kollegen veröffentlichten schließlich 2016 einen Aufsatz in dem peer-reviewed Online-Journal **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (DAACH)**. **323** Hierin sind folgende drei Dateien verlinkt: der erste und zweite **Minster Movie** sowie ein Rendering der finalen Bauphase von Old Minster um 1093/1094 als WebGL-Anwendung. **324** Das Rendering gibt ein komplett in Grautönen gehaltenes 3D-Modell der Kirche wieder und zeigt sowohl deren inneres als auch äußeres Erscheinungsbild. Denn sie ist entlang der von West nach Ost verlaufenden Mittelachse – die hier als Spiegelachse fungiert – aufgeschnitten. Dies ermöglicht auch ins Innere des Gebäudes zu sehen und das komplexe Geflecht unterschiedlicher Ebenen im Ost- und Westteil genauer zu betrachten. Der Nutzer hat u. a. mit Hilfe der Tastatur die Möglichkeit das Objekt gezielt zu bewegen und dadurch architektonische Details und räumliche Zusammenhänge eigenständig zu erkunden. **325**

Im März 2017 präsentierte Reilly einen 3D-Druck von Old Minster im Rahmen einer interdisziplinären Ausstellungsreihe in London. **326** Das Objekt hatte der Bildhauer Ian Dawson der Winchester School of Art gefertigt und trug den bezeichnenden Titel **Digital Old Minster, the archaeology of a digital file**. Zudem wurde auch eine restaurierte Version des 3D-Modells als VR-Installation gezeigt. Hier war das inzwischen vielschichtige Projekt zur digitalen Rekonstruktion der Kirche zumindest punktuell öffentlich zugänglich.

Seit 2017 erarbeitet Stephen Todd eine Open Source-Version der **Software Grandson of Winsom (GoW)**. **327** Wenn diese fertiggestellt ist, planen Reilly und seine Kollegen den Code zu **Winsom** sowie die Tiff-Dateien der digitalen Rekonstruktion von Old Minster zu veröffentlichen. Möglicherweise könnten die Daten in ihren 2016 online publizierten Artikel integriert werden. All

diese von Reilly et al. gestarteten Initiativen zeigen, dass die frühen 3D-Modelle noch lange nicht in Vergessenheit geraten, sondern in unterschiedlichen Medien und Kontexten weiterhin verfügbar sein werden. Aber insbesondere durch die digitale Restaurierung der beiden ursprünglichen **Minster Movies** und der Publikation eines ergänzenden Aufsatzes, konnte das aus den 1980er-Jahren stammende Projekt der Wissenschaftscommunity und der Öffentlichkeit erstmals in großem Umfang dauerhaft zugänglich gemacht werden.

Im Gegensatz zum ersten **Minster Movie**, der bislang nur im Rahmen des Aufsatzes veröffentlicht wurde, ist der zweite **Minster Movie** online frei zugänglich: Seit Januar 2015 ist ein Video im YouTube-Kanal **IBM Miscellaneous** des Hursley Museum online verfügbar. ³²⁸ Das Video hat eine Länge von 1:31 Minuten und zeigt nur den virtuellen Flug um und durch Old Minster, nicht jedoch die Standbilder mit den einzelnen Bauphasen. Eineinhalb Jahre später stellte Reilly ein Video auf der Plattform **Vimeo** online mit der Möglichkeit es in zwei Auflösungsqualitäten herunterzuladen. ³²⁹ Hierbei handelt es sich um das vollständige, 2:30 Minuten dauernde Video, das Mitte der 1980er-Jahre im British Museum präsentiert wurde. Diese Ausstellung machte die 3D-Rekonstruktion zur Zeit ihrer Entstehung einem breiten Publikum zugänglich.

Einige Abbildungen der digitalen Visualisierungen sind zudem in verschiedenen Publikationen zu finden. ³³⁰ In Reillys Aufsatz **Three-Dimensional Modelling and Primary Archaeological Data** von 1992 sind vier Farbabbildungen integriert, von denen drei die Kirche in Form eines Volumenmodells und eine als Drahtgittermodell zeigen ⁵³. ³³¹ Es gibt Old Minster in einer Gesamtansicht von Süden aus der Vogelperspektive wieder. Schräg davor befindet sich ein in rot gehaltener Grundriss der Beraubungsgräben. Auf schwarzem Grund sind im Modell Wandumrisse in Rot, Fenster und Öffnungen in Orange und Dächer in Blau dargestellt. Dadurch, dass alle Elemente nur in Umrisslinien eingezeichnet sind, erlaubt es gleich einem Röntgenbild ansonsten in dieser Ansicht verborgene oder verdeckte Bauteile zu zeigen. Diese Abbildung vermittelt den Eindruck, den Vorgang der computertechnischen Rekonstruktion wiederzugeben. Die drei Abbildungen des Volumenmodells geben ein gänzlich anderes Bild der rekonstruierten Kirche wieder. Eine Außenansicht zeigt Old Minster in einer abstrakten Landschaft stehend aus der Vogelperspektive von Nordosten aus. Details des Inneren sind auf den zwei weiteren Abbildungen zu sehen. Die Farbigkeit und Ästhetik entspricht dem zweiten **Minster Movie**.

■ 328

Vgl. das Video »Old Minster Scientific Centre« im YouTube-Kanal »IBM Miscellaneous« des Hursley Museum: <https://www.youtube.com/watch?v=WaorE1yecG4&list=PLu6u2JO-quER-JaD-MdkNPazVmDUip1icY&index=12>. Das Hursley House in Winchester beherbergt das Hursley Museum mit dessen Sammlung von u. a. Hard- und Software, Publikationen, Fotografien, Videokassetten. Einige Geräte wurden für die Präsentation in der Ausstellung wieder funktionstüchtig gemacht. Vgl. Webseite des Museums: http://hursley.slx-online.biz/the_museum.asp.

■ 329

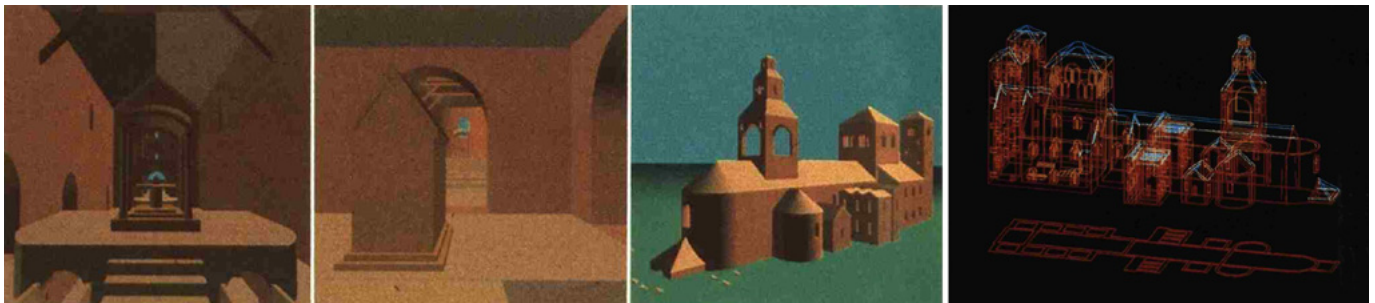
Vgl. Video zum zweiten »Minster Movie« auf »Vimeo«: <https://vimeo.com/170699480>.

■ 330

Abbildungen der Visualisierung sind z.B. zu finden in: Reilly 1989, S. 576, Abb. 10 u. Abb. 11; Woodwark 1991, S. 20, Abb. 4; Reilly/Weber 1991.

■ 331

Vgl. Reilly 1992, Colour Figure 12.3 und 12.5. Eben jene Abbildung des Drahtgittermodells sowie eine Ansicht des Innenraums sind auch zu finden in: Reilly, 1989, S. 576, Abb. 10 u. Abb. 11.



□ 53

Das digital rekonstruierte Old Minster abgebildet als »Solid Model« (links) und als »Wireframe Model« (rechts), »IBM UKSC«, 1986.

John Woodwark, der in den 1980er-Jahren die **Graphics Research Group** des **IBM UKSC** leitete, geht in seinem 1991 veröffentlichten Aufsatz **Reconstructing History with Computer Graphics** nur kurz auf die von seinen damaligen Kollegen erstellte, computertechnische Rekonstruktion von Old Minster ein. ³³² In diesem Kontext weist er daraufhin, dass Videos mit dem virtuellen Flug durch das 3D-Modell der Kirche in mehreren Fernsehsendungen in Großbritannien gezeigt worden seien.

Seit 2006 ist eine kurze Dokumentation des digitalen Rekonstruktionsprojekts zum Old Minster auf der 2012 zuletzt aktualisierten Webseite von **3DVisA** zu finden. ³³³ In der dort von Anna Bentkowska-Kafel hinterlegten Liste zu wissenschaftlichen 3D-Projekten ist Old Minster als ältestes geführt. Die Kunsthistorikerin verweist in ihrem Kommentar dazu auf eine in Winchester geplante Publikation zu den Kirchen. Dabei handelt es sich um einen abschließenden Bericht der Ausgrabungen von Old Minster sowie New Minster, der von den Herausgebern Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle in der Reihe **Winchester Studies (WS)** als Band **WS 4.i** noch veröffentlicht wird. ³³⁴ Geplant ist, diese Publikation mit einer CD auszustatten, auf der die digitale Rekonstruktion aus den 1980er-Jahren zu sehen ist. ³³⁵

Diese Übersicht über die Veröffentlichungen der digitalen Rekonstruktion von Old Minster zeigt, wie oft Abbildungen aus dem zweiten **Minster Movie** zu finden sind, im Gegensatz zu Bildern aus dem ersten Film. Laut Reilly wurden Letztere zwar in Vorträgen von ihm selbst und anderen präsentiert, aber bald durch Abbildungen aus der überarbeiteten Version ersetzt. ³³⁶ Die verbesserte Bildqualität in der nur zwei Jahre nach dem ersten 3D-Modell entstandenen Visualisierung trug wohl entscheidend zu dieser Entwicklung bei. Umso bedeutender ist die mediale Zugänglichkeit der beiden Filme durch die Aufsatzpublikation 2016.

Vergleichende Analyse – Old Minster im Bild

Die mediale Verfügbarkeit der beiden Minster Movies ermöglicht es, die 3D-Modelle als Untersuchungsgegenstand wahrzunehmen und zu erforschen. Wie bereits dargelegt wurde, umfassen die zu Old Minster vorliegenden historischen Quellen weitgehend Schriftstücke. Historische Bildwerke, die eindeutig dieser Kirche zuzuordnen wären, scheinen der Forschung nicht bekannt zu sein. ³³⁷ Jedoch wurden im Rahmen der archäologischen Ausgrabungen durch Martin Biddle und Birthe Kjølbye-Biddle seit Anfang der 1960er-Jahre zahlreiche Pläne und Zeichnungen zu dem Bauwerk angefertigt und in verschiedenen Publikationen veröffentlicht. Im Folgenden werden exemplarisch einige Bildwerke aus dieser Forschungstätigkeit herausgegriffen, um sie mit entsprechenden Abbildungen der digitalen 3D-Rekonstruktion von Old Minster zu vergleichen. Ziel ist es zu ergründen, ob die 3D-Modelle einen visuellen Mehrwert liefern und inwiefern sie auch inhaltlich über die bereits vorhandenen Abbildungen der Kirche hinausgehen.

Martin Biddle veröffentlichte 1986 in einem Artikel seine Forschungsergebnisse zu Old Minster. ³³⁸ Darunter befindet sich auch eine schematische Zeichnung der Kirche, die ihren Zustand um 993/994 abbildet. In den beiden **Minster Movies** ist eben jener Bauzustand im 3D-Modell festgehalten. Vergleicht man diese verschiedenen bildlichen Darstellungen, wird deutlich, dass die digitale Rekonstruktion eine detailliertere Ansicht wiedergibt ^[54]. Denn

■ 332

Vgl. Burridge et al. 1989, S. 568 u. Woodwark 1991, S. 19–20.

■ 333

Nähere Informationen zu den Zielen und Inhalten von »3DVisA« sind zu finden auf dessen Webseite: <http://3d-visa.cch.kcl.ac.uk/index.html>. Vgl. dazu auch: [Kapitel 1.3](#) (→ 029).

■ 334

Für den Hinweis auf die geplante Publikation möchte ich mich herzlich bei Martin Biddle bedanken. Seine Frau verstarb 2010, wird aber als Herausgeberin genannt.

■ 335

Dazu äußerte sich Paul Reilly in einer E-Mail vom 25.06.2017. Vgl. auch: Bentkowska-Kafel 2009, S. 156.

■ 336

Darüber informierte Paul Reilly die Autorin in einer E-Mail vom 25.06.2017.

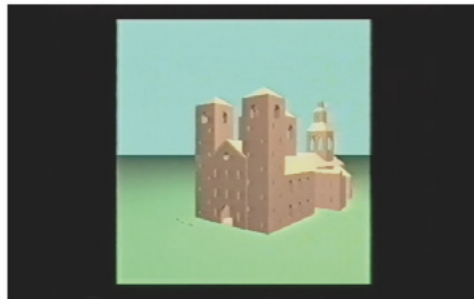
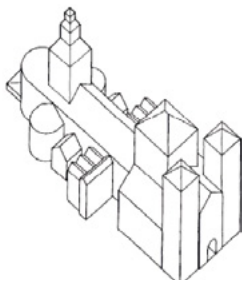
■ 337

Weder Roger Nathaniel Quirk noch Martin Biddle erwähnen in ihren Publikationen zur Baugeschichte und zur Ausgrabung des Old Minster etwaige Bildquellen, die nachweisbar die Kirche darstellen. Vgl. Quirk 1957 u. Biddle/Quirk 1962.

■ 338

Vgl. Biddle 1986.

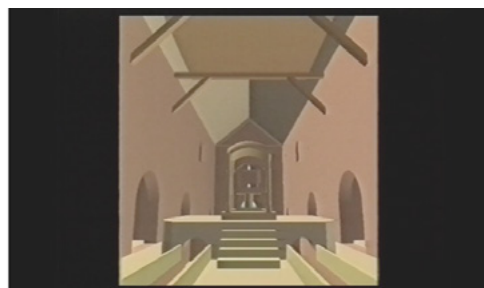
Biddles Zeichnung besteht aus schwarzen Linien auf weißem Untergrund, die nur die Umrisse von Old Minster abbilden. Auf Details wie Fenster und Türen wurde weitgehend verzichtet. Lediglich das Eingangsportal findet sich in Form einer Öffnung wieder. Diese Zeichnung zeigt in ihrer schematischen Ausführung deutlich eine dargestellte Hypothese zum einstigen architektonischen Erscheinungsbild der Kirche. In den 3D-Modellen hingegen sind mehrere Hypothesen vereint, die ergänzend zur geometrischen Gesamtform auch Vermutungen zu Fenstern, der architektonischen Ausformung des Glockenturms und farblichen Gestaltung des Bauwerks visualisieren. Somit liegt hier eine inhaltliche Verdichtung unterschiedlicher Themengebiete vor, die über die zeichnerische Darstellung hinausgeht.



□ 54

Rekonstruktion von Old Minster um 993/994: Zeichnerische Rekonstruktion, Martin Biddle, 1986 (oben links); Ansichten der digital rekonstruierten Kirche, Still aus dem ersten »Minster Movie«, »IBM UKSC«, Min. 0:33, 1984/1985 (oben rechts) und Stills aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 2:07 u. Min. 1:22, »IBM UKSC«, 1986 (unten).

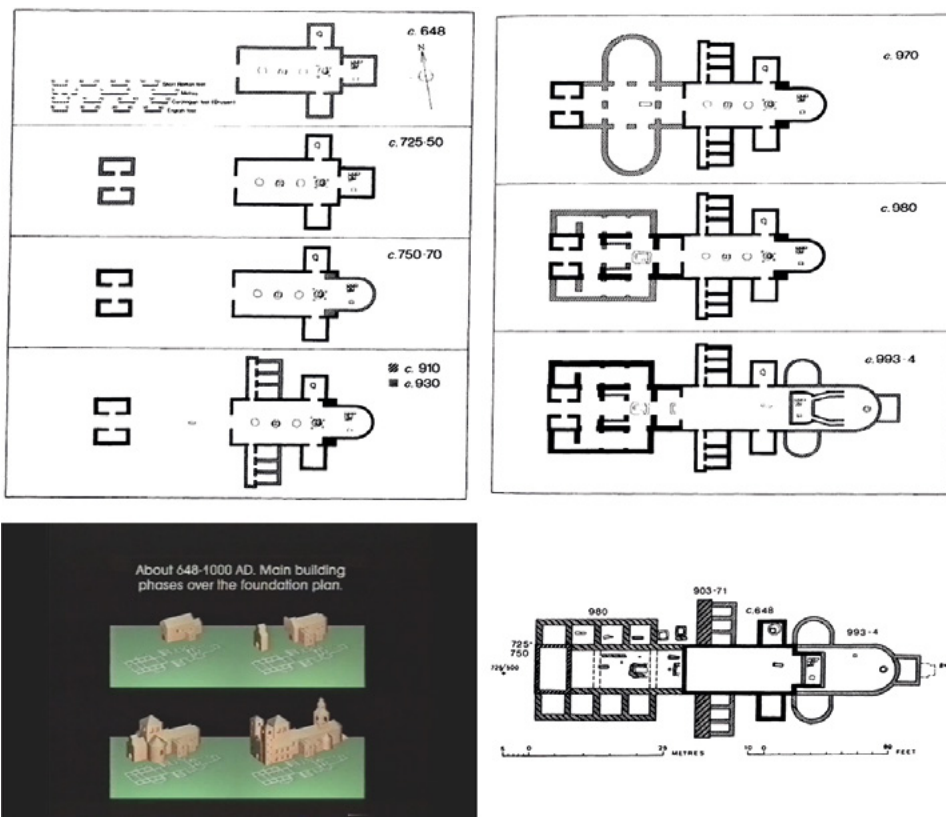
Auch das Innere von Old Minster wurde während der archäologischen Forschung zeichnerisch rekonstruiert. Eine solche Darstellung findet sich in der digitalen Rekonstruktion wieder ^[55]. Ein Vergleich der Abbildungen fördert einige Unterschiede in der Darstellungsweise zutage. Auch wenn offensichtlich unterschiedliche Hypothesen zur Gestaltung des Innenraums visualisiert wurden, können dennoch formale Kriterien unterschieden werden. So zeigt sich in der Gegenüberstellung, dass die Perspektive, die in der Zeichnung dargestellt wurde, insofern einen unmöglichen Blickwinkel wiedergibt, als ihn ein Besucher der Kirche niemals einnehmen könnte. Die Ansicht, die das 3D-Modell liefert, entspricht hingegen einem realen Betrachterstandpunkt und stellt dadurch einen Mehrwert für die Vermittlung von Forschungsergebnissen dar.



□ 55

Innenraumansichten in zeichnerischer (links; Zeichnung Simon Hayfield) und digitaler (rechts; Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 2:10, »IBM UKSC«, 1986) Rekonstruktion mit Blick von der Apsis nach Westen.

Ihren größten Mehrwert entwickelt die digitale Rekonstruktion von Old Minster vor allem im zweiten **Minster Movie**, da darin die Baugeschichte dargestellt ist. Zwar handelt es sich nicht um eine dynamisch visualisierte Entwicklung, aber die Einzelbilder vermitteln durchaus, welchen Veränderungen die Kirche unterworfen war. Wie bereits dargelegt, sind hier zwei Ebenen – 3D-Modell und Grundriss – miteinander verknüpft und tragen so zu einem besseren Verständnis der einzelnen Bildelemente bei, als es die Gegenüberstellung mehrerer Grundrisse oder die Kombination einzelner Bauphasen in einem Grundriss vermag [56]. Letzterer enthält zwar alle nötigen Informationen, jedoch ist es für Betrachter nicht leicht, sich vorzustellen, wie die jeweiligen Gebäudeteile einst in etwa aussahen und wie sie sich architektonisch voneinander unterschieden. So konnte im zweiten **Minster Movie** die Baugeschichte für ein breites Publikum in anschaulicher Weise aufbereitet werden.



□ 56

Einzelne rekonstruierte Grundrisse von Old Minster zu den Bauphasen von um 648 bis um 993/994, Martin Biddle, 1986 (oben); 3D-Modelle zu diesen Bauphasen, Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 2:17, »IBM UKSC«, 1986 (unten links); rekonstruierter Grundriss mit eingezeichneten Bauphasen von um 648 bis 1093/1094, Birthe Kjølbbye-Biddle, 1986.

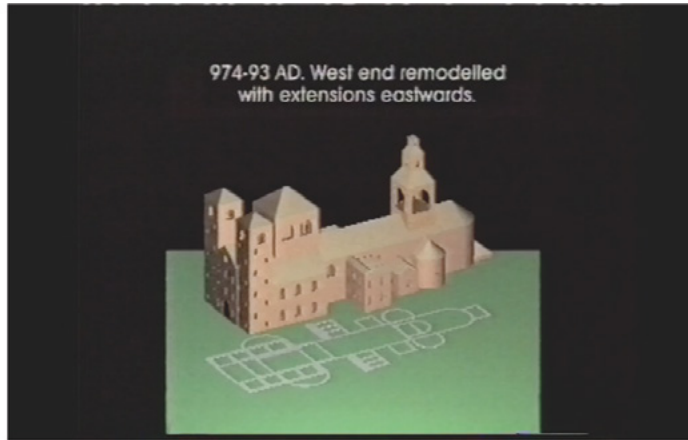
Nach Ende der Ausgrabungen Anfang der 1970er-Jahre wurden die Umrissse von Old Minster an dessen ehemaligem Standort mit einzelnen Platten im Boden verewigt. Dieser Grundriss stellt somit ein inzwischen seit Jahrzehnten vertrautes Bild für die Bewohner und Besucher von Winchester dar [57]. Er entspricht in etwa den Beraubungsgräben, die in den Einzelbildern zu den Bauphasen im zweiten **Minster Movie** zu sehen sind und ermöglicht es, die Ausmaße der Kirche nachzuvollziehen. Auch wenn im 3D-Modell keine Referenz für die Bestimmung der Größe der Kirche gegeben ist, handelt es sich dennoch um eine erkenntnisgenerierende Darstellung, da es die Lesbarkeit des nebenstehenden Grundrisses erhöht.

Im Ausstellungskatalog zu der 1986/1987 im British Museum gezeigten Schau **Archaeology in Britain since 1945** ist im Rahmen eines historischen

■ 339

Vgl. Webster 1986, S. 153, Abb. 80.

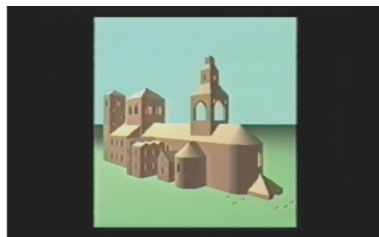
Überblicks über Ausgrabungen in England auch eine nicht kolorierte Zeichnung von Old Minster abgebildet. **339** Sie basiert auf den Forschungsergebnissen von Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle und zeigt, wie das Gebäude unter der Herrschaft König Knuts des Großen in den Jahren 1016–1035 ausgesehen haben könnte. Hier stellt sich die Frage, warum weder ein Rendering der digitalen Rekonstruktion noch dieses Projekt generell im Katalog publiziert beziehungsweise überhaupt thematisiert wurden, obwohl in der Ausstellung die Computeranimation präsentiert wurde.



□ 57

In Bodenplatten ausgelegter Grundriss des Old Minster an seinem originalen Standort, John Crook, Foto (links); Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 0:47, »IBM UKSC«, 1986 (rechts).

Ein Vergleich zwischen der Darstellungsweise in der Zeichnung und im 3D-Modell weist darauf hin, dass bei Letzterem der Schwerpunkt auf der Wiedergabe der Geometrie lag **58**. Zwar gelingt dies auch in der zeichnerischen Rekonstruktion, jedoch finden sich darin zudem angedeutete Dachziegel, Glocken im Turm sowie Staffagefiguren. All dies trägt zu einer Darstellung bei, die einen erzählerischen Moment aufweist und im direkten Vergleich zusätzliche Hypothesen abbildet und dadurch weniger objektiv ist als das 3D-Modell. Die Integration von Staffagefiguren bedeutet im Fall der zeichnerischen Ansicht jedoch durchaus einen Mehrwert in Hinsicht der Darstellung von Größenverhältnissen. Mit einer Gegenüberstellung von zeichnerischer und digitaler Rekonstruktion im Ausstellungskatalog hätte die Möglichkeit bestanden, die Gründe für die Unterschiede in der Darstellungsweise von Old Minster zu erläutern. Somit wäre dies als Grundlage für eine Diskussion außerordentlich hilfreich gewesen.



□ 58

Rekonstruktionen von Old Minster: möglicher Zustand zur Zeit Knuts des Großen (1016–1035), Zeichnung angefertigt nach Martin Biddle und Birthe Kjølbye-Biddle von Simon James, um 1986 (links oben); digitale 3D-Rekonstruktionen des gleichen Zeitabschnitts des baulichen Zustands der Kirche, Still aus dem zweiten »Minster Movie«, Min. 1:15 (rechts oben) u. Stills aus dem ersten »Minster Movie«, Min. 0:42 u. 0:46 (unten), »IBM UKSC«, 1984–1986.



Abschließend sei noch auf eine Abbildung des Gotteshauses verwiesen, die im Rahmen der digitalen Rekonstruktion entstand und eine in diesem Zusammenhang bis dahin vollkommen neue Darstellungsweise umfasste. Es handelt sich dabei um eine Außenansicht der Kirche in Form eines Drahtgittermodells ⁵³. Diese Visualisierungsweise bietet eine neue Perspektive auf das Gebäude. Denn so sind nicht nur die die Architektur definierenden Umrisslinien sichtbar, sondern das räumliche Volumen des Baukörpers insgesamt wird veranschaulicht.

Die Abbildungen der digitalen Rekonstruktion von Old Minster boten demnach gegenüber bisherigen Rekonstruktionen in vielerlei Hinsicht einen großen Mehrwert für die Forschung wie auch für die Vermittlung von Wissen über das Bauwerk anhand der Darstellung realistischer Betrachterstandpunkte, der dreidimensionalen Visualisierung der Bauphasen und der komplexen Darstellung mehrerer Hypothesen in einer Ansicht.

Fazit – Bedeutung und Einordnung der digitalen Rekonstruktionen von Old Minster

Das Mitte der 1980er-Jahre realisierte digitale Rekonstruktionsprojekt zu Old Minster wird teilweise als älteste Computermodellierung im Vereinigten Königreich angesehen, der archäologische Forschungsdaten zugrunde liegen. ³⁴⁰ Jedoch wurde bereits 1983 ein Volumenmodell eines historischen Gebäudekomplexes erstellt, als John Woodwark die römische Tempelanlage in Bath digital rekonstruierte und dabei auf archäologische Daten zurückgreifen konnte, wie im vorangegangenen Kapitel bereits dargelegt wurde. Das zwischen 1984 und 1986 realisierte Projekt zu Old Minster umfasst somit die ersten digitalen Modelle einer Kirche. Dies ist insofern bemerkenswert, als die frühen digitalen Rekonstruktionen der 1980er-Jahre vornehmlich antike Bauwerke zum Gegenstand hatten, wie der historische Überblick aufgezeigt hat. Laut Paul Reilly zeichnet sich die Arbeit zu Old Minster im Rückblick durch folgende Faktoren aus:

»It was a large and complex model for the period. It was based on CSG modelling, and the development of perspective views was novel for this kind of solid modelling technology. The investment in CPUs and storage, not to mention the investment in very high-calibre computer scientists was unheard off at that point in time. And of course it had the animation, which could be played in public places and broadcast on TV.« ³⁴¹

Der Archäologe macht hier deutlich, dass eine computertechnisch realisierte Rekonstruktion Mitte der 1980er-Jahre ein sehr aufwendiges und komplexes Unterfangen war, vor allem hinsichtlich des Rechenaufwands und der damit verbundenen Rechenzeit. ³⁴²

Somit kann man hier von einem ambitionierten Projekt sprechen, das erst durch das Engagement von Experten unterschiedlicher Professionen umgesetzt

■ 340

Vgl. Bentkowska-Kafel 2009, S. 150 u. Webseite »3DVisA« des King's College, London: <http://3dvisa.cch.kcl.ac.uk/project12.html>.

■ 341

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, [Frage 1](#).

■ 342

Dies verdeutlicht sich auch im Interview mit Andy Walter. Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#).

werden konnte. Demnach trugen Faktoren aus verschiedenen Bereichen wie Technologie, Expertise sowie Vermittlung dazu bei, dass die 3D-Modelle von Old Minster Mitte der 1980er-Jahre eine Besonderheit darstellten. Selbst bis heute scheinen sie eine besondere Stellung in der Forschung einzunehmen, denn die Kirche wurde weder vor noch nach der digitalen Rekonstruktion des **IBM UKSC** Gegenstand eines wissenschaftlich erarbeiteten 3D-Modells. Das Gotteshaus hat eine regionale beziehungsweise landesgeschichtliche Bedeutung und rückte möglicherweise daher kaum in den Fokus internationaler Forschungsprojekte. Zudem existiert seit 1962 das **Winchester Excavation Committee** mit dem Direktor Martin Biddle, das die primären Daten zur archäologischen Forschung von Old Minster auswertet und publiziert. ³⁴³

Das auf Initiative von Biddle und Kjølbye-Biddle Mitte der 1980er-Jahre entstandene 3D-Projekt stellte die räumliche Visualisierung ihrer Forschung in damals innovativer Weise dar. Die 3D-Modelle wurden hier nicht primär zur Interpretation vorliegender Daten oder zur Entwicklung neuer Fragestellungen verwendet, sondern bildeten die wissenschaftlichen Erkenntnisse der beiden Forscher in einem neuen Medium ab. ³⁴⁴

Kurz nach ihrer Entstehung und auch in den Jahren danach erhielt die digitale Rekonstruktion von Old Minster ein breites Medienecho. Wie bereits erläutert kam es 1986 zur Erstellung des zweiten **Minster Movie** aufgrund der Anfrage des British Museum. So wurde diese Visualisierung in einer Ausstellung eines der bedeutendsten Museen für Kulturgeschichte der Welt der Öffentlichkeit präsentiert. Auch in Zeitungen und Magazinen finden sich Artikel über das Winchester-Projekt und im Fernsehen wurden entsprechende Berichte gesendet. ³⁴⁵

Allerdings ist es verwunderlich, dass die Renderings der digitalen Rekonstruktion von Old Minster generell kaum in wissenschaftlichen Publikationen zu finden sind. ³⁴⁶ Auch in den Veröffentlichungen der Initiatoren des 3D-Projekts sind keine Abbildungen davon integriert. Scheinbar wurde in den 1980er- und 1990er-Jahren zwar ein Potential zur Vermittlung der Baugeschichte anhand der Filme mit virtuellem Rundgang gesehen, jedoch wurde die Möglichkeit auch Standbilder zu veröffentlichen nicht wahrgenommen. Da die wissenschaftliche Qualität der 3D-Modelle durch die aktive Mitwirkung der Archäologin Kjølbye-Biddle gewährleistet war, müssen die Gründe also an anderer Stelle – vielleicht auf Seiten der Verlage – gesucht werden. Paul Reilly attestiert dem Projekt dennoch eine große Wirkkraft, indem es in den 1980er- und frühen 1990er-Jahren weitere gemeinsame Arbeiten von Informatikern und Archäologen inspirierte. ³⁴⁷

Bemerkenswert an dem 3D-Projekt ist, dass es 30 Jahre nach seiner Entstehung digital restauriert wurde. Wie bereits dargelegt, begannen Paul Reilly, Stephen Todd und Andy Walter damit im Jahr 2015. Allein dieser Aufwand – denn die damals verwendete Hard- und Software ist heute (fast) nicht mehr zugänglich – zeigt die Bedeutung des Projekts aus den 1980er-Jahren. Der Grund für die Restaurierung waren laut Reilly mehrere Anfragen von Wissenschaftlern, die an Bildern und Videos des 3D-Modells interessiert waren, was schließlich in der Veröffentlichung im Online-Journal **DAACH** mündete und auch die Publikation der beiden **Minster Movies** umfasste. ³⁴⁸

Das Rendering von Old Minster, das im Rahmen der Aufarbeitung des 3D-Projekts online präsentiert wird, stellt einen deutlichen Mehrwert dar. Denn

■ 343

Vgl. Webseite des »Winchester Excavations Committee«: <http://winchesterstudies.org.uk/>.

■ 344

Vgl. Reilly 1992, S. 154.

■ 345

U. a. sind hier zu veröffentlichen Artikel exemplarisch zu nennen: Reilly 1989; Woodwark 1991; Reilly/Weber 1991. Zur Ausstrahlung im Fernsehen vgl.: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 33; Woodwark 1991, S. 19.

■ 346

Eines der wenigen Beispiele ist: Reilly 1992, S. 147–173, Abb. 12.3 u. Abb. 12.5.

■ 347

Vgl. Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 7.

■ 348

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 33.

mittels dieser WebGL-Anwendung kann sich der Benutzer eigenständig um und in dem digital rekonstruierten Gebäude bewegen, im Gegensatz zu den beiden **Minster Movies**.

Die von Paul Reilly, Stephen Todd und Andy Walter realisierte Aufbereitung der aus den 1980er-Jahren stammenden digitalen Rekonstruktion von Old Minster ist als ein Pilotprojekt zu sehen, das noch heute Vorbildcharakter besitzt. So sieht auch Paul Reilly in dieser Initiative folgendes Potential:

»I think that project and the DAACH paper has reinforced awareness that these models are transient things unless actively curated, which in turn stimulates a ›historical‹ interest in the projects, approaches, media, and the models themselves.« 349

■ 349

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 8.

Dies zeigt, dass fast vergessene Dateien und Daten von 3D-Rekonstruktionen auch heute noch von Relevanz für die Forschung sind und es sich lohnt diese zu bewahren, aufzubereiten und zu veröffentlichen. Denn diese 3D-Modelle werden im Laufe der Zeit selbst zu historischen Artefakten, die wiederum erforscht werden, wie die vorliegende Arbeit zeigt.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

3.3 Cluny III (asb baudat, 1989)

Das 1989 von der Firma **asb baudat** unter Federführung des Architekten Manfred Koob realisierte 3D-Projekt zu Cluny III kann als eine der ersten in Deutschland computertechnisch erstellten Rekonstruktionen eines komplexeren Bauwerks gelten. Sie wurde auf Basis der damals vorliegenden, umfangreichen architekturhistorischen Forschung zu der nicht mehr existierenden Abteikirche Cluny III realisiert, um im Rahmen eines Fernsehdokumentarfilms präsentiert zu werden.

Baugeschichte der Klosterkirche Cluny III

Die als Cluny III bezeichnete romanische Abteikirche war zur Zeit ihrer Erbauung die mit Abstand größte Kirche Europas. ³⁵⁰ Die maximalen Ausmaße des heute nicht mehr existierenden Baus betragen rund 194 Meter in der Länge und 30 Meter in der Höhe. ³⁵¹ Errichtet wurde die Kirche zwischen 1088 und 1130 unter Abt Hugo von Semur nördlich ihres Vorgängerbaus Cluny II, der bereits Mitte des 10. Jahrhunderts abgerissen worden war, da für die wachsende Klostergemeinschaft weitere Kapellen, ein größerer Chorraum sowie ausreichend Platz für Prozessionen benötigt wurden. Verschiedene Legenden erzählen, dass einem gewissen todkranken Mönch Gunzo Petrus erschienen sei, der ihm den Bau einer Kirche aufgetragen habe. ³⁵² Laut historischen Quellen lebte zu dieser Zeit tatsächlich ein Mönch namens Gunzo in Cluny und starb wohl vor 1092/1093. Ob dieser wirklich am Bau der Kirche in irgendeiner Form beteiligt war, wie teils angenommen wird, ist aus den Quellen letztendlich nicht ersichtlich. Allerdings greift ein 2010 initiiertes und nach ihm benanntes Forschungsprojekt im Rahmen einer 3D-Rekonstruktion von Cluny III diese Legende wieder auf, worauf in einem späteren Abschnitt des Kapitels genauer eingegangen wird.

Die Architektur von Cluny III setzte zur Zeit ihrer Erbauung neue Maßstäbe und beeinflusste den Kirchenbau in Burgund maßgeblich. Sie zeugt von dem Selbstbewusstsein des Clyniazensertums, wie es unter Abt Hugo seinen Höhepunkt erreichte. Der große, prächtige Kirchenneubau spiegelt den Anspruch wieder, die Veränderungen im Leben der Mönche – Ausweitung der Heiligenverehrung, Liturgie, Totengedenken – sowie die Deutungshoheit und Gottesnähe des Ordens auch architektonisch sichtbar werden zu lassen.

Der amerikanische Architekt Kenneth John Conant erforschte den Klosterkomplex über Jahrzehnte hinweg und rekonstruierte Cluny sowohl zeichnerisch als auch in haptischen Modellen. ³⁵³ Auf Vorschlag seines Doktorvaters Arthur

■ 350

Zur Baugeschichte und architektonischen Bedeutung von Cluny III vgl. beispielsweise: Oursel 1993, insbes. S. 7–17; Stalley 1999, insbes. S. 169–172.

■ 351

Die Maßangaben zu Länge und Höhe von Cluny III differieren in der Literatur: Der Kunsthistoriker Roger Stalley gibt die Länge der Kirche mit 635 Feet (ca. 193,5 m) an. Vgl. dazu: Stalley 1999, S. 169. Der Historiker Raymond Oursel spricht von 29,50 m in der Höhe und 187 m in der Länge. Vgl. Oursel, S. 9–10.

■ 352

Hintergründe zu Gunzo sind zu finden in: Kohnle 1993, S. 60–63; Carty 1988.

■ 353

Informationen zu Conants Forschung zu Cluny sind zu finden in: Fergusson 1985. Die Angaben zum Geburtsjahr des Architekten variieren in der Literatur, meist wird das Jahr 1894 genannt, bei Peter J. Fergusson steht 1895. Zu weiteren biografischen Informationen zu Conant vgl. Übersicht zur Person auf der Webseite von »Mapping Gothic France«: <http://mappinggothic.org/person/454>.

Kingsley Porter entschied er sich um 1924, Cluny III archäologisch zu untersuchen. Unter seiner Leitung fanden 1928 erste Ausgrabungen am Standort der im Zuge der Französischen Revolution zerstörten Kirche statt und wurden schließlich über 20 Jahre lang fortgeführt. Bis 1950 wurden so insgesamt rund 5.000 teils skulptierte Steinfragmente mit Unterstützung der **Medieval Academy of America** sowie der **Guggenheim Foundation** ausgegraben. ³⁵⁴ Die Ergebnisse der archäologischen Ausgrabungen, die er mit historischen Plänen und Abbildungen der Kirche in Beziehung setzte, erläuterte Conant in verschiedenen Publikationen. ³⁵⁵

■ 354

Vgl. Dorozynski 1993, S. 544.

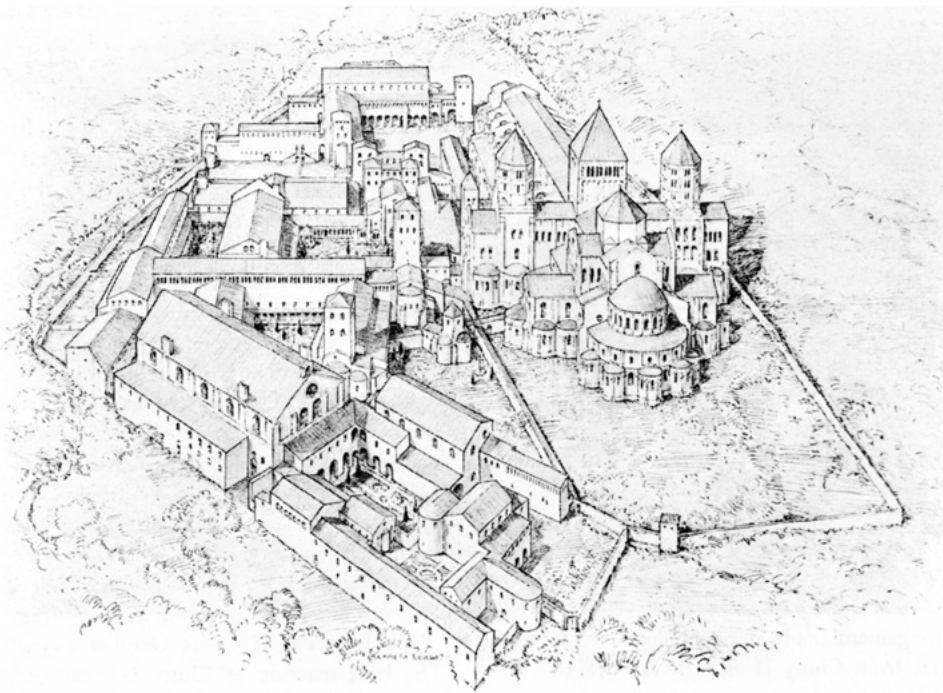
■ 355

Auswahl an Publikationen von Kenneth John Conant zu Cluny III: Conant 1942; Conant 1959; Conant 1968.

■ 356

Sämtliche von Kenneth John Conant angefertigten Zeichnungen, Pläne, Grundrisse, Schnitte etc. sind publiziert in: Conant 1968.

Zudem rekonstruierte er die Abteikirche Cluny III in zahlreichen Grundrissen, Schnitten und Ansichten nach seinen Erkenntnissen. ³⁵⁶ Ein Beispiel hierfür ist eine von Conant stammende Zeichnung, in der er die gesamte Klosteranlage darstellt, wie sie um das Jahr 1157 ausgesehen haben könnte ⁵⁹. Sie zeigt, wie sich die Proportionen der Kirche in Relation zu dem sie umgebenden Klosterkomplex verhalten. Allerdings gibt sie weniger gesicherte Informationen über die architektonische Disposition wieder, sondern vermittelt vielmehr eine Atmosphäre: Die Bauten sind von angedeuteten Bäumen und Wiesen umrahmt, alle Details sind gleichwertig dargestellt, es existiert keine Abstufung im Anzeigen von Wahrscheinlichkeiten.

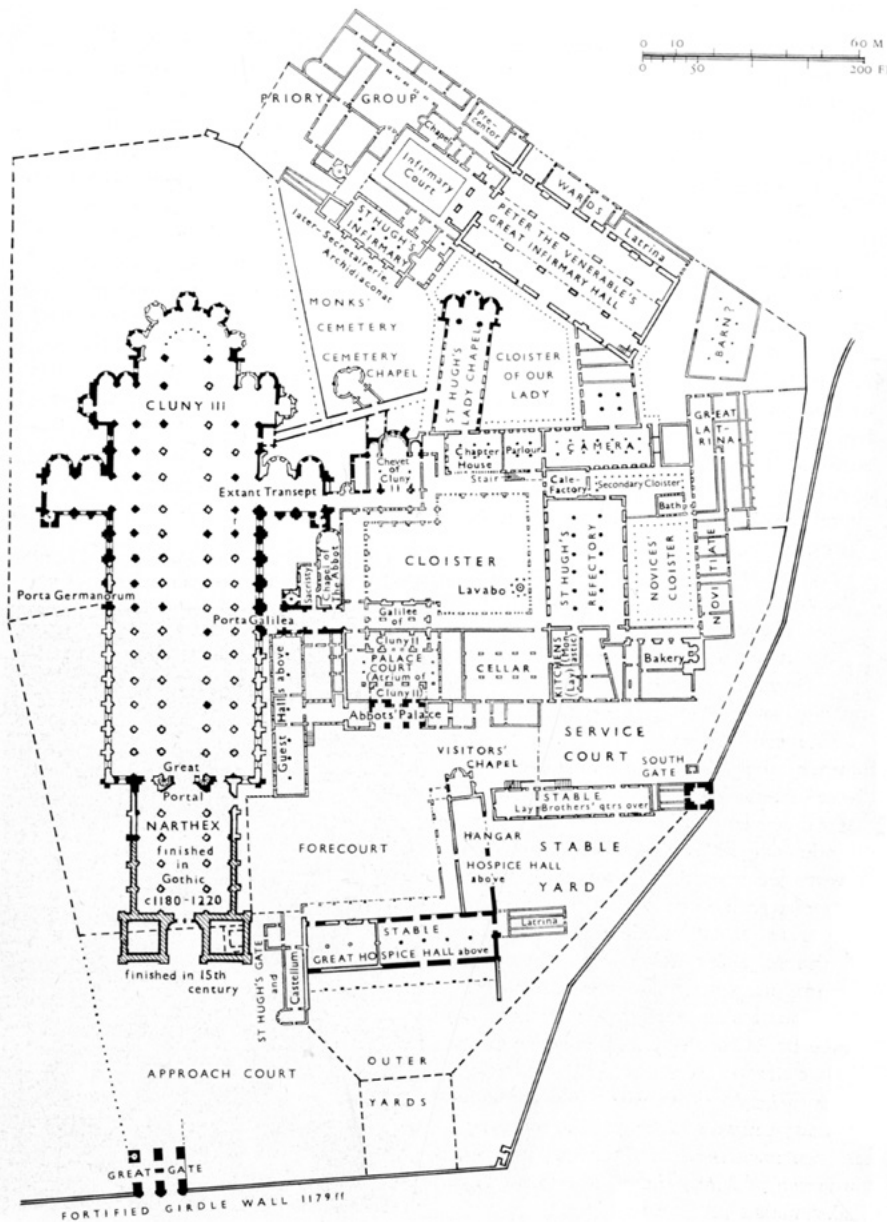


□ 59

Rekonstruktionszeichnung der Klosteranlage von Cluny III um das Jahr 1157, Blick von Südosten, Kenneth John Conant, um 1968.

In Conants Grundriss der Klosteranlage wird die Komplexität und Größendimension der mit fünf Schiffen und zwei Querhausarmen ausgestatteten Kirche Cluny III eindrucksvoll vor Augen geführt ⁶⁰. Vom Portal, das an der Nord- und Südseite von jeweils einem Turm eingerahmt wird, führt eine dreischiffige Vorhalle zum Hauptraum der Kirche. Das Mittelschiff weist eine größere Höhe auf als die vier Seitenschiffe, die jeweils durch Strebepfeiler voneinander getrennt sind. Über der Mitte des Hauptquerschiffs erhebt sich der Vierungsturm als höchster der Kirche, an seinem Süd- und Nordarm ragt jeweils ein achteckiger Turm in die Höhe. Auch über dem kleineren Querschiff befindet

sich ein achteckiger Turm, wengleich er etwas niedriger gehalten ist. Jeweils zwei geostete Kapellen schließen sich an das Hauptquerschiff an, an das kleinere je drei. Die Apsis ist als Umgangschor gestaltet mit insgesamt fünf Kapellen.



□ 60
Plan der Klosteranlage von Cluny III, 1157,
Rekonstruktion von Kenneth John Conant,
1987.

Im Inneren weist Cluny III einige architektonische Details auf, die für diese Zeit ungewöhnlich sind: Der Wandaufriß gliedert sich in Arkaden- und Triforiumszone sowie einen Obergaden. Zudem verfügt die Kirche über tragende Spitzbögen, die in dieser Form nördlich der Alpen erstmalig so konsequent verwendet wurden. Mehrheitlich sind es Spitztonnen, die die Räume in Cluny III überwölben und in den Querschiffen besonders spitz zulaufen.

Die Klosterkirche, die einst sehr prachtvoll und architektonisch beeindruckend war, ist heute nicht mehr erhalten. Im Zuge der Französischen Revolution wurde sie abgerissen und als Steinbruch verwendet. **357** Lediglich der Südarm des Hauptquerschiffs mit seinem achteckigen Vierungsturm ist erhalten

geblieben ^[61]. Aber schon allein an diesem Gebäudefragment lässt sich für den heutigen Besucher erahnen, welch riesige Ausmaße die Kirche einmal hatte. Manfred Koob hat ihre Superlative prägnant auf den Punkt gebracht:

»Cluny III, die größte Kirche des christlichen Abendlands bis zum Bau des Petersdoms in Rom, größer als der Dom zu Speyer, Höhepunkt der romanischen Baukunst, Geburtsstunde der Kathedrale, das Größte, was das Mittelalter hervorgebracht hat.« ³⁵⁸

■ 358

Koob 1994 (Die 3-Dimensionale Rekonstruktion) S. 109.



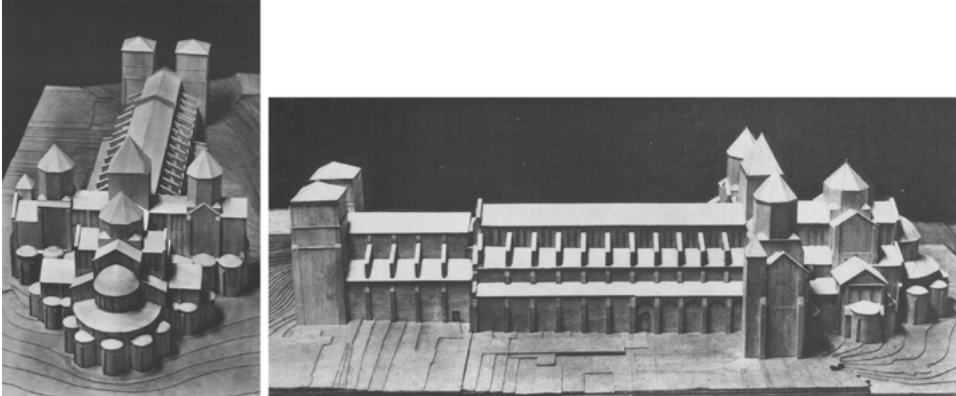
□ 61

Noch erhaltener Südarm des Hauptquerschiffs der Klosterkirche Cluny III, Fotografien Public Domain, 2005.

Wissenschaftshistorischer Vorlauf – Cluny III rekonstruiert in Zeichnungen, Plänen und haptischen Modellen

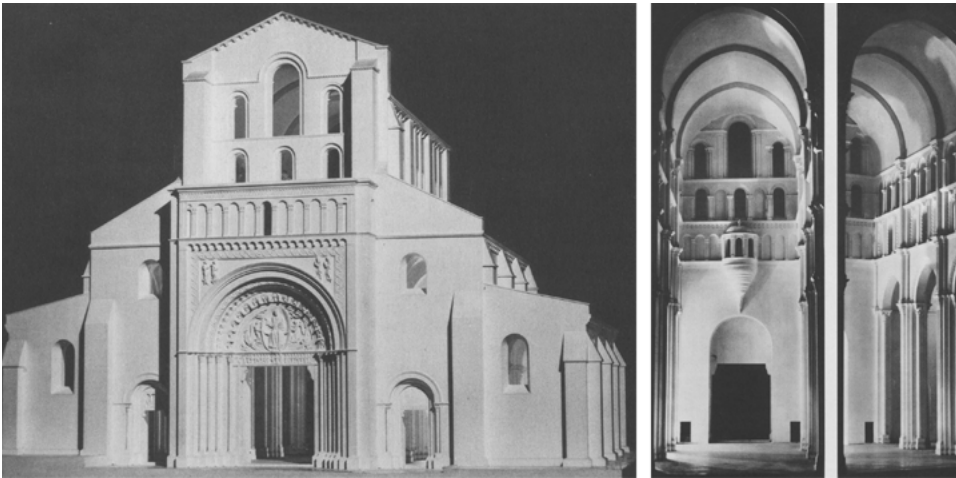
Mit Conants Initiative rückte die Klosterkirche in den 1920er-Jahren in den Fokus archäologischer, kunst- und architekturhistorischer Forschung. So wurden nach seinen Plänen auch Architekturmodelle geschaffen. In einem von Hilberry und Hilberry gefertigten Holzmodell ist die Kirche auf einer Platte aufgebracht, die die Charakteristiken ihres Standorts grob nachbildet ^[62]. So sind Höhenunterschiede anhand von dünnen, aufeinander geschichteten Holzplatten plastisch dargestellt. Diese Anordnung erinnert – insbesondere bei Schwarz-Weiß-Fotografien des Modells – an Höhenlinien, wie sie in Landkarten zu finden sind. Die einzelnen Gebäudeteile sind als massive Stücke in geometrischen Grundformen wie Pyramide, Quader, Zylinder oder Halbkugel zu einem Ganzen zusammengesetzt. Da auf die Darstellung von Details wie Fenster, Mauerwerk, Türen und Gebäudeschmuck komplett verzichtet wurde, tritt die Grundform der Architektur in den Vordergrund. Das Volumen des Kirchenbaus wird auf diese Weise anschaulich herausgearbeitet.

Allerdings wurde auf Grundlage von Conants Forschung auch ein Modell angefertigt, das sämtlichen Bauschmuck von Cluny III wie Kapitelle, Friese oder Reliefs detailliert nachbildet ^[63]. Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass es auch das Innere der Klosterkirche wiedergibt. Conant publizierte Fotografien des Innenraums, die den Eindruck erwecken, es handle sich hier um ein noch existierendes Bauwerk. Dazu trägt zu einem großen Teil auch die raffinierte Lichtführung bei, die die architektonischen Details plastisch hervortreten lässt.



□ 62

Modell der Klosterkirche Cluny III mit Blick auf den Kapellenkranz (links) und die Südfassade (rechts), aus Holz gefertigt von E. S. Hilberry und H. H. Hilberry, Fotografien Combier.



□ 63

Haptisches Modell der Klosterkirche Cluny III, Ansicht der Westfassade vor Errichtung des Narthex (links), Blick in das Hauptschiff in Richtung Westen (Mitte) und Norden (rechts), gefertigt von Ehepaar Latapie in Zusammenarbeit mit Conant, Fotografien von G. Arens.

Ein weiteres auf Conants Forschung basierendes, haptisches Modell von Cluny III, das heute in der Galerie des moulages im Pariser Architekturmuseum Cité de l'architecture et du patrimoine (ehemals Musée des monuments français) steht, wurde zwischen 1939 und 1940 realisiert ⁶⁴. ³⁵⁹ Für dieses Modell wurden die heute noch existierenden Gebäudeelemente in Holz gefertigt und farbig bemalt. Die übrige Architektur wurde in dünnen, weiß gefärbten Metalldrähten dargestellt. So hat der Betrachter einen Eindruck davon, welcher kleiner Bruchteil der Klosterkirche noch erhalten ist und in welchem Verhältnis dieser zum Rest des Baus steht. Diese Darstellungsweise erinnert stark an digitale Drahtgittermodelle – worauf in diesem Kapitel an späterer Stelle noch eingegangen wird – und verleiht dem Objekt große Anschaulichkeit, zumal es vor einer roten Wand präsentiert wird und sich dadurch die Metalldrähte wie eine feine Zeichnung vom Hintergrund abheben.

■ 359

Für Informationen zum hier erwähnten Modell von Cluny III im Architekturmuseum Cité de l'architecture et du patrimoine in Paris vgl. Webseite des Museums: <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/article/maquettes-historiques>.



□ 64

Modell der Klosterkirche Cluny III, Zustand 11.–12. Jahrhundert, Modell aus Holz und Metalldrähten, 1939–1940, Cité de l'architecture et du patrimoine, Fotografie von David Bordes.

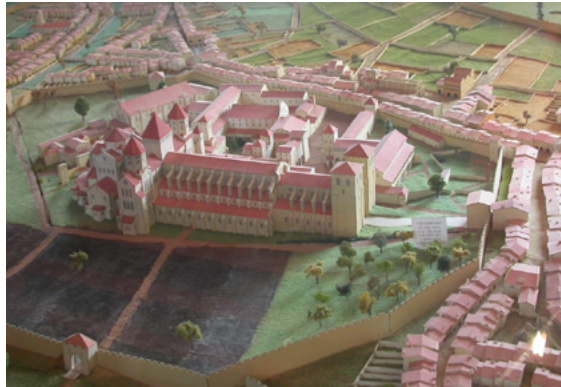
■ 360

Zum Modell der Klosteranlage im Musée d'art et d'archéologie in Cluny vgl. Webseite zum Museum: http://www.musees-bourgogne.org/popup/musee_bourgogne_historique.php?lg=fr&id_musee=26&info=-descriptif_detail; Hartmann-Virnich 2004, S. 62, Abb. 78. Unterlagen zur Aufnahme des Modells in die Sammlung des Musée d'art et d'archéologie in Cluny wurden zur Verfügung gestellt von Virginie Goutayer, Centre des monuments nationaux.

■ 361

Informationen zu den hier beschriebenen haptischen Modellen aus den 1990er-Jahren wurden zur Verfügung gestellt von Virginie Goutayer, Centre des monuments nationaux.

Heute steht im Musée d'art et d'archéologie in Cluny ein farbig gefasstes Modell, das die gesamte Klosteranlage sowie die umgebenden Häuser, Felder und Stadtmauern zeigt, wie sie um 1250 ausgesehen haben könnten ^[65]. ³⁶⁰ Es wurde von Francis Clement um 1984/1985 aus Papier und Karton gefertigt und am 8. April 1991 in die Sammlung des Museums aufgenommen. Das Modell, das einen Durchmesser von drei Metern aufweist, steht seitdem im Eingangsbereich des Ausstellungsgebäudes. Viele kleine Details wie Fenster, Türen, Dachgauben, Bäume, Fußwege, Felder, Mauern und nicht zuletzt die realistische Farbgestaltung lassen dieses Modell wie eine realitätsgetreue Wiedergabe des historischen Klosters wirken, die auf gesicherten Informationen zu beruhen scheint.



□ 65

Modell der Klosteranlage Cluny III mit umgebenden Häusern um 1250, Musée d'art et d'archéologie in Cluny, Papier und Karton, Francis Clement, um 1984/1985.

In den 1990er-Jahren wurden mehrere haptische Modelle von Cluny III gebaut, die heute in der Passage Galilée in Cluny ausgestellt und speziell für sehbeeinträchtigte Besucher gefertigt sind. ³⁶¹ Beispielsweise erstellte Roger Veysset 1994 ein haptisches Holzmodell auf Basis von Conants Forschungen, das auch optisch an das zuvor beschriebene Modell des Amerikaners erinnert ^[66]. Denn auch hier sind Details wie Fenster, Eingänge oder Bauschmuck nicht ausgeführt. Die Architektur wird durch geometrische Körper gebildet. Bauliche Fragmente, die noch heute erhalten sind, wurden in Metall dargestellt. So lässt sich für den Betrachter sowohl haptisch als auch visuell gut erkennen, welcher großer Bereich der Kirche heute nicht mehr existiert. Unterschiede zu Conants Modell lassen sich dennoch feststellen. So sind in dem Modell hier Spitzen auf mehreren Türmen relativ hoch gezogen und sehr spitz dargestellt, bei Conant sind sie eher gedungen.



□ 66

Haptisches Modell der Klosterkirche Cluny III, Holz (rekonstruierte Architektur) und Metall (noch existierende Gebäudeteile), Passage Galilée in Cluny, Roger Veysset, 1994.

■ 362

Informationen zu diesem haptischen Modell wurden zur Verfügung gestellt von Virginie Goutayer, Centre des monuments nationaux.

■ 363

Diese Rekonstruktionszeichnung ist in folgendem Werk von Kenneth John Conant abgebildet, jedoch ohne Angabe zu ihrem Urheber. Er bezeichnet sie als »contemporary air view«. Vgl. Conant 1987, S. 198, Abb. 147.

1996 führte Veysset ein weiteres Modell in Holz aus, das ebenso auf Conants Forschung basiert, allerdings mit dem Querschnitt durch die fünf Schiffe der Abtei nur einen Ausschnitt des Innenraums von Cluny III darstellt. ³⁶²

Neben all diesen haptischen Modellen existieren auch Rekonstruktionszeichnungen unterschiedlicher Art von Cluny III. Beispielsweise wurde in den 1980er-Jahren in eine zeitgenössische Luftaufnahme das Abbild der Kirche hineingezeichnet ⁶⁷. ³⁶³ Diese Art der Darstellung weist insbesondere durch die Einbettung des Bauwerks in den urbanen Kontext einen großen visuellen Mehrwert auf. Auch die Ausmaße der Kirche werden dadurch sehr anschaulich verdeutlicht. Durch die Fotografie wirkt die eingebrachte zeichnerische Hypothese zudem relativ realistisch und erinnert in ihrer Erscheinungsweise an ein digitales 3D-Modell, worauf an späterer Stelle genauer eingegangen wird.



□ 67

Rekonstruktionszeichnung, die Cluny III um 1798 zeigt, in Luftaufnahme eingezeichnet, um 1987.

■ 364

Die Kritikpunkte an Conants Forschung fasst der Kunsthistoriker Roger Stalley zusammen: Stalley 1999, S. 171-172.

■ 365

Vgl. Kohnle 1993, S. 61-62; Stalley 1999, S. 171-172.

Allerdings sind einige von Conants Thesen zu Cluny III in der Forschung umstritten: ³⁶⁴ Laut Conant verlief die Erbauung der Abteikirche konsequent von Ost nach West, beginnend mit den Kapellen des Chorumgangs. Allerdings lassen verschiedene Unstimmigkeiten in der erhaltenen Struktur des Baus an dieser Vermutung zweifeln. Auch war laut Conant der Bau bis 1109 größtenteils abgeschlossen, was in Hinblick auf die durch Papst Innozenz II. erst im Jahr 1130 durchgeführte Weihe merkwürdig anmutet. Die Umstände und Ursachen des im Jahr 1125 erfolgten teilweisen Einsturzes der Kirche werden in der Forschung stark diskutiert. Während Conant die These vertritt, dass das Gewölbe des Längsschiffs einstürzte, ist sein französischer Kollege Francis Salet der Meinung, dass das Gewölbe des nördlichen Querschiffs nachgab. Ein weiterer Kritikpunkt an Conants Forschung ist dessen Zuschreibung des Baus von Cluny III an den Mönch Gunzo, denn dazu gibt es keine Quellen, vielmehr handelt es sich bei dieser Annahme um eine eher idealistische Interpretation. ³⁶⁵

Bis heute ist Cluny immer wieder Gegenstand der kunst- beziehungsweise architekturhistorischen und archäologischen Forschung. Zuletzt wurden Ende der 2000er-Jahre, im Rahmen des 1100. Jahrestags der Gründung des

■ 366

Vgl. Rollier-Hanselmann 2009.

■ 367

Hintergründe zur Entstehung des 3D-Modells von Cluny III sind zu finden in: Grellert 2007, S. 495–497; Koob 1993, insbes. S. 58–59 u. S. 64; Koob 1994 (Die 3-Dimensionale Rekonstruktion), insbes. S. 109 u. S. 115.

■ 368

Grellert 2007, S. 496.

■ 369

Manfred Koob gilt als einer der Pioniere und Vordenker im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur. Er wurde 1992 zunächst als Gastprofessor, 1995 schließlich als ordentlicher Professor an die Technische Hochschule Darmstadt (heute: Technische Universität Darmstadt) berufen. Vgl. Trauer um Manfred Koob (2011).

Klosters, umfassende archäologische Untersuchungen durchgeführt, die letztendlich in einer 3D-Rekonstruktion der Kirche mündeten, wie noch erläutert wird. ³⁶⁶ Doch zunächst steht das Ende der 1980er-Jahre realisierte, erste digitale Modell von Cluny III im Fokus der Untersuchung, die mit einer Darlegung des Entstehungskontexts beginnt, als Grundlage für die darauf aufbauende Analyse der computertechnischen Visualisierung.

Entstehungskontext des 3D-Projekts

Initiator des 3D-Projekts zur digitalen Rekonstruktion von Cluny III war der Kunsthistoriker Ulrich Best, der Ende der 1980er-Jahre als Drehbuchautor beim Südwestfunk Baden-Baden (SWF, heute Teil des SWR – Südwestrundfunk) an dem Dokumentarfilm **Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier** zur Geschichte des deutschen Kaisergeschlechts der Salier arbeitete. ³⁶⁷

Einen wichtigen Teil der Geschichte der Salier verkörperte auch die Klosterkirche von Cluny, die in dem Film gezeigt werden sollte. Problematisch war jedoch, dass bis auf einen einzigen Turm baulich nichts mehr von ihr vorhanden ist. Bis 1989 vermittelten einzig wenige Architekturmodelle, historische Drucke, Gemälde und Texte sowie die darauf basierende, in jahrzehntelanger Forschung des amerikanischen Architekten Kenneth J. Conant erstellte, zweidimensionale Rekonstruktion von Cluny III einen Eindruck der imposanten Klosteranlage.

Das Filmteam plante zunächst ein Architekturmodell der Kirche zu filmen. So wollten sie das Gebäude zumindest von außen im Ganzen zeigen. Dieser Plan scheiterte aber daran, dass der über dem Modell befindliche Glassturz nicht abgehoben werden konnte. Aus der Not geboren entwickelte Ulrich Best sodann die Idee, das Innere und Äußere von Cluny III in Form einer Computer-Simulation für den Dokumentarfilm rekonstruieren zu lassen.

Ende der 1980er-Jahre grenzte das Unterfangen, ein derart komplexes Gebäude digital nachzubauen, fast an Unmöglichkeit, was den finanziellen und zeitlichen Aufwand betraf. Horst Cramer, ein Kollege von Best aus der SWF-Redaktion, machte die im Bauwesen tätige Firma **asb baudat** ausfindig, die einen entscheidenden Vorteil gegenüber sämtlichen auf 3D-Visualisierung spezialisierten Firmen bot: die Mitarbeiter hatten Kenntnisse im Bereich Architektur und Erfahrung mit CAD. Zudem verfügten sie im Gegensatz zu den damaligen Architekturbüros auch über das technische Equipment zur Erstellung von Bewegtbildern. Dieses Know-How war ein ausschlaggebender Faktor, denn das große Ziel von Best und seinen Kollegen war, eine historisch und architektonisch korrekte Rekonstruktion von Cluny III erstellen zu lassen:

»Wir wollten nicht einen hochauflösenden Zeichentrickfilm anhand von Stichen, sondern Cluny mit den Plänen von Conant architektonisch wiedererwecken – wir wollten die ganze Kirche von Cluny im Computer haben, um damit um das Gebäude herum und in ihm umher gehen zu können. Wir wünschten es uns exakt.« ³⁶⁸

So kam die Zusammenarbeit von Manfred Koob, einem der Geschäftsführer von **asb baudat**, und dem SWF zustande. ³⁶⁹ Die insgesamt nur vier Minu-

■ 370

Vgl. Behringer 1991, S. 68.

■ 371

Koob 2000, S. 1269.

■ 372

Das Innere der Klosterkirche Cluny III wurde beispielsweise in historischen Zeichnungen aus dem 18. Jahrhundert dargestellt, in Aufrissen und Ansichten von Kenneth John Conant aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sowie in wenigen haptischen Modellen, die nach Conants Rekonstruktion gefertigt wurden. Vgl. umfangreichen Bildteil in: Conant 1968.

■ 373

Koob 1993, S. 59.

■ 374

Eine Erläuterung der elf Phasen ist mit umfangreicher Bebilderung zu finden in: ebd., S. 59–83.

■ 375

Vgl. Conant 1968, Abb. 68–73.

ten dauernde Sequenz der digitalen Rekonstruktion von Cluny III war am Ende der kostspieligste Teil des gesamten Dokumentarfilms. ³⁷⁰ Der Kostenvoranschlag umfasste damals etwa 200.000 DM. In der Rückschau bezifferte der Architekt die Kosten für ein solches Vorhaben mit etwa 300.000 DM. Koob erläuterte etwa zehn Jahre später, dass ein solches Projekt Ende der 1980er-Jahre nur durch das Zusammentreffen folgender drei Faktoren realisiert werden konnte:

»Die für Anwender zugänglichen Rechner waren leistungsstark genug, um dreidimensionale Datensätze in bewegte Bilder umzusetzen, die Softwareentwicklung war in einem Stadium, die es dem Nichtinformatiker, also auch dem Architekten, erlaubte, mit komplexen Strukturen wie Cluny III zu arbeiten; außerdem war eine Darstellungsqualität im Bild erreicht, die allgemein akzeptiert werden konnte.« ³⁷¹

Hier wurde auch der Innenraum der Kirche visualisiert, der bei früheren Rekonstruktionen von Cluny in diesem Umfang nicht abgebildet worden war. ³⁷² Mit dem 3D-Modell war es also möglich auch das Innere in seiner Gesamtheit und mit seinen architektonischen Zusammenhängen zu betrachten und sogar begehen zu können.

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Für die Rekonstruktion von Cluny III händigten die Auftraggeber der Firma asb baudat insgesamt sechs DIN A4-Seiten aus, allesamt Kopien: »ein Grundriß, ein Schnitt, zwei Ansichten und je eine Perspektive aus dem Narthex und dem Hauptschiff.« ³⁷³ Mit Hilfe der Software speedikon, die von der Firma IEZ AG für das Bauwesen entwickelt wurde, sowie mit deren neuem 3D-Modul, konnte das Projekt umgesetzt werden. Beide Firmen arbeiteten zu diesem Zeitpunkt bereits seit etwa zehn Jahren zusammen. Die zur Verfügung stehende Hardware konnte in Verbindung mit Grafikkarten eine für damalige Verhältnisse relativ große Rechengeschwindigkeit aufweisen.

Die Rekonstruktion von Cluny III wurde an die historische Vorgehensweise bei der Errichtung eines Bauwerks angelehnt und in insgesamt elf Phasen unterteilt: ³⁷⁴ Die Grundlage der Rekonstruktion bildeten Conants zwar umstrittene, aber zu diesem Zeitpunkt immer noch umfangreichsten Forschungen zu Cluny (Phase 1). Zudem wurden Filmausschnitte, die die noch erhaltenen Teile der Klosterkirche zeigen, herangezogen. Aber auch die westlich von Cluny gelegene Kirche Sacré Cœur in Paray-le-Monial, die auch als sogenanntes Klein-Cluny bekannt ist, diente als Vorbild für die digitale Rekonstruktion. Videos und Abbildungen dieses Gebäudes fanden Verwendung bei der Entwicklung der Oberflächen und des Lichteinflusses sowie bei Fragen zur Raumwirkung.

Da keine historischen vermaßten Pläne existieren, wurden die Proportionsverhältnisse von Cluny III und der romanischen Baukunst allgemein aus der Literatur entnommen, analysiert und in den Computer eingegeben (Phase 2). So konnten Maßangaben aus einigen Plänen von Conant entnommen werden, die sowohl in Grundrissen als auch in Schnitten vorhanden waren. ³⁷⁵

Darauf aufbauend wurden sogenannte Schnurgerüste erstellt, die als Markierung für sämtliche Achsen des Gebäudes dienten und mit Informationen auf verschiedenen Ebenen verknüpft waren (Phase 3). In diese wurden alle Bauteile einzeln eingefügt, nachdem sie analysiert und konstruiert worden waren (Phase 4). So konnten auch beispielsweise deren Passgenauigkeit und Proportionsverhältnisse überprüft werden. Aus zeitlichen und damals auch technischen Gründen wurde die Detailliertheit der Rekonstruktion auf ein Minimum beschränkt (Phase 5). ³⁷⁶ Anschließend konnten die einzelnen Bauteile in einem dreidimensionalen Volumenmodell mithilfe der geometrischen Grundkörperformen wie Kugel und Quader modelliert werden (Phase 6) ⁸⁹.

Um den Überblick über die Tausenden von Bauteilen zu bewahren, wurden sie klassifiziert und mit einem individuellen Code eindeutig identifizierbar gemacht (Phase 7). So konnten sie dann zu Bauteilgruppen verbunden werden, wodurch die 7.337 Einzelteile in nur mehr 320 Bauteilgruppen zusammengefügt wurden (Phase 8).

Ein Vorteil der dreidimensionalen Rekonstruktion zeigte sich darin, dass die Bauteilgruppen, die in das 3D-Modell eingefügt wurden, immer auch gleich auf ihre Passgenauigkeit überprüft wurden, wodurch Unstimmigkeiten schnell identifiziert werden konnten (Phase 9). So war es beispielsweise möglich einen Fehler in Conants zweidimensionaler Rekonstruktion aufzudecken: anstelle einer Kugel als geometrischer Grundlage für das Gewölbe im Narthex, wie es der Kreisbogen in Conants Zeichnung vorgibt, konnte das Gewölbe im Computer nur mit einer Kombination von Tori lückenfrei gebildet werden. ³⁷⁷

Zum Abschluss der Rekonstruktion wurden Materialoberflächen und Lichteffekte erarbeitet, was noch fünf Jahre zuvor nur mit Hilfe von kostenintensiven Supercomputern gerechnet werden konnte (Phase 10). Der letzte Arbeitsschritt in der Rekonstruktion von Cluny III war die Erstellung eines Films des digitalen 3D-Modells (Phase 11). Hierfür wurden die Standpunkte eines Betrachters im Modell festgelegt, die in einer bestimmten Reihenfolge abgegangen beziehungsweise abgeflogen werden sollten ⁶⁸. Der so erstellte Plan zeigt, welche Bereiche des komplexen Bauwerks in den Blick genommen werden. Dass die virtuelle Kamera im Querschiff nach oben steigt, wird hier allerdings nicht ersichtlich. Anschließend konnten die Bilder in das für das Fernsehen benötigte PAL-Signal übertragen und auf einer Bildplatte aufgezeichnet werden. Mit dem Schnitt des Films war das Projekt der digitalen Rekonstruktion von Cluny III abgeschlossen.



□ 68

Digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III, mit Kreuzen gekennzeichnete Standpunkte der virtuellen Kamera, »asb baudat«, 1989.

■ 376

Vgl. Koob 1993, S. 72.

■ 377

Laut Koob wurden im Rekonstruktionsprozess für die Bildung des Gewölbes mehrere Kombinationen von geometrischen Körpern getestet: »Kugel/Kugel, Torus/Kugel und Torus/Torus [wobei] letztere die Wahrscheinlichste [war], da sich weder Lücken im Rechnermodell zeigten, noch Maßdifferenzen zu den Ansichten.« Zit. aus: Koob 1993, S. 78.

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – formaler Aufbau und Medium

Es entstand ein etwa dreiminütiger Film, der einen Flug um die Abteikirche herum sowie durch das Innere des Bauwerks beinhaltet und in folgende vier Abschnitte unterteilt werden kann: **378**

■ 378

Manfred Koob unterteilt den Film in folgende drei Szenen: zeitgenössisches Foto der Abtei von Cluny, in das das 3D-Modell hineinprojiziert wird; simulierter Hubschrauberflug um das Äußere der Kirche; Standbilder der Computerrekonstruktion und anschließender Gang durch das Innere der Kirche. Vgl. Koob 1994 (Die 3-Dimensionale Rekonstruktion), S. 115.

1. Cluny III im Kontext der heutigen Bausubstanz (0:00 – 0:06 Min.)
2. Virtueller Flug um das Äußere der digital rekonstruierten Kirche (0:07 – 1:24 Min.)
3. Virtueller Flug durch das Innere der digital rekonstruierten Kirche (1:25 – 3:02 Min.)
4. Standbild vom Äußeren der digital rekonstruierten Kirche (3:03 – 3:09 Min.)

■ 379

Best 1991, S. 29. Die ersten beiden Sätze spricht ein Herr, der in einer Bibliothek sitzt und den Zuschauer offenbar durch die Sendung führt. Alle weiteren hier wiedergegebenen Sätze sprechen eine Frau und ein Mann aus dem Off, während der virtuelle Rundgang erfolgt.

Im Rahmen des Dokumentarfilms **Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier** des Südwestfunks wurde er 1991 im Fernsehen ausgestrahlt. Das Manuskript zur Dokumentation hält folgenden Kommentar zum virtuellen Rundgang bereit:

»Die Technik unseres Jahrhunderts macht es möglich, einen einzigartigen Eindruck zu vermitteln. Mit Hilfe des Computers betreten wir die einstmals größte Kirche der Christenheit. / Schon die Fläche des Gebäudes ist imposant. Ein Ausblick, den seit 200 Jahren niemand mehr haben konnte. Das Längsschiff [Pause] zwei Querschiffe und ein Chorbereich sind fast eine Kirche für sich. Ein Gebirge von Architektur. Die Westfassade mit ihren zwei Türmen, dem Portal und die Vorhalle. / Erst jetzt betreten wir die eigentliche Kirche mit ihren fünf Schiffen. Die Wände sind in der Höhe gegliedert: Arkaden unten, dann das Triforium aus Blendarkaden, darüber die Fenster. Die beiden Querschiffe bieten prachtvolle Perspektiven. Die Hauptapsis. In ihr ein Umgang mit neun Meter hohen Säulen. So konnte eine Prozession den ganzen Innenraum umschreiten. Abt Hugo, der Patenonkel Heinrichs IV., hat diesen Bau errichten lassen.« **379**

Mit diesen Worten begleiten eine Sprecherin und ein Sprecher den virtuellen Flug, der den Eindruck vermittelt, eine Drohne fliege um beziehungsweise innerhalb des Gebäudes. Die computertechnisch rekonstruierte Kirche wird in einzelnen Sequenzen gezeigt, die jeweils miteinander überblendet werden. Auch einige Standbilder werden aneinandergereiht präsentiert. Leichte Änderungen des Blickwinkels der virtuellen Kamera sind nicht fließend, sondern mit einem kurzen »Rucken« verbunden. Das gesamte mit Orgelmusik untermalte Video wird im Folgenden genauer beschrieben als Grundlage für die sich daran anschließende Analyse.

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Virtueller Rundgang

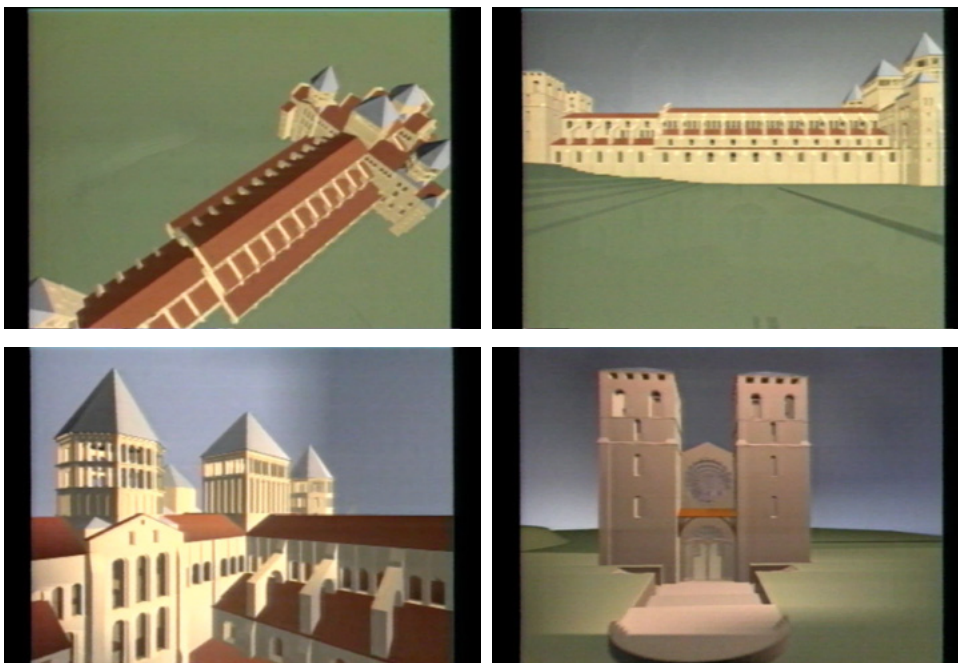
Zu Beginn des Teils der Dokumentation über Cluny ist ein aktuelles Luftbild der Stelle zu sehen, an der einst die Abteikirche stand. In dieses wird dann ein weißer Grundriss eingeblendet, der den genauen Standpunkt der Kirche vermittelt [69]. Die Ausmaße des Baus werden mit dem Ersetzen des Grundrisses durch ein digital erstelltes 3D-Modell von Cluny III deutlich. So hat der Zuschauer eine vage Vorstellung davon, wie die Kirchenanlage von damals in ihrer Umgebung mit der heutigen Bausubstanz wirken würde.



□ 69

Auf die bestehende Bausubstanz projizierter Grundriss von Cluny III (links) und 3D-Modell (rechts) von »asb baudat« erstellt, Filmstills aus der Dokumentation »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 0:03 – 0:06, SWF, 1991.

Der zweite Abschnitt des Films beginnt mit einer Nahansicht des digitalen 3D-Modells mit Blick auf das Dach des Mittelschiffs aus der Vogelperspektive. Das digital rekonstruierte Gebäude ist in eine nur schematisch angedeutete Landschaft gesetzt ohne benachbarte Bauten [70]. Auch Bäume oder andere die Natur andeutende Gewächse fehlen, lediglich der Untergrund ist in einem durchgehenden Grünton gefärbt. Die virtuelle Kamera sinkt nun etwas hinab zu dem Bau und fährt ihn ein Stück Richtung Westen entlang. Es erfolgt ein Schnitt, worauf das Längsschiff der Kirche in der Seitenansicht zu sehen ist. Hierbei kommt das leicht hügelige Gelände, das mit räumlich dargestellten Höhenlinien modelliert ist, in das Blickfeld.

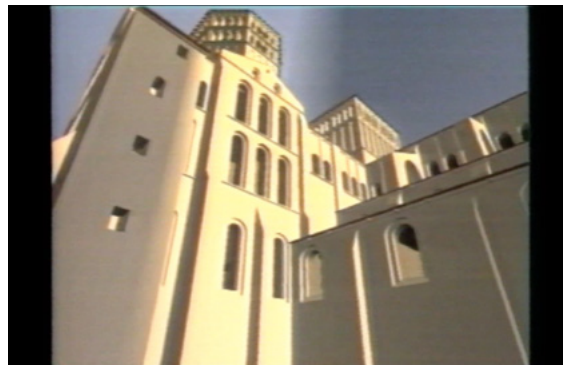


□ 70

Virtueller Rundflug um die von »asb baudat« digital rekonstruierte Klosterkirche Cluny III mit Blick aus der Vogelperspektive, Seitenansicht mit modelliertem Gelände, Blick auf das Hauptquerschiff, Blick auf das Westportal, Filmstill aus der Dokumentation »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 0:20 – 1:16, SWF, 1991.

Die Kamera umfährt nun den mit zahlreichen Apsiden gegliederten Chorbereich der Kirche, deren Wand- und Dachflächen komplett mit Texturen versehen sind. Allerdings sind diese einfarbig gehalten, ohne eine bestimmte Maserung oder Oberflächenstruktur wie Steinquader oder Dachziegel wiederzugeben. So haben die Außenwände eine beige Farbe in Anlehnung an Steine. Alle Dächer sind rot gefärbt mit Ausnahme der Turmdächer, die in Grau gehalten sind. Fenster sowie Eingänge sind ohne Glasscheiben beziehungsweise Holz- oder Eisentüren als bloße Öffnungen in den Wänden dargestellt, die ins Schwarze zu führen scheinen. Die zahlreichen an den Türmen befindlichen Fenster ermöglichen Durchblicke durch das Gebäude und auf den dahinterliegenden Himmel sowie andere Gebäudeteile.

Im Anschluss an die Kamerafahrt erfolgt eine Überblendung auf ein Standbild mit Blick auf die Apsiden und die sich darüber erhebenden Türme des Quer-schiffs aus extremer Untersicht [71]. Nach zwei weiteren Standbildern mit ähnlichem Motiv aus unterschiedlichen Perspektiven, schließt sich eine Überblendung zur Ansicht des Westportals an, auf das sich die Kamera schnell zubewegt, um dann durch das Tor in die Kirche hineinzugleiten.



□ 71
Digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III von »asb baudat«, Blick auf das Hauptquerschiff in extremer Untersicht, Filmstill aus der »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 1:03, SWF, 1991.

Der dritte Abschnitt des Films ist dem Inneren der Kirche gewidmet: In dem sakralen Innenraum sind alle Elemente durchgehend braun oder grau gefärbt, je nach Lichtsituation. Der Boden ist ebenso einheitlich entsprechend braun oder grau. Auf Details wie die Spezifizierung des Fußbodens, Steinmase-rungen von Pfeilern oder geschmückte Kapitelle wurde komplett verzichtet. Dies ist einerseits dem immensen Zeitaufwand geschuldet, der mit einer detaillierten Modellierung verbunden und im Rahmen der Fernsehproduktion nicht durch-führbar gewesen wäre. 380 Andererseits war aufgrund der zu diesem Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Soft- und Hardware die Berechnung einer unendlichen Anzahl an Objekten noch nicht möglich.

Der Blick der Kamera gleitet zunächst auf Augenhöhe durch die Vorhalle, schwenkt kurz nach oben, sodass das Kreuzgewölbe sichtbar wird, und fährt weiter in das Hauptschiff. Sie bewegt sich nun einige Meter über dem Boden, was an den Staffagefiguren, die links an einem Pfeiler stehen, deutlich wird. Diese erinnern aufgrund ihrer Robe an Mönche und geben dem Zuschauer Anhalts-punkte für die Proportionen und die riesigen Dimensionen des Bauwerks [72]. In einem Schwenk nach links oben zur Hochschiffwand, sind die Blendarkaden sowie das Triforium zu sehen. Daran schließen sich verschiedene, kurze Sequen-zen an, in denen die Vierung und die Querschiffe aus unterschiedlichen Perspek-tiven gezeigt werden [73].

■ 380

Die Problematik von Zeitdruck und technischen Einschränkungen erläutert Koob in: Koob 1993, S. 72.



□ 72

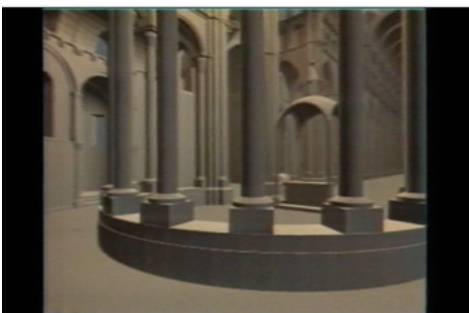
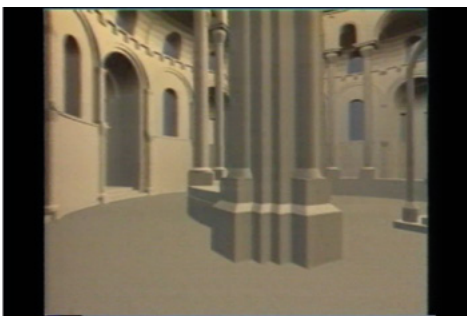
Digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III von »asb baudat«, Blick in das mit Staffagefiguren ausgestattete Hauptschiff, Filmstill aus der Dokumentation »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 1:52, SWF, 1991



□ 73

Digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III von »asb baudat«, Hochschiffwand, Hauptschiff, Querschiff, Vierung (im Uhrzeigersinn), Filmstills aus der Dokumentation »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 2:09 – 2:24, SWF, 1991

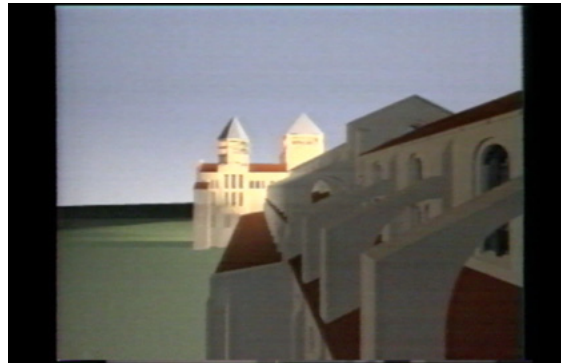
Zum Abschluss der Tour durch das Innere der Kirche fährt die Kamera in den Chorumgang hinein, der Krümmung bis zur Mitte folgend, und ermöglicht so auch einen Blick zurück in das Mittelschiff [74](#).



□ 74

Digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III von »asb baudat«, Rundgang durch den Chor, Filmstills aus der Dokumentation »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 2:38 – 3:02, SWF, 1991.

Eine Überblendung leitet zum letzten Abschnitt über, einem Standbild des Äußeren der Kirche, das auf Höhe des Strebewerks der Vorhalle den Blick auf den Vierungsturm freigibt. Damit endet der Film zur computertechnischen Rekonstruktion von Cluny III ⁷⁵.



□ 75

Digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III von »asb baudat«, Blick über das Strebewerk hinweg in Richtung Osten, Filmstill aus der Dokumentation »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 3:04, SWF, 1991.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Farbgebung, Texturen, Einsatz von Licht und Schatten

Durch die Farbgebung des Gebäudes und seiner Umgebung erhält der Betrachter einen vagen Eindruck davon, wie die Kirche ausgesehen haben könnte. Die verwendeten Farben bewegen sich im Inneren sowie im Äußeren in verschiedenen Brauntönen. Bei der Darstellung der Umgebung tauchen zudem ein blau-grauer Himmel und ein grüner Boden auf, der an eine Wiese erinnert. Da hier nur Farbflächen ohne jegliche Strukturierung eingesetzt sind, also keine Wolken, keine Grashalme o. Ä., erhalten sie Symbolcharakter, werden zu Platzhaltern, die nur auf Landschaftselemente verweisen.

Dadurch, dass auch bei der Visualisierung der Klosterkirche Oberflächenstrukturen wie Steinquaderung, Bemalung und Ziegelformen fehlen, wird eine allzu realistisch wirkende Rekonstruktion des Bauwerks vermieden. Auch Fototexturen wurden in der gesamten Rekonstruktion nicht verwendet. So erscheint das Gotteshaus sehr nüchtern und schlicht. Auf diese Weise wird der Hypothesencharakter des 3D-Modells unterstrichen. Die Kanten aller Bauteile sind nicht glatt modelliert, sondern wirken wie ausgefranst, wodurch sie dem gesamten Bau eine gewisse Unschärfe verleihen. Diese Wirkung hätte man laut dem Physiker Kurt Sätzler auch mit den damaligen technischen Mitteln vermeiden können, mittels **Anti-Aliasing**. ³⁸¹

Zur Steigerung eines realistischen Erscheinungsbildes wurden sowohl im Innen- als auch im Außenraum Licht- und Schatteneffekte visualisiert. Grell erscheinendes Licht, das auf das Gebäude fällt, erzeugt harte Schatten auf den Wandflächen ⁷¹. Jedoch wurden keine Schlagschatten erzeugt, die auf den Boden fallen ⁷⁰. Dieses Detail fällt allerdings nur bei genauem Hinsehen auf. Das Zusammenspiel von planen, einfarbigen Oberflächen, starken Lichtquellen und harten Schatten lässt das Gebäude künstlich erzeugt, nicht »natürlich« erbaut erscheinen. Dieser Eindruck wird zusätzlich von den in orange-braun gekleideten Staffagefiguren verstärkt, die als starker farblicher Kontrast im Innenraum platziert sind ⁷² ⁷⁴.

■ 381

Vgl. Sätzler 1996. Zur Technik und Einsatz des »Anti-Aliasing« vgl.

Kapitel 3.2 (→ 091);

Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Andy Walter, Frage 2.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität und Raumeindruck

In Hinblick auf die räumliche Wirkung der digital rekonstruierten Kirche kommt den Staffagefiguren eine wichtige Funktion zu: Mehrere Standbilder und Kamerafahrten, die aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen sind, vermitteln sehr eindrucksvoll die Proportionen der Kirche. Beispielsweise erscheinen aus der Vogelschau zwei Mönche in der Vierung winzig klein ^[74] (oben links), aus Augenhöhe eines Fußgängers wirkt die Architektur hingegen sehr weitläufig und großzügig ^[72], was beispielsweise mit einem Blick hinauf in den Vierungsturm demonstriert wird ^[73]. Insgesamt sind vier Staffagefiguren im Inneren der Kirche platziert, die trotz ihrer Bewegungslosigkeit die riesigen Ausmaße der Kirche anschaulich erfahrbar machen.

Hingegen sind die Größendimensionen der äußeren Erscheinung der digital rekonstruierten Klosterkirche Cluny III für den Betrachter relativ schwer nachvollziehbar – von der einzelnen Einstellung mit der in ein Foto montierten Ansicht des 3D-Modells abgesehen ^[69]. Denn die Kirche wird weder mit weiteren Gebäuden, noch Bäumen oder anderen Landschaftselementen, die einen Hinweis auf die Ausmaße des Baus geben könnten, dargestellt. Dass es sich hier um ein räumlich komplexes Bauwerk handelt, wird klar, denn die einzelnen Bauglieder sind deutlich erkennbar.

Auch der Einsatz von Licht und Schatten trägt dazu bei, die Kirche plastisch wirken zu lassen ^[70]. Einzig Schlagschatten auf dem Boden fehlen, die das Gebäude visuell mit dem Untergrund verbunden hätten. So wirkt es jedoch erhaben, als eigenständiges Objekt, das fast willkürlich auf eine Fläche platziert scheint, wenn der Untergrund nicht teilweise modelliert wäre und damit eine spezifische Umgebung andeuten würde. Dadurch, dass einige Fensteröffnungen insbesondere in den Türmen Durchblicke auf die dahinterliegende Architektur geben, erlangt die Darstellung eine besondere räumliche Tiefe, die die dreidimensionale Wirkung der Visualisierung unterstützt.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Als Grundlage für die digitale Rekonstruktion dienten die schon zuvor beschriebenen Pläne und Zeichnungen von Kenneth John Conant sowie historische Darstellungen, auf die sich auch Conant bezogen hatte. Beispielsweise wurde die um 1773 nach Jean-Baptiste Lallemand von Pierre-Laurent Auvray gefertigte Radierung, die einen Blick in das Mittelschiff in Richtung Chor darstellt, von Koob et al. herangezogen ^[76]. **382** An dieser Radierung orientierte sich auch eine von Conant und Bannister angefertigte Zeichnung ^[76]. Die in diesen Vorlagen dargestellte Perspektive ist auch in der Arbeit von Koob et al. wiederzuerkennen ^[77]. Sämtliche in der Radierung dargestellten architektonischen Elemente wie auch der Wandaufriß und die Gurtbögen wurden in das 3D-Modell übernommen. Details wie Verzierungen an den Spitzbögen der Arkaden, Kapitelle und die genaue Ausarbeitung der Sockel an den Pfeilern wurden jedoch nicht digital modelliert, obwohl hierzu einzelne skulpturale Fragmente und Objekte aus Conants Ausgrabungen vorlagen.

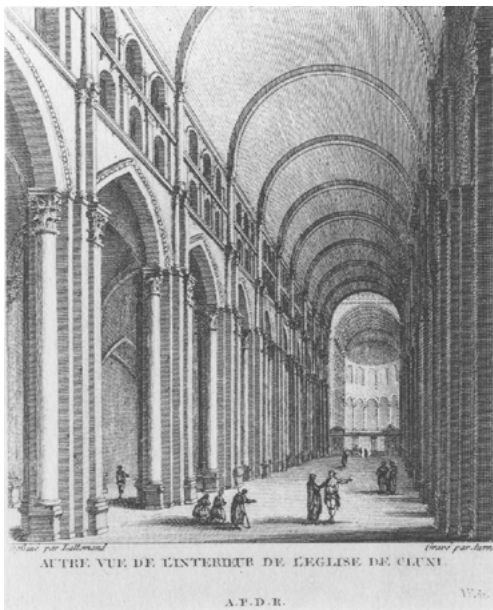
Die Darstellung der Umgebung der Klosterkirche Cluny III in der digitalen Rekonstruktion erinnert an das Holzmodell, das von E. S. Hilberry und H. H. Hilberry nach Conants Forschung gebaut wurde ^[62]. Denn auch im 3D-Modell

■ 382

Vgl.: Koob 1993, S. 83.

ist das Gelände um das Gebäude herum – wie in aus Holz gefertigten Architekturmodellen üblich – scheinbar aus dünnen Platten zusammengesetzt, um Höhenabstufungen darzustellen. Insofern orientiert sich das 3D-Modell in seinem Erscheinungsbild durchaus auch an traditionellen Architekturmodellen im Allgemeinen und an dem auf Conants Forschung beruhenden im Speziellen.

Festzustellen ist ferner, dass in der digitalen Visualisierung keine gestalterische Unterscheidung von noch heute erhaltener Bausubstanz und nach Quellen rekonstruierten Abschnitten vorgenommen wurde. Die Kirche erscheint hier homogen und soll damit den Zustand des 12. Jahrhunderts wiedergeben ohne Bezug zur Gegenwart oder der Darstellung von Hypothesen.



□ 76

Blick in das Hauptschiff von Cluny III in Richtung Osten, Radierung nach Jean-Baptiste Lallemand von Pierre-Laurent Auvray gefertigt, um 1773, (links) und Zeichnung von T. C. Bannister und Kenneth John Conant (rechts).



□ 77

Blick in das Hauptschiff von Cluny III Richtung Osten, Rendering der digitalen Rekonstruktion, »asb baudat«, 1993.

Zwischenfazit der Analyse und Ausblick

Insgesamt wirkt die digitale Rekonstruktion der Klosterkirche Cluny III überzeugend, da hier auf eine dramatisierende Ausschmückung verzichtet wurde, um einen objektiven Eindruck zu erzeugen. Einzig die im Hauptschiff befindlichen Mönche stellen einen offensichtlich künstlerischen Eingriff dar. Dieser ist insofern vertretbar, als die Figuren zum Einschätzen der Größendimensionen des Bauwerks dienen und als statische Objekte keine Nebenhandlung generieren.

■ 383

Koob 1994 (Die 3-Dimensionale Rekonstruktion), S. 115.

■ 384

Vgl. Dorozynski 1993, S. 544.

■ 385

Vgl. Webseite des Musée d'art et d'archéologie in Cluny: http://www.musees-bourgogne.org/popup/musee_bourgogne_historique.php?lg=fr&id_musee=26&info=descriptif_detail.

■ 386

Vgl. Cramer/Koob 1993; Koob 1992 (unveröffentlichte Antrittsvorlesung zur Gastprofessur an der TU Darmstadt 1992), o. S., hier: Abschnitt »3 Gründe, warum die Architectura Virtualis entstehen sollte«. Das unveröffentlichte Dokument wurde von Mieke Pfarr-Harfst, TU Darmstadt, zur Verfügung gestellt.

■ 387

Zusätzlich bietet das Buch auch einen geschichtlichen Überblick über die Bedeutung und Entwicklung der Klosteranlage von Cluny, zudem eine Vielzahl an historischen Zeichnungen, Plänen und Gemälden sowie die zweidimensionalen Rekonstruktionen von Kenneth John Conant und aktuelle Farbphotografien der Umgebung und der erhaltenen Bausubstanz. Vgl. dazu die Aufsätze von Karl. J. Svoboda, Ulrich Best und Werner Richner in: Cramer/Koob 1993.

Die Kameraflüge um und innerhalb des computertechisch erzeugten Gebäudes erinnern heute an Drohnenflüge, die in realen Bauten durchaus ebenso durchgeführt werden könnten. Manfred Koob spricht bei einer Beschreibung der Simulation von einem »Hubschrauberflug« ³⁸³ über dem digital rekonstruierten Bauwerk. Allein die Farbigkeit und Optik sowie ein paar kleine unsanfte Bewegungen der Schwenks lassen darauf schließen, dass es sich bei dem vorliegenden 3D-Modell um ein älteres Projekt handelt. In einer zeitgenössischen Rekonstruktion wäre die Auflösung um ein Vielfaches höher und hätte somit sämtliche ausgefranste Kanten eliminiert. Heute würde auch die mit aktueller Software erzeugte Licht- und Schattenwirkung einen weit realistischeren Eindruck wiedergeben, was an späterer Stelle in Bezug auf weitere 3D-Rekonstruktionen von Cluny III noch gezeigt wird.

Die Klosterkirche ist zwar zu einem Großteil zerstört, jedoch existieren noch einzelne Gebäudeteile. Auch eine Vielzahl an originalen Ausstattungsteilen hat sich bis heute erhalten beziehungsweise ist bei den unter Conant durchgeführten Ausgrabungen zutage gekommen. ³⁸⁴ So befinden sich im Musée d'art et d'archéologie in Cluny unter anderem das sogenannte Narthexfries, Figuren des Eingangsportals sowie die Kanzel des Mönchschor. ³⁸⁵ Diese Objekte waren der Forschung in den 1980er-Jahren also durchaus bekannt. Dennoch wurden diese und weitere erhaltene Kunstwerke nicht in das 3D-Modell von Cluny III integriert. Fototexturen von einzelnen Objekten hätten einen realistischeren Eindruck der digitalen Rekonstruktion vermittelt. Dies umzusetzen, war in der Kürze der Zeit und den begrenzten technischen Mitteln nicht durchführbar. Eine mögliche Lösung dieses Problems wäre gewesen, einzelne Renderings zu erstellen. So hätten einzelne, besondere Ansichten ausgewählt und mit Fototexturen ausgestattet werden können. Als eigenständige Arbeiten hätten sie durchaus in Form von Standbildern Eingang in den Film finden können.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit

Das gesamte Projekt von asb baudat aus dem Jahr 1989 ist in verschiedenen Medien bis heute dokumentiert. Allerdings unterscheiden sich deren Informationsdichte und Nachhaltigkeit gravierend. Als Printversion ist es sowohl inhaltlich als auch visuell umfassend in dem von Horst Cramer und Manfred Koob 1993 herausgegebenen Buch *Cluny. Architektur als Vision* festgehalten, jedoch ist die Vorhaltung von Bildern und Filmen zum Projekt im Digitalen äußerst spärlich, vor allem in Hinblick auf die Ansprüche, die Koob mit seiner Idee der *Architectura Virtualis* 1992 formulierte, auf die am Ende des Kapitels genauer eingegangen wird. ³⁸⁶

Im Mittelpunkt des Buchs steht der Beitrag des Architekten, der sowohl den Hintergrund zur Entstehung des Projekts als auch eine detaillierte Beschreibung der elf Phasen der digitalen Rekonstruktion von Cluny III liefert. ³⁸⁷ Zahlreiche Abbildungen der einzelnen Arbeitsstufen mit Bildschirmfotos und Detailaufnahmen des im Entstehen begriffenen 3D-Modells sowie Bilder des abgeschlossenen Projekts in unterschiedlichen Versionen wie Drahtgittermodell, 3D-Modell mit Texturen, Innen- und Außenraumaufnahmen mit und ohne Staffagefiguren im Kirchenraum, Aufnahmen mit Lichteinfall im Inneren der Kirche, Bilder mit ansatzweise simuliertem Gelände und Himmel aus verschiedensten Blickwin-

keln und Abständen vermitteln einen umfassenden Eindruck der komplexen digitalen Rekonstruktion der Abteikirche.

1992 erschien eine Publikation zur Dokumentation **Die Salier. Nomaden auf dem Kaiserthron** in Buchform, die das komplette Manuskript des Films beinhaltet, allerdings ohne jegliche Abbildungen. ³⁸⁸ So ist zwar der Sprechertext aus dem Film festgehalten, jedoch keine Stills, die einen visuellen Eindruck der Rekonstruktion vermitteln könnten. Erst 2008 wurde der Dokumentarfilm schließlich auf DVD und Blu-ray veröffentlicht, sodass auch die dreiminütige Sequenz zur digitalen Rekonstruktion von Cluny III auf diesen Datenträgern erhältlich ist. ³⁸⁹

Es bleibt festzustellen, dass bislang Bilder und Videos des Projekts nicht systematisch zusammengetragen und online zur Verfügung gestellt sind. Im Internet waren bis 2015 einige Bilder und Informationen zum Projekt auf der Webseite des Schweizer EDV-Dienstleistungsunternehmens **Walder + Trüb Engineering AG** zu finden. ³⁹⁰ In ihrem Online-Auftritt dokumentierten sie auf 15 Themenseiten die schrittweise digitale Rekonstruktion von Cluny III durch **asb baudat** anhand von Bildern und Text. Die Erläuterungen waren, wie es auf der Webseite vermerkt war, aus der Buchpublikation von Cramer und Koob 1993 entnommen und wurden nur stellenweise für den Internetauftritt bearbeitet. Auch sämtliche Abbildungen des virtuellen Cluny III stammten augenscheinlich aus dem Buch.

Im Jahr 1991 wurde im Rahmen der SWF-Produktion **Computer & Schule**, Folge 10, eine Dokumentation über die Entstehung der digitalen Rekonstruktion gezeigt mit dem Titel **3D Dokumentation. Cluny III**. ³⁹¹ In dem knapp 27-minütigen Film erfährt der Zuschauer – neben Hintergründen zu Entstehung und Bedeutung des historischen Baus – wie die Firma **asb baudat** die digitale Rekonstruktion am Computer umsetzte. Der Projektleiter Koob erläutert im Büro der Firma vor einem aufgehängten Aufriss der Kirche stehend den Aufbau des Projekts, wie er auch in der Buchpublikation aufgeführt ist. Dem Blick der Kamera folgend erlebt der Zuschauer, wie die Mitarbeiter Vorgehensweisen besprechen, Handzeichnungen anfertigen und vor ihren Computerbildschirmen sitzend die virtuellen Zeichnungen erstellen und bearbeiten ⁷⁸. Ein Sprecher aus dem Off kommentiert zusätzlich das Geschehen. Dieser Film ist als historisches Dokument zu sehen, das Einblick gibt in die technischen Möglichkeiten der frühen 1990er-Jahre.

Die digitale Rekonstruktion von Cluny III wurde auch in einer Ausstellung der Öffentlichkeit präsentiert. Vom 27. Januar bis 4. April 1993 fand die Ausstellung **New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen** im Museum für Gestaltung in Zürich statt. ³⁹² In diesem Rahmen wurde das Video **3D CAD-Simulation Cluny III**, das einen Ausschnitt aus der Fernsehdokumentation von 1991 darstellte, mit einer Laufzeit von 7:20 Minuten gezeigt sowie ein Ausschnitt aus der Fernsehdokumentation zu Cluny III, der Sendung **Computer & Schule**, mit einer Länge von 18:40 Minuten. ³⁹³

Insgesamt stellt sich jedoch die Frage, wie nachhaltig all dieses Text- und Bildmaterial tatsächlich ist und wie gut dessen Auffindbarkeit im Internet und anderen Quellen auch in Zukunft funktionieren wird. Denn das 3D-Modell der Abteikirche ist inzwischen selbst zu einem Untersuchungsgegenstand geworden. Dementsprechend ist es für die Forschung notwendig, Zugang zu den

■ 388
Vgl. Best 1991.

■ 389
Vgl. DVD »Die Salier. Nomaden auf dem Kaiserthron«, 180 Min., Waldemar Kuri (Regie), Südwestfunk, heute Südwestrundfunk, 1990, Produktion von »Cine-Art« im Auftrag des SWR, in Co-Produktion mit »FM Arts«, 2008.

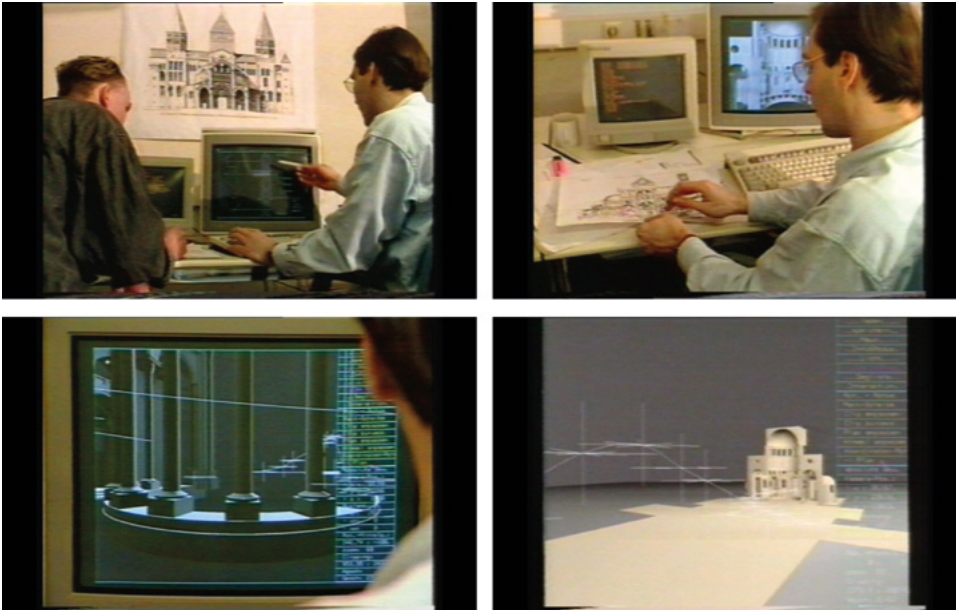
■ 390
Zu Informationen zum 1981 gegründeten Unternehmen »Walder + Trüb Engineering AG« vgl. deren aktuelle Webseite: <https://waldertrueb.ch/de/ueber-uns/>. Die Firma arbeitet schon lange mit der Software »speedikon« der Firma »IEZ AG«. Hier wird die Verbindung zwischen dem Bensheimer Projekt und dem Schweizer Unternehmen deutlich: »asb baudat« erstellte mit Hilfe von »speediko«n das digitale Cluny III und im Impressum der Buchpublikation wird Mitarbeitern der »IEZ AG« in Bensheim gedankt. Vgl. dazu: Webseite von »Walder + Trüb Engineering AG«: <https://waldertrueb.ch/de/produkte-speedikon/> u. Cramer/ Koob 1993, S. 4.

■ 391
Ausgestrahlt wurde die Sendung am 25. November 1991 im SWF III. Vgl. Programm zur Ausstellung »New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen«, Museum für Gestaltung, Zürich, 27. Januar – 4. April 1993, S. 21.

■ 392
Vgl. ebd. u. Online-Archiv auf der Webseite des eMuseum. Museum für Gestaltung Zürich. Archiv der Zürcher Hochschule der Künste: <https://www.emuseum.ch/exhibitions/306/new-realities--neue-wirklichkeiten-ii>.

■ 393
Vgl. Programm zur Ausstellung »New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen«, Museum für Gestaltung, Zürich, 27. Januar – 4. April, 1993, S. 21.

Dateien und Informationen über das Projekt zu haben. So sollte das Thema Langzeitarchivierung von Beginn eines jeden Projekts an bedacht und dahingehende Maßnahmen ergriffen werden. Auf diesen Komplex wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) genauer eingegangen.



□ 78

Einblick in die Arbeit der Mitarbeiter von »asb baudat« an der digitalen Rekonstruktion von Cluny III, Stills aus der Dokumentation »3D Dokumentation. Cluny III«, SWF-Produktion »Computer & Schule«, Folge 10, 1991.

Weitere Projekte zur digitalen Rekonstruktion von Cluny III

Die Abteikirche war immer wieder Gegenstand von digitalen Rekonstruktionsprojekten. Bereits kurze Zeit nach dem von **asb baudat** realisierten 3D-Modell der Kirche entstand ein weiteres, jedoch in einem gänzlich anderen Kontext: 1990 erstellten die beiden Ingenieurstudenten Christian Père und Philippe Marécaux an der Pariser École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM, 2007 umbenannt in: Arts et Métiers ParisTech) eine digitale Visualisierung von Cluny III, die ebenfalls komplett auf Conants Forschung basiert. ³⁹⁴ Mit Unterstützung von Dominique Vingtain, einer französischen Kunsthistorikerin, und **IBM France** rekonstruierten sie in einem Zeitraum von über einem Jahr das Bauwerk mit industrieller Software unter Verwendung der **IBM RS6000 Workstation**.

Die von Conant angefertigten Dokumente sichteten sie im Archiv und erfassten die relevanten Daten mit Hilfe eines tragbaren Computers des Typ **IBM PS/2**. Diese wurden in einem Verzeichnis abgelegt, das mit der **IBM CAD-Datenbank** eingerichtet worden war. Den vorliegenden Grundriss vermaßen sie eigenhändig und übertrugen die Werte in das Programm **IBM CAD**, das ein sogenanntes Basismodell in 2D erstellte. Schon dieses Modell lieferte neue Erkenntnisse, beispielsweise zu Unstimmigkeiten zwischen tatsächlichen und theoretischen Werten, die in den Unterlagen zur Ausgrabung vorlagen. So konnte »eine Ungenauigkeit in der Ausrichtung von Schiff und Narthex« ³⁹⁵ festgestellt werden. Aus den mithilfe von CAD gefertigten Plänen erstellte das Programm **CATIA** Drahtgitter- und Flächenmodelle. Abschließend konnte mit **TImage** noch die realistisch anmutende Gestaltung der Oberflächen und der Perspektiven erarbeitet werden.

■ 394

Ausführliche Informationen zur 1990 realisierten 3D-Rekonstruktion sind zu finden in: Dorozynski 1993; Joray 1993. In letzterem Artikel ist von drei Ingenieuren die Rede, jedoch werden keine Namen genannt.

■ 395

Joray 1993, S. 68.

■ 396

Ein Ausschnitt aus dem genannten Film ist unter dem Titel »Extrait Mémoire de pierres« (3:45 Min.) seit 10.06.2009 auf dem Portal »dailymotion« im Kanal »Cluny Numérique« online zu finden: <https://www.dailymotion.com/video/x9jnwj?playlist=xzf11>. Bei dem Film »Mémoires de Pierres« handelt sich um eine französische TV-Produktion. Vgl. auch Petty et al. 2012, S. 73. Ein weiterer Ausschnitt aus dem Film »Mémoires de Pierres« ist in Form eines Videos (2:28 Min.) im »YouTube«-Kanal »IBM Miscellaneous« des IBM Hursley Museum online zu finden: <https://www.youtube.com/watch?v=disdLcVstFs&list=PLu6u2JOquER-JaD-MdkNPaz-VmDUip1icY&index=13>.

■ 397

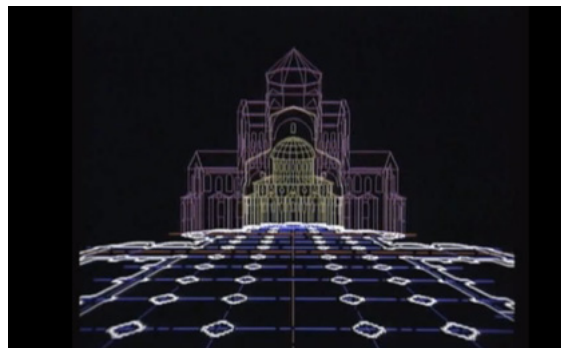
Im Juni 1993 wurde zu Ehren des 1984 verstorbenen Architekten Kenneth John Conant eine Dauerausstellung im Ochier Museum, Cluny, eröffnet. Darin wurden von ihm angefertigte Zeichnungen und Schriftstücke u. a. gezeigt. Vgl.: Dorozynski 1993, S. 544.

■ 398

Alfredo M. Ronchi spricht in seiner kurzen Beschreibung des Films von einer Nonne: »The movie included a dynamic walkthrough and a detailed exploration of the original shape of the church, including animated actors like pigeons and even a nun walking over to her own burial stone at the end of the movie.« Zit. aus: Ronchi 2009, S. 341.

Die computertechnische Rekonstruktion umfasst sowohl das Äußere als auch das Innere von Cluny III und wurde in dem 1992 veröffentlichten Film **Mémoires de pierres** gezeigt. ³⁹⁶ Im Rahmen einer neuen Dauerausstellung im Ochier Museum (inzwischen umbenannt in: Musée d'art et d'archéologie) in Cluny war eine Version des Films schließlich ein Jahr später zu sehen. ³⁹⁷

Online zugänglich ist ein knapp vierminütiger Ausschnitt aus dem Film zum Projekt, der zwei verschiedene Darstellungsweisen des 3D-Modells beinhaltet. Im ersten Viertel des Films, mit einer Länge von etwa anderthalb Minuten, wird die rekonstruierte Abteikirche als Drahtgittermodell gezeigt ⁷⁹. Zuerst ist der Grundriss von Cluny III in Weiß auf schwarzem Grund zu sehen. Auf ihn aufbauend, werden nun sämtliche architektonische Elemente der Kirche schrittweise und in unterschiedlichen Farben eingeblendet. So entsteht eine dreidimensionale Visualisierung, die das Bauwerk gleichsam abstrakt darstellt.



□ 79

Drahtgittermodell von Cluny III mit Grundriss, Still aus dem Film »Mémoires de pierres«, »ENSAM/IBM France«, französische TV-Produktion, veröffentlicht 1992.

Darauf folgt eine Überblendung hin zum 3D-Modell, das mit Texturen und simulierter Beleuchtung ausgestattet ist. Die in einem Ockerton gehaltene Abteikirche ragt vor einem dramatisch gelb und grau gefärbten Himmel in die Höhe ⁸⁰. Sodann beginnt der rasche virtuelle Rundflug mit dem Hineingleiten in das Innere der Kirche durch das geöffnete Hauptportal. Im Bereich der Vorhalle werden deren Länge und Höhe in weißer Schrift eingeblendet, während man sich dem geschlossenen Tor zum Hauptraum nähert. Nach einem Schnitt befindet sich die virtuelle Kamera im Hauptschiff und blickt auf das geschlossene Tor zurück, das sich sogleich öffnet. Herein tritt eine dunkel gekleidete Gestalt, die einen Mönch oder eine Nonne darstellen könnte. ³⁹⁸

Daraufhin folgen verschiedene Einstellungen, die den Innenraum aus der Perspektive der schreitenden Gestalt zeigen. Bei einem Gang rund um den Chor ist auch ein reich ornamentierter Mosaik-Fußboden zu sehen ⁸⁰. Schließlich begibt sich die virtuelle Kamera in den Vierungsturm hinauf – wobei die Höhe der Kuppel weiß eingeblendet wird. Nach einem erneuten Schnitt befindet man sich außerhalb der auf einem Grundrissplan platzierten Abteikirche in einem abstrakten Raum ⁸⁰. Anschließend wird der Aufbau des digitalen Cluny III schrittweise visualisiert: einzelne Bauglieder in hellem Gelb- beziehungsweise Blauton wachsen in dynamischen Bewegungen aus dem Grund und heben sich vor dem wie zu Anfang dramatisch gefärbten Himmel ab ⁸⁰.

Der im Digitalen rekonstruierten Abteikirche wurde kein farbiger Wand-schmuck hinzugefügt, obwohl sie einst sehr prächtig ausgemalt und ausgestattet gewesen sein muss. Deutlich zu erkennen ist dagegen die Textur an den Außen- und Innenwänden, die Steinquader visualisiert. Allerdings wurden zwei

Ausstattungsdetails hinzugefügt, die eigentlich aus einer benachbarten Kapelle stammen und dem Stil von Cluny als ähnlich erachtet wurden: So erscheinen in der Simulation über dem Eingangsportaal an der Westseite eine Fensterrose ^[80] (oben links) sowie in der Halbkuppel des Chors ein Fresco, das Christus in einer Gloriole zeigt ^[81]. Um den Betrachtern der Simulation zu verdeutlichen, dass es sich bei diesen Details nicht um gesicherte Informationen handelt, wurden diese etwas unscharf dargestellt. Auf welchen Quellen der reich ornamentierte Fußboden beruht, der in der Simulation zu sehen ist, wird nicht thematisiert. Sämtliche Fenster sind mit Glasscheiben versehen, die weder Spiegelungen noch Durchblicke ermöglichen.



□ 80
Verschiedene Ansichten des digital rekonstruierten Cluny III: Westportal, Blick vom Chorumgang zum Altar, aus der Vogelperspektive, Chor in Untersicht, Stills aus dem Film »Mémoires de pierres«, »ENSAM/IBM France«, französische TV-Produktion, veröffentlicht 1992.



□ 81
Blick vom Mittelschiff zum Chor des digital rekonstruierten Cluny III, Still aus dem Film »Mémoires de pierres«, »ENSAM/IBM France«, französische TV-Produktion, veröffentlicht 1992.

Auffallend an der Simulation ist die Beleuchtung. In der Innenansicht mit Blick vom Mittelschiff hin zum Chor fallen in eindrucksvoller Weise von Süden Sonnenstrahlen im Bereich des Querhauses und der Apsis in den Kirchenraum ein ^[81]. Das Licht materialisiert sich gleichsam in Form von in warmen Gelbtönen gehaltenen Streifen. Auch sämtliche Wandflächen erstrahlen in verschiedenen Gelbtönen und scheinen somit von der Sonne erhellt zu werden.

Aufgrund der zeitlichen Nähe dieser Rekonstruktion zu der Arbeit von **asb baudat**, seien beide Visualisierungen hier in ausgewählten Aspekten kurz miteinander verglichen: Ein grundlegender Unterschied liegt in der Verwendung von Fototexturen, die die Kirche im französischen Projekt wirklichkeitsnäher erscheinen lassen, obwohl beispielsweise das Wandbild in der Gloriole nicht aus

Cluny III stammt. Auch die Lichtsimulation ist hier viel aufwendiger und realistischer gestaltet, was im 3D-Modell von Koob et al. technisch in dieser Komplexität nicht umsetzbar war. Diese Unterschiede sind vor allem darauf zurückzuführen, dass die beiden Studenten technische Unterstützung von **IBM** erhielten und somit Zugriff auf Computer mit großer Rechenleistung hatten.

Eine auffallende Gemeinsamkeit der beiden Projekte ist das Platzieren von Figuren im Inneren. Diese dienen jeweils dazu, die Größendimensionen des Bauwerks zu verdeutlichen. Im Falle des französischen Projekts wird der Auftritt des Mönchs gleichsam dramatisch inszeniert: Als sich die Tür zum Hauptraum öffnet, schreitet er hinein und bewegt sich in Richtung Chor. In mehreren darauf folgenden Einstellungen ist er entweder direkt im Bild oder das Bild entspricht seiner Perspektive. Hingegen erfüllen die Mönche im 3D-Modell von **asb baudat** lediglich eine statische Funktion als Staffagefiguren. Da hier auf das erzählerische Moment verzichtet wurde, wirkt die Visualisierung objektiver.

Generell mag möglicherweise das französische 3D-Modell und dessen Präsentation mehr beeindrucken, da darin Cluny III wirkungsvoll inszeniert wird. Jedoch wirft diese Rekonstruktion auch viele Fragen auf nach der Verlässlichkeit der dargestellten Details. Insofern erscheint die nüchterner wiedergegebene Kirche in dem 3D-Modell von Koob et al. objektiver und auf das Wesentliche (Geometrie, Proportionen, Blickachsen) fokussiert.

Das französische Projekt wurde in den folgenden Jahren weiterentwickelt. Ein Wissenschaftlerteam um Luc Genevriez, das sich mit **Virtual Reality** befasste, erstellte aufbauend auf der Arbeit der Studenten eine virtuelle Anwendung der Abteikirche. **399**

1993 präsentierten sie auf der Konferenz **Imagina** in Monte Carlo einen speziell entwickelten Helm, der mit einem **liquid-crystal screen** für jedes Auge sowie Sensoren versehen ist. Der Helmträger konnte damit durch die virtuelle Kirche spazieren, denn die Bilder werden seinen Bewegungen entsprechend angezeigt. Philippe Queau, damals als Forscher am Institut National de l'Audiovisuel tätig, zeichnete für die zu dieser Zeit sehr komplexe technische Umsetzung dieser Anwendung verantwortlich, die auf dem Prinzip der Televirtualität beruht. **400** Dieses Konzept definiert der ehemalige Professor für Bibliotheks- und Informationsmanagement Wolfgang Ratzek folgendermaßen:

»Televirtualität (TVR) basiert auf einer Kombination von Virtual Reality und Datenkommunikation via Telenetzwerken, wo mehrere Nutzer/Teleworker zusammentreffen, obwohl sie sich an dislozierten Orten befinden, um eine (gemeinsame) Leistung zu erbringen.« **401**

Für das 1993 realisierte Projekt bedeutete dies im Speziellen: Zwei Menschen treffen sich im virtuellen Raum, genauer gesagt in der digitalen Visualisierung von Cluny III. Während sich ein User mit dem Helm in Monte Carlo bewegte, saß am andern Ende einer ISDN-Verbindung die Kunsthistorikerin Dominique Vingtain in Paris. In Echtzeit konnten sie sich gemeinsam durch die virtuelle Abteikirche bewegen. Dieses mit **VideoLab** erzeugte televirtuelle Treffen gilt als erstes dieser Art weltweit. **402**

■ 399

Das von Luc Genevriez et al. realisierte Projekt wird erläutert in: ebd., S. 544; Joscelyne 1994.

■ 400

Vgl. Ronchi 2009, S. 340-341 u. Quéau 2013.

■ 401

Ratzek, S. 207.

■ 402

Ein Projekt zur Televirtualität aus dem Jahr 2017, das den aktuellen Stand der Technik widerspiegelt, wird in Kapitel 6.1 (→ 447) erläutert.

■ 403
Dorozynski 1993, S. 544.

■ 404
Vgl. Joscelyne 1994.

■ 405
Vgl. Dorozynski 1993, S. 544.

■ 406
Vgl. Webseite des Projekts »L'innovation dans la formation pour les biens culturels« (INFOBC), an dem die Arts et Métiers ParisTech in Cluny beteiligt ist und dessen Ziel es ist, im Mittelmeerraum ein neues Curriculum für die Lehre im Bereich der Bewahrung des Kulturellen Erbes zu entwickeln: <http://www.infobc.eu/fr/s/partenaires/ecole-nationale-des-arts-et-metiers-paristech-de-cluny>.

■ 407
Vgl. Petty et al. 2012, S. 73.

■ 408
Hintergrundinformationen zum Projekt »Gunzo« sind zu finden in: ebd. S. 71; Père/Landrieu/Rollier-Hanselmann 2010; Landrieu et al. 2012. Ein Ausschnitt des um 2010 entstandenen Films zur digitalen Rekonstruktion von Cluny ist unter dem Titel »Abbaye de Cluny – Démesure de la Maior Ecclesia« online abrufbar auf der Website »Galerie Numérique. Abbaye de Cluny«: <https://galerie-numerique.org/dispositif/abbaye-de-cluny>. Eine Übersicht zu den Projektdaten bietet die Webseite »l'Europe s'engage en France«: [http://www.europe-en-france.gouv.fr/Rendez-vous-compte/Projets-exemplaires/La-3D-magnifie-le-patrimoine-de-l-abbaye-de-Cluny/\(language\)/fre-FR](http://www.europe-en-france.gouv.fr/Rendez-vous-compte/Projets-exemplaires/La-3D-magnifie-le-patrimoine-de-l-abbaye-de-Cluny/(language)/fre-FR).

■ 409
Im französischen Original heißt es: »une nouvelle forme de conservation préventive«. Zit. aus: Père/Landrieu/Rollier-Hanselmann 2010, S. 151.

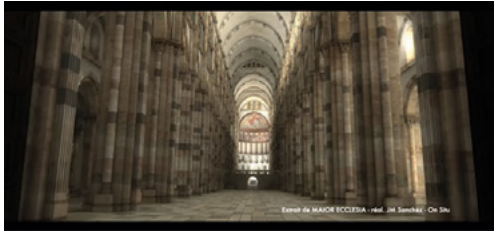
Im Juli 1993 erschien in der Zeitschrift *Science* ein Artikel von dem in Paris arbeitenden Journalisten Alexander Dorozynski über das Rekonstruktionsprojekt der Ingenieurstudenten, in dem er es lobt als »the fruit of a pioneering project in applying commercial computer technology to the services of archaeology«. ⁴⁰³ Scheinbar war in Frankreich die bereits 1989 in Deutschland erfolgte digitale Rekonstruktion von Cluny III nicht bekannt, denn die frühere Arbeit wird nicht erwähnt. Auch in einem 1994 in *WIRED* veröffentlichten Artikel zur Präsentation von Luc Genevriez auf der *Imagina* 1993 findet sich kein Hinweis auf das Projekt von asb baudat. ⁴⁰⁴

In Dorozynskis Artikel zum französischen Rekonstruktionsprojekt zu Cluny III wird insbesondere der Mehrwert der Computerrekonstruktion für die archäologische Forschung betont: dreidimensionale Visualisierung von historischen Stätten und Objekten, experimentelle Arbeit nach dem Prinzip »Versuch und Irrtum«, oder auch Verifizierung von Hypothesen und Bautechniken. ⁴⁰⁵ Hier erscheint das 3D-Modell als logische Fortführung von Conants Arbeit sowie Lieferant neuer Erkenntnisse für die Forschung auf Basis modernster Technik.

Mit der schnellen Weiterentwicklung der Computertechnik war 2004 eine Überarbeitung des von Père und Marécaux realisierten 3D-Modells notwendig. ⁴⁰⁶ Diese Weiterentwicklung der ursprünglichen digitalen Rekonstruktion entstand in Zusammenarbeit von ENSAM, J. M. Sanchez und Julien Roger sowie dem Centre des monuments nationaux (CMN) und trug den Titel *Maior Ecclesia*. ⁴⁰⁷

Eine erneute Weiterentwicklung erfuhr dieses Projekt bereits 2008: Für den 1100. Jahrestag der Gründung des Klosters Cluny im Jahr 2010 wurde das Projekt *Abbaye de Cluny – Projet GUNZO 2010 (Gunzo)* ins Leben gerufen. ⁴⁰⁸ Erarbeitet wurde es federführend von Mitgliedern der wissenschaftlichen Einrichtung *Institute Image* der Arts et Métiers ParisTech in Cluny, die ein multidisziplinär aufgestelltes Team bildeten, bestehend aus Ingenieuren, Kunsthistorikern, Projektmanagern, einem Architekten, einem CAD-Designer, einem Geografen sowie einem Geomatiker. Diese arbeiteten zusammen mit dem CMN sowie der französischen Firma *on-situ*.

Ziel des Projekts *Gunzo* – dessen Koordinator Christian Père war – bestand darin, die Klosterkirche Cluny digital zu rekonstruieren und damit auch zu konservieren. Dies sollte in einem dynamischen Modell realisiert werden, das das Gebäude und seine Umgebung vom Mittelalter bis heute zeigt. Einerseits sollte den vielen Touristen die Geschichte rund um die Abteikirche Cluny III, von der heute nur noch wenig historische Bausubstanz vor Ort zu sehen ist, besser zugänglich gemacht werden. Andererseits sind die baulichen Reste vom Verfall bedroht und sollten daher im Digitalen erhalten werden. Zudem liegt zu Cluny III eine umfangreiche Forschung vor, die bis dahin jedoch noch nicht komplett zusammengeführt worden war. So wurden mehrere digitale Vermittlungsformen entwickelt, um das Bauwerk gemäß »einer neuen Form der präventiven Konservierung« ⁴⁰⁹ sowohl im Digitalen zu erhalten als auch der Öffentlichkeit zu präsentieren. In der 3D-Rekonstruktion, die in dem von J. M. Sanchez (*on-situ*) realisierten Film *Maior Ecclesia* zu sehen ist, fanden fotorealistische Texturen Verwendung ⁸². In Verbindung mit der realitätsgetreu erscheinenden Lichtsimulation wirkt der digital rekonstruierte Kirchenraum sehr real.



□ 82

Blick in das Hauptschiff in Richtung Osten zur Hauptapsis des digital rekonstruierten Cluny III, Still (links) u. Rendering (rechts) aus bzw. zu dem Film »Maior Ecclesia«, realisiert von J. M. Sanchez, »on-situ«, Version um 2010.

■ 410

Das Konzept der Bildschirminstallation wird beispielsweise in dem zweieinhalbminütigen Fernsehbeitrag von Adrian Arnold mit dem Titel »Virtuelle Rekonstruktion der Abtei in Cluny« vorgestellt. Der Beitrag war am 27.12.2010 um 12:45 Uhr in der »Tagesschau am Mittag« im Schweizer Fernsehen (SRF) zu sehen und ist auf dessen Webseite: <http://www.srf.ch/play/tv/tagesschau-am-mittag/video/virtuelle-rekonstruktion-der-abtei-in-cluny?id=567b14c5-2fd1-4c85-b1e1-2d733db83488>. Für Hintergrundinformationen vgl. Webseite von »Galerie Numerique« des Centre archéologique européen in Glux-en-Glenne, Frankreich: <http://www.galerie-numerique.org/dispositif/abbaye-de-cluny>.

Im Rahmen einer Besichtigungstour in Cluny können die Besucher in einem mit 50 Plätzen ausgestatteten Vorführraum einen 15-minütigen stereoskopischen Film anschauen. Diese digitale Visualisierung der Abteikirche wird auf eine acht Meter breite Leinwand projiziert. Im Außenraum der ehemaligen Klosteranlage befinden sich insgesamt vier fest installierte Bildschirme ⁸³. ⁴¹⁰ Die schwenkbaren Geräte bieten den Besuchern die Möglichkeit, das digital rekonstruierte Gotteshaus in Kombination mit der heutigen Ruine zu betrachten. Mit Hilfe dieser **Augmented Reality**-Anwendung können die riesigen Ausmaße der einstigen Abteikirche ermessen und ein ursprünglicher Raumeindruck nachvollzogen werden. Beispielsweise ist neben einem noch heute existierenden Pfeiler der Klosterkirche ein solcher Bildschirm installiert. Schwenkt nun ein Besucher dieses Gerät, wird darauf derjenige Teil der Kirche als digitale Rekonstruktion angezeigt, der sich an eben dieser Stelle einst befunden hat.



□ 83

In der Ruine von Cluny III installierter schwenkbarer Bildschirm, auf dem das im Projekt Gunzo digital rekonstruierte Cluny III zu sehen ist, Centre des monuments nationaux, on-situ, um 2010.

Insgesamt liegen heute etwa 20.000 originale Bauteile von Cluny III in Fragmenten vor, die im Cluny Museum aufbewahrt werden. Diese dienen neben dem als Ruine erhaltenen Baukörper als Grundlage für diese digitale Rekonstruktion der Kirche und wurden auf unterschiedliche Weise computertechnisch erfasst. Steinerner Ausstattungsggegenstände, die teils noch an ihrem originalen Standort zu finden sind – beispielsweise Kapitelle des Querhauses in 30 Meter Höhe – wurden erfasst durch tragbare digitale Scanner (**ModelMaker MMD100** und **ModelMaker MMD50 probe**), die auf einem mehrgelenkigen, fünf-axialen Kranarm von **FARO** montiert waren. Bei der Erfassung der Objekte konnte hier eine Genauigkeit von 10^{-5} Metern erreicht werden. Unter diesen Objekten waren beispielsweise 36 Kapitelle aus dem Südarm des Hauptquerschiffs, über zehn Reste von Kapitellen aus dem Chor sowie weitere 60, heute im Museum aufbewahrte Fragmente. Die Ruine selbst wurde hingegen mit einem **Trimble GS 200** Laserscanner erfasst. Hier lag die Genauigkeit bei 10^{-2} Metern.

Um die digitalen Daten zu strukturieren, orientierten sich die Projektbeteiligten an einer Methode aus der Automobil- und Luftfahrtindustrie, der Produkt-

■ 411

Die »Merimée classification« wurde im 19. Jahrhundert von dem französischen Kultusministerium eingeführt und untergliedert Gebäude gemäß ihrer Funktion und Typus. Vgl. Landrieu et al. 2012, S. 37.

■ 412

Vgl. Webseite des Touristenamts von Cluny: Onlineauftritt des Office de Tourisme de Cluny <http://www.cluny-tourisme.com/Digital-tour-of-the-Abbey-city.html?lang=en>.

■ 413

Auf »YouTube« finden sich hierzu mehrere Beispiele: am 12.02.2012 wurde von dem Nutzer loncret ein Video (4:10 Min.) mit dem digital rekonstruierten Cluny III eingestellt: <https://www.youtube.com/watch?v=W-9VG6Y1Ufoc> und 2013 eine überarbeitete Version mit einer Dauer von 4:52 Min.: <https://www.youtube.com/watch?v=ey9UF7vVeJM>. In beiden Videos wird nur das Äußere des Gebäudes in teils spektakulären virtuellen Kamerafahrten gezeigt. Die Kirche befindet sich jeweils in einer grünen Landschaft und ist mit Texturen versehen, die Steine nachbilden.

■ 414

So findet sich beispielsweise auf der Webseite von »GrEz productions« eine digitale Rekonstruktion von Cluny III: <http://www.grezprod.com/usre-cons-cluny.html>. Diese Firma hat sich auf Rekonstruktionen von historischen Orten spezialisiert und u. a. auch Chartres und die Bastille als 3D-Modell realisiert, die sie für DVDs zu bestimmten historischen Themen aufbereiten. Auf welcher Grundlage diese Rekonstruktionen basieren, wird auf der Webseite nicht angegeben.

struktur. So unterteilten sie die einzelnen Bauteile der Abteikirche in Gruppen und diese wiederum in Untergruppen. Die Gliederung orientierte sich an architektonischen Einheiten und basierte auf der **Merimée classification**. ⁴¹¹ Diese Struktur unterstützte die Software **CATIA V5 R18** von **Dassault Systèmes**, die sie für die Modellierung der Abteikirche verwendeten. Die so generierten 3D-Modelle wurden anschließend für das Rendering in die Software **Maya** importiert. Um die digitalen 3D-Modelle auch in einer **Augmented Reality**-Anwendung vor Ort in Cluny verwenden zu können, wurden sämtliche Punktwolken gescannter Objekte sowie digitalisierte historische Karten mittels eines **Geographic Information System (GIS)** georeferenziert. Abschließend wurden die historischen Karten mit einem Luftbild aus dem Jahr 1997 überlagert, um gemeinsame Punkte zu identifizieren. Seit Ende 2016 steht den Besuchern von Cluny zudem eine interaktive 3D-Anwendung für Tablets zur Verfügung. ⁴¹²

Durch die digitale Technik kann auf diese Weise jeder Besucher Cluny individuell erkunden. Die Klosterkirche von Cluny war in den letzten Jahren zudem immer wieder Gegenstand von digitalen Rekonstruktionen, die jedoch nicht immer wissenschaftlich fundiert erarbeitet wurden. Meist wird darin nur das Äußere von Cluny III visualisiert. ⁴¹³

Dies lässt vermuten, dass historisch beziehungsweise technisch interessierte Privatpersonen mit heute frei zugänglichen CAD-Programmen die Kirche modellieren und dann ins Internet stellen. Für Laien ist es allerdings schwer zu entscheiden, welchen der zahlreichen 3D-Rekonstruktionen, die online zu finden sind, hinsichtlich der wissenschaftlichen Fundiertheit der Arbeit vertraut werden kann. ⁴¹⁴ Um dieses Dilemma zu lösen müsste gewährleistet sein, dass wissenschaftlich motivierte 3D-Projekte in einem eindeutigen Kontext online veröffentlicht werden und genaue Informationen über die Realisierung angegeben werden. Im besten Fall sollte auch eine wissenschaftliche Publikation zur 3D-Rekonstruktion erscheinen. Hierauf wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) zum Thema Dokumentation des Erstellungsprozesses genauer eingegangen.

Vergleichende Analyse – Cluny III im Bild

Im Folgenden wird untersucht welchen visuellen und inhaltlichen Mehrwert die erste digitale Rekonstruktion von Cluny III gegenüber den bis dahin vorhandenen zeichnerischen Abbildungen und haptischen Modellen aufweist, um zu zeigen welche Potentiale in der computertechnischen Visualisierung von Architektur liegen.

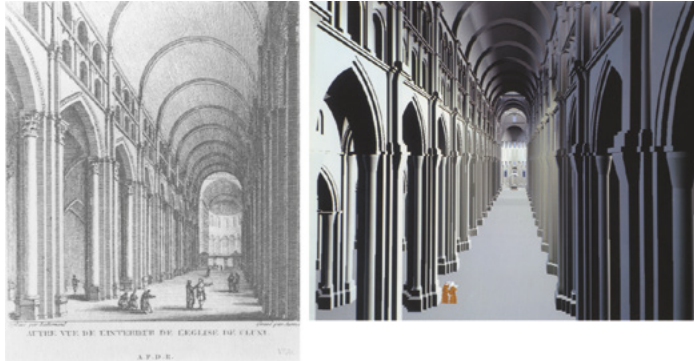
Nach ihrem Abriss war die Klosterkirche jahrhundertlang nur in historischen Ansichten bildhaft fassbar. Erst mit Conants Forschungen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entstanden auch haptische Modelle des Gebäudes. Damit war es nun erstmals möglich, einen räumlichen Eindruck des nicht mehr existierenden Bauwerks zu erhalten. Dies konnte die 1989 von **asb baudat** realisierte digitale 3D-Rekonstruktion von Cluny III nochmals um eine weitere Dimension erweitern. Denn darin konnten beliebig viele Standpunkte ausgewählt und auf diese Weise eine Vielzahl an Ansichten generiert werden, die mit haptischen Modellen oder Zeichnungen nur in eingeschränktem Maße realisierbar gewesen wären. Allerdings ist die Animation des 3D-Modells heute schwer zugänglich, wie bereits erläutert wurde. Somit sind von der digitalen Rekonstruktion vornehmlich nur diejenigen Bilder in Umlauf, die in der 1993 erschienenen

■ 415

Vgl. Cramer/Koob 1993.

Printpublikation Cluny. Architektur als Vision abgebildet sind. ⁴¹⁵ Bei den darin enthaltenen Abbildungen handelt es sich teilweise auch um Renderings, die eigens für das Buch erstellt wurden und nicht Bestandteil des Films sind. Wäre auch die Animation frei zugänglich, wäre dies eine sowohl visuelle als auch inhaltliche Ergänzung des Buchs, wodurch die Betrachter des Films die Möglichkeit hätten, sich eine weit größere Anzahl an Ansichten des virtuellen Cluny III anzusehen.

Die Bilder, die die digitale Rekonstruktion von Cluny III liefert, unterscheiden sich um zwei wesentliche Aspekte von den zeichnerischen Rekonstruktionen und historischen Ansichten, die davor existierten: Sie sind nüchtern gestaltet und perspektivisch korrekt. Vergleicht man beispielsweise die um 1773 nach Lallemand gefertigte Radierung mit einem dem Bildausschnitt entsprechenden Rendering aus der Printpublikation von Cramer und Koob, wird deutlich, dass in letzterem weit weniger Details visualisiert sind. So sind keine spezifischen Materialoberflächen dargestellt, stattdessen herrschen glatte Flächen vor ⁸⁴. Auch die Reduzierung auf nur zwei Staffagefiguren im 3D-Modell anstelle mehrerer in Aktion festgehaltener Besucher in der historischen Ansicht, trägt zum nüchternen und vorherrschend streng geometrischen Eindruck der digitalen Rekonstruktion bei.



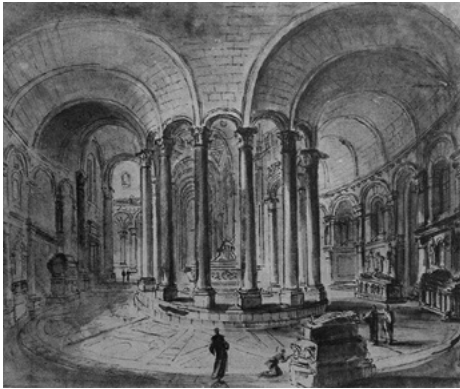
□ 84

Blick in das Hauptschiff von Cluny III in Richtung Osten: Radierung nach Jean-Baptiste Lallemand von Pierre-Laurent Auvray gefertigt, um 1773 (links) und Rendering, »asb baudat«, 1993 (rechts).

Deren perspektivische Korrektheit liefert einen weiteren Mehrwert gegenüber historischen Abbildungen. Dies zeigt ein Vergleich mit der von Lallemand ebenfalls 1773 angefertigten Ansicht des Chors mit Blick zum Altar ⁸⁵. Bei Lallemands Arbeit handelt es sich dabei insofern um eine Art Idealan-sicht, als der Raum vollständig abgebildet wird, wie es in Realität von dem hier eingenommenen Betrachterstandpunkt niemals möglich wäre. Beispielsweise sind die Bögen, die sich zwischen den Säulen des Apsisumgangs zu den Außenmauern spannen, sozusagen zu den Seiten aufgeklappt. Die im 3D-Modell dargestellte Ansicht gibt hingegen ein realistisches Bild der architektonischen Situation wieder. Auch hier zeichnet sich die digitale Rekonstruktion wieder durch ihre Nüchternheit und Reduktion auf die wesentliche Geometrie der Architektur und deren realitätsgetreue Darstellung aus.

Generell stellen die im Zuge der digitalen Rekonstruktion realisierten Innenansichten für sich einen Mehrwert dar. Denn sie zeigen nicht nur zwei oder drei bestimmte Perspektiven, wie sie in historischen Ansichten hauptsächlich auftauchen, sondern geben einen virtuellen Gang durch das Gebäude wieder ⁷³ ⁷⁴. So ist eine Vielzahl an Betrachterstandpunkten möglich, die in der Abfolge einen räumlichen Eindruck generieren. Dies ermöglicht vor allem der Film zur digitalen

Rekonstruktion, der virtuelle Rundflüge außerhalb und innerhalb des Gebäudes bietet. Diese Fortbewegung ermöglicht erstmals eine räumliche Erfahrung der Kirche, die es vor der Realisierung des 3D-Modells nicht gab. Auch deshalb ist es sehr bedauerlich, dass der Film schwer zugänglich ist.



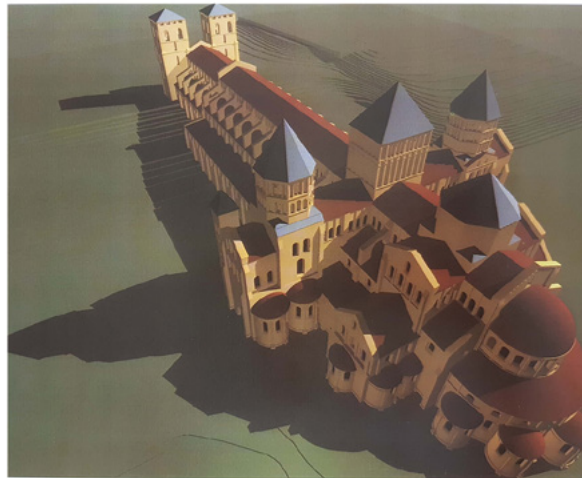
□ 85
Blick vom Chor zum Altar der Klosterkirche Cluny III; Zeichnung, Jean-Baptiste Lallemand, 1773, (links) und Rendering, »asb baudat«, 1993, (rechts).

Schon vor der digitalen Rekonstruktion von Cluny III wurde eine Ansicht erstellt, die die nicht mehr existierende Kirche im gegenwärtigen Stadtraum visualisiert. Dies erfolgte mittels einer Fotomontage, die ein relativ realistisch anmutendes Bild generierte. Dieses Motiv wurde auch für die Erstellung des Dokumentarfilms 1989 aufgegriffen und als Rendering in der Buchpublikation veröffentlicht: Hierfür wurde das digitale 3D-Modell auf ein aktuelles Foto der Stadt projiziert [86]. Im Vergleich dazu wirkt die schwarz-weiße Fotomontage interessanterweise weit realistischer. Denn bei der computergenerierten Ansicht wird auf den ersten Blick deutlich, dass es sich um eine Manipulation des Fotos handelt. Zum einen wirkt die Texturierung der Kirche sehr künstlich, sodass sie wie ein Fremdkörper erscheint. Zum anderen entspricht die Beleuchtung des 3D-Modells nicht dem realen Lichteinfall, der im Foto festgehalten ist. Dennoch bietet das Rendering einen gewissen Mehrwert, da es eine andere Perspektive auf die in den Stadtkontext integrierte Klosterkirche ermöglicht.



□ 86
Bildmontagen, die die Klosterkirche Cluny III im zeitgenössischen Stadtkontext zeigen: Luftaufnahme mit eingezeichneter Rekonstruktion von Cluny III, um 1987, (links) und Luftaufnahme mit integriertem 3D-Modell von Cluny III, »asb baudat«, 1989, (rechts).

In der Literatur zu Cluny III finden sich Abbildungen des nach Conants Forschung erbauten hölzernen Modells. Allerdings sind nur wenige Fotos davon publiziert, sodass das Objekt in immer gleicher Weise zu sehen ist. Vornehmlich ist ein im Hochformat aufgenommenes Foto in Umlauf, das die Kirche von schräg oben zeigt, mit dem östlichen Gebäudeteil im Vordergrund [87]. Eines der Bilder der digitalen Rekonstruktion, das am häufigsten in Publikationen zu finden ist, zeigt die Kirche aus einer vergleichbaren Perspektive.



□ 87
Modell der Klosterkirche Cluny III, aus Holz gefertigt von Hilberry und Hilberry (links); Rendering der digitalen Rekonstruktion, »asb baudat«, 1993, (rechts).

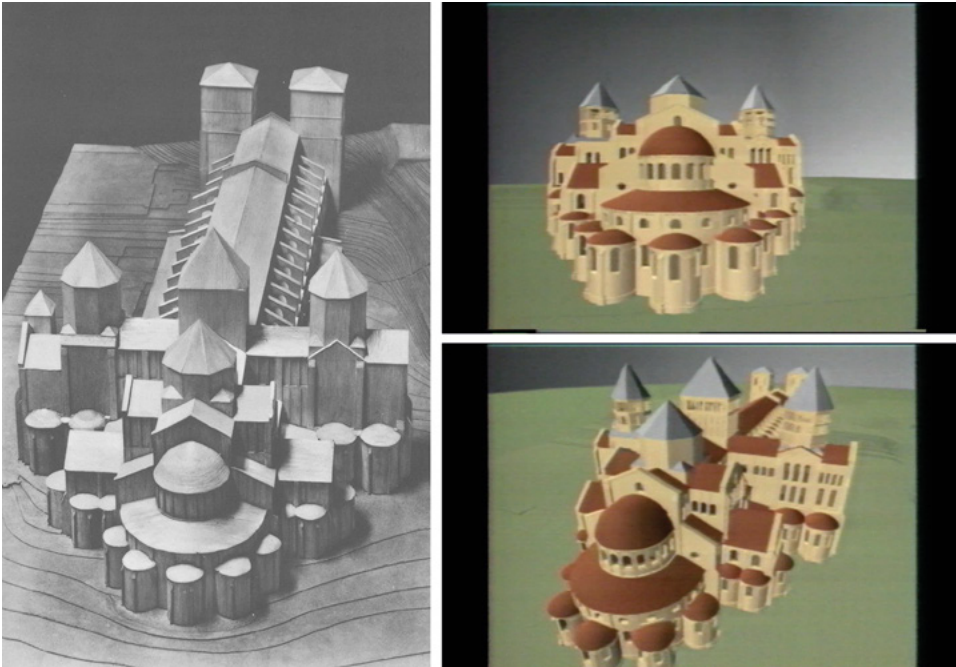
Die Darstellung der Klosterkirche ist sowohl im haptischen als auch im digitalen Modell relativ abstrakt gehalten. Das Schwarz-Weiß-Foto bringt vor allem die aus geometrischen Grundformen zusammengesetzte Architektur zur Geltung. Dazu trägt auch die beinahe senkrecht ausgerichtete Beleuchtung des Objekts bei, die die Dächer hell leuchten und sich von den dunkel erscheinenden Wänden deutlich abheben lässt. Fenster oder Türen sind weder eingeschnitzt noch markiert. Auf diese Weise erhält das Holzmodell Hypothesencharakter. Das 3D-Modell weist zwar eine farbliche Differenzierung sowie Fensteröffnungen auf, die sogar Durchblicke durch Gebäudeteile erlauben, dennoch wirkt auch dieses abstrakt. Denn es gibt keine Texturen, die bestimmte Materialoberflächen nachahmen oder detaillierten Bauschmuck abbilden. Die Umgebung ist in beiden Modellen ähnlich schematisch mit plastisch herausgearbeiteten Höhenlinien dargestellt.

Aufgrund der höheren Dichte an Details hat das digital rekonstruierte Cluny III weniger Hypothesencharakter als das aus Holz gearbeitete Objekt. Ferner bietet es eine Vielzahl weiterer Ansichten gegenüber den wenigen publizierten Fotos von Conants Modell. So ist auch im Film die Kirche im Laufe eines virtuellen Flugs aus ähnlicher Perspektive zu sehen ^[88].

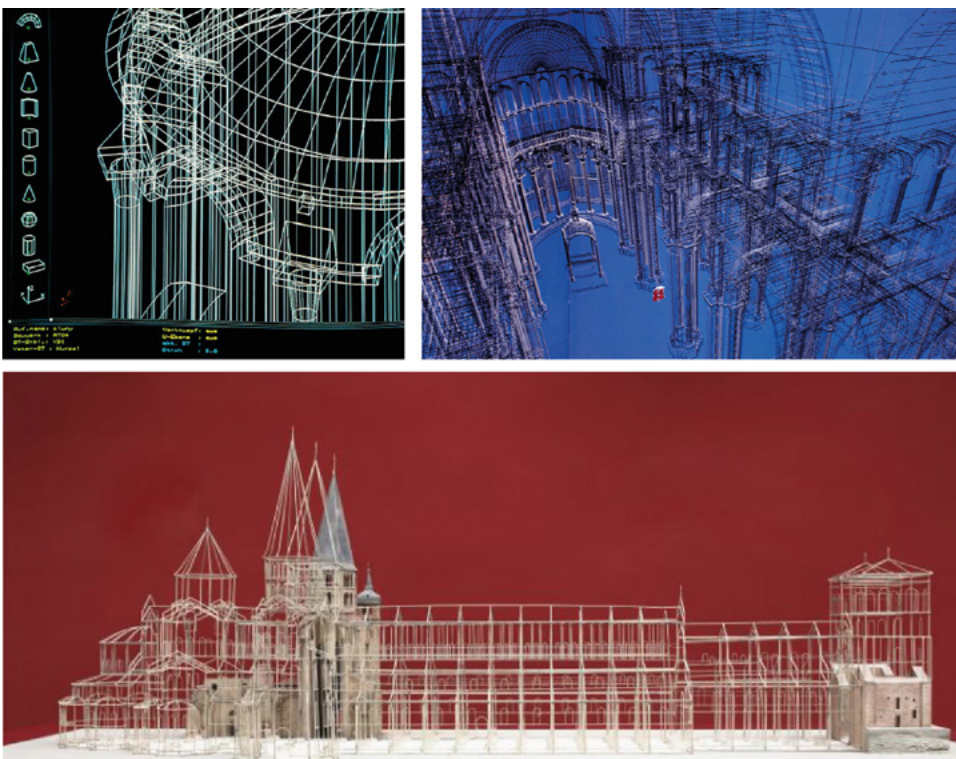
Die digitale Rekonstruktion von Cluny III bietet Einblick in den strukturellen Aufbau anhand von Drahtgittermodellen in unterschiedlichen Varianten ^[89]. Sie weisen eine große Ähnlichkeit mit dem 1939/1940 aus Metalldrähten und Holz gefertigten haptischen Modell auf, verfügen aber über eine weit größere Dichte an Details, die hier einen Eindruck von der komplexen Architektur vermittelt, wie ihn üblicherweise nur an der computertechnischen Modellierung beteiligte Personen erhalten.

Die digitale Rekonstruktion greift also bestimmte Motive und Ansichten, die in den vorliegenden historischen Ansichten und Fotos der haptischen Modelle überliefert sind, teilweise auf. Aber sie fügt der bildlichen Dokumentation der Klosterkirche auch Bilder hinzu, die zusätzliche Betrachterstandpunkte aufweisen und teils neue Visualisierungstechniken zeigen. Anhand der Vergleiche der vor der digitalen Rekonstruktion von Cluny III existierenden Bilder beziehungsweise Objekte mit den durch das 3D-Modell generierten Bildern wird deutlich, dass das digitale Modell einen grundsätzlichen Mehrwert für die

visuelle Darstellung der Kirche bedeutet: Es gibt einen räumlich korrekten Eindruck bildhaft wieder und stellt die Kirche objektiv, mit einem Minimum an erzählerischen Details (Staffagefiguren, Höhenlinien) dar.



□ 88
 Modell der Klosterkirche Cluny III, aus Holz gefertigt von Hilberry und Hilberry (links); Filmstills aus der Dokumentation »Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier«, Min. 0:38 – 0:46, SWF, 1991 (rechts).



□ 89
 Drahtgittermodelle des digital rekonstruierten Cluny III, Renderings, »asb baudat«, 1993, (oben); Modell der Klosterkirche Cluny III aus Metalldrähten und Holz, 1939–1940, Cité de l'architecture et du patrimoine, Fotografie von David Bordes (unten).

Fazit – Bedeutung und Einordnung des Rekonstruktionsprojekts von 1989

Das Projekt hatte bereits zur Zeit seiner Entstehung eine große Bedeutung für die wissenschaftliche digitale Rekonstruktion von historischer Architektur im deutschsprachigen Raum. Es wurde von den daran Beteiligten wie auch von den Medien als einzigartig und in dieser Komplexität noch nie dagewesenes Projekt beschrieben. ⁴¹⁶

Zwar wurden bereits Mitte der 1980er-Jahre erste digitale 3D-Modelle von historischer Architektur im wissenschaftlichen Kontext erstellt, jedoch handelte es sich dabei um Projekte in weit geringerem Umfang wie der Überblick in den vorangegangenen Kapiteln zeigte. Die Besonderheit, die das digitale Cluny III auszeichnet, ist der Anspruch an historische und architektonische Korrektheit der Rekonstruktion und die Offenlegung der Arbeitsschritte mit detaillierter Dokumentation, sodass die Ziele und Hintergründe für den Betrachter nachvollziehbar sind. Auch von technischer Seite war das Projekt innovativ, da es mit Workstations und darin eingebauten Grafikkarten arbeitete, die erst seit ein paar Jahren anstelle von Großrechnern erhältlich waren. ⁴¹⁷ Diese ermöglichten eine um ein Vielfaches schnellere Bildberechnung als jemals zuvor. Die Firma asb baudat verwendete die im Bauwesen eingesetzte Software speedikon der Firma IEZ AG und ein erst kurz zuvor fertiggestelltes 3D-Modul. Sowohl Soft- als auch Hardware entsprachen damit dem neuesten Stand der Technik.

Erst mit der Computerrekonstruktion von Cluny III, konnten auch etwaige Fehler in der bisherigen Forschung zu dem Bauwerk aufgedeckt werden. So bemerkte das Team um Koob nach einigen Recherchen, dass Conant beispielsweise eine Treppenstufe an einer bestimmten Außenwand in seinen Aufzeichnungen nicht festgehalten hatte. ⁴¹⁸ Denn im digitalen Modell von Cluny hatte sich eine zunächst unerklärliche Lücke von etwa 30 Zentimetern zwischen eben dieser Wand und der angrenzenden Fläche ergeben.

Bemerkenswert ist auch die Vorgehensweise der konkreten digitalen Rekonstruktion. Denn die Reihenfolge der Arbeitsschritte entsprach in weiten Teilen dem realen Vorgehen auf einer mittelalterlichen Baustelle. Diese Tatsache fand insbesondere bei Fachleuten aus dem Bereich des Steinmetzhandwerks große Beachtung. ⁴¹⁹ Die von Koob vorgenommene Ordnung von einzelnen, digital rekonstruierten Bauteilen zu Bauteilgruppen wurde im Bereich des Betonbaus als innovative Methode hervorgehoben, die hinsichtlich einer spielerischen Herangehensweise beim Entwerfen neuer Bauten auch in der Architekturausbildung Anwendung finden könne. ⁴²⁰ Auch die Digitalisierung des Planungsprozesses lasse sich auf aktuelle Bauprojekte übertragen. Hier zeigt sich, dass die Veröffentlichung der Vorgehensweise der digitalen Rekonstruktion von Cluny III in Fachkreisen sehr wohl wahrgenommen wurde und als Inspiration für die eigenen Fragestellungen diene.

Werner Müller und Norbert Quien lobten 1992 die Rekonstruktion von Koob et al. als ein innovatives Projekt, das einen deutlichen Mehrwert gegenüber den bis dahin vorliegenden zweidimensionalen Abbildungen aufweist. ⁴²¹ Jedoch bemängeln Müller und Quien das Erscheinungsbild der computergenerierten, nicht lebendig wirkenden Oberflächen:

■ 416

Zum Medienecho vgl. u. a.: Der Chefredakteur der deutschen Bauzeitung (db) beschreibt die digitale Rekonstruktion von Cluny III als innovatives und zukunftsweisendes Projekt: »Der Prüfstein Cluny, ein Raum, den man als Original nicht mehr erleben kann, dessen Wirkung also nur in der Simulation nachzuvollziehen ist, zeigt die Möglichkeiten, die in dem Werkzeug CAD stecken. Was man damit an architekturgeschichtlich bedeutsamer Stelle zaubern kann, läßt sich – im Vorgriff auf die Zukunft – auf alles noch Imaginäre, auf alle Projekte anwenden.« Zit. aus: Dechau 1990, S. 115. In seiner Rezension zu der Publikation »Cluny. Architektur als Vision« weist auch der Physiker Kurt Sätzler darauf hin, dass das Rekonstruktionsprojekt von 1989 eines der ersten Projekte dieser Art war, vgl. Sätzler 1996, S. 130. Das »Frankfurter Allgemeine Magazin« widmete dem Projekt von Koob 1991 kurz vor der Fernsehpremiere der Dokumentation einen mehrseitigen und reich bebilderten Artikel. Vgl. Behringer 1991. Auch im »Spiegel« findet sich im März 1994 ein kurzer Hinweis auf die Publikation von Cramer und Koob. Vgl. Cluny aus dem Computer (1994), S. 225.

■ 417

Zur im Projekt verwendeten Technik vgl.: Koob 1993, S. 59.

■ 418

Zu dem hier erläuterten Fehler, den Koob und sein Team aufdeckten, vgl.: Behringer 1991, S. 68.

■ 419

Vgl. Cluny III mit dem Computer rekonstruiert (1991), S. 66–67.

■ 420

Vgl. Krömer 1995.

■ 421

Vgl. Müller/Quien 1993, S. 272.

»Die Rekonstruktion von Cluny III mit Hilfe von CAD geht insofern über die bisher vorliegenden, von Conant angefertigten Zeichnungen hinaus, als der Betrachter im Innenraum nun beliebige Standpunkte einnehmen kann. Außerdem erlaubt das Video, den Innenraum als begehbar und durchschreitbar zu erleben. Der Preis, den der Betrachter dafür zu zahlen hat, besteht vorerst darin, daß dem Computer viele Details zum Opfer fallen und daß die Computergraphik, anders als die Zeichnungen Conants, keine »Handschrift« hat: individuelle Ausdrucksmöglichkeit geht verloren, und an ihre Stelle tritt eine uns aus der Science-fiction-Welt vertraute Oberflächenwirkung.« ⁴²²

■ 422

Ebd.

■ 423

Vgl. Müller/Quien 1999 (Spätgotik virtuell), S. 18.

■ 424

In Kapitel 4.1 (→ 165) wird auf die Problematik von Fotorealismus und Glaubwürdigkeit der Visualisierung genauer eingegangen.

■ 425

Vgl. Trauer um Manfred Koob (2011).

■ 426

Vgl. Webseite von »Architectura Virtualis«: <http://www.architectura-virtualis.de>.

■ 427

Vgl. Webseite zum Projekt »Synagogen in Deutschland – Eine Virtuelle Rekonstruktion«: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.

■ 428

Vgl. Koob 1992, o. S., Abschnitt »Architectura Virtualis in Kürze«; Kapitel 1.3 (→ 029).

Hingegen sehen sie in der kurze Zeit später realisierten digitalen Rekonstruktion von Cluny III durch die Studenten Christian Père und Philippe Marécaux eine visuelle Weiterentwicklung. ⁴²³ Der Grund für die Verbesserung liegt hier laut Müller und Quien im erhöhten technischen Aufwand. Schließlich wurden Père und Marécaux von IBM mit modernster Technik unterstützt, wodurch natürlich ein anderes Ergebnis in der Visualisierung beispielsweise hinsichtlich Lichtsimulation und Texturierung erzielt werden konnte, als mit weniger Rechenkapazität. Festzustellen ist aber auch, dass mit steigendem Fotorealismus unter Umständen die Glaubwürdigkeit der Darstellung leidet. ⁴²⁴

Die digitale Rekonstruktion von Cluny III war jedoch nur der Auftakt für eine ganze Reihe an Projekten, die der Architekt Manfred Koob, der ab 1992 als Gastprofessor an der Technischen Hochschule Darmstadt (heute Technische Universität Darmstadt) tätig war und 1995 als ordentlicher Professor im Fachbereich Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur berufen wurde, federführend realisierte. ⁴²⁵ Im selben Jahr, 1995, gründete er seine eigene Firma **Architectura Virtualis** in Darmstadt und widmete sich jahrzehntelang der Rekonstruktion von historischer, teils noch existierender, teils heute zerstörter Architektur. ⁴²⁶ Weltweite Bekanntheit erlangte er mit dem umfangreichen Projekt der Rekonstruktion von im Zweiten Weltkrieg zerstörten Synagogen in Deutschland, das er 1995 gemeinsam mit dem Architekt Marc Grellert unter Mitarbeit von über 60 Studenten begann. ⁴²⁷ Dieses wird in Kapitel 5.3 (→ 367) detailliert analysiert.

Neben der praktischen Arbeit an 3D-Modellen beteiligte er sich auch am wissenschaftlichen Diskurs zur digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur und entwickelte seine visionäre Idee einer **Architectura Virtualis**, einem digitalen Architekturmuseum, wie bereits erläutert wurde. ⁴²⁸ Sein Ziel war es, Wissenschaftler und Laien auf der ganzen Welt zusammenzubringen und gemeinschaftlich an dem Projekt **Architectura Virtualis** zu arbeiten und damit kulturelles Erbe zu bewahren und für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Diese Idee, eine international agierende, zentral vernetzende Institution im Bereich der digitalen Rekonstruktion von kulturellem Erbe zu schaffen, ist bis heute eine (noch) nicht umgesetzte Vision geblieben. Auf diesen Themenkom-

plex wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) im Kontext der Initiierung internationaler Richtlinien in eben jenem Bereich näher eingegangen.

Jedoch ist zu bemerken, dass das Projekt zur Rekonstruktion von Cluny III durch asb baudat auf internationaler Ebene in den 1990er-Jahren scheinbar nicht wahrgenommen wurde. Anders ist es nicht zu erklären, dass in den Artikeln und Beschreibungen zu dem nur wenige Jahre später in Frankreich entstandenen Projekt zur digitalen Rekonstruktion der Kirche kein Hinweis auf die Visualisierung aus Deutschland zu finden ist – nicht einmal der Bericht im deutschsprachigen Magazin **IBM Nachrichten** erwähnt es. ⁴²⁹

Auch in den Aufsätzen zum 2010 in Frankreich realisierten Projekt **Gunzo** verweisen die Projektbeteiligten lediglich auf das 1990 von französischen Studenten initiierte 3D-Modell der Abteikirche als Vorläuferprojekt. ⁴³⁰

Leider ist die digitale Rekonstruktion von asb baudat nicht als Film im Internet hinterlegt. Dies steht in Widerspruch zu Manfred Koobs Auffassung zur kulturellen Bedeutung des 3D-Modells von Cluny III: »Mit Hilfe der Computertechnologie wurde das Wissen um Cluny visualisiert und damit demokratisiert. Demokratisiert in dem Sinne, daß Kulturgut und seine Darstellung für jedermann begreifbar und erlebbar wird.« ⁴³¹ Zwar können sich Interessierte das Buch zum Projekt kaufen und die zahlreichen Bilder des 3D-Modells studieren. Jedoch ist die Visualisierung in Form eines Films nicht online zugänglich – im Gegensatz zu den im Internet verfügbaren Filmausschnitten und Abbildungen der in Frankreich realisierten digitalen Rekonstruktionen von Cluny III. ⁴³² Dieser Umstand trug möglicherweise dazu bei, dass das Projekt international nicht so stark wahrgenommen wurde, wie es ihm eigentlich zugestanden hätte. Schließlich handelt es sich hier um das erste 3D-Modell von Cluny III, das auch in der internationalen Wissenschaftscommunity Anerkennung erfahren sollte.

Die 1989 realisierte digitale Rekonstruktion kann durchaus als wegweisendes Initialprojekt in Deutschland gesehen werden. Von dem beteiligten Architekten Manfred Koob wird es 1992 als »Auslöser für eine Welle von Rekonstruktionen, deren Anzahl derzeit bei ca. 400–500 Bauwerken liegen mag« ⁴³³ bezeichnet. So steigt Anfang der 1990er-Jahre die Anzahl an Rekonstruktionsprojekten im wissenschaftlichen Bereich stark an, wie in **Kapitel 4.1** (→ 165) gezeigt wird.

■ 429

Vgl. Dorozynski 1993; Joray 1993 u. Ronchi 2009, S. 340–341.

■ 430

Vgl. Landrieu et al. 2012, S. 31.

■ 431

Koob 1994, S. 116.

■ 432

Einzelne kurze Videos sowie Filmstills der 1992 realisierten Rekonstruktion von Cluny III sind auf der Webseite von »Mediaport – CyberScience« zu finden: http://www.mediaport.net/CP/CyberScience/BDD/fich_054.fr.html. Ein Ausschnitt aus dem Film der 2008 initiierten Arbeit ist unter dem Titel »Extrait Mémoire de pierres« (3:45 Min.) seit 10.06.2009 auf dem Portal »dailymotion« im Kanal »Cluny Numérique« online zu finden: <https://www.dailymotion.com/video/x9jnwj?playlist=xzf11>.

■ 433

Koob 1992, o. S., Abschnitt »3 Gründe, warum die Architectura Virtualis entstehen sollte«.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

3.4 Erste 3D-Modelle historischer Architektur – Dominanz der Archäologie

Wie in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt werden konnte, dienten in den frühen 1980er Jahren 3D-Rekonstruktionen vornehmlich als Präsentationsmedien. Ihr Potential, zukünftig auch als Forschungswerkzeuge Verwendung zu finden, zeichnete sich erst im Laufe der Entstehungsprozesse der frühen 3D-Projekte ab.

Vor diesem Hintergrund wurden zwei unterschiedliche Rekonstruktionsprojekte exemplarisch ausgewählt, um sie eingehend zu untersuchen. Im Fall von Old Minster erforschten die beiden Archäologen Martin Biddle und Birthe Kjølbye-Biddle seit Anfang der 1960er Jahre die frühmittelalterliche Kathedrale und initiierten 1984 eine 3D-Modellierung des Bauwerks, um ihre Erkenntnisse mit neuen Technologien der Öffentlichkeit zu präsentieren. Bei Cluny III war der Entstehungsprozess etwas anders gelagert: Zwar sollte auch hier ein nicht mehr existierendes Bauwerk zumindest virtuell wieder öffentlich zugänglich gemacht werden, allerdings lag bereits eine umfassende architekturhistorische Erforschung durch Kenneth John Conant aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vor. Darauf griffen der Architekt Manfred Koob und sein Team 1989 zurück, um darauf aufbauend eine Computeranimation zu Cluny III für einen Dokumentarfilm zu erstellen. Insofern waren hier die Erforschung der Kirche und deren digitale Rekonstruktion voneinander entkoppelt, wurden also nicht von den gleichen Experten ausgeführt. Unabhängig von diesen Entstehungsprozessen konnten in beiden 3D-Projekten im Rahmen der Modellierung in bestimmten Bereichen Unstimmigkeiten zur vorliegenden Forschung identifiziert werden. So zeigte sich in beiden Fällen das Potential digitaler Rekonstruktionen, substantiell zur Erforschung historischer Architektur beizutragen.

Ab etwa 1986 ist zu beobachten, dass Projekte realisiert wurden, die die digitale Modellierung von Architektur explizit als Forschungswerkzeug einsetzen. Untersucht wurde beispielsweise die perspektivische Darstellung in Wandgemälden, die Funktionen einer Burganlage oder auch die baugeschichtliche Veränderung einer Stadt. Da erst um 1983/1984 die ersten texturierten 3D-Modelle im wissenschaftlichen Kontext anzutreffen sind, ist es bemerkenswert, dass bereits wenige Jahre später eine neue, grundlegende Zielsetzung von Rekonstruktionsprojekten hinzukam, die direkten Einfluss auf die Methodik des jeweiligen Fachs hatte.

Anhand der vorgestellten Beispiele wurde nicht nur die große Themenvielfalt deutlich, sondern auch die Bandbreite unterschiedlicher Herangehensweisen verschiedener Fachgebiete. Denn der hier vorgestellte Überblick über 3D-Rekonstruktionen in den 1980er-Jahren umfasst nicht nur in der Archäologie verankerte Projekte, wie in einschlägigen Publikationen meist dargestellt, sondern weitet den Blick über Disziplinengrenzen hinaus. So konnte gezeigt werden, dass in dieser Zeitspanne auch bereits in der Kunstgeschichte im Allgemeinen und der Architekturgeschichte als einem Teilbereich derselben im Speziellen sowie in der Theaterwissenschaft 3D-Modelle auf wissenschaftlicher Grundlage erstellt wurden.

Die Auswahl der beiden detailliert analysierten 3D-Projekte steht stellvertretend für die Tendenz, die sich in den 1980er-Jahren abzeichnet: In der ersten Hälfte des Jahrzehnts dominieren 3D-Projekte, die von Archäologen durchgeführt wurden. Zentren der frühen archäologischen Initiativen finden sich insbesondere an akademischen sowie außeruniversitären Forschungsinstitutionen Großbritanniens. Herausragend ist hier die zuvor untersuchte Arbeit zu Old Minster, die die beiden Archäologen Biddle und Kjølbye-Biddle gemeinsam mit dem **IBM UKSC** durchführten. Es handelt sich hierbei zwar nicht um das allererste texturierte 3D-Modell historischer Architektur, das in Großbritannien auf wissenschaftlicher Grundlage erstellt wurde (die 3D-Visualisierung der römischen Tempelanlage in Bath datiert aus dem Jahr 1983), jedoch ist es die erste digitale Rekonstruktion einer frühmittelalterlichen Kathedrale. Insofern hebt es sich deutlich von anderen Projekten der frühen 1980er-Jahre ab, deren Gegenstand vornehmlich antike Bauten waren. Für die erfolgreiche Umsetzung der einen hohen Rechenaufwand umfassenden digitalen Rekonstruktionen von Old Minster zeichnet die Zusammenarbeit mehrerer Experten verschiedener Disziplinen verantwortlich. Dies führte in der Folge zur Anfrage des British Museum, die Computeranimationen in einer Ausstellung zu präsentieren. Einzig fraglich bleibt, warum kaum Renderings des 3D-Modells in späteren wissenschaftlichen Publikationen abgebildet wurden. Der Frage nach der Sichtbarkeit digitaler Rekonstruktionen wird in **Kapitel 7.1 (→ 565)** genauer nachgegangen, denn Old Minster ist hier kein Einzelfall, wie in der vorliegenden Arbeit noch gezeigt wird.

Da ab Mitte der 1980er-Jahre neben der Archäologie auch andere Fachdisziplinen historische Architektur digital rekonstruierten, wurde hierzu das von dem Architekten Koob realisierte 3D-Projekt für eine Einzelanalyse herangezogen. Es zeichnet sich vor allem durch den Umfang des komplexen Bauwerks aus, das unter Verwendung der damals modernsten Technologie am Computer modelliert wurde. Alle Arbeitsschritte wurden detailliert in der zugehörigen Buchpublikation dokumentiert, ein Vorgehen, das bis heute seinesgleichen sucht. Bis heute ist es in Fachkreisen bekannt und hatte zur Zeit seiner Entstehung eine wichtige Strahlkraft, in deren Folge weitere 3D-Projekte in Deutschland realisiert wurden. Allerdings stellt sich sowohl bei der digitalen Rekonstruktion von Old Minster als auch von Cluny III die Frage, aus welchem Grund nicht auch Kunsthistoriker an Projekten wie diesen beteiligt waren. Diese Tendenz zeichnet sich auch in den 1990er-Jahren ab wie im anschließenden Kapitel zu sehen ist.

Wie gezeigt wurde, hielten computertechnische Methoden in den 1980er-Jahren allmählich Einzug in die kunsthistorische Forschung, jedoch

zunächst vordergründig zur Katalogisierung und Klassifizierung von Kunstwerken. Erst mit der zweiten Hälfte des Jahrzehnts wurden Forschungsprojekte umgesetzt, deren Fokus auf der Analyse von Bildwerken mittels Software lag. Den Gegenstand der Projekte bildeten beispielsweise bedeutende Fresken, die auch heute noch existieren. Die entstandenen digitalen Rekonstruktionen dienten nicht in erster Linie dazu, per se Architektur darzustellen, sondern boten jeweils den Rahmen für die Untersuchung des der Wand verhafteten Kunstwerks. Hier wurde die 3D-Modellierung bewusst als Forschungswerkzeug eingesetzt, durch das neue Erkenntnisse gewonnen werden konnten. Ein Großteil der kunsthistorischen Fachcommunity akzeptierte und verwendete jedoch nur sehr zögerlich computertechnische Methoden. Nach der Erforschung von raumbezogenen Kunstwerken wäre eine logische Weiterentwicklung der kunsthistorischen Forschung gewesen, die Untersuchung von historischer Architektur in den Fokus von 3D-Projekten zu stellen. Hierzu finden sich schließlich in den 1990er-Jahren einzelne Initiativen, wie in den nachfolgenden Kapiteln gezeigt wird.

Kapitel 4

→ Die 1990er-Jahre – Institutionalisierung

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

4.1 Anstieg an 3D-Projekten und das Potential von 3D-Modellen zum Forschungswerkzeug

Die 1990er-Jahre sind durch eine große Fülle an 3D-Projekten gekennzeichnet. Ausschlaggebend hierfür waren zum einen die erschwinglicher gewordene Hard- und Software und zum anderen die Institutionalisierung wissenschaftlich erstellter digitaler Visualisierung und Rekonstruktion historischer Architektur. Darüber hinaus kam dem Internet im Hinblick auf das weltweite Zurverfügungstellen von digitalen Medien eine wachsende Rolle zu.

In den 1990er-Jahren zeichnet sich ein Übergang von 3D-Rekonstruktionen als Präsentationsmedien hin zu Projekten ab, die 3D-Modelle auch als Forschungswerkzeuge einsetzen. Dies bedingte auch einen Wandel im Bereich der Urheber von digitalen Rekonstruktionen. Die 3D-Modelle, die Forte und Siliotti 1997 in ihrer Publikation *Virtual Archaeology. Re-creating Ancient Worlds* vorstellten, wurden laut Bernard Frischer weitgehend von Firmen realisiert, den daran beteiligten Archäologen wurde keine individuelle, institutionelle Urheberschaft zugebilligt. ⁴³⁴

In verschiedenen Fachdisziplinen lässt sich allerdings feststellen, dass immer mehr an Universitäten angesiedelte Wissenschaftler digitale 3D-Modelle historischer Architektur realisierten. Dies ging einher mit einer zunehmenden Institutionalisierung des Bereichs der 3D-Rekonstruktion. So wurden spezialisierte, universitäre Institute und Forschergruppen sowie unabhängige Forschungseinrichtungen gegründet. Im Folgenden seien daher wichtige neu gegründete Einrichtungen verschiedener Fachdisziplinen und thematischer Ausrichtungen kurz vorgestellt. ⁴³⁵

Gründung von Forschungseinrichtungen

Insbesondere an Universitäten lässt sich Anfang der 1990er-Jahre weltweit ein wachsendes Interesse erkennen, digitale Rekonstruktionen von Architektur in der Forschung bestimmter Fachbereiche zu etablieren. Im Zuge dessen gründeten Experten universitär angebundene Einrichtungen beziehungsweise richteten einschlägige Fachbereiche ein.

Letzteres hat sich beispielsweise an der TU Darmstadt vollzogen, mit der Gründung des neuen Fachgebiets **CAD in der Architektur** und dessen Schwerpunkt im computergestützten Rekonstruieren historischer Architektur. ⁴³⁶ Der Architekt Manfred Koob, der Mitte der 1980er Jahre in Bensheim die Firma

■ 434

Vgl. Forte/Siliotti 1997; Frischer 2008 (Introduction), S. vii.

■ 435

Weitere Institutionen, die speziell im Bereich der »Cultural Virtual Reality« aktiv sind, listeten Frischer et al. im Jahr 2000 auf. Vgl. Frischer et al. 2002, S. 16.

■ 436

Vgl. Bernhardt 1994, S. 9.

■ 437

Vgl. Kurzbiografie von Manfred Koob zu finden in: Technische Universität Darmstadt 1994, S. 153; Trauer um Manfred Koob (2011).

■ 438

Zu den Forschungsschwerpunkten des »IKA« vgl. dessen Webseite: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/a_profile/index.html.

■ 439

Ebd.

■ 440

Vgl. Webseite des »IKA«: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/index.html. Auf das 3D-Projekt zu Bauhaus und Avantgarde wird in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels näher eingegangen. Der international bedeutenden Initiative zu Synagogen in Deutschland ist Kapitel 5.3 (→ 367) gewidmet. Einen kurzen Einblick in die Arbeit zum Vatikanischen Palast bietet der Überblick in Kapitel 5.1 (→ 301).

■ 441

Vgl. Beacham 2009. Hintergrundinformationen zu Gründung, Mitgliedern, Zielen und Tätigkeiten des »Visualisation Team« äußerte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

■ 442

Die Hintergründe zum Wechsel an das KCL erläuterte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

■ 443

Vgl. Webseite des »King's Visualisation Lab«: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/about.html>; Messemer 2019.

■ 444

Vgl. Favro 2006 (In the eyes of the beholder), S. 321; Favro 2006 (The digital disciplinary divide), S. 200–202.

■ 445

Zu den Zielen und Projekten des »CVRLab« sowie dem Konzept des »Scientific Committee« vgl.: Frischer 2004 (Mission and recent projects), insbes. S. 65.

asb baudat gegründet hatte, kam 1992 als Gastprofessor an die Hochschule und prägte ab 1995 als ordentlicher Professor bis zu seinem Tod 2011 den kurz danach in **Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur (IKA, heute: Digitales Gestalten)** umbenannten Fachbereich. ⁴³⁷ Ein Schwerpunkt des IKA war es, sich mit den Wechselwirkungen zwischen Architektur und den Informations- und Kommunikationstechnologien zu befassen sowie das Potential der Computertechnologie für Lehre und Forschung zu ergründen. ⁴³⁸ Ein wichtiger Forschungsbereich hierbei waren »Rekonstruktions- und Simulationmethoden in der Architektur. Rekonstruktion zerstörter und nie gebauter Architektur und Stadtanlagen« ⁴³⁹. Im Laufe der Jahre wurden zahlreiche 3D-Projekte initiiert, die teils auch mit Kulturinstitutionen durchgeführt wurden und unterschiedliche Themen umfassten wie Bauhaus und Avantgarde (1992), Synagogen in Deutschland (1995–2003), Vatikanischer Palast (1998), Boyanakirche in Sofia (1999–2001). ⁴⁴⁰

An der University of Warwick, Großbritannien, gründete der Theaterwissenschaftler Richard Beacham im Jahr 1996 das **Visualisation Team** mit dem Ziel Theaterbauten zu erforschen, um daraus einerseits Material für die Lehre zu entwickeln und andererseits Publikationen zu erarbeiten. ⁴⁴¹ Mitglieder der Gruppe waren der Senior Research Fellow Martin Blazeby, Drew Baker, Experte für VR-Technologien, der Theaterwissenschaftler Hugh Denard, der Medienkünstler Michael Takeo Magruder sowie mehrere dort angestellte Wissenschaftler und Assistenten. Gemeinsam rekonstruierten sie der Chronologie folgend zunächst antike Theaterbauten am Computer.

Im Jahr 2005 wechselte die Arbeitsgruppe um Beacham an das Centre for Computing in the Humanities (heute: Department of Digital Humanities) des King's College London (KCL), das ihr eine langfristige finanzielle Förderung zusichern konnte. ⁴⁴² Im Rahmen des dort von dem Theaterwissenschaftler gegründeten **King's Visualisation Lab (KVL)**, das bis 2015 aktiv war, war es möglich ihre bestehenden Initiativen fortzuführen und neue Projekte zu starten, wobei auch hier der Fokus auf der digitalen Modellierung historischer Gebäude lag. ⁴⁴³

Eine weitere wichtige Institution im Bereich der wissenschaftlichen digitalen Rekonstruktion historischer Architektur stellt das **CVRLab (Cultural Virtual Reality Laboratory)** dar, das 1997 an der University of California Los Angeles (UCLA) von dem Archäologen Bernard Frischer und der Architekturhistorikerin Diane Favro gegründet wurde. ⁴⁴⁴ Ziel des CVRLab war es, auf wissenschaftlicher Basis 3D-Modelle von Stätten des kulturellen Erbes zu erstellen, deren Anwendung in der Forschung, Lehre und gewerblichen Nutzung zu entwickeln sowie Studierende auf diesem Gebiet auszubilden. ⁴⁴⁵ Ergänzend entwickelten sie das Konzept eines sogenannten **Scientific Committee**, eines internationalen Wissenschaftlerteams, das jeweils für ein bestimmtes Projekt zusammengestellt wurde und die erarbeiteten 3D-Modelle begutachtete. Auf dieses innovative Konzept wird in **Kapitel 5.2 (→ 331)** im Rahmen der Analyse des 3D-Projekts zur Basilika Santa Maria Maggiore als Teil von **Rome Reborn** genauer eingegangen.

Das bereits 1995 initiierte Projekt **Rome Reborn** wurde 1998 an das CVRLab angegliedert und besteht bis heute. ⁴⁴⁶ Es widmet sich der digitalen Rekonstruktion der Heiligen Stadt in der Antike, von 1000 v. Chr. bis 550 n. Chr.

■ 446

Für Informationen zum Projekt »Rome Reborn« vgl.: Frischer et al. 2000, S. 155. Die Seit Anfang 2018 nicht mehr verfügbare Webseite zum Projekt bot grundlegende Informationen, Abbildungen und Videos, insbesondere zur frühen Phase von »Rome Reborn«: <http://romereborn.frischerconsulting.com/about.php>. Die neue Webseite verfügt über weit weniger Hintergrundinformationen, vgl.: <https://www.romereborn.org/content/aboutcontact>.

Eine kurze Zusammenfassung zu »Rome Reborn« ist zu finden in: Messemer 2016 (The Beginnings of Digital Visualization), S. 36–37; Messemer 2019. In Kapitel 5.2 (→ 331) erfolgt eine ausführliche Erläuterung des Projekts.

■ 447

Vgl. Informationen zur 3D-Rekonstruktion des Tempels auf der Webseite des Projekts »Roman Digital Forum,« die nur mehr über die »Wayback Machine« des »Internet Archive« erreichbar ist: http://wayback.archive-it.org/7877/20160919161126/http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Forum/reconstructions/AntoninusetFaustinaTemplum_1/issues.

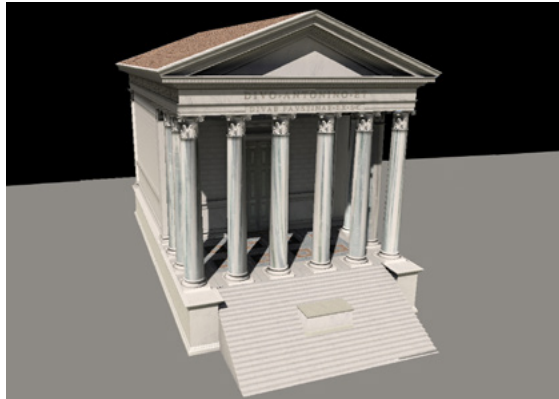
■ 448

Frischer 2002, Abschnitt »The Cultural Virtual Reality Laboratory: Producing New Tools for Teaching and Research in the Digital Age«.

■ 449

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 1 und Frage 2.

Das erste 3D-Modell, das im Rahmen von Rome Reborn realisiert wurde, umfasst den Tempel von Antonius und Faustina ⁹⁰. ⁴⁴⁷



□ 90

Digitale Rekonstruktion des Tempels von Antonius und Faustina als erstes 3D-Modell im Rahmen von »Rome Reborn« erstellt, 1996.

In diesem Rendering erscheint der Tempel als Solitär, losgelöst aus seiner baulichen Umgebung. Dennoch lassen ihn die Verwendung von Texturen, die die einzelnen Baumaterialien wiedergeben, sowie die realistisch anmutende Lichtsimulation sehr real wirken.

Zu dieser 1996 realisierten digitalen Rekonstruktion hält die zugehörige Projektwebseite eine Übersicht vor, die detailliert angibt, wie hoch das Level der Wahrscheinlichkeit für einzelne dargestellte architektonische Elemente ist. Eine solche Dokumentation anzulegen und zu veröffentlichen war keineswegs eine übliche Verfahrensweise und sucht bei anderen 3D-Projekten bis heute ihresgleichen. Um die Wissenschaftlichkeit und fachliche Akzeptanz von digitalen Rekonstruktionen zu stärken, wäre es sinnvoll eine derartige Übersicht generell vorzunehmen und auch zu publizieren. Erst in den 2000er-Jahren wird in der Fachcommunity über das Thema der Dokumentation des Erstellungsprozesses eines 3D-Modells grundlegend diskutiert, worauf in Kapitel 6.2 (→ 469) genauer eingegangen wird. Für Bernard Frischer ist das Konzept der Autorschaft eines digitalen 3D-Modells entscheidend, um es als wissenschaftlich fundiert auszuweisen:

»Equally important for authentication is the use of a scientific method for producing a model. This starts with something very simple – but something often missing in a commercial model of a cultural heritage site: A scientific model must have an author. The CVRLab has developed the notion of collaborative authorship involving, ideally, the cultural authority responsible for the site, a scholar who has written a technical monograph about how the building on the site was constructed, and a cultural historian who can put the site into a broader context.« ⁴⁴⁸

Diese Thematik führte der Archäologe im Interview mit der Autorin weiter aus. ⁴⁴⁹ Als Frischer im Jahr 2004 zur University of Virginia wechselte, wurden die Initiativen des CVRLab an der UCLA in Form des Experiential Technologies

■ 450

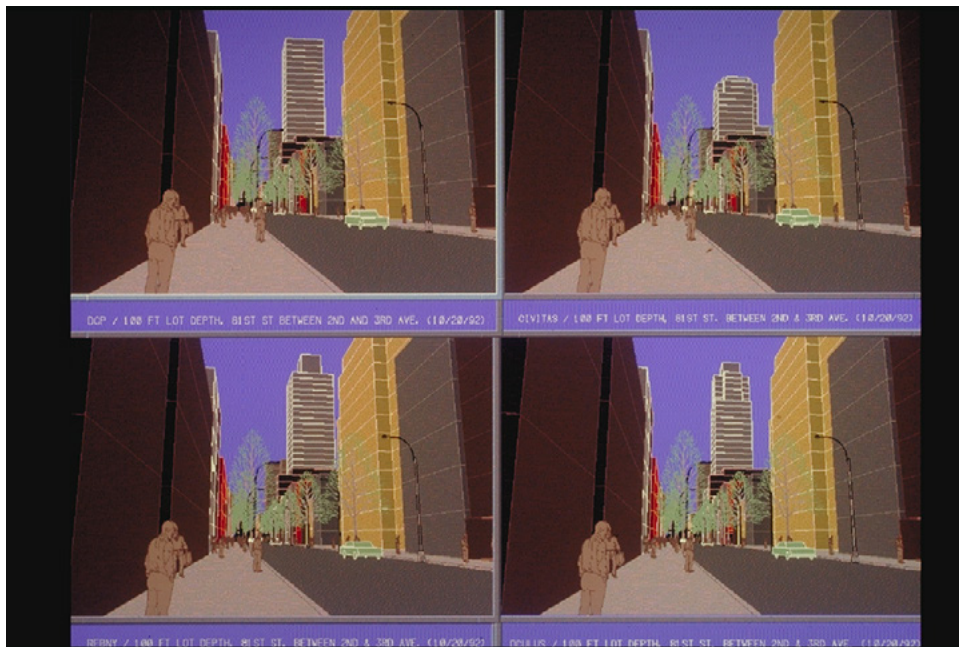
Auf der Webseite des »ETC« waren noch im Jahr 2014 ausführliche Informationen zu Geschichte und Zielen des »ETC« hinterlegt, heute finden sich nur noch knappe Erläuterungen dazu. Vgl. Webseite des »ETC«: <http://etc.ucla.edu/about/>.

■ 451

Vgl. Informationen zur Einrichtung und deren Projekte auf der Webseite des »ESC«: <http://www.simcenter.org/>; Messemer 2016 (The Beginnings of Digital Visualization), S. 39–40; Messemer 2019.

Center (ETC) fortgeführt, das heute unter der Leitung von Diane Favro und Chris Johanson, einem Experten im Fachbereich Classics, steht. ⁴⁵⁰

Auch im Bereich der Stadtplanung etablierte sich Anfang der 1990er-Jahre eine Institution, die bis heute existiert: Der Architekt, Stadtplaner und Pädagoge Michael Kwartler gründete 1991 das Environmental Simulation Center (ESC) in New York. ⁴⁵¹ Das Non-Profit-Unternehmen ist als unabhängiges Beratungsinstitut tätig, insbesondere in Bezug auf komplexe urbane Planungsvorhaben. Exemplarisch kann hier das 1993 durchgeführte Projekt zur urbanen Entwicklung von Lower Manhattan herangezogen werden. ⁴⁵² Unter Verwendung der damals modernsten Technologien wurde eine Straßenflucht des Stadtteils am Computer simuliert, um als objektive Entscheidungsgrundlage für anstehende Umgestaltungsmaßnahmen zu dienen ⁹¹.



□ 91

3D-Visualisierung verschiedener, vorgeschlagener Alternativen zur Bebauung an der Upper East Side in New York City, »Environmental Simulation Center«, New York, 1993.

■ 452

Für Details zum 1993 realisierten Projekt in Lower Manhattan vgl.: Steele 2001, insbes. S. 45.

Die virtuelle Kamera nimmt hier die Perspektive eines Fußgängers ein, sodass sich der Betrachter leicht in die jeweilige urbane Szenerie hineinversetzen kann. Auf diese Weise bietet diese Zusammenstellung der einzelnen hypothetischen Ansichten eine angemessene Vergleichbarkeit der vorgeschlagenen baulichen Alternativen.

Gründung von Konferenzserien

Neben der Gründung wissenschaftlich ausgerichteter Institutionen im Bereich von 3D-Rekonstruktionen werden in den 1990er-Jahren einschlägig orientierte Konferenzserien ins Leben gerufen, die bis heute ein wichtiger Bestandteil internationaler und nationaler Vernetzung in der Wissenschaftscommunity sind. Damit hält eine Tendenz an, die mit der ersten CAA 1973 ihren Anfang nahm und sich in den 1980er-Jahren fortsetzte. Die CAA hat bis heute nichts eingebüßt an ihrer Bedeutung für die 3D-Community. Auf CA(A)D spezialisierte, regelmäßige Veranstaltungen bringen nun vor allem Experten unterschiedlicher Disziplinen verstärkt mit Dienstleistern zusammen. Dies ist beispielsweise bei der Einrichtung der EVA Berlin (Elektronische Medien & Kunst,

■ 453

Vgl. Webseite der »EVA Berlin«: https://www.eva-berlin.de/eva_archiv/archiv/.

Zu den verschiedenen »EVA«-Konferenzen sowie der nachfolgend genannten »VSMM« vgl. die kurze Übersicht in: Messemer 2016 (The Beginnings of Digital Visualization), S. 41.

■ 454

Vgl. Webseite der »EVA London«: <http://www.eva-london.org/international/>.

■ 455

Vgl. Webseite der »VSMM«: <http://vsmm.org/about/history/>.

■ 456

Zu auf der Konferenz präsentierten 3D-Projekten vgl.: Bertol 1997, S. 131-137.

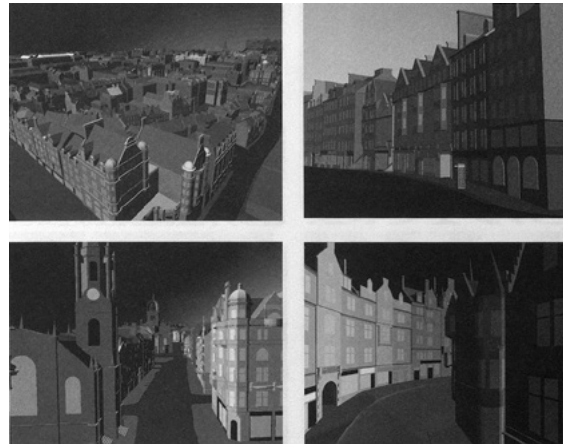
Kultur, Historie) im Jahr 1994 zu beobachten. ⁴⁵³ Denn neben Fachvorträgen bietet sie bis heute auch ein Forum für Firmen, ihre Arbeit im Bereich der Digitalisierung, 3D-Modellierung und Ähnlichem zu präsentieren. Projektberichte zu 3D-Modellen von historischer Architektur und Kunstwerken bilden einen Schwerpunkt auf den Veranstaltungen. Verbunden ist diese Konferenzreihe mit der international ausgerichteten **EVA (Electronic Information, the Visual Arts and Beyond)**, die in London bereits 1990 erstmals stattfand. ⁴⁵⁴ Deren Ziel ist es, Experten aus dem Kulturbereich, der Informationstechnologie und der Kunst zusammenzubringen, wobei auch hier 3D-Modellierung eine wichtige Schnittstelle dieser Bereiche bildet.

Regelmäßige **EVA**-Konferenzen werden gegenwärtig zudem in Florenz und Wien veranstaltet. Noch stärker fokussiert ist der Schwerpunkt der 1995 von Takeo Ojika, Gifu University, Japan, gegründeten **International Society on Virtual Systems and MultiMedia (VSMM)**, die insbesondere auf VR, AR sowie modernste 3D-Technologien und deren Anwendung spezialisiert ist. ⁴⁵⁵ Ferner setzt sie sich dafür ein, über Disziplingrenzen hinweg 3D-Technologie im Kulturbereich zu fördern und vernetzt Wissenschaftler weltweit mittels jährlich stattfindender Konferenzen. In Zusammenarbeit mit dem **UNESCO World Heritage Center** konnte die **VSMM** dazu beitragen, das Feld des **Digital Heritage** (vormals **Virtual Heritage**) Ende der 1990er-Jahre zu etablieren.

Nicht nur regelmäßige Konferenzen trugen zur Institutionalisierung des Bereichs der digitalen 3D-Rekonstruktion im wissenschaftlichen Kontext bei, sondern auch einmalige Veranstaltungen, da sie einem breiten Publikum den State of the Art von Anwendungen und Technologien näher brachten. Hier ist die Konferenz **Virtual Heritage '95** zu nennen, die am 22. November 1995 in Bath, Großbritannien, stattfand. ⁴⁵⁶ Bemerkenswert ist, dass als Veranstaltungsort die Weltkulturerbe-Stadt Bath ausgewählt wurde. Wie in **Kapitel 3.1 (→ 065)** dargelegt wurde zeigt eines der ersten texturierten digitalen 3D-Modelle historischer Architektur überhaupt den dortigen römischen Tempelbezirk.

Die Konferenz brachte Wissenschaftler und Experten aus unterschiedlichen Bereichen wie Archäologie, Geschichte, Grafik, VR, Film, Animation sowie Museen, Tourismus, Verwaltung, Bildung zusammen und bot ein breites Spektrum an Technologien. Vorgestellt wurden einige wesentliche 3D-Projekte, die Anfang der 1990er-Jahre realisiert worden waren. Darunter waren Arbeiten, die an Universitäten durchgeführt wurden, wie beispielsweise eine Visualisierung von Edinburgh im 16. Jahrhundert, realisiert unter Leitung von Tom Maver an der University of Strathclyde. Gezeigt wurde das 3D-Modell auf einem portablen Computer von **Macintosh** mit **Multimediasdisplay**, über das auch ein virtueller Rundgang durch die Stadt möglich war ^[92].

Auffällig an den dazu publizierten Abbildungen ist, dass überwiegend nicht die Perspektive eines Fußgängers eingenommen wurde, sondern sich die virtuelle Kamera über den Dächern und auf erhöhten Standpunkten in den Straßenfluchten befindet. Auf diese Weise erhält der Betrachter einen neuen Einblick in beziehungsweise Überblick über die Stadt.



□ 92

Ansichten des 3D-Modells von Edinburgh im 16. Jahrhundert, Courtesy of »ABACUS«, University of Strathclyde, vor 1995.

■ 457

Zum Projekt zu Cluny III vgl. Kapitel 3.3 (→ 125); zum Projekt zur Dresdner Frauenkirche vgl. Kapitel 4.3 (→ 233).

■ 458

In Kapitel 4.3 (→ 233) steht diese Initiative im Fokus der Analyse.

Auch von Firmen unterstützte Projekte wurden auf der Konferenz präsentiert: Darunter waren die von **IBM** geförderten digitalen Rekonstruktionen der Klosterkirche Cluny III, der römischen Bäder in Paris sowie der Dresdner Frauenkirche. **457** Letztere stellt ein herausragendes Beispiel im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur dar, wurde 1993 in Kooperation mit mehreren Institutionen realisiert und umfasst verschiedene Anwendungen. Die Besonderheit an diesem umfangreichen Projekt gründet darauf, dass in seinem Rahmen mehrere 3D-Modelle erstellt wurden, die jeweils unterschiedlichen Zwecken dienen. Insgesamt handelt es sich bei dieser Arbeit wohl um die erste fototexturierte 3D-Rekonstruktion einer barocken Kirche, die zur Zeit ihrer computertechnischen Modellierung nicht mehr existierte, aber währenddessen wiederaufgebaut wurde. **458**

Rückblick und Reflexion

In den 1990er-Jahren ist zu beobachten, dass nun Experten im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur auf den Beginn computer-gestützter 3D-Modellierung zurückblickten. Paul Reilly lieferte hierzu einige Beiträge, in denen er Beispiele früher 3D-Modelle zu archäologisch relevanten Bauwerken kurz vorstellt. **459** In Verbindung mit dieser Rückschau setzte eine kritische Reflexion über die digitalen Visualisierungen ein, vor allem im Hinblick auf die Wirkmacht der Bilder und ihre Glaubwürdigkeit. Paul Reilly äußerte 1992 seine Bedenken, dass es mit zunehmendem Fotorealismus digitaler 3D-Modelle für den Betrachter immer schwieriger werde zu erkennen, welche Elemente der Darstellung auf konkreten Fakten beruhten und wann es sich um Hypothesen handele:

»The introduction of greater realism into the look of computerized reconstructions makes the models more attractive and interesting to a larger audience. It also raises some concerns. Most importantly, there is the issue of how best to inform the viewer on the degree of confidence that can be invested in each element of the reconstruction. [...] The crux of the matter is that the models are largely interpre-

■ 459

Vgl. Reilly 1991, S. 134-136; Reilly 1992, S. 149-156; Reilly 1996, S. 44-46. Einen Rückblick liefert beispielsweise auch: Woodwark 1991.

tative; they are working hypotheses and are liable to change. It is not always obvious what the relation is between the recorded data and the interpretations which are built around them. There is a real danger of convincing the uncritical viewer that the model presented shows what the original really would have looked like.« **460**

■ **460**

Reilly 1992, S. 159.

■ **461**

Vgl. Miller/Richards 1995.

■ **462**

Ebd., S. 20.

■ **463**

Eine Ausnahme bildet das Konzept des »Scientific Committee«, das im Rahmen des Langzeitprojekts »Rome Reborn« umgesetzt wurde. Vgl. [Kapitel 5.2](#) (→ 331).

■ **464**

Miller/Richards 1995, S. 21.

■ **465**

Vgl. Collins et al. 1995; [Kapitel 4.3](#) (→ 233).

Hier knüpften die beiden Archäologen Paul Miller und Julian Richards an, die archäologischen 3D-Modellen eine große Verantwortung in Bezug auf die Wissensvermittlung attestierten: In ihrem 1994 auf der CAA gehaltenen Vortrag **The Good, the Bad, and the Downright Misleading: Archaeological Adoption of Computer Visualisation** warfen sie einen kritischen Blick auf digitale 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur. **461** Sie stellten zudem fest, dass »computer models carry more authenticity than paper images« **462**. Dies sahen sie insofern als problematisch an, als digitale Modelle keiner Peer Review unterzogen wurden, im Gegensatz zu wissenschaftlichen Aufsätzen – eine bis heute kaum veränderte Praxis, auf die in [Kapitel 6.2](#) (→ **469**) noch eingegangen wird. **463** Die beiden Archäologen nahmen auch die für die 3D-Modellierung zur Verfügung stehende Software in die Verantwortung im Hinblick darauf, dass diese es kaum ermöglicht, Unsicherheiten zu visualisieren. Entsprechend forderten sie das Kenntlichmachen von verschiedenen Wahrscheinlichkeitsstufen in einer Rekonstruktion. Darüber hinaus sahen Miller und Richards folgende Aufgabe der Wissenschaftler gegenüber einem breiten Publikum:

»As disseminators of information to a data-naive public, we must find techniques for displaying areas of fudged data within our models, and attempt to educate people in the skills of visual data analysis: an awareness of scale, an understanding of the fact that lines on maps often represent fuzzy boundaries, and a perception of the limitations inherent in our data.« **464**

Denn digitale 3D-Modelle haben großen Einfluss darauf, wie der darin dargestellte Inhalt aufgenommen wird. Interessanterweise nannten sie die Anfang der 1990er-Jahre erfolgte digitale Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche als Beispiel dafür, wie die Öffentlichkeit von auf Faszination ausgelegten Visualisierungen beeinflusst werden kann. Dass das in den Fernsehspots gezeigte 3D-Modell jedoch wissenschaftlich erstellt wurde und auf historischen Quellen beruhte, erwähnten sie nicht. **465** Dies zeigt wie entscheidend es für die Rezeption computergenerierter Rekonstruktionen ist, kenntlich zu machen auf welcher Basis sie entstanden. Die Archäologen Miller und Richards schlussfolgerten:

»As a way of influencing large numbers of people, computer visualization is a potentially powerful tool. On the one

hand it can give large numbers of people access to the past, but on the other hand it gives tremendous power to the custodians of the heritage.« 466

■ 466

Miller/Richards 1995, S. 21.

■ 467

Zum Zusammenhang von fotorealistischen 3D-Modellen und Verbesserung bzw. Zugänglichkeit der Technik vgl.: Ryan 1996, S. 95 u. S. 107.

■ 468

Beacham 1999 (Reconstructing Ancient Theater), S. 194

■ 469

Ebd.

■ 470

Vgl. Verona Charter on the Use of Ancient Places of Performance 2001, S. 330-337.

Gemeinsam mit Reilly sprachen sie damit Themen an, die bislang im Kontext digitaler Rekonstruktionen nicht grundlegend diskutiert wurden. Die Fragen nach der Kennzeichnung von Unsicherheiten im 3D-Modell wurden im Verlauf des Jahrzehnts immer drängender, da die computertechnischen Visualisierungen zunehmend fotorealistischer wurden. 467 Dies hing einerseits mit der Verbesserung der Technik zusammen: Die Rechenleistung der Computer erhöhte sich und das Leistungsspektrum der Software wurde ausgebaut. Andererseits wurden sowohl Hard- als auch Software immer erschwinglicher. Selbst mit Standard-Programmen konnten nun auf einem Desktop-Computer fotorealistische Darstellungen erzeugt werden.

Erst in den 2000er-Jahren verstetigte sich die Diskussion um die Hypothesenkennzeichnung dahingehend, dass Expertengremien internationale Richtlinien verfassten, wie die **London Charter**, worauf in **Kapitel 6.2** (→ 469) genauer eingegangen wird. Einer der Initiatoren, der Theaterwissenschaftler Richard Beacham, wies schon 1999 daraufhin, dass es nötig sei »principles of ›best practice« 468 einzuführen:

»Thus new technology offers a valuable tool for both research and documentation as well as for vividly displaying the results of such work to the public. However, because of the seductive power and compelling persuasiveness of such synthetic images and related information, it is vital to determine principles of ›best practice.« Such principles might insist a) that adequately trained scholars are engaged in such work, b) that they are given the necessary material support to ensure that their research is both properly resourced and scientifically rigorous, and c) that the results are subjected to appropriate peer review by other scholars.« 469

Einen ersten Vorstoß hin zu internationalen Richtlinien bildete die **Verona Charter on the Use of Ancient Places of Performance**, die im Rahmen des internationalen EU-Kolloquiums **New Technologies and the Enhancement of Ancient Places of Performance** 1997 formuliert wurde. 470 Sie war spezifisch ausgerichtet auf die computertechnische Erforschung und digitale Visualisierung von historischen Spielstätten und leistete damit neben einschlägigen Konferenzen und Institutionen einen weiteren Beitrag zur Institutionalisierung des Bereichs der digitalen 3D-Rekonstruktion historischer Architektur. Konkret beinhaltet sie praxisorientierte Richtlinien für den Umgang mit historischen Spielstätten wie Theater, Amphitheater und Zirkus. Angeregt wird die Anwendung neuer Technologien im Kontext der Erforschung und des Erhalts dieser Bauten sowie der Vermittlung von Wissen. Denn insbesondere bei stark gefähr-

■ 471

Vgl. Beacham 1999 (Reconstructing Ancient Theater), S. 193.

■ 472

Vgl. Ebd., S. 204.

■ 473

Beachams Projektpartner, das »Department of Engineering« der Università degli Studi di Ferrara, nutzte hierfür neue Technologien, um die Akustik im virtuellen Raum zu simulieren. So konnte die akustische Wirkung von Klängen an beliebigen Orten im 3D-Modell untersucht werden. Vgl. ebd. S. 204 u. S. 206.

■ 474

Vgl. Koob 1994, S. 117.

■ 475

Vgl. [Kapitel 3.3](#) (→ 125) zu Cluny III.

■ 476

Vgl. Koob 1994, S. 117.

■ 477

Vgl.: Dorozynski 1993, S. 544; Joscelyne 1994. Dieses Projekt wird in [Kapitel 3.3](#) (→ 125) genauer erläutert.

■ 478

Vgl. Ronchi 2009, S. 341; Quéau 2013; Dorozynski 1993, S. 544. Ein Projekt zur Televirtualität aus dem Jahr 2017, das den aktuellen Stand der Technik widerspiegelt, wird in [Kapitel 6.1](#) (→ 447) genauer erläutert.

deten Orten, deren Besuch aus konservatorischen Gründen kaum oder nicht möglich ist, verspricht der Einsatz digitaler Visualisierungen einen substantiellen Mehrwert für die Vermittlung von Wissen sowie eine Unterstützung bereits bestehender Strategien zum Erhalt der Kulturstätten. ⁴⁷¹ In diesen Fällen können digitale Visualisierungen und Multimediatechnik eingesetzt werden, um Besuchern die Bauwerke dennoch nahe zu bringen. Hierzu weist die Charta daraufhin, in Informationszentren an kulturell bedeutenden Orten entsprechend interaktive und multimediale Anwendungen für die interessierte Öffentlichkeit vorzuhalten. Sie regt zudem an, sich in internationalen Netzwerken miteinander auszutauschen, Forschungsprojekte durchzuführen und Ergebnisse in Form von digitalen Bilddatenbanken sowie Multimediatools zu präsentieren.

Auch in der Theaterwissenschaft wurde in den 1990er-Jahren das Potential interaktiver Anwendungen im Museum erkannt, die über 3D-Modelle Erkenntnisse zu Theaterbauten vermitteln. Der Theaterwissenschaftler Richard Beacham stellte 1999 in einem Aufsatz fest, dass bislang in Ausstellungen die Geschichte von Theatergebäuden überwiegend anhand von Texten und grafischen Elementen dargestellt wurde, ergänzt von aus dem Kontext gerissenen, historischen Objekten sowie Dias und Videos. ⁴⁷² Insofern stellten mit dem Computer realisierte digitale Rekonstruktionen von Theatern eine grundlegende Innovation für das Fach dar. 3D-Modelle boten beispielsweise die Möglichkeit auch Erkenntnisse über die Akustik in den Gebäuden darzustellen. ⁴⁷³ Diese Inhalte konnten zuvor kaum adäquat vermittelt werden.

Neue didaktische Möglichkeiten für Museen sah auch der Architekt Manfred Koob in digitalen Rekonstruktionen von historischer Architektur: Im Oktober 1993 schlug er auf der Fachtagung EDV in der **Denkmalpflege** vor, beispielsweise im Museum von Cluny einen Rechner aufzustellen, um dort die digitale Version der nicht mehr existierenden Klosterkirche für die Betrachter interaktiv erfahrbar zu machen. ⁴⁷⁴ Wirklichkeit wurde diese Vision dann tatsächlich um 2010 mit schwenkbaren Monitoren, die mittels **Augmented Reality** das zerstörte Bauwerk in die Gegenwart einbetteten. ⁴⁷⁵

Eine weitere Idee des Architekten Koob war, dass sich beispielsweise Besucher des British Museum an einem dort installierten Bildschirm eine Rekonstruktion des Forum Romanum ansehen können, die auf einem Computer in Rom hinterlegt ist. ⁴⁷⁶ Realisiert wurde dieses Konzept bereits gut ein halbes Jahr vor Koobs Vortrag, im Februar 1993. ⁴⁷⁷ Auf der Konferenz **Imagina** in Monte Carlo präsentierte ein Wissenschaftlerteam um Luc Genevriez ein Treffen im virtuellen Raum des digital rekonstruierten Cluny III von zwei Personen, die sich physisch an verschiedenen Orten der Welt befanden. ⁴⁷⁸ Dieser gemeinsame virtuelle Spaziergang beruhte auf dem Prinzip der Televirtualität, wie bereits in [Kapitel 3.3](#) (→ 125) erläutert wurde. Etabliert hatten sich derlei Präsentationsmöglichkeiten in Museen zu dieser Zeit noch nicht.

Im Verlauf der 1990er-Jahre ist festzustellen, dass sich die Kontexte, innerhalb derer 3D-Modelle erstellt wurden, stark diversifizierten. Im Folgenden seien Projektbeispiele aus den Bereichen der Archäologie, Theaterwissenschaft, Architektur und Kunstgeschichte kurz vorgestellt, um die Bandbreite an Themen, Forschungsfragen, Herangehens- und Umsetzungsweisen sowie Präsentationsmöglichkeiten aufzuzeigen. Aus Sicht von Informationswissenschaftlern sind die Anwendungsbereiche in der Wissenschaft sowie die Potentiale von CAD in der

Forschung und Vermittlung insbesondere im Bereich der Archäologie breit gefasst, wie es Michel Joray von **IBM Schweiz** darlegt:

»Die Archäologen bekommen mit CAD ein äußerst vielseitiges Hilfsmittel in die Hand, ermöglicht es ihnen doch, Bauten aus längst vergangenen Zeiten virtuell zu rekonstruieren und in ihre ursprüngliche Umgebung hineinzuprojizieren. Die Informatik bietet damit bewährte Werkzeuge zur Überprüfung und Erhärtung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Darüber hinaus erschließt die grafische Datenverarbeitung eine fast unerschöpfliche Bilderquelle für Schule und Wissenschaft. Schließlich ergeben sich nicht zuletzt auch im Bereich der Gebäude- und Denkmalpflege interessante Möglichkeiten für eine innovative, anschauliche und gehaltvolle Touristeninformation.« **479**

■ 479

Joray 1993, S. 68.

■ 480

Zur Entwicklung in den 1980er-Jahren
vgl. Kapitel 3.1 (→ 065).

Diese 1993 geäußerte Einschätzung zeigt zweierlei: Zunächst sieht er die Archäologie als maßgeblich potentiell Einsatzgebiet von CAD und nachgeordnet auch Bereiche wie Schule, Wissenschaft, Gebäude- und Denkmalpflege. In einem zweiten Schritt liegt für ihn das Potential der Technik nicht im Generieren neuer Fragestellungen, sondern in der Überprüfung und Präsentation von Erkenntnissen, die schon vorhanden waren, aber nun mit neuen Mitteln bestätigt werden sollen. Jedoch konnte bereits in den Analysen der in den 1980er-Jahren realisierten Projekte zu Old Minster und Cluny III gezeigt werden, dass im Erstellungsprozess Unstimmigkeiten und offene Fragen aufgedeckt wurden, die im weiteren Verlauf der Arbeiten zu neuen Erkenntnissen führten. Ein Potential, das Joray übersah.

Jedoch erhielt genau dieses Potential neuer Erkenntnisse im Laufe der 1990er-Jahre eine immense Bedeutung, da 3D-Modelle nicht mehr nur als Präsentationsmedium, sondern vermehrt als **Forschungswerkzeuge** erkannt und eingesetzt wurden – eine Tendenz, die ihren Anfang bereits in der zweiten Hälfte der 1980er-Jahre genommen hat und im Folgenden weiter untersucht wird. **480**

Archäologie

Insbesondere im Bereich der Archäologie kann in den 1990er-Jahren ein starker Anstieg an 3D-Projekten beobachtet werden. Dies dokumentieren Publikationen, die Arbeiten aus diesem Themengebiet versammeln. Zu nennen ist hier das Buch **Virtual Archaeology. Re-creating Ancient Worlds**, herausgegeben von den Archäologen Maurizio Forte und Alberto Siliotti im Jahr 1997. **481** Wie bereits in Kapitel 1.3 (→ 029) erwähnt, liefern sie eine der frühesten Übersichten aus archäologischer Sicht zu 3D-Projekten im Bereich des kulturellen Erbes. Sie stellen über 50 Initiativen vor, die weitestgehend historischer Architektur gewidmet sind und thematisch ein breites Spektrum von Pyramiden im alten Ägypten bis hin zu Pompeij abdecken. So finden sich darunter beispielsweise 3D-Rekonstruktionen des antiken Roms, ein Thema, das seit den

■ 481

Vgl. Forte/Siliotti 1997.

■ 482

Vgl. Kapitel 5.1 (→ 301) u.
Kapitel 6.1 (→ 447).

■ 483

Lediglich im Abbildungsnachweis sind
zumindest die Firmen, Institutionen
und Personen angegeben, die die
Rechte an den jeweiligen Bildern
innehaben. Möglicherweise handelt es
sich im Falle von 3D-Modellen um
deren Ersteller.

1990er-Jahren bis zur Gegenwart immer wieder Gegenstand von 3D-Projekten ist, wie in nachfolgenden Kapiteln noch gezeigt wird. 482 Allerdings geht der zugehörige Text nicht auf die digitalen Modelle ein, vielmehr dienen sie als dessen Illustration. Dementsprechend wird nicht klar, auf welchen Grundlagen sie realisiert wurden und inwieweit hier Hypothesen dargestellt sind. Auch die Ersteller des Modells sowie Informationen zum Arbeitsprozess werden nicht genannt. Diese Vorgehensweise findet sich fast im gesamten Buch wieder. So sind im Falle der 3D-Rekonstruktionen des antiken Roms teils sehr detaillierte Visualisierungen abgebildet, die zahlreiche Fototexturen aufweisen, deren Herkunft und Verlässlichkeit im Text jedoch nicht angegeben sind 93. 483



□ 93

Außenansicht von mehrstöckigen Wohnhäusern, sog. »insulae«, des antiken Roms (links), Innenansicht des Atriums eines luxuriös ausgestatteten römischen Hauses (rechts), 3D-Rekonstruktionen, »Taise Corporation«, Tokio, vor 1997.

■ 484

Vgl. Novitski 1998.

Einen weiteren Überblick über in den 1990er-Jahren realisierte 3D-Rekonstruktionen gibt Barbara-Jo Novitski 1998 in ihrem Buch **Rendering Real and Imagined Buildings. The Art of Computer Modeling from The Palace of Kublai Khan to Le Corbusier's Villas**. 484 Wie bereits zu Anfang der vorliegenden Arbeit kurz angesprochen, stellt sie darin 27 heterogene Projekte vor, die für unterschiedliche Zwecke wie universitäre Lehre oder Wissensvermittlung erstellt wurden. Anwendung fanden sie beispielsweise als Teil eines Fernsehdokumentarfilms, einer CD-Rom, einer Multimedia-Anwendung oder eines Computerspiels und boten einen virtuellen Spaziergang durch rekonstruierte Architektur, dokumentierten urbane Entwicklungsphasen sowie Bauphasen bestimmter Gebäude. Diese Projekte machen deutlich, dass sich die Bandbreite für den Einsatz digitaler 3D-Modelle in den 1990er-Jahren gegenüber dem vorangegangenen Jahrzehnt stark erweitert hatte.

Theaterwissenschaft

Seit Mitte der 1990er-Jahre wurden unter der Leitung von Richard Beacham an der University of Warwick zahlreiche Theatergebäude digital rekonstruiert. Allerdings war Beacham bereits Anfang der 1990er-Jahre erstmals in ein 3D-Projekt involviert. Dabei handelte es sich um die digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau bei Dresden, einem zu dieser Zeit verfallenen Bau aus dem Jahr 1911. 485

■ 485

Vgl. Kapitel 4.4 (→ 261).

■ 486

John Golder erstellte 1984 eine digitale 3D-Rekonstruktion eines Theaters, die als die erste ihrer Art gelten kann: Sie gibt das Théâtre du Marais in Paris als Drahtgittermodell wieder. Vgl. Golder 1984; Kapitel 3.1 (→ 065).

Mit dem an der Restaurierung des Gebäudes beteiligten Architekten Fabian Zimmermann konzipierte er 1996 das Projekt **Theatron (Theatre History in Europe: Architectural and Textural Resources Online)**, das Beacham bis 2012 mit diversen Förderungen an der University of Warwick und später am KCL fortführte. Dem 3D-Modell des Festspielhaus kommt somit als dem Initiationsprojekt des Langzeitprojekts **Theatron** eine besondere Rolle zu. Darüber hinaus stellt es eine der ersten wissenschaftlich erarbeiteten und texturierten digitalen 3D-Rekonstruktionen von Theaterbauten dar. ⁴⁸⁶ Daher ist ihm **Kapitel 4.4 (→ 261)** gewidmet, in dessen Fokus die Analyse der Visualisierung sowie das Aufzeigen der Veränderungen steht, die das 3D-Modell innerhalb von **Theatron** durchlaufen hat. Denn das Festspielhaus wurde in unterschiedlichen Kontexten auf jeweils verschiedene Weise visualisiert, sodass heute mehrere Versionen des 3D-Modells existieren.

Architektur

Im Fachbereich Architektur ist an zahlreichen Universitäten weltweit ein steigendes Interesse festzustellen, im Rahmen von Lehrveranstaltungen historische Architektur digital zu rekonstruieren. So wurde in den 1990er-Jahren das Potential der Computertechnologie für die Analyse des Werks von Architekten erkannt. Insbesondere Bauten, die nie realisiert wurden, standen im Fokus des Interesses, da mit computertechnischen Methoden neue Erkenntnisse zu deren Schaffen gewonnen werden können. Hierzu seien drei Projekte an verschiedenen Universitäten weltweit – University of Waterloo, Kanada, TU Darmstadt, ETH Zürich – vorgestellt. Ziel ist, sie im Hinblick auf die verwendeten Methoden, die gewonnenen Erkenntnisse sowie die Präsentation der Ergebnisse gegenüberzustellen.

■ 487

Umfangreiche Informationen zu Thomas Seebohms Projekt und Vorgehensweise bei der Untersuchung von Palladios Villen sind zu finden in: Seebohm 1991; Novitski 1998, S. 80-83; Messemer 2016 (The Beginnings of Digital Visualization), S. 30.

Ein herausragendes Beispiel stellt die Initiative des Architekten Thomas Seebohm an der University of Waterloo, Kanada, dar. ⁴⁸⁷ Wie in **Kapitel 3.1 (→ 065)** bereits kurz angesprochen erforschte er Anfang der 1990er-Jahre die von Andrea Palladio zwischen 1530 und 1570 im Veneto errichteten Villen. Damit baute er auf der von Hersey und Freedman in den 1980er-Jahren durchgeführten computertechnischen Analyse von Palladios Grundrissen auf. ⁴⁸⁸ Seebohm erweiterte deren Arbeit insofern, als er eine große Anzahl an Plänen generierte, um dadurch zusätzliche Designprinzipien zu identifizieren. In einem nächsten Schritt wählte er einen Grundriss exemplarisch aus, um daraus ein 3D-Modell zu erstellen und dieses einem Vergleich mit Palladios Entwurfsregeln zu unterziehen ^[94]. Die 3D-Modellierung sah Thomas Seebohm dabei als Werkzeug, um Palladios Schaffen zu analysieren:

■ 488

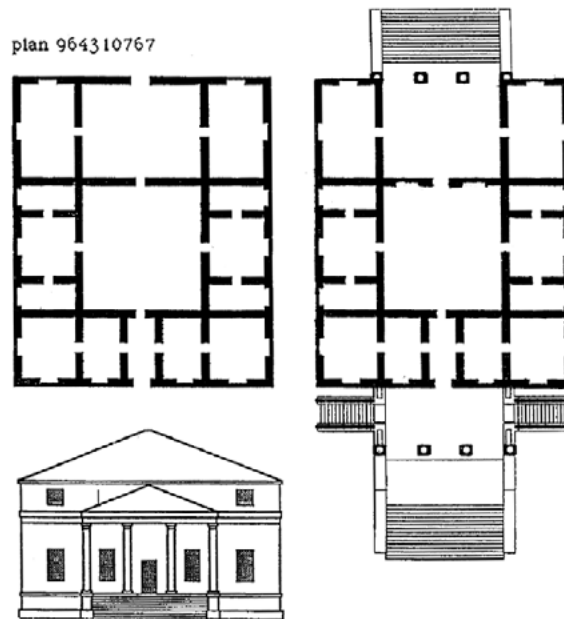
Vgl. **Kapitel 3.1 (→ 065)**.

»In effect, this study postulates that it is only possible to fully understand an architect's design principles when, after incorporating what one perceives to be these design principles in a design, a building results which visually looks like a work of the architect being studied. Hence the outcome of this study is a possible Palladian villa but the objective is not

■ 489

Seebohm 1991, S. 135.

the villa but what can be learned about Palladio's design intentions for villas along the way.« 489

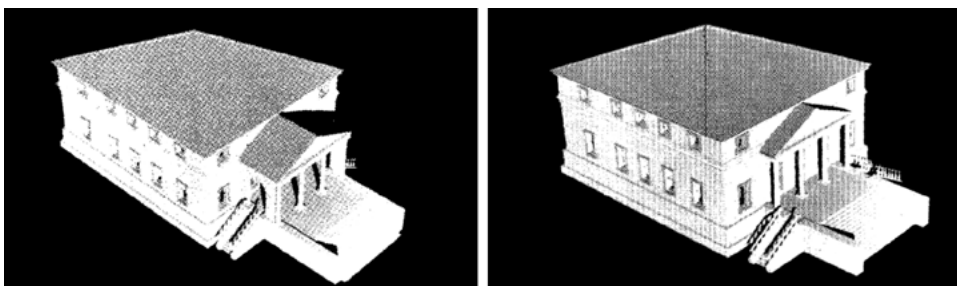


□ 94

Für die 3D-Modellierung exemplarisch ausgewählter Grundriss und Ansicht: Zeichnung einer »Possible Palladian Villa« von George Hersey und Richard Freedman, 1980er-Jahre (links), von Thomas Seebohm adaptierte und ergänzte Zeichnung, um 1991 (rechts).

Ferner bezog Seebohm im Gegensatz zu vorherigen Studien auch die Seitenflügel der Villen sowie die sie umgebenden Gärten in seine Untersuchung mit ein, da er sie als wichtigen architektonischen und gestalterischen Kontext ansah, um die baulichen Entscheidungen des renaissancezeitlichen Architekten nachvollziehen zu können. Praktisch umgesetzt wurde Seebohms Initiative als Pilotprojekt an der School of Architecture an der University of Waterloo, um darauf aufbauend einen Kurs zu CAD für Studierende zu entwickeln. Unter Anleitung des Architekten arbeiteten drei Studenten an der 3D-Modellierung des Haupthauses, der Seitenflügel und der den Garten umgebenden Mauer, wofür sie die **Computer-Aided Design and Drafting (CADD) Software Graphics Design System (GDS)** der **McDonnell Douglas Corp.** verwendeten. Seebohm und ein weiterer Student erstellten den Garten mittels des Programms **TREE** der japanischen Firma **ARC Yamagiwa**.

Im Laufe des Projekts realisierten sie zahlreiche digitale 3D-Modelle basierend auf dem einen dafür ausgewählten Grundriss, in denen sie einzelne Elemente identifizieren konnten, die dazu beitrugen, die Entwurfsregeln des Architekten detaillierter zu bestimmen. Beispielsweise erschien im ersten realisierten 3D-Modell der Portikus als zu tief, die Säulen als zu eng nebeneinanderstehend, die Treppenbaluster als zu weit voneinander angeordnet [95].

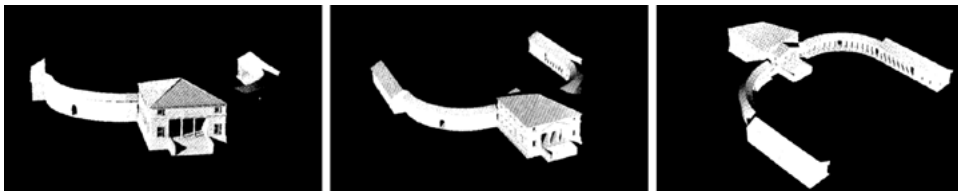


□ 95

3D-Modell einer »Possible Palladian Villa«: erste Version des Haupthauses (links), korrigierte Version (rechts), Thomas Seebohm und vier Studierende der University of Waterloo, um 1991.

Aufbauend auf diesen Beobachtungen überarbeiteten sie die erste Version. Gleiches galt für die Ausgestaltung der Seitenflügel, die sie nach der ersten Sichtung ebenso veränderten [96]. Seebohm hielt auch die zweite Version der Flügelbauten nicht für gänzlich überzeugend, jedoch konnte aus Zeitmangel kein weiterer Versuch unternommen werden.

Die Visualisierung des Gartens beruhte im Allgemeinen auf grundsätzlichen Gestaltungsmerkmalen renaissancezeitlicher Anlagen und im Speziellen auf dem Wissen über den Garten der Villa Giustinian (erbaut um 1510) in Roncade, die vor Palladios Bauten errichtet worden war [97].



□ 96
3D-Modell einer »Possible Palladian Villa«: erste Version der Seitenflügel (links), korrigierte Version mit verlängerten Seitenflügeln mit Blick auf die Rückseite (Mitte) und Ansicht der Gartenseite (rechts), Thomas Seebohm und vier Studierende der University of Waterloo, um 1991.



□ 97
3D-Modelle mit hypothetischen Gartengestaltungen von »Possible Palladian Villas«, Thomas Seebohm und vier Studierende der University of Waterloo, um 1991.

Aufgrund der Rechenleistung der Computer, die Seebohm für das Projekt zur Verfügung stand, konnte die 3D-Modellierung nicht allzu detailliert ausgeführt werden. Doch in der zu einem gewissen Teil abstrakt gehaltenen Visualisierung sah der Architekt mehr Überzeugungskraft, hypothetische Architektur darzustellen. Auch die kontrastreich angelegte Farbigkeit der 3D-Modellierung trägt hierzu bei. Zwar wirkt die Lichtstimmung sehr real, aber durch die unifarbene und dunkel gehaltene Gestaltung von Bepflanzung und wolkenlosem Himmel, erhält die sehr hell erscheinende Architektur die Anmutung einer **möglichen**, nicht aber einer **tatsächlichen** Bebauung.

Generell konnte die dreidimensionale Wiedergabe der Bauwerke entscheidend dazu beitragen Palladios Entwurfsregeln genauer zu identifizieren. Auch nach Seebohm untersuchten Wissenschaftler Palladios Villen, wie Lawrence Sass, Experte für Architekturgestaltung am MIT. In seiner im Jahr 2000 publizierten Dissertation **Reconstructing Palladio's Villas: An Analysis of Palladio's Villa Design and Construction Process** 3D-modellierte er mit CAD-Software zwei nur im Entwurf überlieferte Villen, um darauf aufbauend Konstruktions- und Proportionsregeln abzuleiten. 490

■ 490
Vgl. Sass 2000.

In den 1990er-Jahren standen noch weitere Architekten im Fokus der Forschung, wie anhand der folgenden zwei Projekte ersichtlich ist. So war beispielsweise die digitale Rekonstruktion nicht mehr existierender Gebäude und nie ausgeführter Architekturentwürfe von sowohl Architekten als auch Künstlern am Bauhaus sowie Vertretern der künstlerischen Avantgarde in Europa Thema des ersten großen Projekts, das der zuvor angesprochene

■ 491

Zur computertechnischen Umsetzung vgl. insbes.: Bernhardt 1994; Schoeller 1994. Eine kurze Projektbeschreibung findet sich in: Messemer 2019.

■ 492

Vgl. Technische Universität Darmstadt 1994.

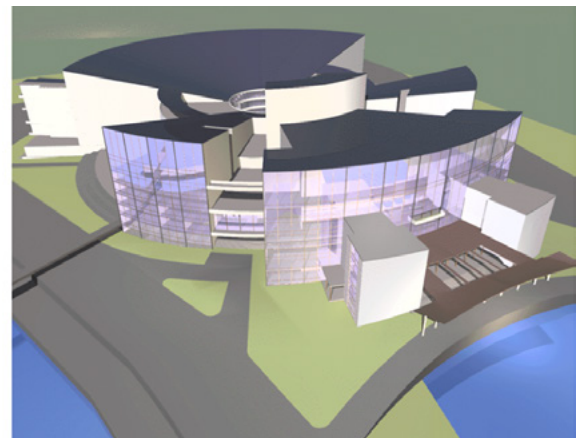
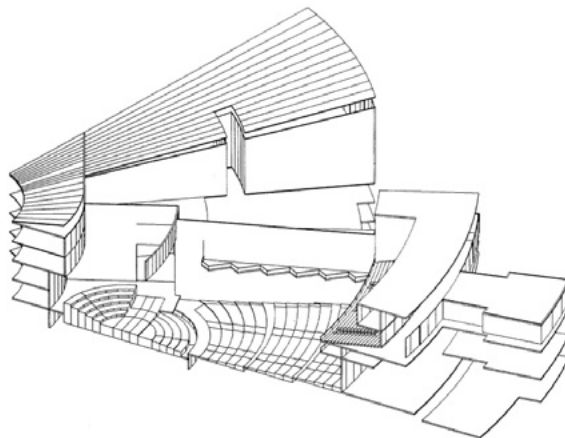
■ 493

Informationen zur Ausstellung sind zu finden in: Koob 1994 (Die Bauhaus-Ausstellung).

Manfred Koob an der TU Darmstadt vom Wintersemester 1992/1993 bis zum Sommersemester 1993 durchführte. 491 Zu den dabei entstandenen Arbeiten wurde auch eine reich bebilderte Buchpublikation veröffentlicht, die zudem Hintergrundinformationen zum Projekt allgemein und den einzelnen 3D-Rekonstruktionen im Speziellen liefert. 492 Ziel war, die nie realisierten Bauwerke am Computer zu rekonstruieren und analytisch zu untersuchen. Die Grundlage hierfür bildete die eingehende Beschäftigung der Studierenden mit den Ideen und Konzepten der Architekten, ihren schriftlichen Kommentaren zu den Bauten sowie den von ihnen angefertigten Plänen und Skizzen. Da die geplanten Bauwerke teils nicht umfassend dokumentiert sind, stellen die digital modellierten 3D-Modelle Interpretationen der historischen Entwürfe dar.

Die computertechnische Umsetzung erfolgte mit der Software speedikon und Rechnern von Hewlett-Packard. Die 3D-Modelle fügten die Studierenden aus einzelnen Bauteilen zu Volumen zusammen, von denen anschließend Perspektiven und Ansichten oder Grundrisse erstellt werden konnten. Um auch Lichtsimulationen durchzuführen sowie virtuelle Räume mit Himmel und Horizonten zu visualisieren, wurden die Studierenden durch Mitarbeiter von Koobs Firma asb baudat technisch und beratend unterstützt, denn sie verfügte zudem über Computer mit größerer Rechenleistung als die Universität.

Die Ergebnisse der studentischen Arbeiten wurden schließlich im Rahmen des 3. Internationalen Architekturforums 1994 in Magdeburg ausgestellt, was zu Beginn des Seminars keineswegs geplant gewesen war 98. 493 Mit unterschiedlichen Mitteln und Formaten wurden sie in dieser Ausstellung unter dem Thema Architektur und neue Medien präsentiert: Poster zeigten ausgedruckte Perspektiven der digitalen 3D-Modelle. Ein eigens aus Holz erbauter Tonnenraum von sechs Metern Durchmesser und über drei Meter Höhe diente als Projektionsraum. Dias der digitalen 3D-Modelle wurden hier projiziert, um den Besuchern einen Eindruck der rekonstruierten Bauwerke zu vermitteln. Auch ein Film mit insgesamt 60.000 Einzelbildern, zusammengesetzt aus den studentischen Gebäuderekonstruktionen, wurde in Form von jeweils ein- bis zweiminütigen Sequenzen präsentiert. Hintergrundinformationen zu den vorgestellten 3D-Modellen lieferten zudem Mappen mit Protokollen, die Aufschluss über die Analyse der Quellen und der computertechnischen Erstellung gaben.



□ 98

Digitale Rekonstruktion des von Walter Gropius entworfenen »Palast der Sowjets«, Schnitt am Computer gezeichnet (links) und Rendering des texturierten 3D-Modells (rechts), TU Darmstadt, 1993.

Dieses Seminar bot somit einen neuen Zugriff auf die architektonischen Entwürfe der künstlerischen Avantgarde des frühen 20. Jahrhunderts. Die Studierenden konnten sich mit innovativen Methoden den nie realisierten Projekten widmen und sie mittels computertechnischer 3D-Modellierung genauer untersuchen. Insofern ergänzte diese praktische Arbeit das Quellenstudium und konnte auch in visueller Hinsicht einen Beitrag zur Erforschung des Werks der Architekten leisten.

Ebenfalls um eine universitär angesiedelte Initiative handelte es sich bei dem Projekt **Giuseppe Terragni Architecture. A Formal Analysis using CAAD.** ⁴⁹⁴ Im Wintersemester 1992/1993 wurden an der ETH Zürich unter der Leitung des Architekten und Wissenschaftlers Antonio Saggio Bauten des Architekten Giuseppe Terragni digital rekonstruiert. Insgesamt wurden acht 3D-Modelle erstellt, die von ihm entworfene, aber nicht realisierte Gebäude im Stil des italienischen Rationalismus zeigen. Ziel des Seminars war es, hierarchische Strukturen in der Architektur anhand der Rekonstruktionsmethode des **Object Based Modelling (OBM)** zu untersuchen. Hierbei werden architektonische Elemente als einzelne Objekte definiert, die dreidimensionale Volumina darstellen und mit anderen kombiniert werden können.

Alle Objekte sind in eine hierarchische Struktur eingebunden und können einzeln oder im jeweiligen Kontext betrachtet werden. Dieses System ermöglicht es, komplexe 3D-Modelle sowie eine Vielzahl an Renderings zu erstellen, da die Dateigröße aufgrund der hierarchischen Struktur relativ klein gehalten werden kann. **OBM** bietet zudem die Möglichkeit verschiedene Hypothesen zu visualisieren. So können ausgewählten Objekten beispielsweise bei unklarer Quelllage zu deren Materialeigenschaften Attribute wie Transparenz, Glanz oder Reflexion zugeordnet werden, um diese jeweils im 3D-Modell zu erproben. Technisch umgesetzt wird dies anhand **instantiation** (dt. Instanziierung), also der Zuordnung von Eigenschaften auf Objektebene. ⁴⁹⁵ Änderungen der Eigenschaften werden automatisch für alle betreffenden Objekte umgesetzt und sind somit in allen Bereichen des 3D-Modells sichtbar, in denen sich das Objekt befindet. Mit dieser dynamischen Art und Weise der Modellierung ist eine Untersuchung von Materialien in der digitalen Rekonstruktion leicht durchführbar. In dem Seminar wurden Bauwerke von Terragni exemplarisch mit dieser Methode untersucht.

Wie in dem zuvor beschriebenen Projekt zum Bauhaus handelt es sich auch hier um von Studierenden erstellte Interpretationen von Entwürfen. Beispielsweise wurde das von den Architekten Giuseppe Terragni und Pietro Lingeri entworfene, aber nie erbaute **Danteum** mittels **OBM** rekonstruiert ⁹⁹. Die unterschiedlichen Funktionen des Gebäudes lieferten das Konzept für den hierarchischen Aufbau des 3D-Modells, das aus mehr als 50 zusammengesetzten Objekten bestand und in vier Ebenen (»primitive Elemente, zusammengesetzte Elemente, funktionelle Teile, Gesamtmodell« ⁴⁹⁶) untergliedert war. Durch die intensive Beschäftigung mit Terragnis Werken erhielten die Studierenden einen neuen Zugang zum Schaffen des Architekten, der vor allem auch dazu beitrug, den strukturellen Aufbau der Bauwerke zu verstehen.

Diese drei Projekte zeigen, wie das Werk von Architekten gewinnbringend mit computertechnischen Methoden untersucht, analysiert und präsentiert werden kann. Hier bieten sich Anschlussmöglichkeiten für die Kunstgeschichte, die

■ 494

Hintergrundinformationen zum Projekt bieten: Schmitt 1993; Saggio 1992.

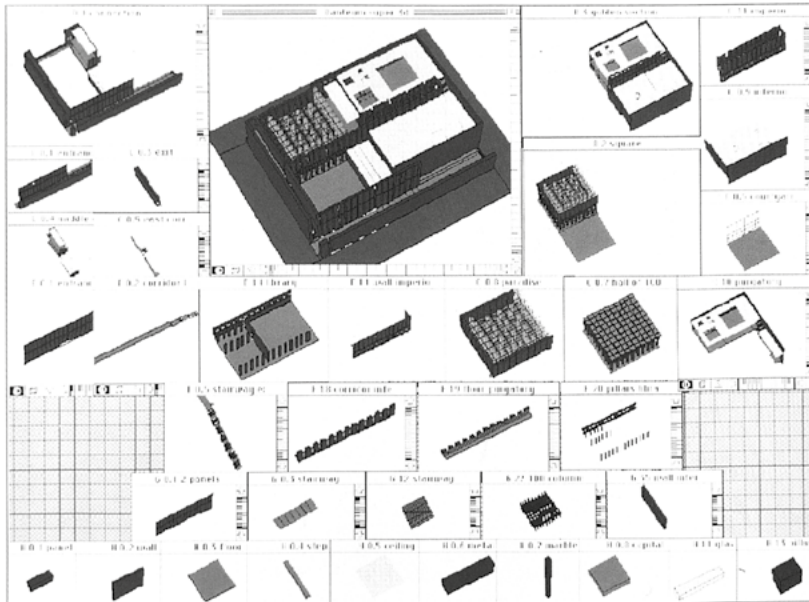
■ 495

Zur Erläuterung des Konzepts der »instantiation« vgl.: Saggio 1992, S. 53.

■ 496

Schmitt 1993, S. 129.

sich ebenso mit Architekten und deren Werken befasst. Insbesondere im Hinblick auf frühneuzeitliche Bauwerke ließen sich möglicherweise mit einer systematischen Analyse bestimmte Stile beteiligter Baumeister herausarbeiten und vor diesem Hintergrund ausgewählte Gebäude gezielt miteinander vergleichen.



□ 99

Darstellung der hierarchischen Struktur des von Giuseppe Terragni und Pietro Lingeri entworfenen und nie erbauten »Danteum«, Christoph Zimmermann/ETH Zürich, 1992.

Kunstgeschichte

In der Kunstgeschichte finden sich in den 1990er-Jahren verschiedene 3D-Projekte im Bereich der Architekturvisualisierung. Hier ist zunächst eine Arbeit der Kunsthistorikerin Marilyn Aronberg Lavin zu nennen, die sich ähnlich wie Forscher in den 1980er-Jahren mit der computertechnischen Untersuchung von Wandgemälden befasste. Auch bei ihr stand nicht die Rekonstruktion von Architektur im Vordergrund, vielmehr ging es darum in einem 3D-Modell die Bildwerke zu verorten und die Beziehungen zwischen ihnen zu untersuchen. Die Besonderheit ihrer Initiative war die Erforschung von Bildzyklen und das Zurverfügungstellen einer Echtzeit-Anwendung, um die Kunstwerke Besuchern zugänglich zu machen.

Als eine der ersten Kunsthistorikerinnen hat sich Marilyn Aronberg Lavin Anfang der 1990er-Jahre mit dem Potential der Computergrafik für die kunsthistorische Erforschung von Bildzyklen beschäftigt. ⁴⁹⁷ Das zum 500. Todesjahr von Piero della Francesca initiierte **The Piero Project** entwickelte sie an der Princeton University, New Jersey, USA, gemeinsam mit den Computergrafikern Kevin Perry und Kirk D. Alexander in interdisziplinärer Zusammenarbeit des Department of Art and Archaeology und des **Interactive Computer Graphics Laboratory**. ⁴⁹⁸ Ziel war, den Freskenzyklus **Die Legende vom wahren Kreuz**, den Piero della Francesca in der Capella Maggiore der Kirche San Francesco in Arezzo, Italien, zwischen 1452 und 1466 geschaffen hatte, in einem 3D-Modell zu visualisieren.

Die bisher gängigen Darstellungsmethoden wie Diagramme hielt Lavin nicht für ausreichend, um sich intensiv mit dem Schaffen des Künstlers in Arezzo zu beschäftigen. In einer diagrammatischen Darstellung können zwar inhaltliche Bezüge einfach dargestellt werden, jedoch fehlt die interaktive

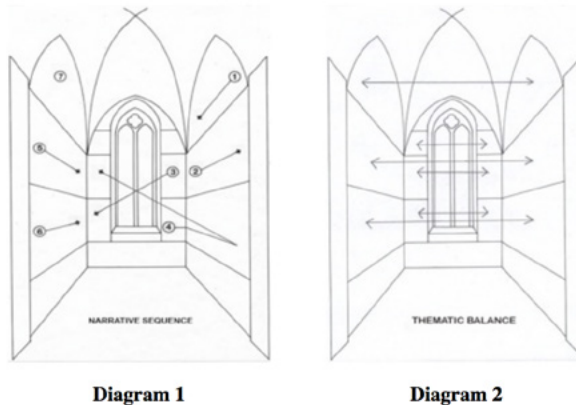
■ 497

Vgl. Bentkowska-Kafel 2013, S. 40.

■ 498

Umfangreiche Hintergrundinformationen zu Zielen, Umsetzung und Präsentation von »The Piero Project« sind zu finden in: Infoblatt zu »The Piero Project«, das im Rahmen des »XXVIII. Internationaler Kongreß für Kunstgeschichte« in Berlin (15. bis 20. Juli 1992) verteilt wurde; Aronberg Lavin 1996; Aronberg Lavin et al. 2009; Webseite von »The Piero Project«: <http://projects.ias.edu/pierotruecross/>.

Komponente **100**. Daher setzte Lavin die damals neueste Computertechnologie in ihrer Forschung ein.



□ 100

Diagrammatische Darstellung der Leserichtung der Wandbilder in narrativer Reihenfolge (links) und entsprechend den thematischen Bezügen der einzelnen Szenen (rechts), Marilyn Aronberg Lavin.

■ 499

Zur Errichtung und Ausmalung der Capella Maggiore der Kirche San Francesco in Arezzo vgl.: Lightbown 1992.

■ 500

Zur Anordnung der Bildfelder und Bildthemen vgl.: Aronberg Lavin 1989, S. 483-486; Aronberg Lavin et al. 2009.

■ 501

Sämtliche inhaltliche bzw. formale Zusammenhänge und bildliche Entsprechungen sind aufgeführt in: Lightbown 1992, S. 121-122.

Die 1316/1317 begonnene Kirche San Francesco in Arezzo wurde im späten 14. Jahrhundert vollendet. **499** Piero della Francesca, der zu dieser Zeit bereits ein angesehener Künstler war, erhielt um 1452 den Auftrag die Kapelle von San Francesco mit Fresken zur Legende des Heiligen Kreuzes auszumalen. Allerdings ordnete er die einzelnen Bildfelder nicht stringent von links nach rechts an. **500** Vielmehr entspricht seine Verteilung der Bildthemen auf die Wandfelder einer symmetrischen Ordnung. Jeweils gegenüberliegende Fresken passen hinsichtlich der Bildinhalte und auch der Bildgestaltung zueinander. **501** Beispielsweise zeigen die Fresken an der Wand hinter dem Altar in der untersten Reihe auf der linken Seite die **Verkündigung Christi Geburt** und auf der rechten Seite den **Traum des Konstantin**, einer Szene in der Konstantin von einem Engel erfährt, die bevorstehende Schlacht zu gewinnen. Nicht nur inhaltlich zeigen sich in diesen beiden Bildfeldern Ähnlichkeiten, sondern auch auf formaler Ebene, denn in beiden sind Architekturen abgebildet: Sowohl der römische Tempel auf der linken Seite als auch das Zelt rechts werden je von einer Mittelachse in Form einer korinthischen Säule (links) und einem runden Pfeiler (rechts) bestimmt **101**.



□ 101

Fotografie der Wandgemälde in der Capella Maggiore der Kirche San Francesco in Arezzo, Miguel Hermoso Cuesta, 2014.

■ 502

Vgl. Infoblatt zu »The Piero Project«, das im Rahmen des »XXVIII. Internationaler Kongreß für Kunstgeschichte« in Berlin (15. bis 20. Juli 1992) verteilt wurde.

■ 503

Vgl. Aronberg Lavin 1996, S. 37.

■ 504

Vgl. ebd.; Aronberg Lavin et al. 2009.

■ 505

Vgl. Aronberg Lavin 1996, S. 37.

■ 506

Zur Präsentation des 3D-Modells zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung 1992 vgl.: Infoblatt zu »The Piero Project«, das im Rahmen des »XXVIII. Internationaler Kongreß für Kunstgeschichte« in Berlin (15. bis 20. Juli 1992) verteilt wurde.

■ 507

Zu den Audiokomentaren vgl.: Aronberg Lavin et al. 2009.

■ 508

Infoblatt zu »The Piero Project«, das im Rahmen des »XXVIII. Internationaler Kongreß für Kunstgeschichte« in Berlin (15. bis 20. Juli 1992) verteilt wurde.

■ 509

Vgl. Aronberg Lavin 1996, S. 37.

■ 510

Zum Einsatz der Visualisierung in Seminaren 1995 vgl.: Aronberg Lavin et al. 2009.

■ 511

Zur Weiterentwicklung des Projekts 1999 vgl.: ebd.

Im Jahr 1992 präsentierte Aronberg Lavin das Projekt gemeinsam mit Brad Gianulis auf dem XXVIII. Internationaler Kongreß für Kunstgeschichte in Berlin in ihrem Vortrag **Computergraphik zur Erforschung von Monumentalmalerei**. **502** Auf einer VGX IRIS Workstation von Silicon Graphics hatten sie ein 3D-Modell des Kapellenraums erstellt, wobei sie für das Gewölbe auf **AutoCAD** zurückgriffen. **503** Alle Fresken in Form von hochaufgelösten digitalen Bildern (2.000 dpi) wurden darin als Texturen platziert. **504** Die Software der Workstation ermöglichte es, eine allgemeine und punktuelle Beleuchtung zu simulieren sowie Diagramme auf den Bildern oder im Raum zu platzieren **102**. **505** Mit einem sogenannten **Space Ball**, einer Art dreidimensional navigierbarer Maus, war es einem Benutzer möglich, sich in dem auf einem Bildschirm angezeigten virtuellen Raum frei zu bewegen und so jede erdenkliche Perspektive darin einzunehmen. **506** In Kombination mit der im 3D-Modell eingeblendeten Markierung erhält der Betrachter einen räumlichen Eindruck der inhaltlichen Informationen. Audiokommentare für jedes einzelne Bild lieferten zudem Informationen zum kunsthistorischen Hintergrund sowie zu technischen Aspekten. **507**



□ 102

Bildschirmfoto der Computeranwendung zu »The Piero Project« mit eingeblendeten Markierungen im 3D-Modell, ausgeführt von Susanne Philippson Curic.

Die Bewegungen innerhalb des 3D-Modells konnten in Echtzeit angezeigt werden. Dass dies damals eine technische Innovation war, geht aus dem Text zur öffentlichen Präsentation des Projekts im Jahr 1992 hervor, der den Begriff **real-time**, also Echtzeit, dezidiert einführt: »Perspective adjustments accompany the movement at a natural rate, called »real-time«, and make it possible to view the scanned images from any angle and in their spatial context.« **508** Auf diese Weise waren die Fresken, die sich in der insgesamt 30 Meter hohen Kapelle befinden, nun überhaupt für den Betrachter zugänglich, denn selbst die unterste Bildreihe ist 2,5 Meter über dem Boden angeordnet. **509** Das Projekt konnte zu dieser Zeit nur über ein System angewendet werden, das auf einer **Silicon Graphics VGX IRIS Workstation** lief, die Anwendung über einen PC war noch in der Entwicklungsphase. In dieser Form kam das Projekt in kunsthistorischen Seminaren an der Princeton University bis 1995 zum Einsatz. **510** Danach war es möglich, auf das 3D-Modell via einer CD auch von einem handelsüblichen PC aus zuzugreifen, was die Arbeit mit der Anwendung im Rahmen von Seminaren stark vereinfachte.

1999 ließ das italienische Kultusministerium im Rahmen einer neu vereinbarten Zusammenarbeit mit Marilyn Aronberg Lavin aktuelle Fotografien der Fresken in Arezzo anfertigen. **511** Diese konnten dann als Texturen in das 3D-Modell integriert werden. In der Kirche San Francesco wurden anschließend zwei Workstations installiert, auf denen die digitale Visualisierung der Fresken für

Besucher zugänglich war. Da das Projekt so nur von einem eingeschränkten Publikum genutzt werden konnte, verfolgten Lavin und ihr Team von nun das Ziel, es für die allgemeine Öffentlichkeit verfügbar zu machen. Erst im Jahr 2008 wurde **The Piero Project** in Zusammenarbeit mit Franco Tecchia und Marcelle Carrozzino von der Scuola Superiore Sant' Anna in Pisa schließlich online veröffentlicht. ⁵¹²

■ 512

Vgl. ebd. Die Webseite zum Projekt wird vom Institute for Advanced Study, Princeton University, New Jersey, vorgehalten. Die sehr schlicht und im Stile der 1990er-Jahre gehaltene Webseite des Projekts ist zu finden unter: <http://projects.ias.edu/pierotruecross/>.

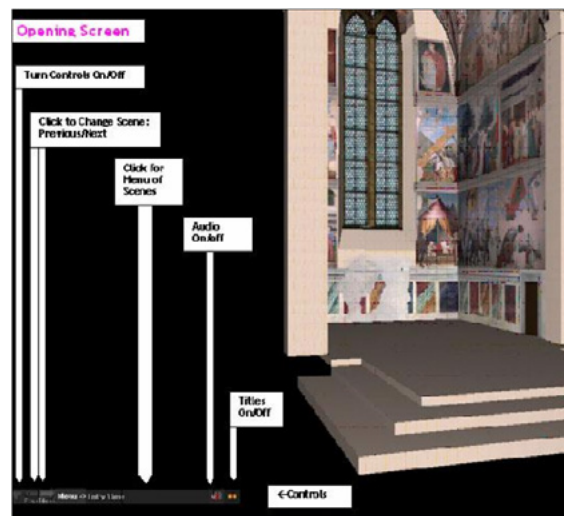
■ 513

Vgl. Aronberg Lavin et al. 2009. Auf »HMD« und »CAVE« wird in einem weiteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels sowie in Kapitel 6.1 (→ 447) weiter eingegangen.

■ 514

Infoblatt zu »The Piero Project«, das im Rahmen des »XXVIII. Internationaler Kongreß für Kunstgeschichte« in Berlin (15. bis 20. Juli 1992) verteilt wurde.

Die unterschiedlichen Funktionen, die die online-Anwendung bietet, verdeutlicht ein Bildschirmfoto, das zur Information der Nutzer auf der Projektwebseite zu finden ist ¹⁰³. Der darauf dargebotene Blick in die 3D-modellierte Kapelle weckt aufgrund des aus der Mittelachse gerückten Standorts des virtuellen Betrachters Neugier, die Architektur zu erkunden.



□ 103

Bildschirmfoto der Online-Anwendung zu »The Piero Project«, um 2008.

Mit Hilfe eines XVR ActiveX Plug-in der Firma VRMedia S.r.l. war nun das 3D-Modell im Internet verfügbar. Aber auch immersive Anwendungen innerhalb einer CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) oder über ein Head-Mounted Display (HMD) wurden durch diese Technik ermöglicht. ⁵¹³

Bereits 1992 prognostizierten die Entwickler von **The Piero Project** das revolutionäre Potential einer Echtzeit-Visualisierung am Computerbildschirm und damit die große Zukunftsfähigkeit dieser Technologie: »In the near future, the system and its intellectual rewards will replace the limitations of still color slides and carousel projectors.« ⁵¹⁴ Denn üblich war bislang die Präsentation von Animationen mit Hilfe eines speziellen Diaprojektors (carousel) mit rundem Magazin, der es ermöglichte Einzelbilder in Form von Dias in frei einstellbarer Frequenz nacheinander ablaufen zu lassen und damit die Illusion von sich bewegenden Bildern zu erzeugen.

The Piero Project ist ein frühes Beispiel für den Einsatz digitaler 3D-Modelle von historischer Architektur in der kunsthistorischen Forschung sowie in der Vermittlung im Kontext universitärer Lehre. Der computertechnisch visualisierte dreidimensionale Raum dient hier als Werkzeug, um die inhaltlichen Zusammenhänge der einzelnen Freskenbilder zu erschließen. Vor dem Original ist diese Arbeit aufgrund der Raumhöhe deutlich erschwert, sodass die digitale Anwendung einen eindeutigen Mehrwert besitzt, zumal sie auch ortsunabhängig genutzt werden kann. Bemerkenswert an **The Piero Project** ist auch die lange Laufzeit. Über eine Zeitspanne von mehr als 15 Jahren machte sich das Projekt-

■ 515

Werner Müller beschäftigte sich seit Ende der 1960er-Jahre mit der Geschichte der Stereometrie und machte sich im Bereich der Kunstgeschichte mit seinen Forschungen zu spätgotischen Gewölben einen Namen. Gemeinsam mit dem Mathematiker Norbert Quien vom Interdisziplinären Zentrum für wissenschaftliches Rechnen an der Rupprecht-Karls-Universität Heidelberg realisierte er zahlreiche Computergrafiken von spätgotischer Architektur. Vgl. dazu: Kurrer 2005.

■ 516

Vgl. Müller/Quien 1993, S. 272.

■ 517

Vgl. ebd., S. 276, S. 280 Abb. 3.1, 3.2 u. S. 281 Abb. 4.1.

■ 518

Vgl. ebd., S. 276.

■ 519

Vgl. Blade et al. 2014, S. 1327-1328. Das Konzept der »Augmented Reality« (AR) ist in den 1990er-Jahren bereits in Fachkreisen bekannt (»Boeing« nutzte es z. B. zur Fertigung von Flugzeugen), allerdings noch nicht in der breiten Öffentlichkeit, vgl. Bertol 1997, S. 72. Auf die erst in den 2000er-Jahren zunehmende Verwendung von AR im Bereich des Kulturellen Erbes wird in Kapitel 6.1 (→ 447) eingegangen.

■ 520

Vgl. Bertol 1997, S. 69. Die Firma meldete bereits im Jahr 1990 Konkurs an, vgl.: Blade et al. 2014, S. 1326.

■ 521

Kurze historische Übersichten zu Vorläufern und der Entwicklung von VR-Technologien sind beispielsweise zu finden in: Bertol 1997, S. 69-70; Blade et al. 2014. Zu Sutherlands »Sketchpad« vgl.: Sutherland 2003; Kapitel 2 (→ 051).

team die jeweils neueste Technologie zu eigen, um seine Arbeit einem immer größeren Publikum zur Verfügung zu stellen.

Wie in **Kapitel 3.1 (→ 065)** bereits kurz angesprochen, hatte eine weitere innovative Initiative in der kunsthistorischen Forschung um 1989 ihren Anfang und wurde schließlich in den 1990er-Jahren umgesetzt: Werner Müller und Norbert Quien erarbeiteten mit modernster Technik Rekonstruktionen spätgotischer Gewölbe. **515** Die Grundlage ihrer Arbeit waren Gewölbeentwürfe von nicht existierenden Bauten, wobei die beiden Wissenschaftler die jeweiligen Rippensysteme anhand des zugrundeliegenden Regelwerks am Computer mit Algorithmen nachbildeten. **516** Ein Beispiel hierfür ist die Rekonstruktion des Gewölbes für einen Chor, der im **Stromerschen Baumeisterbuch I** (Nürnberg, um 1590) in Form eines Grundrisses mit eingeschriebenem Gewölbegrundriss überliefert ist. **517**

Müller und Quien realisierten eine Simulation des Chorraumes, wobei sie die Möglichkeiten der damaligen Technik ausreizten und beispielsweise die Oberfläche der Rippen so realistisch wie möglich einer Steinoberfläche nachempfanden. **518** Auch eine aufwändige Lichtsimulation kam hier zum Einsatz. Da dieser Chor niemals tatsächlich erbaut wurde, vermittelt das 3D-Modell einen Eindruck davon, wie der planerische Entwurf ausgesehen haben könnte. Mit der computertechnischen Modellierung von gotischen Gewölben betreten die beiden damit Neuland in der kunsthistorischen Forschung. Um diese Initiative zur 3D-Rekonstruktion des Chors aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch I** detailliert vorzustellen und zu analysieren, ist ihr **Kapitel 4.2 (→ 193)** gewidmet.

Virtuelle Realität

Wie in einigen der in diesem Kapitel vorgestellten Projekte deutlich wurde, spielte **Virtual Reality** (VR, dt. Virtuelle Realität) darin immer wieder eine wichtige Rolle. Insgesamt lässt sich VR in den 1990er-Jahren als innovatives Konzept identifizieren, zu dem intensiv geforscht wird und das in zahlreichen Projekten Anwendung findet. **519** Den Begriff prägte Jaron Lanier, der Mitte der 1980er-Jahre die auf Hard- und Software im Bereich VR spezialisierte Firma **VPL Research** gründete. **520** Die technologischen Wurzeln reichen je nach Definition beispielsweise bis zu Ivan Edward Sutherlands Sketchpad von 1963 zurück. **521** Eine grundlegende Definition von VR liefert die Architektin Daniela Bertol in ihrer 1997 herausgegebenen Buchpublikation **Designing Digital Space. An Architect's Guide to Virtual Reality**:

»Virtual Reality is a computer-generated world involving one or more senses and generated in real-time by the participant's actions. The real-time responsiveness of the computer to the participant's action distinguishes VR from other kinds of computer-generated simulations. The participant in a VR environment is perceiver and creator at the same time, in a world where the object of perception is created by actions. The other essential factor in a virtual environment is the sense of immersion: The user is surrounded by a three-

■ 522

Bertol 1997, S. 67.

■ 523

Zur Interaktion und Immersion von VR-Anwendungen vgl.: ebd. S. 67-68.

■ 524

Ebd., S. 67.

■ 525

Zu VR-Technologien vgl. auch Martens 1995, S. 85-86.

■ 526

Zur Stereoskopie vgl.: ebd. S. 57-61; Bertol 1997, S. 68; Hemmerling/Tiggemann 2010, S. 201.

■ 527

Zum Einsatz von VR-Anwendungen in unterschiedlichen Kontexten vgl.: Bertol 1997, S. 70. Daniela Bertol stellte in ihrem 1997 herausgegebenen Buch »Designing Digital Space. An Architect's Guide to Virtual Reality« einige VR-Projekte im Bereich der Architektur ausführlich vor. Vgl. ebd., S. 143-284.

■ 528

Ein Anwendungsbeispiel für ein VR-Modell im Bereich der Architektur wird im Rahmen von [Kapitel 4.3](#) (→ 233) zum 3D-Projekt der Dresdner Frauenkirche detailliert vorgestellt. Ein Überblick zu VR-Projekten in den 1990er-Jahren im Bereich des kulturellen Erbes findet sich beispielsweise in: Stone/Hannigan 2014, S. 932-935.

dimensional environment. [...] An immersive VR environment acts as a surrogate for the actual physical environment.« **522**

Demnach sind insbesondere zwei Elemente ausschlaggebend für eine VR-Anwendung: Zum einen die Interaktion des **Benutzers** oder **Teilnehmers** mit dem VR-System, die dieses sogleich von einem 3D-Modell abgrenzt, das durch die Passivität seines **Betrachters** gekennzeichnet ist. **523** Zum anderen ist Immersion, also das Eintauchen in eine – in diesem Fall – virtuelle Welt ein wichtiger Faktor, der anhand verschiedener Geräte erzeugt werden kann, wie Daniela Bertol in ihrer Zusammenfassung des technologischen State of the Art Ende der 1990er-Jahre aufzeigt:

»Several different types of computer simulations are labeled as virtual reality (VR). The sensors and head-mounted display, which are so often identified with VR systems by the layman, are not always present: In some instances, the only display device is the computer screen and such interactive devices as the mouse or the keyboard. Hardware, software, interfaces, display systems, and sensorial devices vary widely, according to the type of application for which VR is used.« **524**

Hier deutet sich eine große Bandbreite in der technischen Ausrüstung an, die in Form der computergenerierten stereoskopischen Darstellung einen Höhepunkt erreichte. **525** Denn diese ermöglicht es beispielsweise über **Head-Mounted Displays (HMD)** anhand von jeweils für das linke und rechte Auge vorgesehene Ansichten einen räumlichen Eindruck beim Betrachter hervorzurufen. **526** Zwar ist dieses Prinzip schon lange bekannt, jedoch erhielt es durch die Computertechnik eine grundlegende Weiterentwicklung. Auf den gegenwärtigen Einsatz von **HMD**, VR-Brillen und **CAVE**, die stereoskopische Darstellungen unterstützen, wird in [Kapitel 6.1](#) (→ 447) eingegangen.

VR-Systeme kamen in den 1990er-Jahren in ganz unterschiedlichen thematischen Kontexten zum Einsatz, worauf hier nur kurz eingegangen werden soll: Zunächst wurden VR-Anwendungen vom Militär für Flugsimulatoren verwendet und weiterentwickelt. **527** Sodann fanden sie Eingang in wissenschaftliche Kontexte, insbesondere wenn ein visuelles Feedback und eine räumliche Struktur erwünscht waren, um Informationen anschaulich darzustellen und sie interaktiv zu erkunden. Dies bezog sich beispielsweise auf Architektur, Maschinenbau, Molekularbiologie oder Geometrie. **528**

Weitere technische Innovationen entstanden, als um 1992 das Internet weltweit öffentlich verfügbar wurde. Denn dies stellte eine neue Möglichkeit dar, um 3D-Modelle zu präsentieren und zugänglich zu machen, was wiederum neue technische Entwicklungen erforderte: So konnten nun beispielsweise mit der von **Apple** 1994 initiierten Technik **QuickTimeVR** Panoramabilder dargestellt und online zugänglich gemacht werden. Ein Beispiel für die Anwendung von **QuickTimeVR** in einem wissenschaftlichen 3D-Projekt wird in [Kapitel 5.4](#) (→ 403) analysiert. Dabei handelt es sich um die digitale Rekonstruktion von Synagogen in Wien, durchgeführt von der TU Wien 1998 bis 2009.

■ 529

Vgl. Grau 2000, Abschnitt zu »Metamorphosis«.

■ 530

Forte 1997, S. 13.

■ 531

Ebd.

■ 532

Hintergrundinformationen zum Projekt »VRGlasgow« sind zu finden in: Maver 2002, S. 95; Ennis/Maver 2003; Messemer 2016 (The Beginnings of Digital Visualization), S. 26–27.

Eine weitere technische Innovation war die Mitte der 1990er-Jahre entwickelte Auszeichnungssprache **VRML (Virtual Reality Mark-up Language, später: Virtual Reality Modelling Language)**. ⁵²⁹ Diese ermöglichte die Darstellung von 3D-Objekten im Internet, die auf eine interaktive Anwendung hin ausgelegt waren, wie es Maurizio Forte erläutert:

»Virtual Reality Mark-up Language (VRML) is a language that describes three-dimensional objects and allows the user to move from texts into three-dimensional spaces and vice versa. It is a completely new way of visualizing information in three-dimensional space via hypermedia links, allowing the information/objects to be rotated, moved and observed from any angle. This powerful graphic language opens up new and extraordinary possibilities for handling multimedia data in three-dimensional form.« ⁵³⁰

Diese Technik wurde im April 1995 auf der dritten internationalen Konferenz zum World Wide Web, Technology, Instruments and Applications, in Darmstadt vorgestellt. ⁵³¹ Als ein Beispiel für eine **VRML**-Anwendung wird ein 2007 realisiertes Teilprojekt von **Theatron** in **Kapitel 4.4 (→ 261)** genauer erläutert.

Die Innovation, die **VRML** im Bereich der digitalen Rekonstruktion in den 1990er-Jahren darstellte, verdeutlicht folgendes Beispiel: So ermöglichte deren Anwendung erstmals, ein 3D-Projekt, das in den 1980er-Jahren realisiert worden war über das Internet der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. ⁵³² Hierbei handelt es sich um **VRGlasgow**, ein digitales Stadtmodell von Glasgow, das von der Forschergruppe **ABACUS (Architecture and Building Aids Computer Units Strathclyde)** am Department of Architecture and Building Science an der University of Strathclyde, Großbritannien, realisiert worden war. Unter der Leitung von Mike Grant, dem Technical Director von **ABACUS** hatten hierfür Studierende einen Stadtplan digitalisiert. Ferner waren Luftaufnahmen sowie Höhenmaße von Gebäuden in eine Datenbank eingegeben worden, die die Grundlage für das topografische 3D-Modell bilden. Insgesamt war eine Fläche von etwa 25 Quadratkilometern und 10.000 Gebäuden visualisiert worden.

Erst mit Einführung des Internets und **VRML** war diese Arbeit nun öffentlich zugänglich ¹⁰⁴. Die Besucher von **VRGlasgow** konnten sich innerhalb des Stadtmodells frei bewegen, mussten keiner voreingestellten Route folgen.



□ 104

Bildschirmfoto des Benutzerinterface von »VRGlasgow« mit Stadtplan, 3D-Modell, Foto und zugehörigen Informationen, hier mit Ansicht des George Square und der City Chamber (Rathaus) in der Innenstadt (links); Bildschirmfoto des Multi-User Interface (rechts), »VRGlasgow«, um 1999.

So war es möglich Informationen zu den Bereichen Tourismus, Architektur, Adress- und Straßenverzeichnisse sowie externe Links nach individuellem Interesse abzurufen. Das Interface hatte eine kompakte Struktur und bot eine Vielzahl an Informationen auf einen Blick. So war es beispielsweise möglich zugleich ein aktuelles Foto eines Bauwerks, seine Entsprechung im digitalen 3D-Modell aus der Perspektive eines Fußgängers und den realen Standort auf einem interaktiven Stadtplan einzusehen.

Die Relevanz von VR verdeutlicht sich ferner in Fachzeitschriften sowie insbesondere anhand speziell auf das Thema ausgerichteter Konferenzen, wie die 1995 gegründete VSMM.⁵³³ Aber auch bereits etablierte Konferenzen stellten nun einzelne Veranstaltungen unter das Thema. Hierzu zählt SIGGRAPH, in deren Rahmen 1991 erstmals eine Session zur Anwendung von VR stattfand.⁵³⁴ Beispielsweise demonstrierte Steve Bryson vom NASA Ames Research Center die Analyse von Datensätzen mittels Datenhandschuhen. Einen Virtual Reality-Flug durch die damals geplante Raumstation Freedom führte Joe Hale vom NASA Marshall Space Flight Center vor. Aber auch eine in Stanford entwickelte, medizinische VR-Anwendung wurde gezeigt. Zudem wurden in einem Vorführraum im Rahmen der jährlichen Art and Design Show aktuelle Computergrafikprodukte von 250 Anbietern vorgestellt und prämiert¹⁰⁵. Der Gewinnerbeitrag war beispielsweise ein Rendering eines computertechnisch visualisierten Raums mit komplexer Lichtsimulation. Technisch besonders anspruchsvoll waren hier die zahlreichen Spiegelungen, Lichtreflexionen und Transparenzen. Diese Arbeit zeugt von dem damaligen State of the Art der Computergrafik. Insgesamt verzeichnete die Konferenz 23.100 Besucher, die damit das große Interesse an dem Thema der Virtual Reality widerspiegeln.

■ 533

Zu einschlägigen Fachzeitschriften zählen beispielsweise: »Presence: Teleoperators and Virtual Environments« (1992 von MIT Press gegründet), Virtual Reality (1995 erstmals von Springer Verlag herausgegeben), »International Journal of Virtual Reality« (»IJVR«, 1995 erstmals publiziert). Vgl.: Blade et al., S. 1333–1334. Neben den im Text genannten Konferenzen, die in den 1990er-Jahren auf VR ausgerichtet waren, werden weitere kurz vorgestellt in: Blade et al. 2014, S. 1327–1328 u. 1334–1335.

■ 534

Zur »SIGGRAPH« 1991 vgl.: Haggerty 1991.

■ 535

Informationen zur Präsentation von »IBM« auf der »SIGGRAPH« 1992 sind zu finden in: Henger 1993.



□ 105

Gewinnerbeitrag zur »Art and Design Show«: Rendering eines computertechnisch visualisierten Raums mit komplexer Lichtsimulation, zahlreichen Spiegelungen und Reflexionen, »Zero One«, 1991.

Auf der SIGGRAPH im darauffolgenden Jahr in Las Vegas stellte eine internationale Gruppe des IBM Thomas J. Watson Research Center in Yorktown Heights einen Prototyp für die Erzeugung einer virtuellen Welt in stereoskopischer Darstellung vor.⁵³⁵ Dieser ermöglichte es mehreren Benutzern gleichzeitig mit der virtuellen Welt zu interagieren. Ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber anderen VR-Anbietern war die freie Interaktion, denn sonst waren dem Benutzer immer ein bestimmter Weg und Handlungsoptionen (Knopf drücken oder Ähnliches) vorgegeben. Die Besonderheit an dem System lag zudem in seiner multisensoriellen Ausrichtung begründet, die nicht nur ein audiovisuelles Erlebnis ermöglichte, sondern auch Reaktionen auf Gestik sowie Spracherken-

nung umfasste. Um beispielsweise Gesten eines Benutzers technisch zu erfassen wurde ein **Dataglove** eingesetzt, ein Handschuh, der über Positions- und Bewegungssensoren die Bewegungen der Hand und Finger elektronisch aufnahm, um sie an das System weiterzuleiten [106]. In der hier gezeigten Abbildung sind die Datenhandschuhe deutlich zu erkennen sowie der körperliche Einsatz der beiden Nutzer, um mit den virtuellen Gegenständen zu interagieren. Die Szene lässt aus heutiger Sicht an in den letzten Jahren auf den Markt gekommene Spielekonsolen denken, die mit Controllern die Interaktion mit Gegenständen im virtuellen Raum ermöglichen.



□ 106

Einsatz des »Dataglove«: »IBM«-Wissenschaftler J. Bryan Lewis und Christopher Codella fassen einen simulierten Gegenstand in einem virtuellen Raum an, »IBM«, um 1993.

Mit sogenannten **Eyephones** war es möglich die Kopfbewegungen des Benutzers zu verfolgen und entsprechende Raumbilder auf den brillenartig ausgerichteten Flüssigkristall-Bildschirmen anzuzeigen. Verbunden war dies mit Mikrofonen und einer Hörvorrichtung, um auch Spracherkennung und Tonwiedergabe in das VR-Erlebnis zu integrieren. **IBM** verstand seine Prototyp-Entwicklung als eine Art Baukasten, der für individuelle Anwendungen eigens konfiguriert werden konnte und somit eine große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten bot.

Eine Anwendung im Bereich der Architekturdarstellung fand der Prototyp 1994: Im Rahmen der internationalen Computermesse **CeBIT** in Hannover präsentierte **IBM** in einem eigens dafür eingerichteten Raum ein VR-Modell der Dresdner Frauenkirche. [536] Hierfür wurde ein auf historischen Quellen beruhendes digitales 3D-Modell des Bauwerks technisch aufbereitet. Auf diese Arbeit wird in **Kapitel 4.3** (→ 233) genauer eingegangen, um die Hintergründe ihrer Erstellung und Präsentation zu erläutern.

Als weiteres Beispiel einer VR-Installation lässt sich das ebenso auf einer wichtigen internationalen Ausstellung gezeigte 3D-Modell des Doms von Siena anführen. Auf der **EXPO 2000** in Hannover wurde das Projekt **Der Dom von Siena** präsentiert, das 1999 am **Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD)** unter dem Abteilungsleiter Didier Stricker, seinem Stellvertreter Christian Knöpfle sowie Bernd Lutz realisiert wurde. [537] Unterstützt wurde es im Sonderforschungsprojekt **Neue Technologien in den Geisteswissenschaften** vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie durch die Opera della Metropolitana in Siena und die Messbildstelle Dresden. Ziel war es, VR-Technologien im Bereich der Wissensvermittlung für Kulturelles Erbe zu erforschen. Dies sollte mit einer immersiven virtuellen Umgebung umgesetzt werden, in der sich die Benutzer innerhalb des Doms frei bewegen und somit die Architektur erkunden kann.

■ 536

Vgl. Jalili et al. 1996. Ausführlich erläutert und kontextualisiert wird das VR-Modell in **Kapitel 4.3** (→ 233).

■ 537

Für ausführliche Informationen zu Zielen, Inhalt, technischer Umsetzung und Präsentation des Projekts »Der Dom von Siena« vgl.: Lutz 2001, S. 107-109; Stricker/Knöpfle/Lutz 2003.

Auf Basis von Plänen zum Dom, die das Kunsthistorische Institut in Florenz zur Verfügung gestellt hatte, wurde zunächst ein 3D-Modell erstellt, das sowohl den Dom als auch seine Umgebung zeigt. Hierin wurden Texturen in hoher Auflösung von insgesamt 400 MB integriert, die die komplexe Architektur und die große Anzahl an Skulpturen und Bildern in dem Bauwerk wiedergaben und aufgrund ihres Datenumfangs eine technische Herausforderung darstellten ¹⁰⁷. Bemerkenswert ist hier der Einsatz fotorealistischer Texturen auf sämtlichen Oberflächen, einen zeitgenössisch gekleideten Avatar eingeschlossen.



□ 107

Blick in das 3D-Modell des Doms von Siena mit Texturen in hoher Auflösung sowie einem Avatar, Rendering, »IGD«, 1999–2000.

Mit einem speziell entwickelten **Radiosity**-System konnte eine auf physikalischen Gesetzen beruhende Lichtsimulation erzeugt werden, die eine komplexe Beleuchtung und Erstellung von Schatten ermöglichte. Die Umsetzung der Bildberechnung erfolgte mittels des VR-Systems **Virtual Design 2** über einen Hochleistungsgrafikrechner mit dem Ziel eine Echtzeitanwendung zu realisieren.

Auf der **EXPO 2000** wurde für die Präsentation eine Großbildleinwand mit einer Höhe von 4 und einer Breite von 2,50 Metern installiert, die die immersive Wirkung der VR-Anwendung zusätzlich verstärkte. Über einen Touchscreen hatte der Besucher die Möglichkeit sich eigenständig durch den Dom zu navigieren sowie Informationen zu Architektur, Geschichte und Kunst abzurufen ¹⁰⁸. Die Benutzeroberfläche war optisch einem mittelalterlichen Buch nachempfunden, in dem der Benutzer blättern konnte. Ziel war es, die Bedienung möglichst intuitiv zu halten. Zudem wurde ein Avatar entwickelt, der im 3D-Modell platziert war und über eine Sprachausgabe zusätzliche Informationen geben konnte. Er war im Hinblick auf Mimik und Bewegungsabläufe so realistisch gestaltet, wie es technisch möglich war.

Die Installation auf der Weltausstellung diente dazu, die Ergebnisse des 3D-Projekts vorzustellen und damit ihre Einsatzmöglichkeiten im Bereich von Forschung und Lehre zu propagieren. Konkret bestanden diese laut Christian Knöpfle beispielsweise darin:

»[...] aktuelle Theorien der Entstehungsgeschichte im virtuellen Modell umzusetzen, zu präsentieren und zu diskutieren. Hier kann dann auch eine umfangreiche Datenbank mitgeführt werden, in der die verschiedenen Fragmente verzeich-

■ 538

Stricker/Knöpfle/Lutz 2003,
Abschnitt »Theorie/Forschung«.

net sind, aus der diese Theorien gewonnen wurden. Neben der reinen Präsentation der Daten bietet sich auch eine Erweiterung für den Einsatz in der Restauration an, um z. B. Farbgebungen vor der realen Ausführung zu begutachten.« **538**



□ 108

Fotografie der Projektion auf die
Großbildleinwand mit davor platziertem
Bedienpult mit und ohne Avatar, »IGD«,
1999–2000.

Er sah mit dieser Installation zudem die Möglichkeit für Museen, ähnliche Anwendungen in Ausstellungen anzubieten und sich damit zu profilieren, um neue Zielgruppen anzusprechen. Bis heute zählen allerdings VR-Systeme oder andere computertechnische Anwendungen in Museen nicht zur Standardausstattung, vor allem nicht in Kunstmuseen, obwohl darin ein großes Potential in der Vermittlungsarbeit liegen würde. Das im nächsten Kapitel thematisierte 3D-Projekt aus dem Jahr 1992 wurde hingegen vielfach in Ausstellungen in unterschiedlicher Weise medial präsentiert, worauf im Folgenden genauer eingegangen wird.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

4.2 Spätgotischer Kirchenchor (IWR, Universität Heidelberg, 1992)

Ende der 1980er-Jahre begannen Werner Müller und Norbert Quien digitale Rekonstruktionen von gotischen Gewölben zu erstellen. Diese sind als Pionierarbeit hinsichtlich des Computereinsatzes in der kunsthistorischen Forschung anzusehen. Die von ihnen bis zum Tod von Werner Müller im Jahr 2005 erarbeiteten digitalen 3D-Modelle visualisieren gotische Gewölbe, die auf historischen Gewölbegrundrissen basieren, jedoch in Realität weitestgehend nicht gebaut wurden. Gotische Gewölbeentwürfe werden in diesem 3D-Projekt erstmals computertechnisch unter kunsthistorischen Fragestellungen erforscht.

Im Rahmen des DFG-Projekts **CAD spätgotischer Gewölbe** (1989–1993), das an der Universität Heidelberg unter der Leitung von Willi Jäger realisiert wurde, erstellten Müller und Quien 1992 eine digitale Rekonstruktion eines spätgotischen Kirchenchors, dessen zugrundeliegenden Pläne aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch I** stammen. Dieses Teilprojekt steht im Fokus der nun folgenden Analyse.

■ 539

Sebastian Fitzner liefert in seiner 2015 erschienenen Dissertation einen Überblick über die an der Ausführung von Architekturzeichnungen beteiligten Berufsgruppen. Darunter sind neben »professionellen Bauzeichner[n]« und Bauschreibern auch Kunstdrechsler, Goldschmiede und Hoftrompeter anzutreffen. Vgl. Fitzner 2015, S. 65.

■ 540

Vgl. Müller/Quien 2005, S. 8.

■ 541

Vgl. Müller 1990 (Computersimulation spätgotischer Gewölbe), S. 149.

■ 542

Vgl. ebd. Teil der Meisterprüfungen für Steinmetze in der Reichsstadt Nürnberg ab 1507 war hingegen u. a. der »Aufriß eines Kreuzgewölbes in ›rechter Art‹ mit kurzen und langen Strebebögen auf einer rechteckigen Grundfläche, zusammengesetzt aus einer Reihung von sechs bis sieben Jochen«. Zit. aus: Fleischmann 1985, S. 198–199.

■ 543

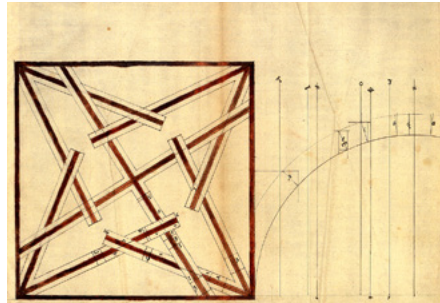
Eine Liste zu erhaltenen Textquellen ist zu finden in: Akahane-Bryen 2015, S. 9–10.

Gotische Gewölbegrundrisse – Kurzer historischer Überblick

Gotische Gewölbegrundrisse sind Architekturzeichnungen, die in der Gotik in verschiedenen Kontexten zu finden sind und von Urhebern unterschiedlicher Profession angefertigt wurden. ⁵³⁹ In Form einer zweidimensionalen Linienzeichnung geben sie den Verlauf der Rippen eines Gewölbes in der Aufsicht wieder ¹⁰⁹. Für die Errichtung eines Gewölbes nach einem solchen abstrakt anmutenden Grundriss ist zudem eine sogenannte Bogenaustragung notwendig ¹⁰⁹. Anhand dieser Zeichnung konnte ein Steinmetz unter Anwendung bestimmter Regeln die Höhen der einzelnen Rippenkreuzungen bestimmen. ⁵⁴⁰ Allerdings benötigte er zur vorherigen Veranschaulichung des geplanten Baus ein Modell ¹¹⁰, ⁵⁴¹ denn das Anfertigen von Aufrissquerschnitten oder isometrischen Darstellungen war nicht Teil der Handwerksausbildung für Steinmetze. ⁵⁴² Ein solches Modell scheint gleichsam die physische Verräumlichung der Gewölberippen darzustellen und trägt damit entscheidend dazu bei, den abstrakten Gewölbegrundriss in seiner konstruktiven Anlage zu verstehen.

Die Menge an originalen Textquellen der Spätgotik, in denen sich auch Gewölbegrundrisse erhalten haben, ist jedoch relativ überschaubar: ⁵⁴³ Zu finden sind gotische Gewölbegrundrisse beispielsweise in Musterbüchern,

sogenannten Reißbüchern, Baumeisterbüchern oder auch als schriftlicher Teil von Steinmetzmeisterprüfungen wie im Folgenden gezeigt wird.



□ 109
Gewölbegrundriss (links) mit zugehöriger Bogenaustragung (rechts), »Cod. Min. 3«, fol. 15r, Österreichische Nationalbibliothek Wien.

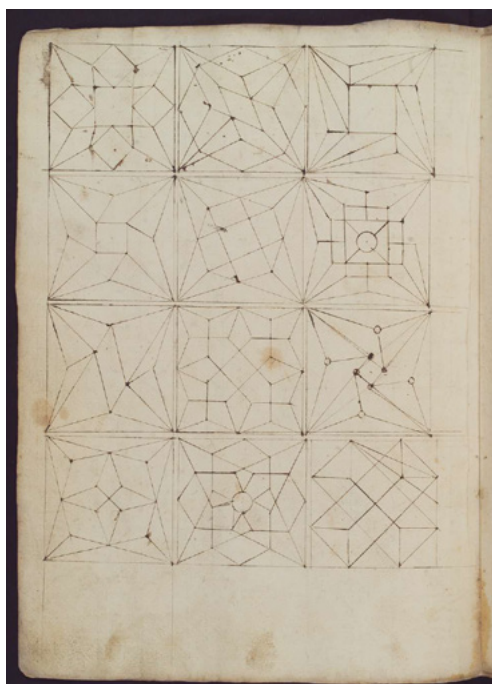


□ 110
Lehrbogenmodell eines Kirchenchors, Meisterstück von Hanns Heiß, Nürnberg, 1659, Architekturmuseum der TU München, Foto: Werner Müller.

■ 544
Vgl. Bucher 1968, S. 55–56. Eine deutsche Übersetzung dieser Terminologie ist zu finden in: Pause 1973, S. 77–79.

■ 545
Bucher 1968, S. 55–56.

François Bucher hat 1968 eine Terminologie für Architekturzeichnungen sowie Bauhüttenbücher aus der Zeit zwischen 1350 und 1572 verfasst. ⁵⁴⁴ In seiner Systematik, die er in sieben Kategorien unterteilt, liefert er zugleich eine Kontextualisierung von Architekturzeichnungen in diesem Zeitraum: »I. Theoretical Designs [...], II. Educational Plans [...], III. Working Plans [...], IV. Special Plans [...], V. Sketch and Lodge-books [...], VI. Elements involved in Planning [...], VII. Architectural Models.« ⁵⁴⁵ Diese Kategorien fächert er wiederum in eigene Unterpunkte auf. So finden sich beispielsweise unter Punkt V ganz allgemein Musterbücher und unter Punkt III im Speziellen Muster von Gewölben ¹¹¹.



□ 111
Musterbuch des Hans Hammer, fol. 23v., Süddeutschland, 15./16. Jahrhundert, Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel.

■ 546

Vgl. Fitzner 2015, insbes. S. 4, S. 7, S. 20, S. 254–255.

■ 547

Vgl. Müller/Quien 2005, S. 9.

■ 548

Vgl. Bucher 1968, S. 56.

■ 549

Vgl. Müller/Quien 2005 S. 9. Auch Ulrich Coenen hält in seiner umfassenden Untersuchung zu *Werkmeisterbüchern der Spätgotik* fest, dass Originalentwurfpläne von Kirchen dieser Zeit nicht mehr erhalten sind. Vgl. Coenen 1990, S. 138.

■ 550

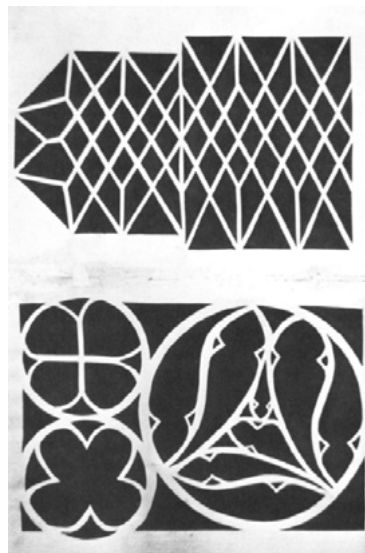
Vgl. Fleischmann 1985, S. 197.

■ 551

Vgl. ebd., S. 198.

Einen umfassenden Überblick über Architekturzeichnungen zwischen 1500 und 1650 im deutschsprachigen Raum liefert die 2015 erschienene Dissertation des Kunsthistorikers Sebastian Fitzner. ⁵⁴⁶ Damit erschließt er ein bis dahin offen gebliebenes Desiderat der Kunstgeschichte. In seiner Arbeit verfolgt er das Ziel, Architekturzeichnungen aus dem nordalpinen Raum zunächst einmal zu kartieren, um sie dann in einem nächsten Schritt einer Untersuchung hinsichtlich ihrer Funktion zu unterziehen. Zeichnungen zu sakralen Bauten klammert er jedoch aus. So ist die einzige von ihm exemplarisch herausgegriffene und abgebildete Zeichnung einer Gewölbekonstruktion aus dem 1622 entstandenen *Reißbuch* von Georg Jacob Wolff für einen Profanbau bestimmt. Es handelt sich dabei um eine auf einem Blatt ausgeführte Zeichnung einer Bogenaustragung und zugehörigem Gewölbegrundriss, der sich unmittelbar darunter befindet. Nach Fitzners Schlussfolgerung wird in Wolffs *Reißbuch* mit der Darstellung von Konstruktionszeichnungen von Gewölben gezeigt, dass diese einerseits durchaus visualisiert werden können und andererseits insbesondere im Bereich des Gewölbebaus verortet werden.

Bei den in Mustersammlungen vorhandenen Zeichnungen gotischer Rippengewölbe handelt es sich um sogenannte Lehrstücke, also Entwürfe, die nicht in einen konkreten Bau umgesetzt wurden. ⁵⁴⁷ Solche Musterbücher dienten beispielsweise Bauherren als Anregung ¹¹². ⁵⁴⁸ Darin befindliche Schnittmuster weisen aus heutiger Sicht aufgrund der abstrakt anmutenden Darstellungsweise auch eine hohe ästhetische Qualität auf. Aus der Zeit der Spätgotik haben sich laut Werner Müller keine Originalentwürfe von gebauten Rippengewölben erhalten. ⁵⁴⁹



□ 112

Historische Schnittmuster für Gewölbe und Maßwerkfenster, Albertina, Wien.

Auch im Kontext von Prüfungen tauchen am Übergang von Mittelalter und Früher Neuzeit Zeichnungen von Gewölbegrundrissen auf: 1507 erfolgte im Steinmetzhandwerk in Nürnberg die Einführung von Meisterstücken. ⁵⁵⁰ So bestand die Meisterprüfung aus vier Teilen und umfasste neben mündlich zu beantwortenden Fragen die Erstellung von bestimmten Plänen und auch kleinen Modellen. ⁵⁵¹ Ganz konkret war gemäß Peter Fleischmann das Wissen um die Errichtung eines gotischen Chors Gegenstand der Prüfung:

»Der zukünftige Steinmetz-Meister mußte als erste Aufgabe die richtigen Proportionen eines gotischen Chorraumes mit Setzung der Bogen und Pfeiler angeben können, das heißt Grundriß, Höhe und Stärke der Wände sollten aus Quadratur, Triangulatur und Zirkelschlag abgeleitet werden.« ⁵⁵²

■ 552

Ebd.

■ 553

Vgl. Müller 1978, S. 109. Leider gibt Müller hier keinen Verweis auf entsprechende historische Quellen oder weiterführende Literatur.

■ 554

Vgl. Fitzner 2015, S. 89. Während Baumeisterbücher Idealpläne und -ansichten enthalten, versammeln Werkmeisterbücher Anleitungen zum Errichten von Gebäuden, die vornehmlich in Textform ausgeführt sind.

■ 555

Vgl. Kaiser 2007, Bd. 1, S. 97.

■ 556

Vgl. Müller/Quien 1993, S. 272.

■ 557

Auf die im 19. Jahrhundert erfolgten Betrachtungen gotischer Gewölbekonstruktionen wird hier nicht näher eingegangen. Zu dieser Thematik vgl. Ausführungen von Müller u. Quien 1993: ebd., S. 273–274.

■ 558

Vgl. ebd., S. 273; Bucher 1972 (The Dresden Sketchbook of Vault Projection). Der Kongress fand bereits 1969 statt. Ein 1933 publizierter Artikel von Carl Anton Meckel, der sich umfassend mit der Konstruktion spätgotischer Gewölbe beschäftigte, hatte kaum Beachtung in der kunsthistorischen Forschung gefunden. Meckel beschreibt darin anhand zahlreicher Beispiele gotische Gewölbekonstruktionen in sakralen Bauwerken und erläutert, wie die den Gebäuden zugrundeliegenden Zeichnungen von den am Bau beteiligten Steinmetzen, Zimmerern und Maurern umgesetzt wurden. Vgl. dazu: Meckel 1933. Vgl. auch Kommentar zu Meckels Publikation: Müller/Quien 1993, S. 273.

■ 559

Für Informationen zu Buchers Beitrag vgl.: Bucher 1972 (Medieval Architectural Design Methods), S. 40 u. S. 45.

Laut Werner Müller dienten diese Gewölbegrundrisse mit zugehöriger Bogenaustragung zur Erstellung von spätgotischen oder nachgotischen Gewölbemodellen, einem weiteren Prüfungsteil. ⁵⁵³

Baumeisterbücher wurden von städtischen Baumeistern angelegt und dienten zur Sammlung von Architekturzeichnungen bestimmter Bauten und auch von Vermessungen. ⁵⁵⁴ Überliefert sind beispielsweise die Baumeisterbücher eines gewissen Wolf Jacob Stromer, der um 1600 als Ratsbaumeister in Nürnberg tätig war. ⁵⁵⁵ Auf dieses Werk wird in einem folgenden Abschnitt des vorliegenden Kapitels genauer eingegangen.

Heute sind Gewölbegrundrisse in der gotischen Tradition für einen Betrachter relativ unbekannt. Darstellungsweisen zur Visualisierung von Architektur. Aufrisse, Gebäudegrundrisse oder perspektivische Ansichten stellen hingegen weit geläufigere architektonische Visualisierungen dar. Umso wichtiger ist es, historische Gewölbegrundrisse dieser Baukultur lesen zu lernen, um zu verstehen, wie zur Zeit ihrer Entstehung Rippengewölbe konstruiert wurden. Im Folgenden werden verschiedene Methoden zur Darstellung von Gewölbegrundrissen vorgestellt, insbesondere computertechnisch erstellte 3D-Modelle von spätgotischen Gewölben, die nie erbaut wurden.

Wissenschaftshistorischer Vorlauf – Erforschung spätgotischer Gewölbegrundrisse

Als Grundlage für den Bau gotischer Rippengewölbe dienten die zu Anfang beschriebenen Gewölbegrundrisse mit zugehöriger Bogenaustragung. Mit Kenntnis der spätgotischen Konstruktionsregeln kann daraus ein Gewölbe errichtet werden. ⁵⁵⁶ Die Beschäftigung mit spätgotischen Gewölben und ihrer Konstruktion reicht in der Kunstgeschichte weit zurück. ⁵⁵⁷ Die Methoden in der Erforschung eben dieses Bereichs haben sich in den letzten Jahrzehnten jedoch sehr gewandelt. So können neben der klassischen Forschung auch Ansätze mit computertechnischer Unterstützung verfolgt werden.

Spätgotische Konstruktionsregeln rief François Bucher der Forschung 1969 auf dem Internationalen Kunsthistorikerkongress in seinem Vortrag zum sogenannten **Dresdner Skizzenbuch** wieder in Erinnerung. ⁵⁵⁸ Bucher stellte in seinem Beitrag fest, dass die Grundrisse und Bogenaustragungen, die im **Dresdner Skizzenbuch** zu finden sind, zwar schon in Modellen teilweise umgesetzt wurden, jedoch konnte die Theorie dahinter noch nicht erklärt werden. ⁵⁵⁹ Bucher wies in seinem Beitrag insbesondere darauf hin, dass in Hoch- und Spätgotik die Konstruktionsregeln insbesondere von den führenden Architekten immer mehr als Richtlinien verstanden wurden, denn als unumstößliches Regelwerk. Dennoch bildeten die Vorgaben für Konstruktionen einen Rahmen, innerhalb dessen die Architekten eigene Ideen einbringen konnten.

■ 560

Auf den Blättern 13 und 14 sind jedoch Destillierröfen in je einer kolorierten Zeichnung plastisch dargestellt. Vgl. Digitalisat der Handschrift, online abrufbar unter: <http://data.onb.ac.at/rec/AL00108665>. Alle Seiten mit Grund- und Aufrissen von Gewölben und Konsolen sind in großformatigen Abbildungen in Farbe abgedruckt in: Müller/Quien 2005, S. 99–121.

■ 561

Vgl. Informationen zum »Cod. Min. 3« auf der Webseite der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien: <http://data.onb.ac.at/rec/AL00108665> sowie Müller/Quien 2005, S. 7.

■ 562

Informationen zu Buchers Forschung zum »Cod. Min. 3« sowie zum Projekt von Müller und Quien sind zu finden in: Müller/Quien 2005, S. 7–9.

■ 563

Vgl. Informationen zum »Cod. Min. 3« auf der Webseite der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien: <http://data.onb.ac.at/rec/AL00108665>.

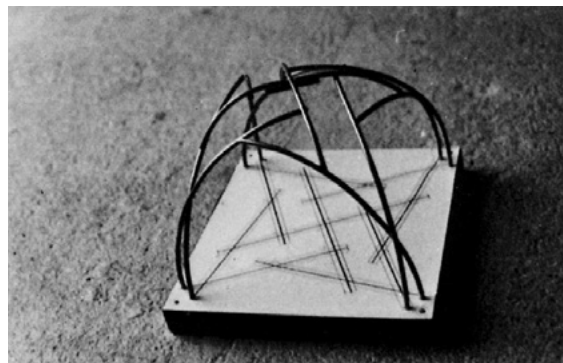
■ 564

Vgl. Bucher 1972 (Medieval Architectural Design Methods), S. 47.

Ein bedeutendes Beispiel hierfür ist der **Codex Miniatus 3 (Cod. Min. 3)**, eine aus 15 Blättern bestehende gebundene Sammlung, die spätgotische Konstruktionszeichnungen von Gewölben und Konsolen in Grund- und Aufrissen umfasst. ⁵⁶⁰ Verwahrt wird sie in der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien. Die Handschrift, deren Urheber nicht bekannt ist, stammt aus dem 16. Jahrhundert und wurde laut François Bucher zwischen 1560 und 1570 erschaffen. ⁵⁶¹ Diese Datierung leitet er von den Wasserzeichen des Papiers ab und deren Ähnlichkeit mit vergleichbaren Markierungen aus Dresden und Leipzig um 1544 und 1567. ⁵⁶² Jedoch kann dies nur als eine zeitliche und räumliche Annäherung gesehen werden, schließlich wurde Papier als Ware gehandelt. Alle Blätter des **Cod. Min. 3** weisen eine Größe von etwa 375 auf 250 Millimeter auf, nur das letzte Blatt hat mit rund 370 auf 490 Millimeter ein anderes Format. ⁵⁶³

Bucher, der sich als einer der ersten mit der Sammlung beschäftigte, bezeichnete sie als **The Dresden Sketchbook of Vault Projection** in seinem 1972 publizierten Aufsatz **Medieval Architectural Design Methods, 800–1560**. ⁵⁶⁴ Darin erläutert er an einem Beispiel, fol. 10 v., anhand des darauf befindlichen Grund- und Aufrisses die für die Konstruktion eines Rippengewölbes nötigen Schritte. Er weist darauf hin, dass in diesen Zeichnungen gleich drei Elemente vereint seien: ein Plan, die Krümmung aller Rippen sowie deren jeweilige Längen.

Um seine Ausführungen zu veranschaulichen, zeigt Bucher eine Abbildung von einem plastischen Modell, das eben diesen Gewölbegrundriss dreidimensional darstellt: Auf einem quadratischen Sockel ist die Zeichnung des historischen Gewölbegrundrisses von fol. 10 v. abgebildet ¹¹³. Darüber erheben sich metallene, bogenförmige, dünne Stäbe. Je zwei von ihnen streben von jeder Ecke ausgehend nach oben und biegen sich dann über die Fläche. So stellen sie die Krümmung der im Grundriss als gerade Linien dargestellten Rippen dar. Wäre senkrecht über dem Modell eine Lichtquelle, würden die Schatten der Metallbogen direkt auf die Zeichnung darunter fallen. Dieses Modell ist eine anschauliche Visualisierung, die eine ansonsten abstrakte und für einen heutigen Betrachter nur schwer lesbare Zeichnung in eine räumliche Darstellungsweise übersetzt und damit erst erfahrbar macht.

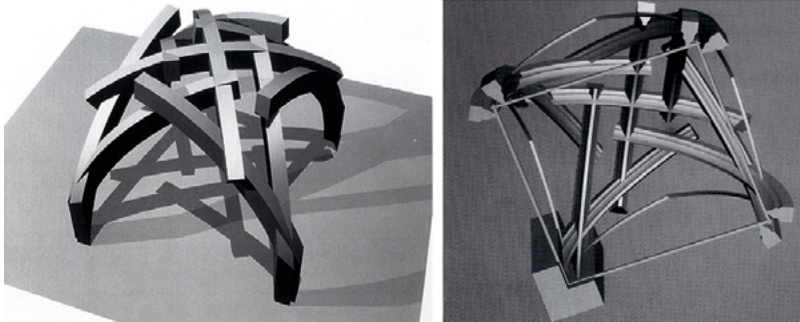


□ 113

Modell eines Gewölbes, basierend auf »Cod. Min. 3«, fol. 10 v., François Bucher, ca. 1972.

Eben jenen Gewölbegrundriss haben auch Werner Müller und Norbert Quien gut zwei Jahrzehnte später aufgegriffen, um ihn mit Hilfe des Computers räumlich zu visualisieren. Auch in ihren Augen ist die historische Zeichnung aus dem **Cod. Min. 3** in einer solchen Weise abstrakt, dass die darin eingeschriebene Konstruktion eines Rippengewölbes heute kaum noch nachvollziehbar ist.

Darum bedienten sie sich der damals neuesten Technik, des CAD ¹¹⁴. Damit gehen sie einen wesentlichen Schritt über das statische Modell bei Bucher hinaus, denn in einem computergenerierten 3D-Modell kann ein virtueller Betrachter jede erdenkliche Position einnehmen. So kann der Raum um das Rippengewölbe, das auf dem historischen Gewölbegrundriss beruht, erstmals tatsächlich betreten werden und aus einer einem echten Betrachter entsprechenden Perspektive in Augenschein genommen werden. Zudem stellen sie die Rippen mit einem spezifischen Rippenquerschnitt dar, so dass das Gewölbe eine realistischer anmutende Visualisierung erhält als das Modell bei Bucher.



□ 114

Computergrafik, basierend auf »Cod. Min. 3«, fol. 10, in schematischer Darstellung (links) und in detaillierter Darstellung mit Rippenprofilen (rechts), Norbert Quien, Anfang 1990er-Jahre.

■ 565

Geplant war, alle Visualisierungen 1993 in einem Buch mit dem Titel »Ziergewölbe der Dürerzeit« zu publizieren. Vgl. Müller/Quien 1993, S. 273. Aber es kam nie zu dieser Veröffentlichung. Für das Zurverfügungstellen des Manuskripts möchte ich mich bei Norbert Quien sehr herzlich bedanken. Bei dem letzten gemeinsamen Buch handelt es sich um folgendes: Müller/Quien 2005.

■ 566

Vgl. Literaturliste in [Appendix 1.3](#) (→ 617), Spätgotischer Kirchenchor (1992).

■ 567

In seiner Monografie »Grundlagen gotischer Bautechnik. Ars sine scientia nihil« verweist Müller auf einen Aufsatz aus dem Jahr 1976, in dem »[d]ie ersten Computerzeichnungen für das zugehörige Gewölbe« zu finden seien, zit. aus: Müller 1990 (Grundlagen gotischer Bautechnik), S. 183, Anm. 235. Müller bezieht sich auf folgende Publikation: Müller/Hänisch 1976. Zur Biografie Werner Müllers vgl.: Kurrer 2005 u. [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 1](#).

■ 568

Informationen zur Zusammenarbeit von Werner Müller und Norbert Quien sind zu finden in: [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 1](#) u. [Frage 2](#).

Müller und Quien visualisierten im Laufe der Zeit alle im **Cod. Min. 3** dargestellten Gewölbegrundrisse in 3D-Modellen. Abbildungen dieser Computerrekonstruktionen mit zugehörigen Grundrissen, in die sie hilfreiche Beschriftungen einfügten, sowie kurzen Erläuterungen zu Rippenhinterschnitten und weiteren Besonderheiten bestimmter Gewölbebeispiele veröffentlichten sie 2005 in ihrem letzten gemeinsamen Buch **Virtuelle Steinmetzkunst der österreichischen und böhmisch-sächsischen Spätgotik. Die Gewölbeentwürfe des Codex Miniatus 3 der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien.** ⁵⁶⁵

Entstehungskontext zur digitalen Rekonstruktion eines spätgotischen Kirchenchors

Werner Müllers Beschäftigung mit diesem Thema reicht dabei einige Jahrzehnte zurück, wie seine zahlreichen Veröffentlichungen dazu zeigen. ⁵⁶⁶ Nachdem er 1976 gemeinsam mit Klaus Hänisch erstmals computergenerierte Zeichnungen von gotischen Gewölben, die auf historischen Architekturzeichnungen beruhen, publizierte, kam Ende der 1980er-Jahre schließlich die Zusammenarbeit mit dem Mathematiker Dr. Norbert Quien zustande, der am **Interdisziplinären Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR)** der Universität Heidelberg tätig war. ⁵⁶⁷ Hier trafen zwei verschiedene Welten aufeinander: die Geisteswissenschaft in Gestalt der Kunstgeschichte einerseits und die Naturwissenschaft in Gestalt der Mathematik andererseits. ⁵⁶⁸ Jedoch ergänzten sich beide Wissenschaftler aus den unterschiedlichen Bereichen sehr gut und so dauerte ihre produktive Zusammenarbeit bis zum Tod von Werner Müller im Jahr 2005 an.

Müller kontaktierte Ende der 1980er-Jahre Willi Jäger, den damaligen Institutsdirektor und Gründer des **IWR**, um jemanden zu finden, der gotische Gewölbe computertechnisch räumlich visualisieren könnte. So ergab sich schließlich der Kontakt zwischen Müller und Quien, in dessen Folge die beiden Computergrafiken erstellten, die den Entwurfsvorgang zu spätgotischen Ziergewölben

■ 569

Informationen hierzu von Norbert Quien, E-Mail vom 22.12.2014. Ein kurzer Bericht über das DFG-Projekt ist zu finden in: Jäger/Müller/Quien 2004. Zur Laufzeit des Projekts vgl.: Müller/Quien 1999 (Hammer, Meißel und Computer), S. 2.

■ 570

Vgl. Jäger/Müller/Quien 2004, S. 48–49 u. Zwischenbericht zum DFG-Projekt »Veranschaulichung von Formbildungsprozessen spätgotischer Gewölbe mit Hilfe der Datenverarbeitung«, S. 1. Für das zur Verfügung stellen des DFG-Zwischenberichts bedanke ich mich sehr herzlich bei Herrn Norbert Quien.

■ 571

Vgl. Appendix 2.3 (→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 3.

■ 572

Vgl. Müller/Quien 1993, S. 272.

■ 573

Vgl. Quien 1992, S. 23.

■ 574

Müller/Quien 1993, S. 276.

■ 575

Ausführliche Informationen zur Arbeit von Müller und Quien sind zu finden in: Müller/Quien 2005, S. 11–23. Auch in ihren Visualisierungen von Gewölbegrundrissen aus dem Ms W* 276 des Historischen Archivs der Stadt Köln haben Müller und Quien Mauerstücke an den Verbindungsstellen von Rippenanfänger und Wand dargestellt. Vgl. ebd. S. 28ff.

■ 576

Ebd., S. 11.

■ 577

Müller/Quien 1997, S. 85.

visualisieren. Gefördert wurde ihre Forschungsarbeit mit dem DFG-Projekt **CAD spätgotischer Gewölbe** von 1989 bis 1993 unter dem Projektleiter Willi Jäger. 569 Als Grundlage für die räumliche Darstellung spätgotischer Gewölbe am Computer dienten Müller und Quien überlieferte historische Gewölbegrundrisse aus dem **Cod. Min. 3**, dem Manuskript W*276 (Ms W*276), das im Historischen Archiv der Stadt Köln verwahrt wird, und dem **Stromerschen Baumeisterbuch I**, das sich im Staatsarchiv in Nürnberg befindet. 570 Die Auswahl der einzelnen historischen Vorlagen nahm hierbei Müller vor. 571 Auf Basis des strengen Regelwerks in der gotischen Baukunst übersetzten sie mit Hilfe von Algorithmen die abstrakten Zeichnungen in lesbare, dreidimensional visualisierte Rippengewölbe. 572 Auf diese Weise konstruierten sie etwa 50 Gewölbe, darunter einige nie erbaute, die bislang nur als zeichnerische Entwürfe vorlagen und auch einige, die zwar erbaut worden waren, aber nicht mehr existierten. 573

Auffällig an den Rekonstruktionen von Müller und Quien ist, dass meist nur das reine Rippensystem visualisiert ist. Wand- und Deckenflächen fehlen fast immer. Diese Leerstellen erklären Müller und Quien folgendermaßen:

»Es ging uns vor allem darum, zu zeigen, wie die spätgotischen Meister ihre komplizierten Ziergewölbe erdacht haben, also darum, den Entwurfsvorgang zu veranschaulichen. Deshalb stellen wir das Ergebnis dieses Entwurfsvorgangs noch einmal so vor, wie es tatsächlich erdacht worden ist, nämlich als nacktes Rippensystem.« 574

In den Visualisierungen der Gewölbegrundrisse aus dem **Cod. Min. 3** ist zumindest jeweils ein Mauerstück, an dem sich ein Rippenanfänger befindet, plastisch dargestellt, um diese komplexen Verbindungsstellen zwischen Rippe und Wand zu zeigen 114. 575 Dadurch ist immer noch eine gewisse »Durchsichtigkeit der abgebildeten Rippensysteme« 576 gewährleistet, die sie erzielen möchten.

In diesen Computerrekonstruktionen haben Müller und Quien aus unterschiedlichen Gründen Vereinfachungen in der Darstellungsweise vorgenommen. Beispielsweise stellen die teils vorhandenen feinen Spalten in Rippenbögen keine Fugen dar, sondern sind durch Computergrafik bedingt. Für die Wandstelle, an der die Grate von Rippen oder auch Schildbögen zusammenlaufen, wurde der Einfachheit halber vorausgesetzt, dass sich alle diese Elemente in einem Punkt treffen. Mit diesen Eingriffen in die dreidimensionale Verbildlichung von gotischen Gewölbegrundrissen beschreiten Müller und Quien eine Art Mittelweg, zwischen Neuinterpretation und exakter Wiedergabe:

»Architekturinterpretation mit Hilfe der Computergraphik heißt, einen Zusammenhang zwischen dem konstruktiven Gedanken, der dem Kunstwerk zugrunde liegt, und seiner bildlichen Erscheinung herzustellen. Darüber hinaus lassen sich mit Hilfe des Computers die Folgen von Veränderungen des konstruktiven Gedankens veranschaulichen.« 577

■ 578

Vgl. dazu späteren Abschnitt zur medialen Präsenz im vorliegenden Kapitel und Informationen in Appendix 1.3 (→ 617), Spätgotischer Kirchenchor (1992).

■ 579

Müller/Quien 1997, S. 86.

■ 580

Zu den Theorien von Müller und Quien vgl.: Müller/Quien 1997.

■ 581

Ebd. S. 16.

■ 582

Vgl. Quien/Müller 1991, insbes. S. 120 u. S. 124–125.

■ 583

Vgl. Quien 1992, S. 23 und die frühe Kurzbiografie zu Wolf Jakob Stromer aus dem 19. Jahrhundert: Schäfer 1897. Einen Überblick zur Tätigkeit von Wolf Jakob Stromer liefert die Dissertation von Christiane Kaiser aus dem Jahr 2005: Kaiser 2007, Bd. 1, S. 97–98. Die »Baumeisterbücher I und II«, die sich im Besitz von Wolf Jacob Stromer befanden, gelangten in das Archiv seiner Familie, die Patrizier Stromer von Reichenbach, die die Dokumente dem Staatsarchiv in Nürnberg als Depotgabe überreichten, wo sie noch heute zu finden sind. Vgl. dazu: Kaiser 2007, Bd. 1, S. 26. Ein Überblick über den Inhalt aller zwölf »Stromerschen Baumeisterbücher« ist zu finden in: Stromer 1984, S. 85–86 u. S. 111–115.

■ 584

Vgl. Kaiser 2007, Bd. 1, S. 97.

■ 585

Vgl. Schäfer 1897, S. 125; Quien/Müller 1991, S. 120.

■ 586

Vgl. Schäfer 1897, S. 125.

Die Ergebnisse ihrer langen Zusammenarbeit veröffentlichten Müller und Quien nicht nur in mehreren Ausstellungen und Vorträgen, sondern vor allem in zahlreichen Aufsätzen und Monografien. **578** Das Ziel ihrer Arbeit in der Erforschung spätgotischer Gewölbe zieht sich durch alle ihre Publikationen: »die Gedanken des entwerfenden Baumeisters nachzuvollziehen.« **579** Dieses wird beispielsweise in ihrer Publikation **Von deutscher Sondergotik** aus dem Jahr 1997 deutlich, in der sie ihre Argumente sowohl mit Architektur Fotografien als auch Computergrafiken untermauern. **580** Diese beiden Abbildungsmethoden betrachten Müller und Quien als sich ergänzend und definieren sie folgendermaßen:

»Bei den Architekturphotos gilt es, Formzusammenhänge eines vorgegebenen Objektes gedanklich zu analysieren. Bei den Computergraphiken geht es darum, einen geometrisch-abstrakt vorgegebenen Formgedanken auf synthetischem Wege bildhaft zu konkretisieren.« **581**

Sie weisen darauf hin, dass insbesondere Fotografien dokumentarischen Charakters der kunsthistorischen Interpretation von Bauwerken dienen. Jedoch existieren auch Aufnahmen von Architektur, die Stimmungen wiedergeben oder insofern subjektiven Charakter haben, als sie gewisse Merkmale des Baus überhöht darstellen. Auf diese Aspekte wird in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels im Rahmen einer vergleichenden Analyse eingegangen, die zum Ziel hat die anhand eines 3D-Modells erstellten Ansichten spätgotischer Gewölbe fotografischen, zeichnerischen und haptisch-modellierten Darstellungen von gotischen Gewölben gegenüber zu stellen.

Ein Teilprojekt, das Müller und Quien im Rahmen des DFG-Projekts realisierten, wird im Folgenden detailliert analysiert: die digitale Rekonstruktion eines spätgotischen Kirchenchors **115**. Diese Arbeit ist insofern bemerkenswert, als sie im Gegensatz zu den zuvor erläuterten Arbeiten der beiden nicht nur die Rekonstruktion eines Gewölbes beinhaltet, sondern dieses auch in einem eigens 3D-modellierten Raum verortet. Zudem wurde zu dieser 3D-Rekonstruktion auch ein Video erstellt, das eine große Medienpräsenz erhielt.

Die Grundlage der Rekonstruktion bildeten mehrere Zeichnungen aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch I**. **582** Dieses Werk stammt wie elf weitere Baumeisterbücher aus dem Nachlass eines gewissen Wolf Jacob Stromer, der 1589 in den Inneren Rat der Stadt Nürnberg aufgenommen und im selben Jahr zum Baumeister ernannt wurde. **583** Als solcher war er bis zu seinem Tod unter anderem für die Sanierung mehrerer Brücken zuständig sowie an der Planung für einen Neubau des Rathauses beteiligt. **584** Es ist mehr als fraglich, ob er all jene Zeichnungen selbst anfertigte, die in diesem Buch zu finden sind, zumal er nie eine Lehre bei einem Baumeister absolvierte. **585** Karl Schäfer nimmt an, dass er dieses Konvolut an Zeichnungen gesammelt hat, denn dem Rat wurden zu Stromers Zeit beispielsweise von Steinmetzen Vorschläge für Bauten in Form von Skizzen vorgelegt. **586** In Baumeisterbüchern wurden laut Sebastian Fitzner ebensolche Zeichnungen, die Gebäude darstellten, sowie Vermessungen von diesen gesammelt und blieben teilweise auch im privaten Besitz, wie im Fall von

■ 587

Vgl. Fitzner 2015, S. 89.

■ 588

Vgl. Kaiser 2007, Bd. 1, S. 98.

■ 589

Vgl. ebd., Bd. 2, S. 9.

■ 590

Stromer 1984, S. 87. Ausführliche Informationen zur Publikation von Wolfgang von Stromer sind zu finden in ebd., insbes. S. 87–91, S. 96–99, S. 102, S. 104.

■ 591

Eine Auflistung zum Inhalt der Abbildungen im »Stromerschen Baumeisterbuch I« hat Wolfgang Freiherr von Stromer, Nachfahre von Wolf Jacob Stromer, erstellt. Diese Liste hat Christiane Kaiser in ihrer Dissertation 2007 weitgehend übernommen, wobei ihre Zahlenangaben teils davon abweichen. Vgl. ebd., S. 86–87 u. Kaiser 2007, Bd. 2, S. 9, Tab. 1. Zu den Maßen und der Seitenanzahl des »Baumeisterbuch I« vgl.: Stromer 1984, S. 111.

■ 592

Stromer 1984, S. 91.

■ 593

Ebd., S. 99.

■ 594

Ebd., S. 96.

■ 595

Ebd.

■ 596

Mit den Architekturzeichnungen im »Stromerschen Baumeisterbuch I« hat sich Werner Müller bereits 1975 in einem Aufsatz intensiv auseinandergesetzt und einzelne Elemente der Zeichnungen erläutert. Vgl. Müller 1975, S. 47ff.

Stromer. ⁵⁸⁷ Christiane Kaiser spricht Stromer hingegen sogar zu, er habe all diese Dokumente anfertigen lassen. ⁵⁸⁸

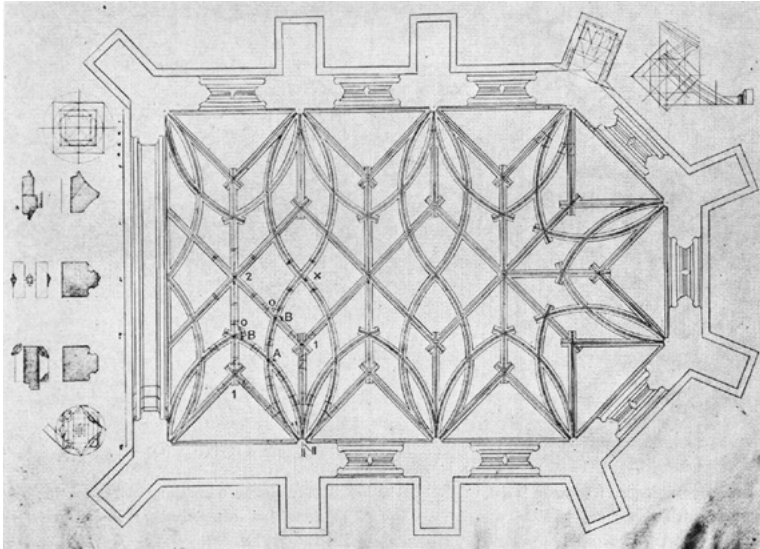
Die Entstehung des **Baumeisterbuch I** fällt zwischen die Jahre 1595 und 1603, wobei noch 1614 Nachträge hinzukamen. ⁵⁸⁹ In diesem Band finden sich auf den 254 Blättern mit den Maßen von 67 × 50,5 Zentimetern insgesamt 302 von Hand gefertigte Zeichnungen zu unterschiedlichen Themen wie Ansichten und Pläne der Stadt Nürnberg und anderer Städte, Brunnen, Profanbauten, Kirchen, Denkmäler, Maschinen verschiedener Art sowie »stereometrisch-perspektivische Gebilde« ⁵⁹⁰ (beispielsweise abstrakt dargestellte, spiralförmige Wendeltreppen) und Kuriositäten wie die Zeichnung einer Giraffe. ⁵⁹¹ Wolfgang Freiherr von Stromer erkennt in der Zusammenstellung dieser Werke eine zweiteilige Struktur: So finden sich im ersten Teil (bis fol. 121) Stadtansichten und Pläne von Nürnberg und anderen Städten, der ihm zufolge damit ein »eindeutig urbanistisches Konzept« ⁵⁹² aufzeigt und als »ein ganz neues Ideal-Konzept der Stadt« ⁵⁹³ zu interpretieren sei. Im zweiten Teil bilden »Musterbeispiele profaner und sakraler Baukunst, gewerblicher Bauten und Maschinen, von Bautechnik und Konstruktionszeichnungen für Großbauten« ⁵⁹⁴ das Hauptthema. Darin finden sich Zeichnungen zu einem spätgotischen Kirchenchor, die von Stromer als Musterbeispiele für die »theoretischen Aufgaben eines Architekten« ⁵⁹⁵ ausweist.

Zentraler Ausgangspunkt für die computertechnische Rekonstruktion ¹¹⁵ von Müller und Quien war der auf fol. 235 befindliche Grundriss eines Kirchenchors, in den ein Gewölbegrundriss eingeschrieben ist ¹¹⁶. ⁵⁹⁶ Zudem sind am Rande der Zeichnung mehrere Beispiele für Rippenquerschnitte angeordnet.



□ 115

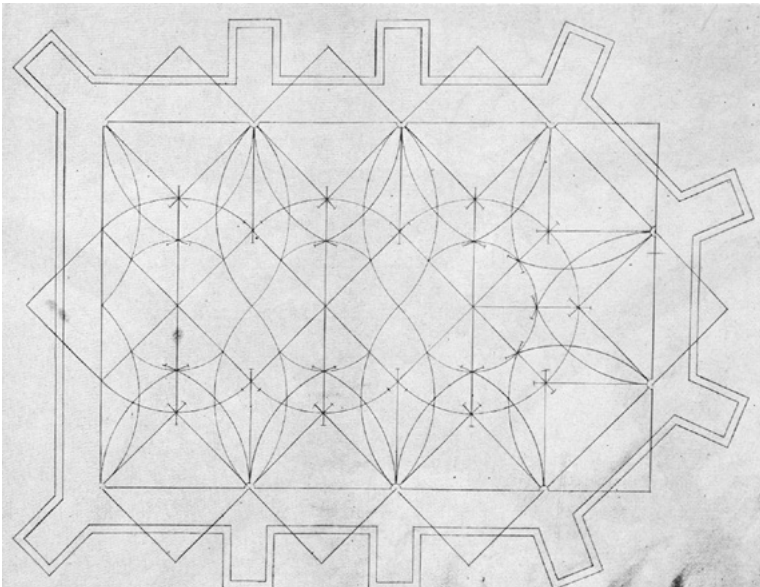
Blick in den Innenraum des digital visualisierten, spätgotischen Kirchenchors, Rendering, Norbert Quien, um 1992.



□ 116
Grundriss eines spätgotischen Kirchenchors mit eingeschriebenem Gewölbegrundriss und am linken Rand gezeichneten Beispielen für Rippenquerschnitte, »Stromersches Baumeisterbuch I«, fol. 235, zwischen 1595 und 1603, Staatsarchiv in Nürnberg.

Zu dieser Zeichnung gehören noch weitere Arbeiten, die auf den Blättern unmittelbar vor und nach fol. 235 zu finden sind. Müller und Quien bezeichneten diese Folge als »schulmäßige Konstruktion im Stromerschen Baumeisterbuch«. **597** Denn auf fol. 234 ist eine Art Anleitung zur Konstruktion des Gewölbes zu sehen **117**.

■ 597
Vgl.: Müller/Quien 2000 (Erdachte Formen, errechnete Bilder), S. 30–33.



□ 117
Konstruktionslinien für Gewölbegrundriss eingezeichnet im Grundriss zu einem spätgotischen Kirchenchor, »Stromersches Baumeisterbuch I«, fol. 234, zwischen 1595 und 1603, Staatsarchiv in Nürnberg.

Darin festgehalten ist einer der Schritte, die dem endgültigen Gewölbegrundriss vorangehen: Der Grundriss des Kirchenchors ist in abstrakter und vereinfachter Form wiedergegeben – ohne die Einzeichnung von Fensterprofilen oder dem Bogen zum Kirchenraum. Jedoch sind die für das Gewölbe nötigen Konstruktionslinien eingezeichnet.

■ 598
Die folgende Beschreibung des fol. 236 folgt den Angaben in den Kommentaren zur Abbildung in verschiedenen Publikationen von Müller und Quien, die im wesentlichen identisch sind: vgl. Quien/Müller 1991, S. 123, Abb.4; Müller 1975, S. 49; Müller/Quien 2000 (Erdachte Formen, errechnete Bilder), S. 30–31.

Das dem Gewölbegrundriss folgende Blatt, fol. 236, zeigt ergänzende Details zu architektonischen Elementen des Chors sowie Konstruktionsanleitungen in Form von Bogenausragungen **118**: **598** Links befindet sich ein Strebepfeiler sowohl in Vorder- als auch in Seitenansicht, an den sich direkt ein Schnitt durch die Umfassungsmauer anschließt. Auf Höhe des am Strebepfeiler einge-

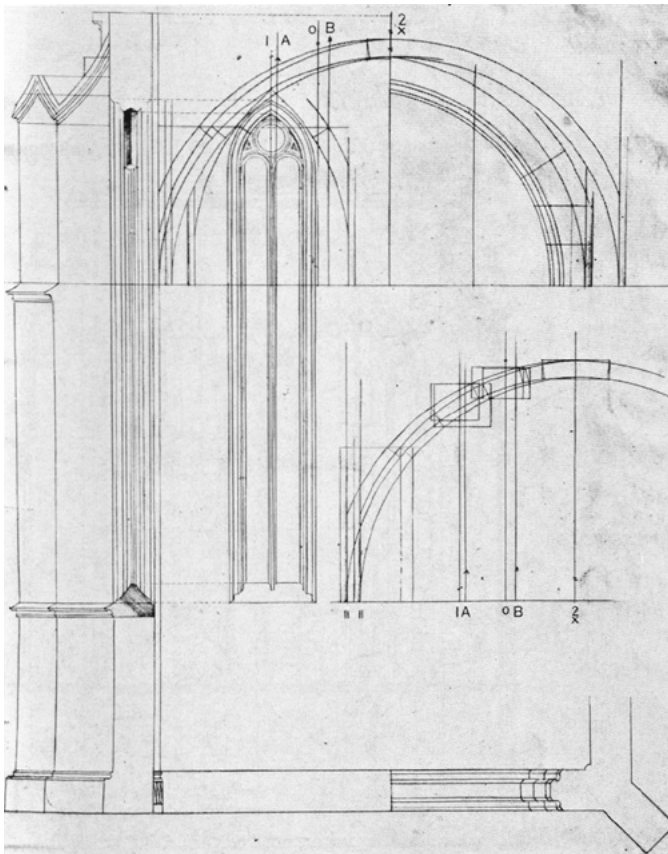
■ 599

Ausführliche Beschreibung der computertechnischen Rekonstruktion siehe: Quien/Müller 1991, S. 120–133.

■ 600

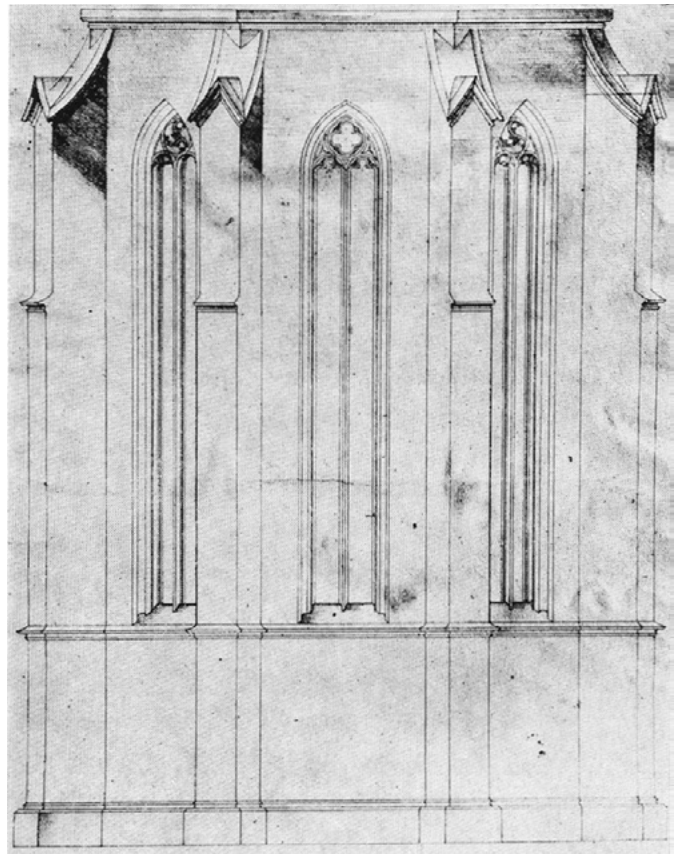
Eine Beschreibung der auf fol. 237 befindlichen Zeichnung sowie Überlegungen zu deren nicht ausgeschöpftem Potential für eine Computerrekonstruktion sind in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels zu finden.

zeichneten Kaffgesims liegt die Unterkante des in Vorderansicht wiedergegebenen Maßwerkfensters. Die unteren Partien des Gewändes und des Stegs des Fensters sind die einzigen Elemente auf dem Blatt, die in Parallelprojektion dargestellt sind. Den oberen Teil des Fensters umrahmt eine Bogenaustragung. Eine weitere findet sich auf der rechten Seite des Blatts. Schließlich ist noch der Bogen, der sich zwischen Chor und Hauptschiff befindet, in zwei verschiedenen Modi dargestellt. Ein Aufriss liegt im oberen Bereich des Blatts auf Höhe des Kämpfers, seine Entsprechung im Grundriss gliedert sich am unteren Rand an die Sockelzone des Strebepfeilers an. All diese Details haben Müller und Quien als Grundlage für die computertechnische Rekonstruktion dieses bis dahin nur im Plan visualisierten Kirchenchors verwendet. **599** Einzig das noch zu dieser Folge gehörende Blatt fol. 237, das eine Ansicht der Außenfassade des konstruierten Kirchenchors zeigt, wurde in der computertechnischen Rekonstruktion nicht verwendet **119**. **600** Hierfür hätte sich diese Abbildung jedoch sehr gut geeignet, denn sie gibt die architektonische Gestaltung der Fassade und der Maßwerkfenster sehr detailliert wieder, worauf in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels ausführlicher eingegangen wird.



□ 118

Detailzeichnungen von Strebepfeiler, Maßwerkfenster und Triumphbogen sowie Bogenaustragungen, »Stromersches Baumeisterbuch I«, fol. 236, zwischen 1595 und 1603, Staatsarchiv in Nürnberg.



□ 119

Außenansicht eines spätgotischen Kirchenchors, »Stromersches Baumeisterbuch I«, fol. 237, zwischen 1595 und 1603, Staatsarchiv in Nürnberg.

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Bei dem am Computer durchgeführten Rekonstruktionsvorgang spätgotischer Gewölbe sehen Norbert Quien und Werner Müller Parallelen zum Arbeitsablauf auf der realen gotischen Baustelle. In ihrem auf diese These abzielenden Aufsatz **Der virtuelle Steinmetz** erläutern sie ihre Ideen dazu. ⁶⁰¹ Am Anfang steht hierbei die Arbeitsteilung, die einst von Baumeister und Steinmetz vollzogen wurde und heute vergleichbar ist mit der von Kunsthistoriker und Computerspezialist: Ersterer gibt die Informationen für die Konstruktion vor, die Zweiterer dann umsetzt. Der Baumeister zeichnet in einen Gewölbegrundriss den Verlauf der Rippen eines Gewölbes ein. ⁶⁰² Aus dieser zweidimensionalen Zeichnung können für die Computerrekonstruktion die x- und y-Koordinaten abgelesen werden. Um auch die Wölbungsradien sowie die z-Koordinaten der Kreuzungspunkte der Rippen zu ermitteln, werden die in der Zeit der Spätgotik üblichen Konstruktionsregeln herangezogen. Für die Arbeit am Computer bedeutet dies: Die x-, y- und z-Koordinaten definieren einzelne Objekte, in diesem Fall die Rippen, die dann mit Hilfe von mathematischen Transformationen auch räumlich verortet werden. Diese Verschiebungen im Raum beruhen wiederum auf den historischen Konstruktionsregeln.

In der sogenannten Triangulierung entsteht anschließend eine Oberfläche, die aus einer Vielzahl kleiner, mit Koordinaten versehener Dreiecke besteht. Wie dann der Maurer auf der Baustelle die Kappen verputzt, so müssen im Computer die zuvor konstruierten Wölbungen mit kleinen Dreiecken ausgefüllt werden. Hierfür muss die Gewölbehöhe an jeder einzelnen Stelle bestimmt werden. Mit Hilfe der **Scattered Data Interpolation** (Interpolation aus verstreuten Daten) können mathematische Funktionen berechnet werden, die genau dies ausdrücken. In allen Dreiecken sind zudem weitere Informationen zu der sie beschreibenden Fläche gespeichert: »Farbe, Lichtdurchlässigkeit, Reflexivität und Textur der jeweiligen Oberfläche sowie als globale Informationen die Perspektive des Betrachters, die Positionen und Eigenschaften der Lichtquellen sowie weitere Szenenparameter.« ⁶⁰³ Die Datei **Szenen-File** beinhaltet am Ende des Arbeitsprozesses alle zuvor eingegebenen beziehungsweise berechneten Informationen. In einem nächsten Schritt muss aus diesen Daten ein Bild generiert werden. Quien und Müller verwendeten hierfür **Raytracing**, ein sogenanntes Strahlverfolgungsverfahren:

»Man verfolgt nicht etwa von den Lichtquellen ausgehende Strahlen, wie der Name vielleicht suggeriert (dies wären bei weitem zu viele), sondern macht sich die physikalische Tatsache zunutze, daß Lichtwege umkehrbar sind: Man schickt in Gedanken Sehstrahlen vom Beobachter aus in die Szene und verfolgt deren Verlauf. Durch jeden Bildschirm-punkt geht ein solcher Strahl und trifft auf Objekte, wo er reflektiert und möglicherweise gebrochen wird; jeder dieser Strahlen wird weiterverfolgt, bis er an einer punktförmigen oder flächigen Lichtquelle im Dunkeln endet [...].« ⁶⁰⁴

■ 601

Für Informationen zur technischen Rekonstruktion von gotischen Gewölben vgl.: Quien/Müller 1991, S. 128–133. Der komplette Artikel »Der Virtuelle Steinmetz« ist mit identischem Text auch zu finden in folgender Buchpublikation: Müller/Quien 2000 (Böhmens Barockgotik), S. 81–85. Allerdings fehlt darin der Verweis auf die Ziele des Projekts von Quien und Müller sowie der Hinweis auf ein damals in der Planung befindliches Projekt zu einem Tempel aus römischer Zeit in Beth-Shean, Israel. Vgl. Quien/Müller 1991, S. 133.

■ 602

Die Umsetzung am Computer erläutern Müller und Quien ausführlich in: Quien/Müller 1990 (Raytracing on transputers), S. 1.

■ 603

Quien/Müller 1991, S. 128.

■ 604

Ebd., S. 129.

■ 605

Das Prinzip des Strahlungsverfahrens, »Radiosity«, erläutern Quien und Müller folgendermaßen: »Strahlungsverfahren basieren auf dem Prinzip, physikalisch exakt das Strahlungsgleichgewicht an jedem Punkt der Szene zu berücksichtigen. Dafür sind große Gleichungssysteme zu lösen, was aber erlaubt, Streulicht und Schatten sehr realistisch darzustellen. Dagegen können Spiegelungen nicht in einfacher Form berücksichtigt werden.« Zit. aus: ebd.

■ 606

Zum »Anti-Aliasing-Verfahren« vgl.: [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 2](#).

■ 607

Zur Definition eines Transputers vgl. die Erklärung von Quien und Müller: »Ein Transputer (das Kunstwort ist eine Zusammenziehung aus »transmit« und »computer«, etwa: kommunizieren und rechnen) ist ein Prozessor mit hoher Rechnerleistung, der wegen seiner sehr schnellen Kommunikations-Hardware speziell für den Einsatz in Multiprozessorsystemen geeignet ist [...]«. Zit. aus: Quien/Müller 1991, S. 131.

■ 608

Vgl. ebd.; Quien/Müller 1990 (Gotische Rippengewölbe), S. 22.

■ 609

[Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 5](#).

■ 610

Vgl. Quien/Müller 1991, S. 133. Die Abbildungen in dem Artikel »Der virtuelle Steinmetz« sind allerdings mit einer noch höheren Auflösung erstellt worden (ca. 4.000 × 3.000 Pixel), vgl. ebd.

■ 611

Informationen zu Bilderstellung und -berechnung sowie verwendeter Software gibt Norbert Quien im Interview, vgl. [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 5](#) und [Frage 6](#).

Dieses Verfahren eignet sich insbesondere für die Visualisierung von gläsernen Objekten oder spiegelnden Flächen. Allerdings erzeugt es auch harte Schattenlinien, was bei anderen bildgebenden Verfahren, wie **Radiosity**, einem sogenannten Strahlungsverfahren, nicht passiert. ⁶⁰⁵

Nun muss der Computer jeden einzelnen Schnittpunkt eines Strahls mit einem Dreieck berechnen. Aufgrund der mit den Dreiecken verknüpften Daten zur Beschaffenheit ihrer jeweiligen Oberfläche, werden dann entsprechend die Ablenkung, das Brechen oder die Farbe eines Strahls bestimmt und ggf. weitere Schnittpunkte mit anderen Dreiecken im Anschluss berechnet. Zur Beschleunigung der Rechenzeit für diesen langwierigen Prozess wird ein sogenannter **Octree** (Achterbaum) eingesetzt. Die gesamte Szene wird als ein großer, räumlicher, quaderartiger Kasten behandelt, der in acht Kästen aufgeteilt wird, die wiederum jeweils aus acht kleineren Kästen bestehen, die auch wieder in acht Kästchen unterteilt werden und so weiter. So werden mithilfe eines Algorithmus auf schnelle Art und Weise nur die Kästchen betrachtet, in denen die Dreiecke liegen, die von einem Strahl getroffen wurden.

Um die Szene möglichst realistisch wirken zu lassen, sind verschiedene Anpassungen nötig, beispielsweise bei der Art und Weise der Beleuchtung. Diese wird insbesondere dann wirklichkeitsgetreu, wenn die Intensität des Lichts mit der Entfernung der jeweiligen Lichtquelle in Einklang steht. Auch die Zuordnung von Texturen, also simulierten Materialien, auf die Oberflächen der Szene, lassen diese realistischer wirken. Durch das **Anti-Aliasing**-Verfahren kann schließlich noch die Ausfransung schräger Kanten geglättet werden. ⁶⁰⁶

Für das Projekt konnten Quien und Müller einen der damals größten Parallelrechner Deutschlands verwenden, den Zentralrechner des IWR an der Universität Heidelberg, einen Transputer-Supercluster der Firma **Parsytec**. ⁶⁰⁷ In diesem Parallelrechner waren 128 Mikroprozessoren (Transputer) zusammengeschaltet, die – wie der Name andeutet – parallel zueinander rechneten. ⁶⁰⁸ Die Entscheidung für die Verwendung dieses Transputers fiel laut Norbert Quien aus Gründen der Zeitersparnis:

»Wir hatten die Idee, die Visualisierungssoftware, also das Raytracing, auf einem Parallelrechner laufen zu lassen, weil dann die Software – so unsere Hoffnung – vielleicht auch 128-mal schneller läuft als auf einem normalen Rechner. Das haben wir nicht ganz geschafft, weil es immer einen gewissen Overhead von Kommunikation zwischen den Knoten gibt, das heißt wir sind nicht 128-mal schneller, sondern 50-mal schneller als auf einem normalen Desktop-Rechner.« ⁶⁰⁹

So dauerte die Berechnung eines Bildes mit Bildschirmauflösung nur eine Viertelstunde. ⁶¹⁰ Um die auf diese Weise erstellten Bilder als Film oder Fotos wieder ausgeben zu können, wurde bestimmte Hardware benötigt. ⁶¹¹ So kaufte das Team eine sogenannte **Realtime-Disk**, eine damals sehr leistungsfähige Festplatte. Diese konnte 25 Bilder pro Sekunde so abspielen, dass der Eindruck eines Films entstand.

Für die Erzeugung von Fotos war eine etwas aufwendigere Konstruktion nötig: Ein Belichter projizierte die computergenerierten Bilder, die dann eine Spiegelreflexkamera aufnehmen konnte ¹²⁰.



□ 120

Fotografie des Arbeitsplatzes für die digitale Rekonstruktion: ein Color Graphic Recorder mit davor montierter Spiegelreflexkamera (rechts unten), um 1992.

■ 612

Bei den für das gesamte Projekt verwendeten Geräten handelte es sich um: »Abekas A60«, »Apple Macintosh«, »IBM«-Personal Computer, »Parsytec Transputer-SuperCluster 128«, »SiliconGraphics Workstations«, »Sony CVR Video-Disc« und »SUN Workstations«. Diese Informationen nannte Norbert Quien am Rande des Interviews am 21.05.2016.

Die im gesamten Projekt – von der digitalen Rekonstruktion bis zur Erstellung des Videos – verwendete Software entwickelte Norbert Quien in Zusammenarbeit mit seiner Arbeitsgruppe für Computergrafik am IWR. Dies hatte den großen Vorteil, dass sie leicht in die Bedienung sämtlicher Geräte und in den zugrundeliegenden Code eingreifen konnten. ⁶¹²

Die fertiggestellte Visualisierung – Formaler Aufbau des Videos

Die Computeranimationen des spätgotischen Kirchenchors erhielten Einzug in das Video *Play Gothics ...*, das Müller und Quien 1992 erstellten. Darin zeigen sie auch in einem Überblick die Grundlagen ihrer Arbeit an den computertechnischen Rekonstruktionen gotischer Gewölbe. Erstmals präsentierten sie das Video im Rahmen ihres Vortrags *Computergraphik und Video nach Algorithmen spätgotischer Steinmetzkunst* auf dem Kunsthistorikertag 1992 in Berlin. ⁶¹³ Später war es in der Ausstellung *New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen* im Museum für Gestaltung in Zürich vom 27. Januar bis 4. April 1993 zu sehen. ⁶¹⁴

Das Video *Play Gothics ...* hat in der deutschen Sprachversion eine Länge von 11:44 Minuten und kann in drei Abschnitte unterteilt werden, denen ein Vorspann (Min. 0:00 – 1:03) vorangestellt ist: ⁶¹⁵ Dieser beginnt mit einer kurzen Computeranimation des Logos des IWR, woran sich drei Standbilder mit Informationen in Textform mit weißer Schrift auf blauem Grund anschließen. Zuerst erfolgt eine Danksagung an die DFG für ihre finanzielle Förderung sowie an die Initiatoren des Projekts, Willi Jäger und Werner Müller für ihre Unterstützung. Anschließend werden die an der konkreten Umsetzung beteiligten Personen genannt. Das darauffolgende Standbild hält Informationen zur technischen Ausstattung für die Realisierung des Projekts bereit. Abschließend werden mit weißer Schrift auf grauem Grund der Titel der Arbeit sowie das Copyright eingeblendet.

- Vorspann (Min. 0:00 – 1:03)
- Erläuterung der Arbeit von Werner Müller und Norbert Quien allgemein (Min. 1:04 – 6:05)
- Ausführliche Darstellung des Rekonstruktionsvorgangs des spätgotischen Kirchenchors mit mehreren Animationen (Min. 6:06 – 8:05)
- Vollständige Animation des finalen 3D-Modells des spätgotischen Kirchenchors (Min. 8:06 – 11:44)

■ 613

Vgl. Müller/Quien 1999 (Spätgotik virtuell), S. 17. Ihr Beitrag zum Kunsthistorikertag ist im zugehörigen Tagungsband zu finden: Müller/Quien 1993.

■ 614

Vgl. Online-Archiv der Zürcher Hochschule der Künste, Zürich: <https://www.emuseum.ch/objects/102275/architektur-animationen--new-realities--neue-wirklichkeiten>. Weitere Informationen zum Video in der Online-Datenbank der Sammlungen Archive Zürich sind zu finden unter: <https://www.emuseum.ch/objects/148722/play-gothics>.

■ 615

Die englische Sprachversion des Videos hat eine Länge von 12:05 Min., da noch ein Abspann hinzugefügt wurde. Hintergrundinformationen zu Aufbau und Inhalt vgl. »Video Play Gothics ...«. Für alle im Vorspann des Videos gezeigten Textpassagen vgl.: Appendix 1.3 (→ 617), Spätgotischer Kirchenchor (1992).

Danach beginnt das eigentliche Video, das in drei Teile unterteilt werden kann, die wiederum aus einzelnen kürzeren Sequenzen bestehen. Der erste Teil (Min. 1:04 – 6:05) beschäftigt sich mit den Grundlagen der Arbeit von Werner Müller und Norbert Quien. In einzelnen Sequenzen werden die Prinzipalbogenkonstruktion, das Prinzip der Bogenaustragung, die Rekonstruktion einer Rippe und die auf einem Gewölbegrundriss beruhende Rekonstruktion eines Gewölbes erläutert sowie Beispiele unterschiedlicher bereits rekonstruierter Gewölbe gezeigt. Im zweiten Teil (Min. 6:06 – 8:05) wird schließlich das zuvor erläuterte Grundwissen auf ein umfassendes Beispiel angewendet. Hier wird die schrittweise Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors erläutert, die mit zahlreichen farbigen Visualisierungen und Animationen präsentiert wird. Der dritte Teil (Min. 8:06 – 11:44) zeigt abschließend die komplette Animation mit virtuellem Flug durch den digital rekonstruierten spätgotischen Kirchenchor.

Virtueller Rundgang – Die visuelle Präsentation des 3D-Modells im Video

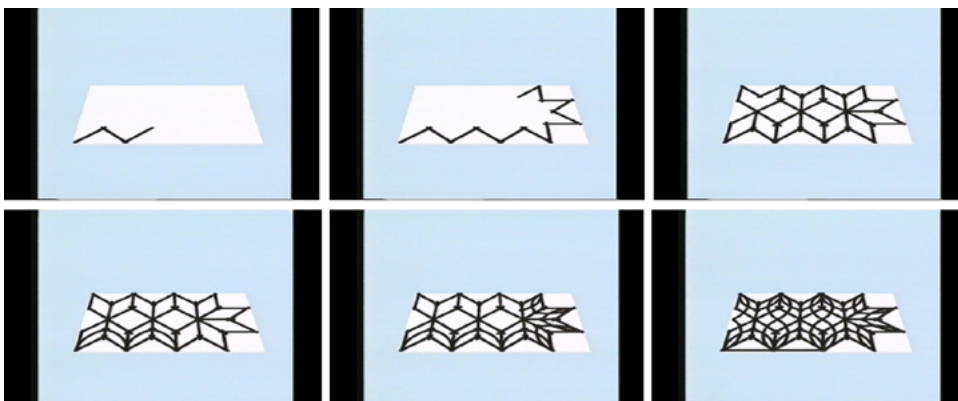
Im Folgenden werden Teil zwei und drei von *Play Gothics ...* eingehend beschrieben, wobei der Fokus auf der Präsentation der digitalen Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors liegt. 616

Zu Anfang des zweiten Teils ist die Ansicht des historischen Grundrisses des Kirchenchors mit eingezeichnetem Gewölbegrundriss und Zeichnungen zu Rippenprofilen zu sehen, wie er im *Stromerschen Baumeisterbuch I* dargestellt ist.

Nach einer Überblendung wird auf einen hellblauen Hintergrund ein weißes Rechteck mit der Längsseite parallel zur unteren Kante des Bildschirms eingeblendet. Darauf erscheinen sogleich schwarze Linien, die den kompletten Gewölbegrundriss Strich für Strich nachzeichnen 121. Die einzelnen Segmente bestehen jeweils aus winzigen Dreiecken. Es handelt sich hierbei um eine computergenerierte Nachbildung des zuvor gezeigten historischen Grundrisses. Der Sprecher weist sodann auf die technischen Hintergründe der Rekonstruktion der Rippen hin: »Die Regeln nach denen ein Gewölbe mit dreidimensional gekrümmten Rippen aufgebaut wird, lassen sich analog zu den Regeln für gerade Rippen im Computer simulieren. Mathematisch bedeutet dies, die Berechnung von Zylinder-Abwicklungen.« Hierauf setzt Musik mit Streichinstrumenten ein.

■ 616

Für das Zurverfügungstellen einer originalen VHS-Kassette mit dem »Video *Play Gothics ...*« möchte ich mich ganz herzlich bei Norbert Quien bedanken.

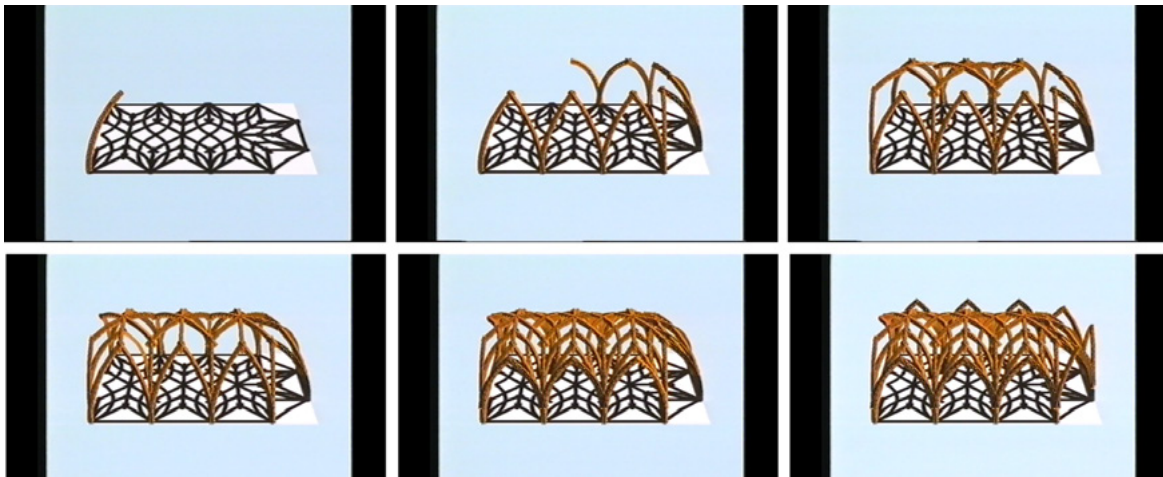


□ 121

Schrittweise schematische Rekonstruktion des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromersches Baumeisterbuch«, Stills aus dem Video »*Play Gothics ...*«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

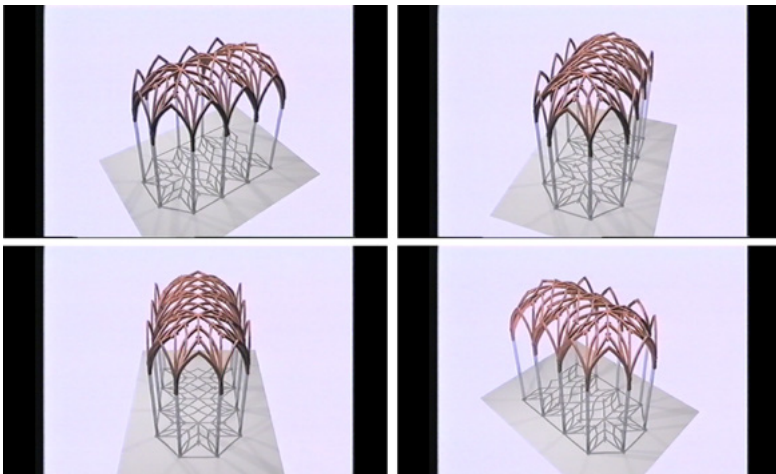
Nachdem der Grundriss komplett gezeichnet ist, werden in der gleichen Reihenfolge nun die in den dreidimensionalen Raum übertragenen Rippen als räumliche Objekte eingeblendet 122. Auch ihre Struktur beruht auf winzigen

Dreiecken. Diese Visualisierung mutet etwas grob und schwerfällig in ihrer Form an. Dies fällt insbesondere im Vergleich zu der nach einem Schnitt eingeblendeten Visualisierung des gleichen Gewölbegrundrisses auf. Hier wird die schräg im Bild positionierte Rekonstruktion des Chorgewölbes aus einer leicht abgewandelten Perspektive von schräg oben gezeigt [123]. Diese Darstellung weist einen wesentlichen Unterschied zur vorhergehenden auf: Hier sind auch Dienste visualisiert, sodass sich ein realistisch anmutender Eindruck des rekonstruierten Chors ergibt, da nun der Raum als solcher sichtbar wird. Zudem sind die Rippen feingliedrig modelliert. Auch die Farbwahl gestaltet sich gänzlich anders: Den Untergrund für die dreidimensionale Rekonstruktion bildet ein hellgraues Rechteck vor einem hellrosa Hintergrund. Die Rippen sind in Rot gefasst und ruhen auf den in grauer Farbe dargestellten Diensten. Sie erheben sich über dem auf dem Boden in dunkelgrau gezeichneten Gewölbegrundriss, der sich auf einem hellgrauen Rechteck befindetet. Ein leichter Schattenwurf aufgrund einer nicht sichtbaren Lichtquelle von links verstärkt hier den räumlichen Eindruck zusätzlich. Diese Wirkung wird auch von einer sogleich einsetzenden, gegen den Uhrzeigersinn gerichteten halben Drehung des gesamten Objekts unterstützt.



□ 122

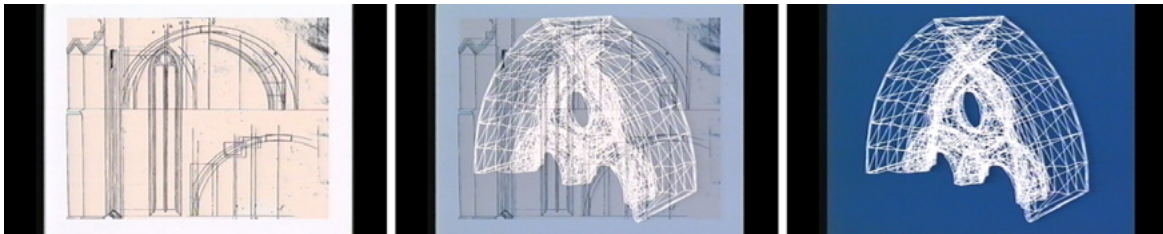
Schrittweise schematische Rekonstruktion der Gewölberippen auf Basis des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromersches Baumeisterbuch I«, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



□ 123

Sich drehende 3D-Rekonstruktion des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromersches Baumeisterbuch I«, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

Nach Stillstand des rekonstruierten Chors erfolgt ein Schnitt auf die historische Vorlage von fol. 236 aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch I**, mit Zeichnungen unter anderem eines Maßwerkfensters und eines Strebepfeilers [118](#). Nun verstummt die Musik und der Sprecher weist darauf hin, dass diese Zeichnung sowie weitere Details die Grundlage für die nun folgende virtuelle Rekonstruktion des Kirchenchors bilden. Darauf folgt die Überblendung auf ein in Weiß gehaltenes Gittermodell des oberen Bereichs des Fensters, das zuvor als Zeichnung zu sehen war [124](#). Es befindet sich auf einem leuchtend blauen Untergrund, sodass sich alle Linien des Drahtgittermodells deutlich davon abheben und der konstruktive Aufbau des Objekts im Fokus steht.



□ 124

Überblendung der 3D-Rekonstruktion des Maßwerkfensters mit zugrundeliegendem fol. 326 aus dem »Stromersches Baumeisterbuch I« (links), Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

Anschließend beginnt der dritte Teil des Videos nach einem Schnitt auf die Visualisierung des zuvor schrittweise rekonstruierten Gewölbes, das nun aus der Sicht eines Betrachters, der nach oben schaut, zu sehen ist. In rötlicher Farbe gehalten hebt es sich von einem weißen Untergrund ab. Nun erfolgt der Aufbau der kompletten Visualisierung des Kirchenchors in Einzelschritten, die jeweils vom Sprecher mit kurzen Kommentaren ergänzt werden. Mit der Einblendung der Dienste und des Triumphbogens setzt Orgelmusik ein, die den gesamten Ablauf untermalt.

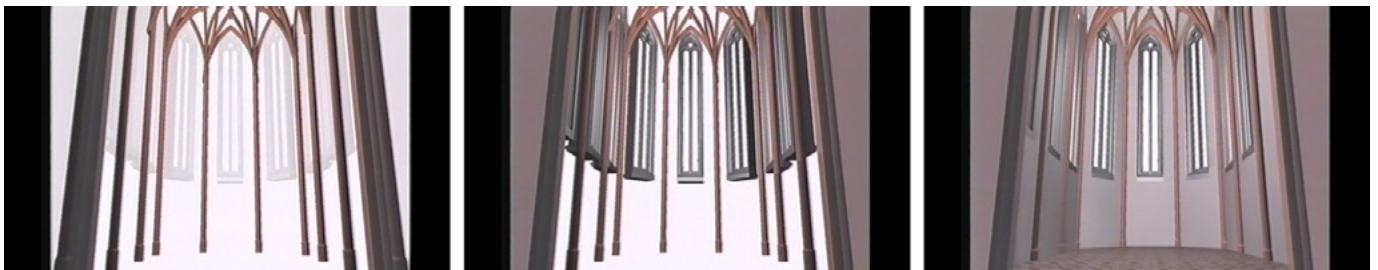
Der Blick der virtuellen Kamera gleitet nach unten, bis auch die Basen der Dienste im Bild sind [125](#). Nacheinander werden nun folgende Elemente eingeblendet: die Fensterprofile und daraufhin in einem Schritt der mit Fliesen ausgelegte Boden sowie die Wände und Flächen zwischen den Rippen im Gewölbe [126](#). Der Sprecher weist nun kurz auf die verwendete Technik hin: »Wir verwenden eine spezielle Technik der Computergrafik, das sogenannte Raytracing-Verfahren. Es erlaubt sehr realistische Darstellungen, wie zum Beispiel Glasflächen mit Spiegelung und Lichtbrechung.« Sodann werden Fenster mit farbigen Glasscheiben langsam eingeblendet, so dass ihre Farbflächen in Rot, Gelb und Blau schrittweise kräftiger leuchten [127](#).

Danach folgt die Inneneinrichtung: Ein mittig am Ende des Chors positionierter Altar sowie Reihen von Holzbänken links und rechts eines Mittelgangs werden gleichzeitig eingefügt [128](#). Abschließend wird Sonnenlicht simuliert: Der Chorraum erhellt sich, da von einer Lichtquelle hinter den auf der linken Seite gelegenen Fenstern Tageslicht einströmt. Auf den rechts unter den Fenstern befindlichen Wandflächen erscheinen Lichtfelder sowie Schattwürfe der gegenüberliegenden Fensterstege [129](#).



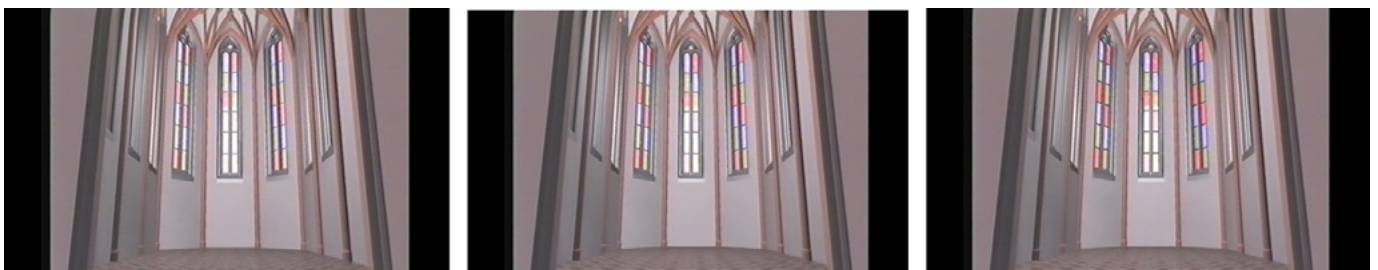
□ 125

Vertikaler Schwenk der virtuellen Kamera entlang des 3D-Modells des spätgotischen Kirchenchors, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



□ 126

Schrittweiser Aufbau des 3D-Modells des spätgotischen Kirchenchors mit Einblendung der Fensterprofile, Wandflächen und Fußboden, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



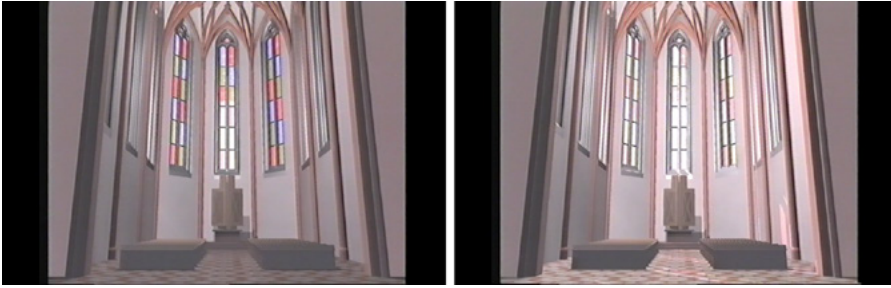
□ 127

Sich graduell verstärkende Leuchtkraft der bunten Fensterscheiben im 3D-Modell des spätgotischen Kirchenchors, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



□ 128

Einblendung der Inneneinrichtung in Form von Altar und Bänken, Still aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



□ 129

Simulation von einströmendem Tageslicht und damit einhergehendem Schattenwurf, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

Nachdem alle Elemente zur Visualisierung des Kirchenchors eingefügt sind, kündigt der Sprecher das Betreten des rekonstruierten Chorraums an. Sogleich bewegt sich die virtuelle Kamera einem Besucher gleich über den Mittelgang zum Altar hin, woran sich eine Überblendung auf ein Bild des nun geöffneten dreiflügeligen Altars anschließt [130]. Bei den auf die Innenseite platzierten Gemälden handelt es sich um ein Passions-Triptychon aus dem Elsass des 15. Jahrhunderts, das sich heute im Wilhelm-Hack-Museum in Ludwigshafen befindet, wie der Sprecher erklärt. Nachdem er verstummt, wird die Musik wieder lauter und der Blick der virtuellen Kamera führt über die Wand- und Fensterpartie der rechten Seite des Kirchenchors nach oben in das Gewölbe [131]. Auf der Wand sind nun die Lichtbrechungen deutlich anhand bunter Farbflächen zu erkennen.



□ 130

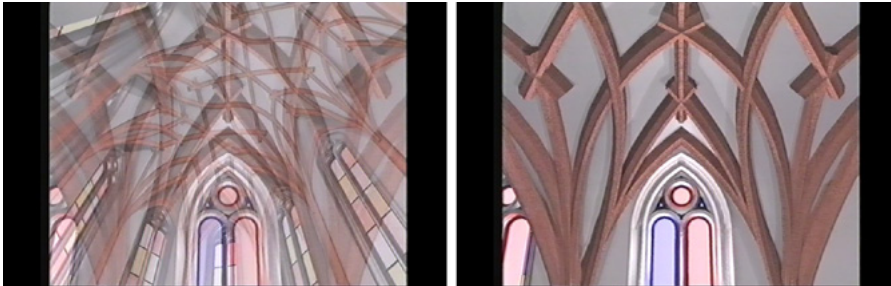
Virtuelle Kamerafahrt entlang des Mittelgangs zum Altar mit Fototextur eines elsässischen Passions-Triptychons vom Ende des 15. Jahrhunderts im Wilhelm-Hack-Museum in Ludwigshafen, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



□ 131

Virtueller Kameraschwenk über den Altar hinweg in das Gewölbe, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

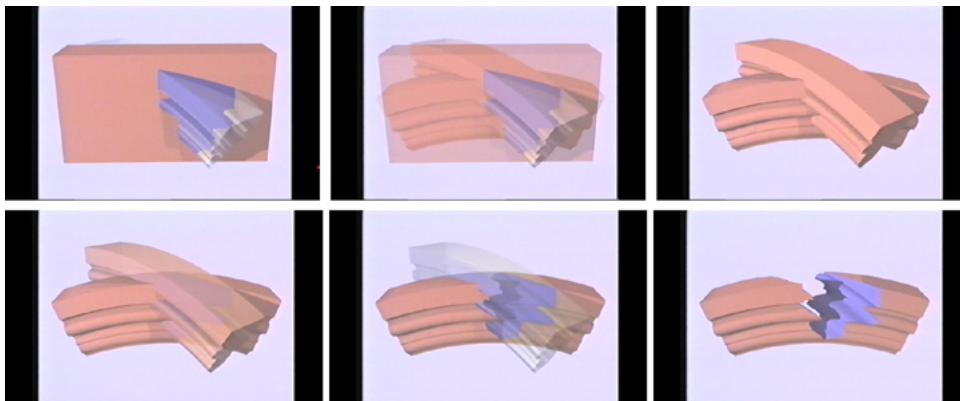
Darauf folgt eine Überblendung auf ein Standbild, das den oberen Bereich eines Fensters am Gewölbeansatz zeigt ^[132]. Hier weist der Sprecher explizit darauf hin, dass die Dienste und Rippen mit einer Textur versehen sind, die eine raue Steinoberfläche simuliert. Zudem sind nun auch die komplizierten Schnittformen an den Rippenkreuzungen in Nahansicht zu sehen.



□ 132

Überblendung auf ein Standbild eines Maßwerkfensters, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

Sodann wird in eine computergenerierte Simulation überblendet, die schrittweise die Erstellung einer Rippenkreuzung visualisiert ^[133]. Zunächst ist ein rötlicher, länglicher Kubus im Bild, aus dem schräg eine lila gefärbte Rippe herausragt. Während sich der Kubus scheinbar auflöst, erläutert der Sprecher, wie die Steinmetze aus diesem Steinblock die Rippen anhand von Schablonen erarbeitet haben. Im 3D-Modell werden einzelne Teile dieser Rippenkreuzung durchsichtig, um den Blick auf die komplizierten Schnittflächen freizugeben. Die Berechnung dieser Schnittflächen und deren Darstellung ermöglichte das Raytracing-Verfahren wie der Sprecher kommentiert.



□ 133

Schematische Darstellung zur Erarbeitung einer Rippenkreuzung aus Steinblöcken, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

Nach einem Schnitt ist die Ansicht einer Seite des Chors mit einem kahlen Wandfeld zwischen den Diensten im Bild. Auf der freien Fläche erscheint langsam – dem Erzähltempo des Sprechers entsprechend – »eine rekonstruierte Wandzeichnung«, über der zwei Lampen herabhängen ^[134]. Das simulierte Tageslicht nimmt ab, sodass der Chor nur mehr durch den Lichtschein der beiden Lampen erleuchtet wird. Der Sprecher kommentiert die Simulation dieser Nachtzene bis schließlich Orgelmusik einsetzt. Nun erfolgt eine Überblendung mit einer Ansicht des taghellen Rippengewölbes. Die virtuelle Kamera schwenkt schräg hinab in den Chor über den Altar und die Bänke hinweg ^[135]. Daran schließt sich eine Überblendung auf ein Standbild vom Eingang des Chors in Zentralperspektive an, das den rekonstruierten Gebäudeteil mitsamt des Triumphbogens zeigt ^[136]. Wiederum setzt nun eine simulierte Dämmerung ein. Die bunten Fenster erstrahlen in kräftigen Farben, als würden sie von außen

beleuchtet werden. Der Kirchenraum wird dunkel, bis das ganze Bild nachtschwarz ist. Es verlauten die Schlussworte des Sprechers und das Musikstück klingt aus: »Damit ist der computersimulierte Exkurs in die spätgotische Baukunst beendet.«



□ 134

Einblendung eines Wandbilds und Simulation einer Nachtstimmung, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



□ 135

Überblendung auf Ansicht des Gewölbes und virtueller Kameraschwenk zum Altar, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.



□ 136

Blick in den Kirchenchor mit simulierter Nachtszene, Stills aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

■ 617

Es war geplant, das von Werner Müller und Norbert Quien verfasste Buch mit dem Titel »Ziergewölbe der Dürerzeit« zu publizieren, vgl. Müller/Quien 1993, S. 273.

■ 618

Diese Tatsache erläuterte Norbert Quien am Rande des mit ihm am 21. Mai 2016 geführten Interviews.

In der englischen Sprachversion des Videos wird abschließend ein Standbild gezeigt: Ein in Weiß gehaltener Informationstext wird auf blauem Grund eingeblendet, der auf die damals geplante Publikation **Ziergewölbe der Dürerzeit** von Müller und Quien hinweist. ⁶¹⁷ Darin sollten die meisten Bilder, die im Video gezeigt wurden, abgebildet werden. Jedoch wurde dieses Buch nie veröffentlicht. ⁶¹⁸

Nach der hier erfolgten Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung im Video erfolgt nun deren detaillierte Analyse. Hierfür werden Aspekte wie die Verwendung von Farben und Texturen, Detailgenauigkeit im Hinblick auf verwen-

dete Quellen, Einsatz von Licht und Schatten sowie Plastizität und Raumeindruck untersucht. Im Fokus steht dabei die finale Animation mit virtuellem Flug durch den Kirchenchor aus dem dritten Teil des Videos.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Verwendung von Farben und Texturen

Zunächst werden die in der digitalen Rekonstruktion verwendeten Farben und Texturen genauer untersucht. Die rötlich gefärbten Rippen und Dienste heben sich deutlich von den weißen Wänden ab und dominieren gemeinsam mit weiteren in Rot gehaltenen Details wie Fußbodenfliesen und Fensterscheiben die farbliche Gesamtstimmung des visualisierten Chors. Durch mehrere Schwenks ist das komplex gestaltete Gewölbe, dessen raue Steinoberfläche von einer bestimmten Textur simuliert wird, immer wieder im Bild. In einer Nahansicht des Gewölbeansatzes ist dies deutlich zu erkennen ^[132].

Anfang der 1990er-Jahre, als Müller und Quien an der digitalen Rekonstruktion des Kirchenchors arbeiteten, gab es zwar schon CAD-Programme, jedoch genügten diese nicht den Anforderungen, die die beiden an sie stellten. ⁶¹⁹ Sämtliche Texturen, die in das 3D-Modell eingefügt wurden, erstellten Quien und seine Arbeitsgruppe selbst. ⁶²⁰ Um eine Holzmaserung für die Kirchenbänke zu erzeugen, hatte der Mathematiker beispielsweise eine statistische Zufallsfunktion entwickelt, die in das Raytracing-Programm integriert wurde. ⁶²¹ Das so erzeugte Muster erschien dann als Textur auf den Kirchenbänken. Für einen Betrachter ist zwar erkennbar, dass es sich um Holzbänke handeln soll, jedoch wirkt aus heutiger Sicht deren Oberfläche zu glatt und gleichmäßig, um wirklich realistisch zu erscheinen ^[137].

■ 619

Vgl. [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 5](#).

■ 620

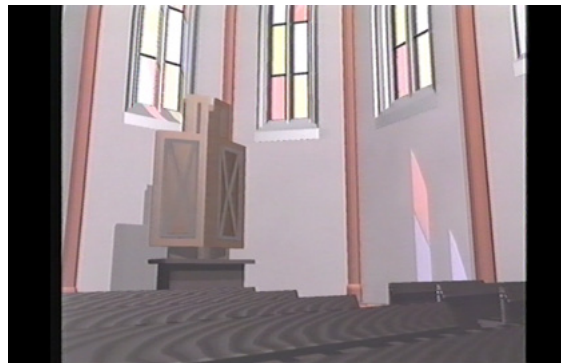
Vgl. ebd.

■ 621

Im Interview erläuterte Norbert Quien die Erstellung von Holzmaserungstexturen: [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 8](#).

■ 622

Für Informationen zur Erzeugung der Farbgebung von Wänden vgl.: [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 7](#).



□ 137

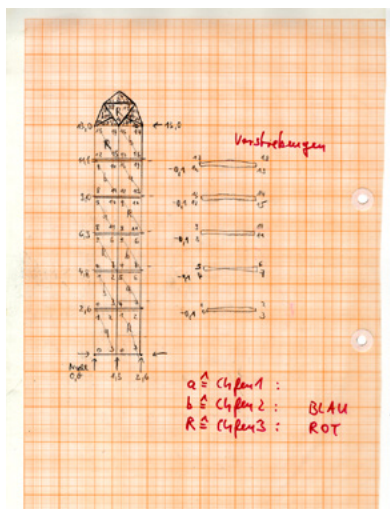
Kirchenbänke mit Holzmaserung, Still aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

Auch um eine realitätsgetreue Farbigkeit der Wände zu erzeugen, entwickelte Quien eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für dunklere Stellen auf dem Mauerwerk. ⁶²² Ziel war, die Wände nicht strahlend weiß darzustellen, sondern ihnen eine gewisse Abnutzungsoptik einzuschreiben. Dieses Ziel wurde insofern erreicht, als die Wände nicht in weiß erstrahlen. Jedoch erwecken die Mauern den Anschein durchgehend grau gefärbt zu sein. Dieser Effekt ist auf die dem damaligen Stand der Technik geschuldete Bildqualität des Videos zurückzuführen, denn in einem hochaufgelösten Rendering ist der gewünschte Effekt erkennbar ^[138].



□ 138
Hochaufgelöstes Rendering des digital rekonstruierten spätgotischen Kirchenchors, Norbert Quien, um 1992.

Müller und Quien legten die farbige Gestaltung der Glasscheiben in ihrer Rekonstruktion selber fest, da es hierfür keine Angaben in der Original-Zeichnung gab. Jeder einzelnen Glasfläche wiesen sie einen der drei Farbtöne Rot, Gelb oder Blau zu. Die Anordnung der Farben war für alle Fenster gleich 139.



□ 139
Vorzeichnung der Chorfenster auf Millimeterpapier mit Einteilung der Farbflächen, Norbert Quien, um 1992.

In das 3D-Modell wurden auch Scans von Bildern als Texturen eingesetzt. So wurde beispielsweise auf die Innenseite des dreiflügeligen Altars ein Foto projiziert, das das zuvor erwähnte Triptychon aus dem 15. Jahrhundert zeigt 130. 623 Auch die Wandzeichnung, die im Video von zwei Lampen bei Nacht bestrahlt wird, beruht auf einem Scan. 624 Werner Müller hatte hierfür Norbert Quien eine Vorlage zur Verfügung gestellt: eine Abbildung eines spätgotischen Altarrisses aus dem Stadtarchiv in Ulm, der eine Anna-Selbdritt-Gruppe zeigt 140. 625 Das für die Textur verwendete Bild stellt nur einen Ausschnitt aus der Vorlage dar und wurde damit seines eigentlichen Kontexts enthoben. Dies wird umso deutlicher als auf dem Bild noch ein Teil der Altarbekrönung zu sehen ist. Im 3D-Modell wird außer der farblichen Anpassung keine gestalterische Verbindung zum Chorraum hergestellt, sodass das Bild für sich steht.

■ 623

Vgl. Webseite des Wilhelm-Hack-Museums in Ludwigshafen: <https://www.wilhelmhack.museum/de/sammlung/ueber-die-sammlung/mittelalter/>.

■ 624

Vgl. Appendix 2.3 (→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 7.

■ 625

Vgl. ebd. u. Müller/Quien 1993, S. 276.



□ 140

Vorlage für ein Wandbild in Form einer Schwarz-Weiß-Kopie, die einen spätgotischen Altariss aus dem Stadtarchiv Ulm zeigt (links) und Umsetzung im 3D-Modell (rechts), Still aus dem Video »Play Gothics ...«, Werner Müller und Norbert Quien, 1992.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten

Für die Visualisierung des rekonstruierten spätgotischen Kirchenchors wurden die damals modernsten Techniken zur Darstellung von Licht, Schatten sowie Lichtbrechung eingesetzt. Mit Hilfe des **Raytracing**-Verfahrens konnten verschiedene Lichtverhältnisse simuliert werden, die im Video zu sehen sind. Zum einen erscheint der Innenraum des Chors im Tageslicht, das durch die Fenster scheinbar von außen eindringen kann [129]. Die Lichtquelle ist wohl links der Kirche positioniert, denn die Wandflächen unterhalb der Fenster sind auf der linken Seite des Chors einheitlich grau, auf der gegenüberliegenden Seite ist die Mauer heller und weist einen leicht rötlichen Grauton auf. Auch befinden sich dort Lichtflecken sowie Schatten, die die Umrisse eines Fensterkreuzes darstellen. Allerdings sind die Schatten in dieser Szene verhältnismäßig blass, lediglich der Schlagschatten des Altars auf die dahinter befindliche Wand und die der Kirchenbänke auf den Boden sind dunkel dargestellt und dadurch deutlich erkennbar.

Zum anderen ist auch die Simulation von Dämmerung und Nachtstimmung in die Visualisierung miteinbezogen. So beginnt die Sequenz zum Wandbild taghell, wobei in deren Verlauf das Licht graduell erlischt [134]. Mit allmählich versiegender Lichtquelle verblassen die Farben der Glasscheiben, bis sie schließlich einheitlich grau und opak erscheinen. Auch die Farbe der Wände verdunkelt sich. Sodann folgt eine weitere Art der simulierten Lichtgebung: punktuelle Beleuchtung [134]. Das Wandgemälde wird von zwei darüber hängenden Lampen erhellt, die offenbar jede eine Glühbirne besitzen. [626] Die Darstellung der beiden Lichtkegel und ihrer Überschneidung mit unterschiedlich hellen Partien unterlag Anfang der 1990er-Jahre einer aufwendigen Berechnung.

Am Ende der letzten Szene des Videos scheint die Lichtquelle außerhalb des Gebäudes langsam zu erlöschen, sodass es im Inneren komplett dunkel wird und keine Einrichtungsgegenstände mehr erkennbar sind [136]. Allerdings leuchten die bunten Glasfenster sehr stark auf, als ob eine dahinterliegende

■ 626

Im Abschnitt zur Detailgenauigkeit der Darstellung wird im vorliegenden Kapitel auf diese anachronistische Darstellung eingegangen.

Lichtquelle ihre Farben zum Strahlen bringen würde. Diese Visualisierung von nicht der Realität entsprechenden Lichtverhältnissen ist nicht als fehlerhaft zu bewerten. Vielmehr wird hier schlichtweg gezeigt, welche technischen Möglichkeiten in der Darstellungsweise möglich sind.

Das Gewölbe wird allerdings nicht anhand einer bestimmten Lichtsimulation besonders in Szene gesetzt. Es ist nur in den Sequenzen zu sehen, in denen Tageslicht im Chorraum herrscht. Hier hätte die Möglichkeit bestanden noch komplexe Schattenwürfe wiederzugeben. Dennoch zeigen all diese unterschiedlichen Darstellungen von Beleuchtungsarten sehr deutlich, dass hier innovative Techniken präsentiert werden sollten, um zu demonstrieren, was technisch umsetzbar ist. Das Video kann in dieser Hinsicht als State of the Art des damaligen Stands der virtuellen Lichtsimulation gelten.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität und Raumeindruck

Nun folgt eine kurze Betrachtung der Plastizität der digital rekonstruierten Architektur, um ihre räumliche Wirkung auf den Betrachter zu untersuchen. Festzuhalten ist hier, dass nur der Innenraum des Kirchenchors gezeigt wird. Eine Ansicht von außen oder durch ein Fenster in das Innere hinein ist nie realisiert worden. Zudem ist der Raumeindruck relativ eingeschränkt, da sich die Perspektiven, die die virtuelle Kamera bei ihren Flügen einnimmt, teils wiederholen ^[131] ^[135]. Die Blickwinkel, aus denen der Chorraum zu sehen ist, sind nicht sehr abwechslungsreich gewählt ^[127] ^[128] ^[136]. Ausnahmen hiervon bilden Schwenks in das Gewölbe oder vom Gewölbe in den Raum ^[131] ^[135]. Auf diese Weise wird die Raumhöhe sehr anschaulich demonstriert. Denn die Schwenks beginnen jeweils auf Augenhöhe eines potentiellen Besuchers des Chors und ahmen insofern dessen Kopfbewegung nach.

Das gesamte Mobiliar sowie sämtliche Details (Fensterstege, Dienste, Rippen) sind dreidimensional modelliert und wirken plastisch. Ihre räumliche Wirkung hätte noch gesteigert werden können, indem die Kamera beispielsweise die Kirchenbänke umrundet.

Insgesamt erweckt der Chorraum den Eindruck, aus einer Raumhülle (Mauern, Fenster, Rippengewölbe) zu bestehen, die punktuell mit einzelnen Ausstattungsstücken (Kirchenbänke, Altar, Wandbild) versehen ist. Es scheint somit kein gewachsenes Ganzes zu sein, sondern vielmehr ein Konglomerat aus Einzelobjekten. Sie alle beruhen auf unterschiedlichen historischen Bildquellen, wie in der folgenden Analyse genauer erläutert wird. Im Fokus steht dabei die Detailgenauigkeit der Übertragung von historischen Vorlagen in die 3D-Visualisierung.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Die Grundlegende Quelle für die Rekonstruktion ist der zuvor erwähnte Gewölbegrundriss aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch** | ^[116]. Da im Video **Play Gothics ...** zunächst diese Vorlage eingeblendet und daran anschließend das Gewölbe schrittweise dreidimensional aufgebaut wird, kann der Betrachter sehr gut nachvollziehen, dass jegliche Elemente der Zeichnung im später zu sehenden texturierten 3D-Modell wiedergegeben werden. So entsprechen auch die Proportionen von Fenster- und Mauerflächen den historischen Vorgaben. In der Originalzeichnung sind am linken Rand mehrere Rippenquerschnitte abge-

bildet, wovon der unterste als Vorlage für die Computerrekonstruktion ausgewählt wurde. Allerdings finden sich in der digitalen Version des Kirchenchors auch Details, die von Müller und Quien ergänzt wurden. Die Höhe der Mauern beispielsweise geht nicht aus der Quelle hervor.

Die beiden Wissenschaftler haben noch weitere, wesentlich tiefergehende Eingriffe in die Gestaltung des rekonstruierten Kirchenchors vorgenommen: So sind in den vom Kirchenchor erhaltenen Plänen weder Bänke noch ein Altar oder Wandzeichnungen vermerkt. Dennoch wurden diese Elemente in die digitale Rekonstruktion des Kirchenchors eingefügt. Die Gründe hierfür sind vielfältig und beruhen teils auch auf einem praktischen Nutzen. Norbert Quien wollte beispielsweise die Grenzen der Software ausloten und schlug daher Müller vor, eine Wandzeichnung in das 3D-Modell zu projizieren und diese dann mit zwei Lampen virtuell zu beleuchten. ⁶²⁷ Den Arbeitsablauf schildert Quien folgendermaßen:

»Die Vorlage habe ich eingescannt und dann mittels Software auf die Wand neben einem Maßwerkfenster unter zwei Lampen projiziert. Ich habe versucht einen möglichst realistischen Eindruck zu erzeugen, so als würde das Bild bei Nacht durch die Lampen beleuchtet werden. Das war sozusagen eine Kombination von wissenschaftlichem Anspruch – also wie so etwas ausgesehen haben könnte – und von technischem Anspruch von meiner Seite, um herauszufinden wie weit man mit der Software gehen kann.« ⁶²⁸

Der Sprecher weist im Video explizit daraufhin, dass das Wandbild eine hypothetische Darstellung ist. Dabei handelt es sich um einen wichtigen Hinweis für den Betrachter, da er Aufschluss über die Hintergründe der digitalen Rekonstruktion gibt. Diese Vorgehensweise ist keineswegs üblich, wie die Analysen anderer 3D-Modelle in der vorliegenden Arbeit ergeben haben. ⁶²⁹

Auch das Muster des Fußbodens wurde einem historischen Vorbild nachempfunden: Überresten des nicht mehr existierenden Zisterzienserklosters von Hradischt nahe Münchgrätz, Tschechien. ⁶³⁰ Werner Müller hatte bei der Recherche zu Vorlagen für die digitale Nachbildung eines gotischen Fußbodens einige Seiten aus einem Buch von Max Hasak von 1927 kopiert. ⁶³¹ Norbert Quien wählte hieraus eine Abbildung aus, die ein nicht allzu komplex gestaltetes Muster zeigte. ⁶³² Er verwendete die in Schwarz-Weiß vorliegende Abbildung nicht als Textur, sondern baute das Muster am Computer nach. Hierfür fertigte er eine Zeichnung mit Bleistift auf Millimeterpapier an und übertrug die darin eingetragenen Koordinaten in das Computermodell ^[141]. Die kleinen Elemente innerhalb der achteckigen Platten sind im historischen Fußboden rund. In der Rekonstruktion hingegen sind sie quadratisch gestaltet und ihre Kanten verlaufen parallel zu den kreuzförmig vom Achteck angeordneten Platten. Auch die kleinen Quadrate, die im Original auf die Spitze gestellt sind, hat Quien mit den Kanten parallel zu den vier hellroten Platten ausgerichtet. Diese Entscheidungen können möglicherweise auf die Arbeitserleichterung dieses geometrisch

■ 627

Die Integration des Wandbilds in das 3D-Modell erklärt Norbert Quien im Interview: [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 7](#).

■ 628

Ebd.

■ 629

In zahlreichen Computeranimationen von wissenschaftlich erstellten 3D-Modellen werden kaum Hinweise auf zugrundeliegende Quellen und Entscheidungen für bestimmte Darstellungsweisen gegeben, vgl. [Kapitel 3.2](#) (→ 091) zu Old Minster, [Kapitel 3.3](#) (→ 125) zu Cluny III, [Kapitel 4.3](#) (→ 233) zur Dresdner Frauenkirche, [Kapitel 4.4](#) (→ 261) zum Festspielhaus Hellerau, [Kapitel 5.3](#) (→ 367) zur Synagoge in der Glockengasse. Allerdings wird auch im Video zum spätgotischen Kirchenchor nicht jedes Detail erläutert, beispielsweise das hypothetische Altarbild, wie im Folgenden noch erläutert wird.

■ 630

Vgl. Müller/Quien 1993, S. 276.

■ 631

Vgl. dazu [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 7](#); Hasak 1927, S. 258, Abb. 405.

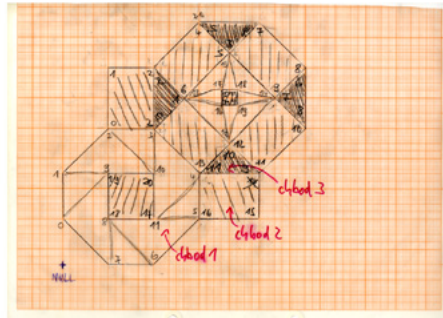
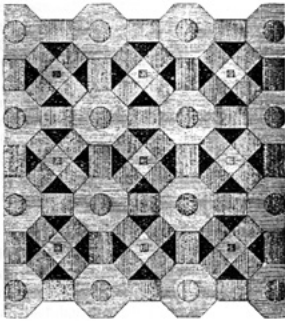
■ 632

Vgl. dazu [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 7](#).

einfacher gestalteten Musters zurückzuführen sein. Die Farbigkeit der Fliesen in der Rekonstruktion weicht allerdings vollkommen vom Original ab. Hasak beschreibt die Farben des Fußbodens in Hradischt folgendermaßen: »Das schwarz Angelegte ist in Natur violett, das helle waagrecht Schraffierte ein grünliches Blau und das dunklere, hierzu senkrecht Schraffierte der rote Grund.« **633** Es ist zu vermuten, dass Quien und Müller rote Farbtöne für ihre Rekonstruktion wählten, da sie so mit den rötlichen Rippen und der Farbwahl insgesamt (Kirchenbänke und Altar in Braun, mehr Glasfensterscheiben in kräftigem Rot beziehungsweise Gelb als in hellem Blau) besser harmonierten.

■ 633

Hasak 1927, S. 259.



□ 141

Grundlagen für die computertechnische Erstellung eines Fußbodenmusters: Vorlage, Max Hasak, 1927 (links), und Übertragung des Musters auf Millimeterpapier, Norbert Quien, um 1992 (rechts).

■ 634

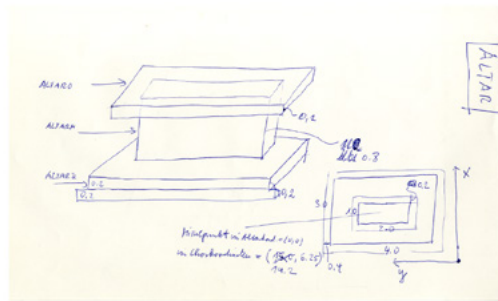
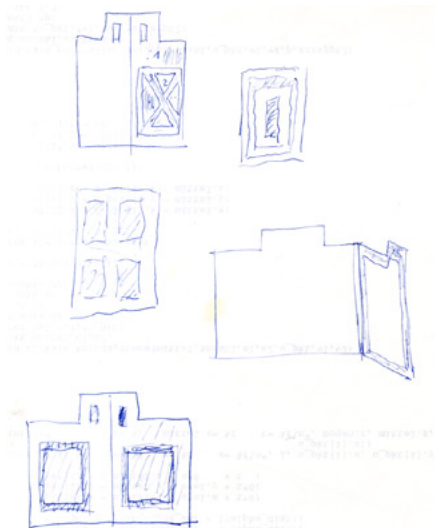
Zur Modellierung und Texturierung von Altar und Bestuhlung vgl.: Müller/Quien 1993, S. 276 und Appendix 2.3

(→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 7.

■ 635

Appendix 2.3 (→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 7.

Sowohl die Bestuhlung als auch der Altar entsprechen nicht der zeitgenössischen Gestaltung, sondern einem heutigen Erscheinungsbild. **634** Quien schlug vor, einen Altar in den Chorraum zu integrieren, um die Größenverhältnisse der Architektur zu verdeutlichen. Das Aussehen des Altars beruht zwar auch auf Vorlagen, die Müller zur Verfügung stellte, die endgültige Auswahl zur Umsetzung des Objekts kam jedoch laut Quien als »Kompromiss zwischen Zeitaufwand und Exaktheit« **635** zustande. Hierfür skizzierte er auf Papier mehrere Entwürfe für die Frontalansicht eines Altaraufbaus, wovon eine ausgewählt und auf Millimeterpapier übertragen wurde **142**.

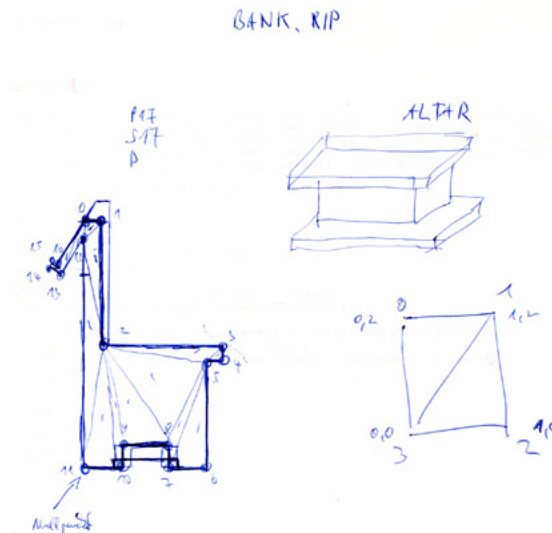


□ 142

Vorstudien für die digitale Konstruktion eines Altaraufbaus (links) und eines Altarunterbaus mit Koordinatenpunkten für die anschließende digitale Konstruktion (rechts), Zeichnungen von Norbert Quien, um 1992.

Auch eine perspektivische Ansicht des Altarunterbaus zeichnete er auf Papier vor und versah die Skizze mit den zugehörigen Größenangaben sowie Koordinatenpunkten. Das Gemälde, das Quien auf der Innenseite der Altarflügel platzierte, wurde wie zuvor erwähnt von Müller ausgewählt und hatte in der digitalen Rekonstruktion den Zweck als Platzhalter zu fungieren. Es zeigt ledig-

lich an, dass an dieser Stelle üblicherweise ein Gemälde angebracht war. Im Video wird dies jedoch weder visuell angedeutet, noch vom Sprecher erklärt. Auch die Kirchenbänke wurden als geometrische Objekte konstruiert und basieren auf von Quien mit Kugelschreiber angefertigten Zeichnungen, die er mit Koordinatenpunkten ausstattete ¹⁴³.



□ 143

Zeichnung des Querschnitts einer Kirchenbank mit Koordinatenpunkten für die digitale Konstruktion, Norbert Quien, um 1992.

Die Auswahl, Gestaltung und Platzierung der genannten Gegenstände ist also vielfach auf sehr subjektiv geprägte Entscheidungen zurückzuführen, die teils auch aus rein praktischen Gründen getroffen wurden. Dies zeigt deutlich, dass es sich bei der vorliegenden digitalen Rekonstruktion des Kirchenchors um ein »mögliches« Erscheinungsbild handelt und keineswegs eine definitive Aussage über Aussehen und Ausstattung des Chorraums liefert. Müller und Quien bezeichnen die Visualisierungen ihrer Rekonstruktion als »Bilder aus dem Experimentierstadium unserer Arbeit.« ⁶³⁶ Ihre eigenständigen Eingriffe in die Gestaltung und Ausstattung des rekonstruierten Kirchenchors tragen dazu bei, dass die Funktion und Nutzung des Raums für den Betrachter eindeutig erkennbar werden. Die Abweichungen von historischen Vorlagen sind laut Müller und Quien auf ihr Ausreizen der verfügbaren technischen Möglichkeiten zurückzuführen und ganz bewusst eingesetzt worden. ⁶³⁷ Allerdings betonen Müller und Quien die Verlässlichkeit ihrer Arbeit im Kern:

»Der nach den Regeln des spätgotischen Steinmetzhandwerks erzeugte Datenblock bleibt in seiner Struktur von allen nachfolgenden Manipulationen unberührt, so daß die auf seiner Grundlage erstellten Computergraphiken historische Authentizität beanspruchen können.« ⁶³⁸

Diesem Grundsatz widerspricht allerdings die Darstellung von zwei nach unten gerichteten Lampen über dem Wandbild ¹³⁴. Im Mittelalter hätten hier allenfalls Kerzenleuchter platziert sein können, deren Lichtkegel nach oben weisen würden. Insofern handelt es sich hier um einen Anachronismus, der die ansonsten weitgehend stringente Wiedergabe der gotischen Ausstattung des Chorraums unterbricht.

■ 636
Müller/Quien 1993, S. 276.

■ 637
Vgl. ebd.

■ 638
Ebd.

Zwischenfazit der Analyse und Ausblick

Die hier analysierte Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors geht über die bis dahin unternommenen Visualisierungen Werner Müllers hinaus. Denn darin ist nicht nur das bloße Rippensystem dargestellt, sondern auch der zugehörige Raum mitsamt Möblierung und komplexer Lichtsimulation. Um einen möglichst realistischen Raumeindruck zu erzeugen, verwendeten sie sowohl Fototexturen als auch eigens erstellte Texturen, die bestimmte Materialien darstellen. Aus heutiger Perspektive betrachtet, erscheinen sie nicht als fotorealistisch, jedoch entsprach dies in den 1990er-Jahren dem Stand der Technik.

Auch die Lichtsimulation beruht auf damals innovativer Technologie, die nicht extern eingebracht, sondern von Quien selbst erarbeitet wurde. Einzig die räumliche Wirkung des 3D-modellierten Kirchenchors ist nicht sehr stark ausgeprägt, da wohl der Fokus der Gestaltung auf einzelnen Ausstattungsobjekten und der Ausarbeitung der Lichtführung lag. Zudem könnte dieser mangelnde räumliche Eindruck auch darauf zurückzuführen sein, dass das Projekt nur die Innenansicht des Baus umfasst und keinen Blick auf dessen Äußeres bietet. Jedoch wäre es in diesem Fall möglich gewesen, auch eine Außenansicht des nie gebauten Kirchenchors computertechnisch zu visualisieren. Denn im **Stromerschen Baumeisterbuch I** folgt unmittelbar auf fol. 236 – das Details zu Fenster, Strebepfeiler und Bogenausragungen zeigt – ein Blatt mit einer Außenansicht des Chors ^[119]. Es zeigt eine Zeichnung der Apsis in frontaler Ansicht, deren obere Hälfte plastisch und die untere flächig dargestellt ist. Zu sehen sind drei Maßwerkfenster sowie Strebepfeiler und eine Sockelzone. Das mittlere Fenster ist frontal und die beiden seitlichen sind jeweils in leichter Verkürzung wiedergegeben. Eine Bedachung des Anbaus findet sich nicht. Die Quellenlage hätte also durchaus eine Rekonstruktion der Außenansicht des Chors ermöglicht, was im Hinblick auf die Visualisierung des Innenraums eine durchaus konsequente Weiterführung der Visualisierung von Müller und Quien gewesen wäre. Schließlich haben sie ihre übliche Prämisse – das Zeigen des nackten Rippensystems ohne Gewölbe- oder Mauerflächen – bereits um etliche Ausstattungselemente erweitert. Im Zuge der hier erkennbaren Strategie das Gewölbe in seiner möglichst realistischen, zeitgenössisch eingerichteten Umgebung zu zeigen, wäre die Rekonstruktion der Außenansicht ein logischer Schritt gewesen, zumal eine aufschlussreiche Quelle dafür vorlag.

Ein virtueller Flug um das Äußere des Kirchenchors hätte zudem die Funktion einer kontextstiftenden Ergänzung innegehabt. Auch von technischer Seite wären für diese zusätzliche Visualisierung verschiedene Möglichkeiten zum Ausreizen der Grenzen der damaligen Technik denkbar gewesen. Hier hätte sich beispielsweise ein inszenierter Blick ins Innere durch die bunten Glasfenster angeboten. Auch mit der Beleuchtung – Sonnenschein und Schatten auf den Außenmauern sowie Erleuchtung des Inneren durch Lampen in einer Nachtsimulation – hätten neue Eindrücke des Kirchenchors evoziert und damit zusätzliche Effekte erprobt werden können.

Für die Erforschung spätgotischer Gewölbegrundrisse liefert das Projekt ein anschauliches Beispiel dafür, wie mit computertechnischen Methoden der überwölbte Raum zu einem bestimmten Gewölbegrundriss rekonstruiert werden kann. Zudem hält es einen Ansatz für die didaktische Vermittlung des digitalen Rekonstruktionsvorgangs anhand der Erläuterung sämtlicher Einzelschritte bereit.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit damals und heute

Heute sind Informationen zu den von Werner Müller und Norbert Quien realisierten Projekten zur digitalen Rekonstruktion von spätgotischen Gewölbennur mehr in ihren zahlreichen gemeinsamen Publikationen zu finden. Diese umfassen sowohl Aufsätze in Zeitschriften als auch Monografien, die allesamt meist mit vielen Abbildungen ausgestattet sind. ⁶³⁹ Insbesondere das letzte gemeinsam erarbeitete Buch **Virtuelle Steinmetzkunst der österreichischen und böhmisch-sächsischen Spätgotik: die Gewölbeentwürfe des Codex Miniatus 3 der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien** aus dem Jahr 2005 liefert einen umfassenden Überblick über die computertechnische Rekonstruktion gotischer Gewölbe, die auf den in der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien aufbewahrten Quellen beruhen. ⁶⁴⁰ So fassen sie darin auch die digitale Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors kurz zusammen.

Die Videos, die Müller und Quien erstellt haben, sind weder auf CD-Roms beziehungsweise DVDs als Beilage in Printpublikationen erschienen, noch online auffindbar. Im Internet gibt es lediglich Hinweise auf ihre Existenz: Das Online-Archiv der Zürcher Hochschule der Künste listet das Video **Play Gothics ...** im Zusammenhang mit der 1993 im Museum für Gestaltung in Zürich präsentierten Ausstellung **New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen** auf. ⁶⁴¹ Allerdings finden sich hier keine Abbildungen zum 3D-Projekt und auch nicht das Video selbst. Lediglich einige technische Informationen wie Titel des Videos, Herausgeber, Medium, Dauer, Archivnummer oder auch Ausstellungstitel werden hier bereitgestellt.

In den 1990er-Jahren waren die zahlreichen Projekte von Müller und Quien medial sehr präsent, insbesondere die digitale Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors: Die erste öffentliche Präsentation des Videos **Play Gothics ...** fand bereits 1992 auf dem Kunsthistorikertag in Berlin statt. ⁶⁴² Die beiden Autoren zeigten es dort im Rahmen ihres Vortrags. ⁶⁴³

Im selben Jahr kam auch das Fernsehen auf Müller und Quien zu. ⁶⁴⁴ Hans Jürgen von der Burchard, damaliger Redakteur des Südwestrundfunks, bot ihnen an, einen Beitrag über ihre Forschung zu machen. ⁶⁴⁵ So entstand ein etwa neunminütiger Beitrag, der 1992 in der Wissenschaftssendung **Sonde** im SWR ausgestrahlt wurde. ⁶⁴⁶ Die Grundlage hierfür lieferte das Video **Play Gothics ...**, das für den Beitrag jedoch gekürzt und neu geschnitten in veränderter Abfolge arrangiert wurde. In der Abmoderation dieses Beitrags kündigt der Moderator die damals noch in Planung befindliche Buchpublikation **Ziergewölbe der Dürerzeit** an, in der Müller und Quien das im Film behandelte Thema vertieft darstellen wollten. Zur Veröffentlichung kam es aber nie. ⁶⁴⁷

Gemeinsam realisierten Werner Müller und Norbert Quien zudem mehrere Ausstellungen innerhalb Deutschlands, in denen sie ihre Forschungsprojekte facettenreich vorstellten. ⁶⁴⁸ Hierfür kamen verschiedene Medien und Darstellungsmodi zum Einsatz. Neben Animationen in Form von Filmen zeigten sie beispielsweise auch »die Darstellung eines Teils einer Gewölberippe als Modell aus Pappe, verschiedene Materialien der Steinoberflächen, Skizzen, Bilder«. ⁶⁴⁹

Im Rahmen der Veranstaltungsreihe zum Thema **Kunst im Dialog** fand 1997 die von Werner Müller und Norbert Quien bestückte Ausstellung **Spätgotik virtuell** in der Galerie der **BASF Schwarzheide** im brandenburgischen Schwarz-

■ 639

Für eine Auswahl an Publikationen vgl.: **Appendix 1.3** (→ 617), **Spätgotischer Kirchenchor** (1992).

■ 640

Vgl. Müller/Quien 2005.

■ 641

Vgl. Webseite des Museum für Gestaltung Zürich: <https://www.emuseum.ch/objects/148722/play-gothics?ctx=-f6eee222-a3ec-49f6-b2ac-c28950ddf11c&idix=0>.

■ 642

Vgl. Müller/Quien 1999 (**Spätgotik virtuell**), S. 17.

■ 643

Vgl. ebd.

■ 644

Vgl. **Appendix 2.3** (→ 657), **Interview mit Norbert Quien, Frage 9**.

■ 645

Vgl. ebd.

■ 646

Kamera: Stefan Zaiser; Schnitt: Barbara Luniak-Weber u. Georg Philipkowski. Vgl. dazu **Videomitschnitt der Sendung »Sonde« des SWR, 1992**. Für das Zurverfügungstellen des Videomitschnitts bedanke ich mich sehr herzlich bei Norbert Quien.

■ 647

Diese Tatsache erläuterte Norbert Quien am Rande des am 21. Mai 2016 geführten Interviews.

■ 648

Eine Auswahl der Ausstellungen ist zusammengestellt in: **Appendix 1.3** (→ 617), **Spätgotischer Kirchenchor** (1992).

■ 649

Vgl. **Appendix 2.3** (→ 657), **Interview mit Norbert Quien, Frage 10**.

■ 650

Vgl. Müller/Quien 1999 (Spätgotik virtuell), S. 8 u. Anm. 66.

■ 651

Vgl. ebd., S. 8.

■ 652

Für Informationen zur Ausstellung im LTA vgl.: Müller/Quien 1999 (Hammer, Meißel und Computer), insbes. S. 2.

heide statt. ⁶⁵⁰ Aufbauend auf dieser Schau veröffentlichten Müller und Quien 1999 ihre Monografie Spätgotik virtuell. ⁶⁵¹

Im selben Jahr wurde ihre Einzelausstellung **Hammer, Meißel und Computer. Spätgotik im rechten Maß** im Landesmuseum für Technik und Arbeit (LTA) in Mannheim eröffnet. ⁶⁵² Sie stellte die Ergebnisse der jahrelangen Zusammenarbeit von Müller und Quien vor und fasste ihre Forschung zur digitalen Rekonstruktion gotischer Gewölbe in einer begleitenden Publikation zusammen. Gezeigt wurden unter anderem ausgedruckte Bilder der CAD-Modelle, deren Hintergrund und Entstehung in der zugehörigen Publikation detailliert erläutert wurden.

An diesem Überblick zeigt sich die große Bandbreite an Medien, die die Ergebnisse der jahrelangen Zusammenarbeit von Müller und Quien in den zuvor genannten Ausstellungen, Fernsehbeiträgen und Buchpublikationen dokumentieren. Im Folgenden werden die von ihnen erstellten Rekonstruktionen mit Visualisierungen gegenübergestellt, die vor ihnen im Rahmen der Erforschung gotischer Gewölbe entstanden. Ziel ist es, sie hinsichtlich eines möglichen visuellen und inhaltlichen Mehrwerts vergleichend zu untersuchen.

Vergleichende Analyse – Gotische Gewölbe im Bild

Wie zu Anfang des vorliegenden Kapitels angesprochen, wurden in der Spätgotik Gewölbegrundrisse in unterschiedlichen Kontexten und zu verschiedenen Zwecken angefertigt. Dementsprechend unterscheiden sich auch deren Darstellungsweisen und räumliche Ausführungen in unterschiedlichen Medien wie Bild, Zeichnung und haptischem Modell. Zudem entstehen im Laufe von deren Erforschung wiederum Abbildungen in verschiedenen Techniken und Medien in zwei- und dreidimensionaler Form. Dabei sind digitale 3D-Rekonstruktionen von gotischen Gewölben noch relativ neue Visualisierungsmöglichkeiten, die Müller und Quien in ihren Arbeiten konsequent eingesetzt haben, weshalb sie als Pioniere auf diesem Gebiet gesehen werden können. Daher ist ein vergleichender Blick auf die Erforschung gotischer Gewölbe vor ihnen lohnenswert.

In ihrem 1997 erschienenen Buch **Von deutscher Sondergotik** wiesen Müller und Quien darauf hin, dass Architekturfotos dokumentarischen Charakters, in denen die Geometrie der Architektur im Mittelpunkt steht, ihren Betrachtungen dienlich seien – im Gegensatz zu Bildern, die Stimmungen wiedergeben beziehungsweise bestimmte architektonische Charakteristika besonders stark in Szene setzen. ⁶⁵³ Sämtliche Ansichten computergestützter Visualisierungen spätgotischer Gewölbe, die Müller und Quien erstellt haben, entsprechen diesem Grundsatz. Dies wird besonders deutlich bei einem Vergleich eben jener Bilder mit Fotografien, die beispielsweise der Kunsthistoriker Kurt Gerstenberg in seiner 1913 veröffentlichten Dissertation beziehungsweise in der 1968 erschienenen zweiten Auflage seines Buchs zur Untermauerung seiner Thesen zur deutschen Sondergotik anführt. ⁶⁵⁴ Gerstenberg beschreibt die spezifischen Eigenschaften spätgotischer Hallenkirchen im Gegensatz zur Architektur der Gotik folgendermaßen:

»Im Sondergotischen Hallenraum dagegen herrscht völlige Richtungsfreiheit. [...] Ein einheitlicher Raum dehnt

■ 653

Vgl. Müller/Quien 1997, S. 15.

■ 654

Vgl. Gerstenberg 1969.

sich unter der den drei Schiffen gemeinsamen Decke. Im Geflecht der Netzgewölbe ergeben sich die quer über den Raum laufenden Linienzüge, die neue Blickbahnen ermöglichen. Statt der Einseitigkeit der im linearen Tiefendrang gegebenen Blickrichtung hat die Sondergotik die Vielfältigkeit des Blickbildes.«⁶⁵⁵

■ 655

Ebd., S. 114.

■ 656

Müller/Quien 1997, S. 18.

In den Fotografien, die Gerstenberg in seiner Dissertation zeigt, befindet sich der Betrachterstandpunkt auffällig oft abseits der von Ost nach West verlaufenden Mittelachse des Kirchenraums. Somit ergeben sich Blickachsen, die den Raum diagonal durchkreuzen. Müller und Quien folgern daraus: »Der Betrachter steht dadurch nicht vor dem Raum, sondern sieht sich in ihn hineinversetzt [...]«⁶⁵⁶ Auf diese Weise verändert sich der Raumeindruck vollkommen, da die die Schiffe trennenden Pfeiler nun Blickachsen zulassen, die mit Aufnahmen von einem zentralen Standpunkt im Mittelschiff aus nicht in dieser Form möglich sind. Zudem ist die Position des Fotografen nicht mehr eindeutig zu verorten¹⁴⁴. Im Bewusstsein diesen Effekts, wird klar, dass die Fotografien in Gerstenbergs Buch dahingehend ausgewählt wurden, seine Thesen zur »Richtungsfreiheit« und »Vielfältigkeit des Blickbildes« eindrücklich zu untermauern¹⁴⁵.



□ 144

Innenansicht der Wiesenkirche in Soest aus verschiedenen Blickwinkeln aufgenommen: Blick von der Mittelachse zum Chor (links) und diagonaler Blick zum Chor in nordwestlicher Richtung (rechts).



□ 145

Blick in Richtung Nordosten in den Chor von St. Lorenz in Nürnberg (links); Blick in Richtung Nordosten in den Chor von St. Martin in Amberg (rechts).

Von dieser Art der Darstellung, der bewusst gelenkten Blickrichtung in Fotografien, setzen sich Müller und Quien in den von ihnen erstellten Ansichten der computergenerierten Visualisierung des spätgotischen Kirchenchors eindeutig ab. Die Bilder, die den gesamten Raum zeigen, wurden von dem Standpunkt eines virtuellen Fotografen aus aufgenommen, der sich mittig vor dem Eingang zum Chor befindet¹⁴⁶. Dies wird insbesondere daran deutlich,

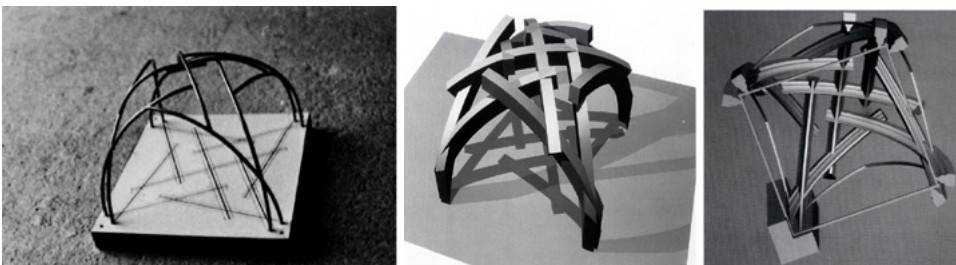
dass sogar der Triumphbogen zu sehen ist. Somit befindet sich – in den Worten von Müller und Quien – der Betrachter vor dem Raum. Er erhält dadurch einen distanzierten, objektiven Blick auf die Architektur. Das ist in diesem Fall besonders wichtig, als es sich hier nicht um ein in Realität jemals verwirklichtes Bauwerk handelt, sondern um eine digitale Visualisierung eines Entwurfs.



□ 146

Blick in den Innenraum des digital visualisierten spätgotischen Kirchenchors mit Möblierung (links) und ohne (rechts), Norbert Quien, um 1992.

Nicht nur ein Vergleich von Fotografien mit Ansichten des 3D-Modells ist lohnenswert, sondern auch eine Gegenüberstellung mit einem haptischen Modell, das François Bucher um 1968 auf Grundlage eines Gewölbegrundrisses aus dem **Cod. Min. 3** realisierte und das in einem vorangehenden Abschnitt bereits vorgestellt wurde ^[147]. Das Prinzip, den Gewölbegrundriss den materialisierten Rippen wortwörtlich zugrunde zu legen, griffen Müller und Quien in ihrer computertechnischen Visualisierung eben jenes Gewölbegrundrisses auf. Jedoch setzten sie dies in abgewandelter Form um, als sie nicht die originale Zeichnung unterhalb der dreidimensional modellierten Rippen abbildeten, sondern den Schatten darstellten, den eine senkrecht darüber positionierte Lichtquelle erzeugen würde. In dieser Ansicht ging es ihnen vor allem um eine schematische Darstellung des von Bucher vorgelegten Prinzips. Sie fertigten aber auch eine detaillierter ausgestaltete Visualisierung des dreidimensionalen Rippengefüges an. Dieses zeigen sie aus einer extremen Untersicht, als befände sich ein virtueller Betrachter unterhalb des Gewölbes, wobei Wände und Stützen fehlen, um einen abgeschlossenen Raum zu erzeugen. Eine solche Sichtweise war mit Buchers Modell nicht umsetzbar. Darin zeigt sich ein wichtiger Aspekt und Mehrwert von 3D-Modellen: sie ermöglichen eine Ansicht des dargestellten Gegenstands aus jeder beliebigen Perspektive.



□ 147

Darstellungen eines Gewölbes, basierend auf »Cod. Min. 3«, fol. 10 v.: haptisches Modell, François Bucher, ca. 1972 (links); digitales Modell in schematischer Darstellung (Mitte) und in detaillierter Darstellung mit Rippenprofilen (rechts), Norbert Quien, Anfang 1990er-Jahre.

Ein übereinstimmendes Merkmal von den hier gezeigten drei Modellen ist die Tatsache, dass keines mit Gewölbeflächen oder Mauerwerk ausgestattet ist. Ein jedes fokussiert sich auf die Darstellung der Rippen und wie sich ihre Position im Raum verhält. Das 3D-Modell von Müller und Quien weist hier zumindest in einem Fall immerhin noch Fragmente einer Mauerecke auf und auch ausgearbeitete Profile der Rippen. Insgesamt erscheinen die beiden digitalen Modelle wie eine Weiterentwicklung von Buchers Modell in einem neuen Medium mit entsprechend erweiterten Eigenschaften und größerer Präzision aufgrund der computertechnischen Umsetzung des Regelwerks der Bogenaustragung.

Generell ist festzustellen, dass die von Müller und Quien realisierten Computervisualisierungen zu spätgotischen Gewölbegrundrissen – mit einer Ausnahme – eine objektive Sicht auf den dargestellten Gegenstand gewährleisten. Indem sie sich jeglichem ausschmückendem Beiwerk entledigen, vermeiden sie es, Objekte zu ergänzen, die in den historischen Zeichnungen nicht enthalten sind und somit nur ihrer eigenen Phantasie entsprungen wären. Sie zeigen also eine verräumlichte Ansicht dessen, was in zweidimensionaler Form vorlag.

Diesem Konzept gegenüber steht die einzelne Ausnahme, die zuvor eingehend analysierte Visualisierung eines spätgotischen Kirchenchors. Denn hier wurden sehr wohl Objekte hinzugefügt, die in den zugrundeliegenden Zeichnungen nicht zu finden sind. Der Fokus in der Erstellung dieses 3D-Modells lag darauf zu zeigen, wie ein solcher sakraler Raum ausgesehen und zu bestimmten Tageszeiten gewirkt haben könnte. Dargestellt wird also eine Möglichkeit, die neue Fragen aufwerfen kann beispielsweise zur Höhe der Wände, farblichen Ausgestaltung, Möblierung und der Raumwirkung als solcher. Zudem bot dieses Projekt einen Rahmen, innerhalb dessen die Grenzen der damaligen Computertechnik im Hinblick auf realitätsnahe Visualisierung ausgelotet werden konnten, wie Norbert Quien im Interview 2016 darlegte. ⁶⁵⁷

Nachdem nun Projekte zur Erforschung spätgotischer Gewölbe, die vor Müller und Quiens Initiative entstanden, vorgestellt und miteinander verglichen wurden, schließt sich nun ein Blick auf nach ihnen realisierte Projekte in diesem Bereich an. Auf diese Weise wird ihre Arbeit in der Forschungslandschaft kontextualisiert und ihre Vorreiterrolle dahingehend untersucht.

Weitere Projekte zur digitalen Rekonstruktion von gotischen Gewölben

In den 1990er-Jahren handelt es sich bei dem von Müller und Quien durchgeführten Projekt im Bereich der computertechnischen Rekonstruktion und Visualisierung von gotischen Gewölben um eine einzigartige Initiative. Denn Arbeiten anderer Wissenschaftler, die sich explizit einer systematischen Untersuchung gotischer Gewölbegrundrisse widmeten, sind in dieser Zeit nicht zu finden. Erst in den 2010er-Jahren wurden Forschungsprojekte in diesem Bereich durchgeführt. Darunter finden sich auch zwei, die den von Müller und Quien verwendeten Gewölbegrundriss aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch I** zur Grundlage hatten.

So beschäftigte sich Ross Anderson, Dozent der Architekturgeschichte an der University of Sydney, 2014 in seinem Forschungsprojekt **Figures of Mediation** mit spätgotischen Kirchen in Deutschland. ⁶⁵⁸ Insbesondere das

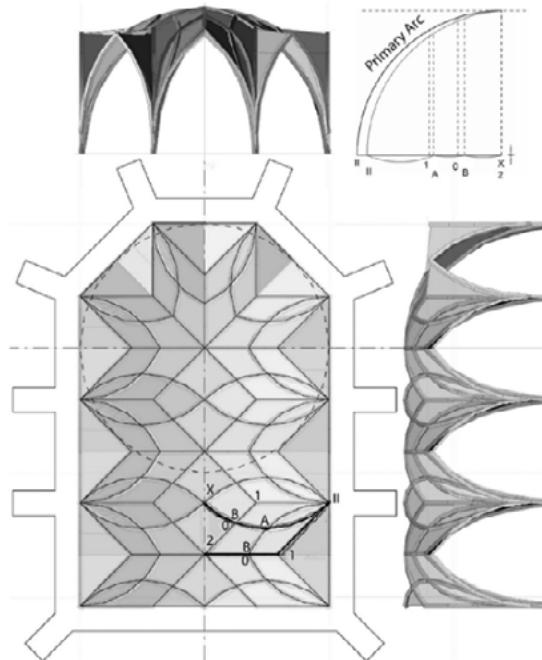
■ 657

Vgl. **Appendix 2.3** (→ 657), Interview mit Norbert Quien, **Frage 5** bis 7.

■ 658

Zum Forschungsprojekt »**Figures of Mediation**« von Ross Anderson vgl.: Anderson 2014.

Zusammenspiel von Theologie und Steinmetzpraxis im Entscheidungsprozess beim Bau stand dabei im Fokus. Als Ausgangspunkt dienten ihm die überlieferten Baumeisterbücher sowie Werkmeisterbücher. Auf Basis des zuvor genannten Grundrisses erstellte er 3D-Modelle unter Anwendung des Prinzipalbogenverfahrens [148]. In den Gewölbegrundriss zeichnete er Achsen ein und ergänzte Bezeichnungen einzelner Abschnitte, um den Zusammenhang zur Konstruktionszeichnung herzustellen. An den Seiten fügte er Ansichten der digitalen Rekonstruktion des Gewölbes ein. Diese entwickeln hier allerdings kaum eine räumliche Wirkung, da sie in der Draufsicht wiedergegeben sind.



□ 148
Digitale Rekonstruktion des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromerschen Baumeisterbuch I«, fol. 235, (links unten), Bogenaustragung (rechts oben) sowie daraus resultierende räumliche Darstellung des Gewölbes (links oben u. rechts unten), Ross Anderson, 2014.

Den Nutzen der digitalen Visualisierung beschrieb Ross Anderson folgendermaßen: »It helps to reveal which aspects of the architecture come into focus, which become peripheral, and which remain ambiguous when the plan of the vault is extrapolated spatially.« [659] Anderson weist darauf hin, dass erst die Computervisualisierung des historischen Grundrisses die räumliche Wölbung der Rippen sichtbar macht [149]. Dies wird dadurch ermöglicht, dass er das Gewölbe in Untersicht und aus einem schrägen Blickwinkel heraus darstellt. Anderson beobachtet, wie die Krümmung der Rippen in ihrem Verlauf vom Anfänger bis in den Gewölbescheitel zunächst zunimmt und sich dann abflacht. Im eher flacheren Teil gleicht sich seiner These zufolge die Anordnung der Rippen derjenigen im Linienverlauf im Grundriss formal an. Während des Erstellungsprozesses der 3D-Modelle wurden immer auch die den Steinmetzen zur Verfügung stehenden Zeichenutensilien reflektiert. Dies bezeichnet Anderson als »fusion of horizons« [660]. Auf den ersten Blick lässt sich bei diesem Projekt kein eindeutiger Mehrwert gegenüber der Arbeit von Müller und Quien feststellen. Hier wäre eine tiefere Analyse der Ziele und Methoden von Anderson nötig, um diese Frage abschließend zu klären.

■ 659
Ebd., S. 421–422.

■ 660
Ebd., S. 422.



□ 149

Dreidimensionale, digitale Rekonstruktion des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromerschen Baumeisterbuch I«, fol. 235, Ross Anderson, 2014.

■ 661

Für Informationen zum Forschungsprojekt von Sean Akahane-Bryen vgl.: Akahane-Bryen, 2015, insbes. S. 1 u. S. 18.

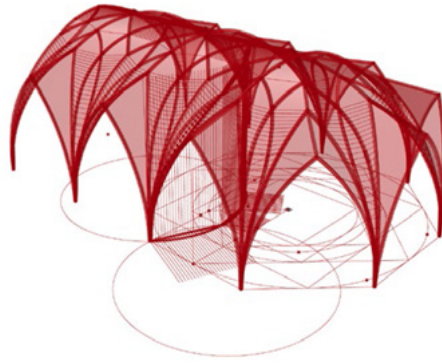
Ein weiteres Projekt, das den von Müller und Quien digital rekonstruierten Gewölbegrundriss aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch I** zum Gegenstand hat ist **South German Late Gothic Design and Building Praxis**, das der Architekt Sean Akahane-Bryen 2015 durchführte. **661** Gegenstand seiner Analyse sind spätgotische Gewölbe aus den Regionen Bayern, Schwaben, Sachsen und Böhmen. Mittels Computertechnik untersuchte er unter anderem die Anwendung des Prinzipalbogens, indem er ein 3D-Modell auf Basis des oben genannten Gewölbegrundrisses erstellte **150**. Um die Prinzipien des Prinzipalbogens zu integrieren, verwendete er die Software **Grasshopper**. Mit seiner Visualisierung orientierte er sich an der zuvor beschriebenen Studie, die Anderson, sein universitärer Betreuer, 2014 durchführte.



□ 150

Auf- und Untersicht des 3D-modellierten Gewölbes auf Basis des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromerschen Baumeisterbuch I«, fol. 235, zwischen 1595 und 1603, Sean Akahane-Bryen, 2015.

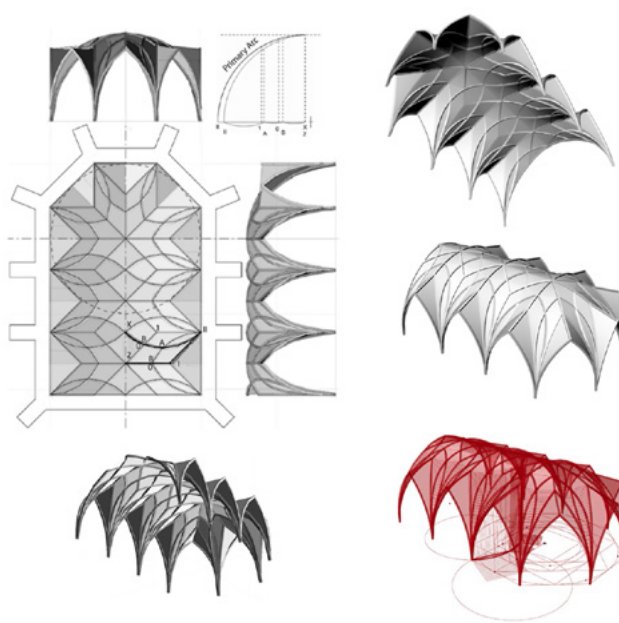
Die von Akahane-Bryen erstellte Rekonstruktion umfasst die Rippen bis zu den Anfängern und ist in Grautönen gehalten. Die Flächen zwischen den Rippen sind ausgefüllt, sodass die Rippen leicht erhaben daraus hervorragen. Seiner Visualisierung fügt er eine unsichtbare Lichtquelle von schräg vorn oben hinzu, sodass dem Licht abgewandte Partien im Schatten liegen. Er publizierte zudem eine Ansicht der Rekonstruktion in Form eines Gittermodells, zu der er die zugrundeliegenden geometrischen Formen hinzufügt, die sich aus einer gezeichneten Quadratur ergeben **151**. Diese Visualisierung verbindet auf anschauliche Weise die Konstruktionsgrundlage mit dem daraus resultierenden, dreidimensional dargestellten Ergebnis. Eine räumliche Verortung des digital rekonstruierten Gewölbes wäre als ein nächster Schritt denkbar und wünschenswert, um das noch relativ abstrakt wirkende Gebilde in einen sakralen Raum zu übersetzen.



□ 151

3D-Modell mit zugrundeliegender Konstruktionszeichnung auf Basis des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromerschen Baumeisterbuch I«, fol. 235, zwischen 1595 und 1603, Sean Akahane-Bryen, 2015.

Vor diesem Hintergrund bleibt auch hier das von Müller und Quien realisierte Projekt einzigartig in seinem Umfang und Erkenntnisgewinn. Dies wird insbesondere bei einem direkten Vergleich der jeweils in den Forschungsarbeiten entstandenen Visualisierungen deutlich: Auffällig ist zunächst, dass die jüngeren Forschungsarbeiten nur das Gewölbe visualisieren und keinen zugehörigen Chorraum hinzufügen, wie es Müller und Quien getan haben [152]. Im Fokus dieser Projekte stand die computertechnische Umsetzung des Prinzipalbogenverfahrens. Betrachtet man also die jeweilige Umsetzung der Gewölberippen in den 3D-Modellen, so ist zu bemerken, dass Anderson und Akahane-Bryen auch die Gewölbeflächen darstellten. Auf diese Weise entsteht ein halb geschlossener Raum, der keine Durchblicke bietet, sofern die Oberflächen opak sind. Dadurch, dass diese dreidimensionalen Gewölbe aber ohne Stützen dargestellt sind, schweben sie gleichsam im luftleeren Raum. Ihre Dimensionen und räumlichen Bezüge werden nicht aufgezeigt. Dies gelingt jedoch in den Visualisierungen von Müller und Quien, die noch dazu mit der Projektion der Gewölberippen auf den Boden des virtuellen Kirchenchors zusätzlich einen Verweis auf die historische Vorlage bieten. Hinsichtlich dieser hier vorgebrachten Aspekte kann die Arbeit von Müller und Quien als nach wie vor gewinnbringend für die Erforschung des historischen Dokuments aus dem **Stromerschen Baumeisterbuch I** gelten.



□ 152

3D-Rekonstruktionen auf Basis des Gewölbegrundrisses aus dem »Stromerschen Baumeisterbuch I«, fol. 235, zwischen 1595 und 1603, erstellt in unterschiedlichen wissenschaftlichen Projekten: Werner Müller u. Norbert Quien, um 1992 (links); Ross Anderson, 2014 (Mitte); Sean Akahane-Bryen, 2015 (rechts).

■ 662

David Wendland leitete von 2009 bis 2013 das DFG-Projekt »Form, Konstruktions- und Entwurfsprinzipien von spätgotischen Zallengewölben – ›reverse engineering‹ und experimentelle Archäologie«. Dies war das Vorläuferprojekt zu seinem ERC Starting Grant »Design Principles in Late-Gothic Vault Construction – A New Approach Based on Surveys, Reverse Geometric Engineering and Reinterpretation of the Sources«, der von 2012 bis Anfang 2017 von der EU finanziell unterstützt wurde. Vgl. Informationen zum DFG-Projekt auf der Webseite des Fachbereichs Kunstgeschichte der TU Dresden: <https://tu-dresden.de/gsw/phil/ikm/kuge/forschung/forschungsprojekte/abgeschlossene-projekte/dfg-projekt-form-konstruktions-und-entwurfsprinzipien-von-spaetgotischen-zallengewoelben-reverse-engineering-und-experimentelle-archaologie> u. vgl. Projektwebseite zu seinem ERC Starting Grant: <http://spaatgotische-gewoelbe.eu/>.

■ 663

Vgl. Wendland 2012, S. 128, S. 131.

■ 664

Das Symposium fand am 14. Juli 2016 statt. Vgl. zugehörige Webseite: <http://www.tracingthepast.org.uk/modelling-medieval-vaults-cfp/>.

■ 665

Die Informationen zu den im Folgenden erwähnten Projekt sind zu finden auf der Webseite zu dem Symposium: <http://www.tracingthepast.org.uk/modelling-medieval-vaults-abstracts/>.

■ 666

Vgl. Webseite des Projekts »Tracing the Past«: <http://www.tracingthepast.org.uk/about/> u. vgl. Webseite der »School of Architecture« der University of Liverpool: <https://www.liverpool.ac.uk/events/event/?eventid=82918>.

■ 667

Vgl. Webseite des Projekts »Tracing the Past«: <http://www.tracingthepast.org.uk/about/>.

■ 668

Müller/Quien 1993, S. 271.

Generell ist in den letzten Jahren ein starkes Interesse an der computertechnischen Erforschung gotischer Gewölbe festzustellen. Beispielsweise beschäftigt sich der Architektuhistoriker David Wendland seit 2009 in umfangreichen Langzeitprojekten mit der Erforschung von Entwurfs- und Planungsprozessen spätgotischer Gewölbe. ⁶⁶² Hierfür ergänzt er unter anderem Methoden aus dem Bereich der experimentellen Archäologie mit dem Einsatz von 3D-Vermessung. ⁶⁶³

Die Aktualität und Vielfalt der Themen im Bereich der computertechnischen Erforschung von gotischen Gewölben verdeutlicht das Mitte Juli 2016 in London an der University of Liverpool veranstaltete internationale Symposium **Modelling Medieval Vaults**, das sich explizit der Untersuchung gotischer Gewölbe mit digitalen Methoden und Techniken widmete. ⁶⁶⁴ Themen der insgesamt dreizehn Vorträge waren beispielsweise: ⁶⁶⁵ Dokumentation des aktuellen Erhaltungszustands sowie Ergründung von Konstruktionsprinzipien und zugrundeliegender Geometrie von gotischen Rippengewölben in mexikanischen Kirchen mittels Laserscanning (Benjamin Ibarra-Sevilla, University of Texas, Austin, USA); Untersuchung des Wissenstransfer im Gewölbebau zur Zeit der Spätgotik basierend auf der Auswahl einer bestimmten Gewölbeform, die an verschiedenen Orten Europas auftaucht unter Verwendung von Photogrammetrie (Enrique Rabasa-Díaz, Ana López-Mozo, Miguel Ángel Alonso-Rodríguez, Rafael Martín-Talaverano, Universidad Politécnica de Madrid); Analyse und Rekonstruktion von als Zeichnung vorliegenden Gewölbekonstruktionen von Leonardo da Vinci anhand digitaler Modellierung (Marco Carpiceci u. Fabio Colonnese, Università degli Studi di Roma »La Sapienza«). Initiiert wurde dieses Symposium von Beteiligten des Forschungsprojekts **Tracing the Past**, das an der **School of Architecture** der University of Liverpool, Vereinigtes Königreich, angesiedelt ist. ⁶⁶⁶ Es dient der Untersuchung von mittelalterlichen Gewölben auf den britischen Inseln mittels digitaler Technologien. ⁶⁶⁷

Die hier genannten Projekte dienen dazu, exemplarisch die Vielfalt der mit digitalen Methoden durchgeführten Erforschung gotischer Gewölbe darzustellen, wobei Müller und Quien an deren Anfang standen. Mit der rasanten Weiterentwicklung der Computertechnologien wird sich auch dieses Forschungsfeld rasch weiterentwickeln, wie hier andeutungsweise bereits deutlich wird.

Fazit – Bedeutung und Einordnung des Projekts

Bereits in **Kapitel 3.1** (→ **065**), das einen Überblick zu 3D-Projekten in den 1980er-Jahren bot, wurde die Skepsis, die Kunsthistoriker computertechnischen Methoden entgegenbrachten, dargestellt. Eben damit mussten sich auch Müller und Quien ganz konkret auseinandersetzen, wie sich an dem folgenden Zitat anschaulich ablesen lässt, es handelt sich dabei um den ersten Satz ihrer gemeinsamen Publikation **Computergraphik und Video nach Algorithmen spätgotischer Steinmetzkunst** im Tagungsband des Kunsthistorikertags 1992:

»Um Mißverständnissen vorzubeugen, müssen wir gleich zu Beginn darauf hinweisen, daß unsere Computergraphiken und Videosequenzen nicht als Computerkunst gelten sollen, es geht hier lediglich um ein Forschungsprojekt.« ⁶⁶⁸

Zu Anfang war es demnach für sie zunächst notwendig, sich für ihre Arbeit zu rechtfertigen und sie vor allem in den richtigen Kontext zu stellen, damit ihre Forschung nicht als künstlerische Spielerei abgetan werden konnte.

Auch war es wichtig, sich von anderen Projekten, die zeitgleich realisiert wurden, abzugrenzen beziehungsweise zu erläutern, inwiefern sie sich davon unterschieden. So stellten Müller und Quien im Rahmen ihres zuvor erwähnten Vortrags auch klar, dass ihr Vorgehen bei der Erstellung ihrer Visualisierungen für das Video **Play Gothics** ... ein gänzlich anderes und darüberhinaus auch ein technisch aufwendigeres war als im Vergleich dazu die Arbeit von **asb baudat** an dem Projekt zu Cluny III Ende der 1980er-Jahre:

»Beim Erscheinen des Kirchenchores in unserem Video hörten wir immer wieder: ›Das ist ja nicht anders gemacht als Cluny III.‹ Ein solches Urteil ist durchaus oberflächlich. Wir gingen nämlich nicht von Bauaufnahmen aus, also von den literaturbekannten Kombinationen vom Grundriß des Rippen-systems und einer zur Verräumlichung des Grundrisses dienenden Rechenvorschrift. Hier war die Form des Steines also nicht vorgegeben und von einer Datei abrufbar wie bei Cluny III, sondern die sehr komplizierte Form des Rippensystems und der Leibungsflächen mußte vom Rechner überhaupt erst erzeugt werden. Das ist weit mehr als die Lösung des ›Transportproblems‹ für das Zusammensetzen von als geometrischen Elementarformen vorgegebenen Bausteinen.« **669**

■ 669
Müller/Quien 1999 (Spätgotik virtuell),
S. 21.

Mit dieser Klarstellung verfolgen die beiden Autoren das Ziel, den technischen Aufwand ihrer Arbeit deutlich zu machen und damit ihre außerordentliche Leistung auf dem Gebiet der Visualisierung von Gewölbegrundrissen hervorzuheben. Sie möchten sich damit von dem Projekt zu Cluny III bewusst absetzen.

Norbert Quien stellt im Rückblick auf seine Arbeit Anfang der 1990er-Jahre fest, dass es durchaus eine gewisse Konkurrenz zwischen einzelnen Projekten in der computertechnischen Rekonstruktion von historischer Architektur gab:

»Also wir haben davon gelebt, Informationen von Herrn Müller zu erhalten und zu sehen, was in den öffentlichen Medien gezeigt wurde, beispielsweise in Fernsehberichten und Fernsehfilmen, wo auch Cluny zu sehen war – kurz vor uns. Das hat uns natürlich etwas gewurmt, dass uns andere etwas zuvor gekommen sind. Denn damals gab es schon ein leichtes Konkurrenzdenken. Der Kreis der Leute, die in dem 3D-Bereich gearbeitet haben, war relativ klein. Die meisten kannten sich. Manchmal gab es gewisse Rivalitäten und so

■ 670

Appendix 2.3 (→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 4.

■ 671

Quien/Müller 1991, S. 133.

■ 672

Appendix 2.3 (→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 5.

hat man sich bemüht, dass man möglichst schnell, möglichst weit vorne war.« **670**

An dem hier detailliert untersuchten Projekt ist sehr gut erkennbar, wie sich die Erforschung der Baukonstruktion spätgotischer Rippengewölbe mit der Entwicklung von Algorithmen zur digitalen Visualisierung ergänzen und gegenseitig bedingen. Diesen Mehrwert im Zusammenhang mit der Generierung neuer Erkenntnisse für die kunsthistorische Forschung bringen Müller und Quien bereits am Anfang ihrer Zusammenarbeit 1991 auf den Punkt:

»Mit Hilfe der Computergraphik vermochten wir also den Bauprozess zur Zeit der Spätgotik vom Zeichnen des Entwurfs bis zur Fertigstellung des Baus in bisher nicht gekannter Detailtreue nachzuvollziehen. Dies liefert uns im Rückschluß neue Einblicke in die Denkweise der damaligen Zeit, die mit gängigen Vorstellungen durchaus nicht übereinstimmen. Zudem ist dieses Projekt eine Anwendung von Techniken des CAD (computer aided design) auf ungewohntem Feld, für die auch an mehreren Stellen Weiterentwicklungen erforderlich waren.« **671**

Die computertechnische Visualisierung des spätgotischen Kirchenchors nimmt somit eine hervorgehobene Position innerhalb der Zusammenarbeit von Müller und Quien ein. Denn erstmals erarbeiteten sie nicht nur eine Darstellung eines Rippensystems, sondern konstruierten auch den zugehörigen Raum inklusive Wänden, Fenstern und Gewölbeflächen, statteten ihn mit sämtlichen Gegenständen aus wie Kirchenbänken, Altar, Wandmalereien und fügten zudem noch eine komplexe Lichtsimulation hinzu. Auch die Erstellung eines Videos, das einen virtuellen Rundgang durch dieses 3D-Modell ermöglichte stellt eine Besonderheit im Œuvre der beiden dar. Im Rückblick auf die Realisierung dieses Projekts zeigt Quien zwei Aspekte auf, mit denen sie damals in der Kunstgeschichte und auch in der Computertechnik Neuland betreten haben:

»Das war sozusagen eine Verbindung verschiedener Dinge an vorderster Front: einerseits eine komplett neue Software für die geometrische Darstellung dieser kunsthistorischen Probleme zu entwickeln und andererseits die auf diese Weise erzeugten Daten in das Raytracing-Programm zu setzen und dann das Raytracing-Programm auf dem modernsten Parallelrechner laufen zu lassen.« **672**

All diese unterschiedlichen, von Werner Müller und Norbert Quien angesprochenen Aspekte machen das von ihnen Anfang der 1990er-Jahre realisierte Projekt zu einer innovativen Arbeit, die in dieser Zeit ihresgleichen sucht.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

4.3 Dresdner Frauenkirche (IBM u. a., 1993)

Die im Zweiten Weltkrieg zerstörte Dresdner Frauenkirche wurde Anfang der 1990er-Jahre digital rekonstruiert. Die Besonderheit dieses 3D-Projekts liegt darin begründet, dass es entscheidend zum realen Wiederaufbau des nicht mehr existierenden Bauwerks beitrug. Dies geschah in mehrfacher Hinsicht: Zum einen wurde ein 3D-Modell erstellt, das zur Verortung und Dokumentation der Trümmerstücke der Ruine diente und nur intern für diese Zwecke von den Architekten und Ingenieuren Verwendung fand. Zum anderen wurde ein weiteres 3D-Modell auf Grundlage von wissenschaftlich ausgewerteten, historischen Bildquellen in fotorealistischer Erscheinungsweise erarbeitet. Dieses diente zur öffentlichen Präsentation im Fernsehen, auf der internationalen IT-Messe **CeBIT** sowie auf Fachkonferenzen. Damit war es ein wesentlicher Teil der Spendenkampagne zur Finanzierung des Wiederaufbaus. In der nun anschließenden detaillierten Untersuchung steht eben jenes fotorealistische 3D-Modell im Fokus, da es wissenschaftlich erstellt und für die öffentliche Präsentation konzipiert wurde.

Bau, Zerstörung und Wiederaufbau der Dresdner Frauenkirche

Zunächst wird der architektonische Aufbau der Frauenkirche, wie er heute auch wieder sichtbar ist, kurz beschrieben. Darauf aufbauend folgt eine Zusammenfassung der Baugeschichte anhand ausgewählter historischer Bildwerke bis hin zum vollendeten Wiederaufbau im Jahr 2005.

Die am Dresdner Neumarkt im 18. Jahrhundert als Zentralbau errichtete Frauenkirche weist einen oktogonalen Grundriss auf, der nach Osten hin durch eine halbrunde Apsis erweitert ist. ⁶⁷³ An vier Ecken erheben sich jeweils Treppentürme, die die mittig emporragende Kuppel umschließen. Diese basiert auf einem runden Grundriss und hat als Bekrönung eine Laterne, die wiederum mit einem Kreuz abgeschlossen wird. Das komplette Mauerwerk sowie die Kuppel wurden damals wie heute mit Quadern aus Elbsandstein errichtet und steinsichtig belassen ^[153].

Den als Rotunde angelegten Innenraum rhythmisieren acht mit Gurtbögen verbundene Hauptpfeiler. Diese tragen ein Geschoss für Betstuben und vier sich darüber befindende Emporenentagen sowie die zweischalige Kuppel ^[154]. Der Innenraum ist nach Osten zum aufwendig geschmückten Altar hin ausgerichtet, über dem sich die Orgel befindet. Zwei symmetrisch angeordnete, geschwungene Treppen führen vom Hauptraum in den Chor, von dem drei Stufen zum etwas

■ 673

In der folgenden Baubeschreibung, die auf historischen Fotografien bzw. der wiederaufgebauten Frauenkirche beruht, kann nur auf die wesentlichen Aspekte eingegangen werden.

Zusätzliche Informationen zum Bau sowie zahlreiche Abbildungen historischer und zeitgenössischer Fotografien können u. a. folgenden Publikationen entnommen werden: Magirus 2005, insbes. S. 11–103 u. S. 216–303; Müller 1994, insbes. S. 24–52. Matthias Lugenheim liefert in seiner Dissertation zum Kuppelbau der Dresdner Frauenkirche zahlreiche Abbildungen vom Grundriss sowie Fotos des Inneren und Äußeren, die jeweils mit architektonischen Fachbegriffen versehen sind. Vgl. dazu: Lugenheim 2002, insbes. S. 12–28.

erhöht gelegenen Bereich des Altars führen. Den in Pastellfarben gehaltenen Innenraum bestimmen konkav und konvex geschwungene Formen, seien es die Emporen oder auch die Anordnung der Bestuhlung. Aufgrund der mehrgeschossigen Aufteilung der Emporenetagen ergibt sich ein komplexes Raumgefüge. Optischen Zusammenhalt geben diesem die in Stuck gearbeiteten Ornamentbänder an sämtlichen Emporenbrüstungen.



□ 154

Fotografische Ansicht des Innenraums der wiederaufgebauten Frauenkirche, Gunter Bähr.

□ 153

Fotografische Ansicht mit Blick über den Neumarkt auf die wiederaufgebauete Frauenkirche, Fotograf: Netopyr, 30. Januar 2010.

■ 674

Eine detaillierte Baugeschichte der Kirche ist zu finden bei: Magirus 2005, S. 105–119. Vgl. zur Baugeschichte auch: Müller 1994, S. 9–64.

■ 675

Vgl. dazu die kommentierten, reich bebilderten Kataloge der aus dem 18. Jahrhundert stammenden Baupläne und Kupferstiche in: Magirus 2005, S. 313–442.

■ 676

Vgl. ebd. S. 391, Nr. 62.

Anfang 1722 wurde damit begonnen, die alte Frauenkirche auf Schäden zu untersuchen. **674** George Bähr, dem später die Baudirektion des Neubaus unterlag, erstellte daraufhin erste Neubaupläne, die jedoch mit der mehrmaligen Verlegung des Bauplatzes immer wieder verändert werden mussten. So erfolgte die Grundsteinlegung des Sakralbaus erst im August des Jahres 1726 und zog den ab 1727 begonnenen Abbruch der baufälligen Vorgängerkirche nach sich, da vorgesehen war, die neue Kirche an deren Stelle zu errichten. All diese Vorgänge können anhand eines großen Plankonvoluts nachvollzogen werden, das sich in verschiedenen Archiven in Dresden erhalten hat und aus dem hier einige Pläne exemplarisch vorgestellt werden. **675** Beispielsweise dokumentiert ein von Bähr um 1733 mit Feder gezeichneter Grundriss das Erdgeschoss mit dem Chorbereich in dem dann ausgeführten Zustand **155**. **676** In dieser Zeichnung zeigt sich sehr deutlich die barocke Formensprache mit der vor- und zurückspringenden Fassade sowie den zahlreichen geschwungen angelegten Räumen. Mit dem Einzeichnen der Bankreihen findet sich darüber hinaus ein wesentlicher Hinweis auf die Innenraumgestaltung.

Nach Diskussionen über das Material zur Errichtung der Kuppel, wurde im gleichen Jahr beschlossen, auch deren oberen Teil in Stein, die Laterne aber in

Holz auszuführen. Der Kuppelaufbau ist in verschiedenen Plänen festgehalten, die unterschiedliche Planungsstufen wiedergeben. So zeigen Bährs Zeichnungen die Kuppel mit Laterne in halbem Vertikalschnitt, halber Ansicht, Viertelhorizontalschnitt sowie Viertelaufsicht, wobei im Unterschied zum ausgeführten Bau hier im Außenbereich die Blendbalustrade über der geschwungenen Unterbauzone fehlt [155]. [677] In der halben Ansicht ist die geplante Ausführung der Kuppel in Stein sehr gut zu erkennen, wie sie 1735 schließlich auch vollendet wurde. Die Diskussionen um das Baumaterial sind insofern interessant, als eine steinerne Kuppel zur damaligen Zeit eine Besonderheit darstellte. [678] Zudem war Bähr nie in Italien oder Frankreich, um aus eigener Anschauung Kirchen in dieser Bauart zu kennen. [679]

■ 677

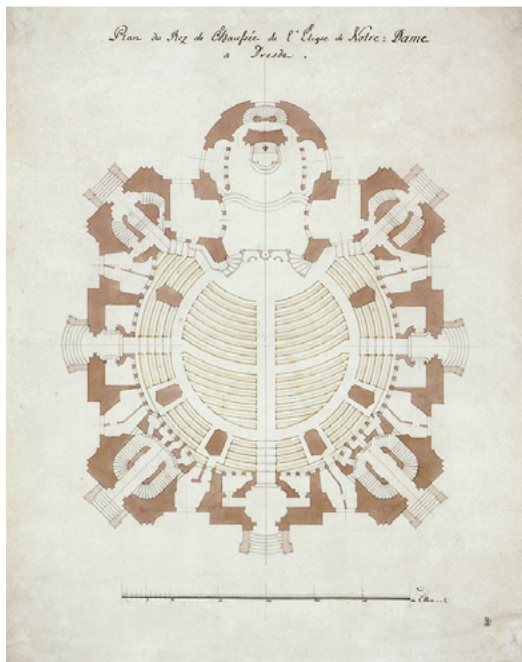
Vgl. ebd., S. 396, Nr. 65.

■ 678

Vgl. Müller 1994, S. 37.

■ 679

Vgl. ebd., S. 33.



□ 155

Darstellungen der Frauenkirche von George Bähr: Grundriss des Erdgeschosses der Frauenkirche, beschriftet mit »Plan du Rez du Chaussée de l'Église de Notre-Dame à Dresde«, Feder auf Zeichenpapier, 53,7 x 42,6 cm, George Bähr, um 1733, Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (links); Zeichnungen zu Kuppel und Laterne in halbem Vertikalschnitt, halber Ansicht, Viertelhorizontalschnitt sowie Viertelaufsicht, Feder, grau und rötlich laviert auf Zeichenpapier, 88 x 38 cm, George Bähr, um 1733, Stadtarchiv der Landeshauptstadt Dresden (rechts).

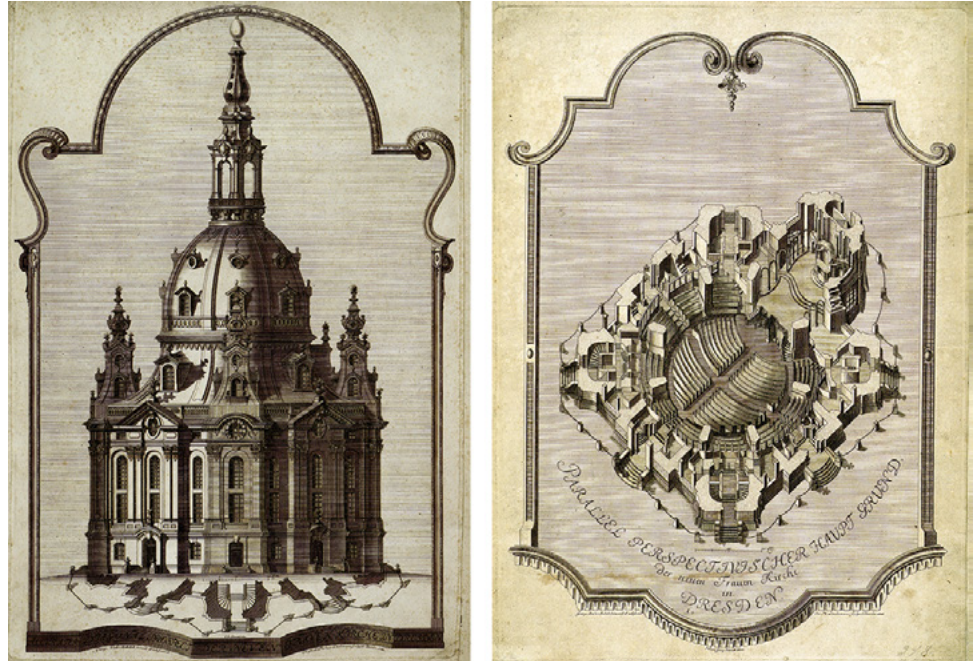
■ 680

Vgl. Magirus 2005, S. 432-442.

■ 681

Vgl. ebd., S. 432, S. 435, Taf. 8.

Die Weihe der Frauenkirche fand im Februar 1734 statt. Um dieses Jahr fertigte der Kupferstecher Christian Philipp Lindemann eine Vielzahl von Stichen an, in denen er die Bauformen der Kirche nach Bähr in unterschiedlicher Weise festhält. [680] Beispielsweise zeigt er eine Ansicht des Bauwerks aus Südwesten und gibt sogar den Lichteinfall mit entsprechenden Schatten wieder [156]. Im Bildvordergrund zeichnet er zudem einen Teil des Grundrisses ein, wobei er die Mauerchen und deren Bekrönungen auch mit entsprechendem Schattenwurf versieht. In diesem mit einem geschwungenen Rahmen verzierten Bildwerk verbindet er somit verschiedene Darstellungsmodi. Im gleichen Jahr fertigte er zudem einen isometrischen Schnitt, in dem er sehr anschaulich die räumliche Disposition des Erdgeschosses vermittelt [156]. [681] Durch die darin erfolgte plastische Herausarbeitung des Grundrisses bietet sich dem Betrachter weit mehr Information über den Bau als sich in einem einfachen Plan für den Laien erkennen lässt.



□ 156

Darstellungen der Dresdner Frauenkirche von Christian Philipp Lindemann: Ansicht von Südwesten, beschriftet im Schriftband mit »Acurater Diagonal Prospect der neuen Frauen Kirche in Dresden«, darunter links »George Baehr Architect invenit et aedificavit«, mittig »J.G. Schmidt delin«, rechts »Christian Philipp Lindemann sculpsit Dresdae 1734«, Kupferstich, 51,8 x 35,8 cm, Christian Philipp Lindemann nach George Bähr, 1734, Stadtarchiv der Landeshauptstadt Dresden/Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (links); Schnitt mit isometrischer Darstellung des Erdgeschosses, beschriftet mittig mit »Parallel Perspectivischer Haupt Grund der neuen Frauen Kirche in Dresden«, Kupferstich, Plattengröße 51,2 x 36,8 cm, Christian Philipp Lindemann nach George Bähr, 1734, Stadtarchiv der Landeshauptstadt Dresden (rechts).

Bis zur Fertigstellung des Baus mit der abschließenden Bemalung der Kuppelhaube 1743 erfolgten noch zahlreiche Arbeiten, vor allem im Innenraum und bezüglich der Ausstattung. Der Bildhauer Johann Christian Feige zeichnete im Innenraum unter anderem für den Entwurf und die Ausführung des Altars, das Orgelgehäuse, die Stuckierungen in der inneren Kuppelschale und die Verzierung der acht Pfeiler verantwortlich. **682** Die vollendete Kirche bildete ein beliebtes Motiv für Gemälde und ist insbesondere in den Veduten von Bernardo Bellotto, genannt Canaletto, häufig zu sehen **157**.

■ 682

Vgl. Hennig 2001, S. 100–101.



□ 157

Die Dresdner Frauenkirche in einer Vedute von Bernardo Bellotto, genannt Canaletto: »Dresden vom rechten Elbufer unterhalb der Augustusbrücke«, Öl auf Leinwand, 133 x 237 cm, 1748, Gemäldegalerie Alte Meister, Dresden.

Aus dem 19. und 20. Jahrhundert hat sich eine Vielzahl an fotografischen Innen- und Außenaufnahmen der Frauenkirche erhalten [170] [171]. Aufnahmen der Kirche von außen zeigen immer auch die sie umgebenden Bauwerke und dokumentieren somit auch den urbanen Kontext [158].



□ 158

Ansichten der Dresdner Frauenkirche aus unterschiedlichen Perspektiven in historischen Fotografien: Blick vom Belvedere zur Frauenkirche, Ermenegildo Antonio Donadini, 1887/1888, (links) u. Blick auf den Neumarkt von Süden, Verbeek (?), um 1900 (rechts), beide Deutsche Fotothek.

Insbesondere der Innenraum wurde während des Zweiten Weltkriegs fotografisch festgehalten. So existieren zahlreiche Farbdiaspositive aus dem Jahr 1943, die später für den Wiederaufbau in den 1990er-Jahren wesentlich waren. [683] In dieser Zeit wurden sogar Restaurierungsarbeiten an der Kirche durchgeführt, an denen der Architekt Arno Kiesling maßgeblich beteiligt war. [684] Denn nachdem 1937 Risse im Mauerwerk entdeckt worden waren, die auf eine Überlastung der Hauptpfeiler zurückgeführt werden konnten, erfolgten zwischen 1938 und 1943 mehrere Sicherungsmaßnahmen. [685] Diese sollten die Stabilität der Kirche gewährleisten und sie auch gegenüber Bombenangriffen absichern. [686] Kurz vor Kriegsende konnten diese Maßnahmen die Zerstörung des Bauwerks dennoch nicht verhindern. Am 13. und 14. Februar 1945 wurde sie von mehreren Brandbomben getroffen, die zwar aufgrund der Kuppelform vom Dach hinabrutschen, im Inneren aber dennoch einen Brand verursachten, da aus Zeitmangel nicht alle Fenster zugemauert werden konnten. Die durch den Brand entstandene enorme Hitze führte schließlich am 15. Februar zum Einsturz der Kuppel, der auch den Rest des Gebäudes mit sich riss. Als Ruine blieben nur spärliche Reste des Mauerwerks inmitten eines immensen Trümmerbergs stehen. Diese Ansicht prägte Dresden über viele Jahrzehnte hinweg [159].

■ 683

Die Erstellung der Farbdiaspositive erfolgte auf Veranlassung Adolf Hitlers, der mit dem »Führerauftrag Farbphotographie« zwischen 1943 und 1945 »kulturell wertvolle Wand- und Deckenmalereien in historischen Baudenkmälern Großdeutschlands« mittels Kleindias dokumentieren ließ. Etwa 40.000 Dias sind heute noch erhalten. Zit. aus: George Bähr 2001, S. 196, Kat. Nr. 97.

■ 684

Vgl. Magirus, 2005, S. 130, S. 132.

■ 685

Laut des Kunsthistorikers Heinrich Magirus erfolgten die Restaurierungsmaßnahmen einschließlich einer Innenraumerneuerung von 1938 bis 1943, wohingegen Martina Brückner die Jahre 1936 und 1943 als Eckpunkte für diese Arbeiten nennt. Vgl. ebd., S. 130 u. 132; Brückner 1993, S. 62.

■ 686

Bei der Untersuchung 1937 wurde festgestellt, dass sich die Fundamente der Hauptpfeiler gesenkt hatten. So wurden diese nun unter der Leitung des Statikers Georg Rüh und des Architekten Arno Kiesling verstärkt. Ausführliche Informationen zum Zustand des Sakralbaus vor und während des Zweiten Weltkriegs bietet: Müller 1994, insbes. S. 77, S. 79, S. 99-103.



□ 159

Historische Fotografie der Ruine in Richtung Rathausurm, Richard Peter, ca. 1965, Deutsche Fotothek, Dresden.

■ 687

Vgl. Magirus 2005, insbes. S. 133, Abb. 102/103, S. 222, Abb. 205.

■ 688

Vgl. Müller 1994, S. 107 u. 112.

■ 689

Vgl. Webseite zur Dresdner Frauenkirche, Stichwort »Bürgerbewegung«: <http://www.frauenkirche-dresden.de/wiederaufbau/>.

■ 690

Vgl. Webseite zur Dresdner Frauenkirche: <http://www.frauenkirche-dresden.de/wiederaufbau/ruf-aus-dresden/>.

■ 691

Vgl. Müller 1994, S. 114; Güttler 1994.

■ 692

Vgl. Müller 1994, S. 107 u. S. 114/115. Eine Übersicht über die tatsächlich wieder verbauten alten Steine ist zu finden auf der Webseite zur Dresdner Frauenkirche, Stichwort »Mengenangaben«: <http://www.frauenkirche-dresden.de/bauwerksdaten/>. Eine genaue Aufstellung wie viele Steine in welchen Teilen des Bauwerks wieder verbaut werden konnten ist zu finden in: Frenzel 2007, S. 82/84.

■ 693

Vgl. Webseite zur Dresdner Frauenkirche, Stichworte »1992: Schaffung der Grundvoraussetzungen« u. »1993: Die archäologische Enttrümmerung«, <http://www.frauenkirche-dresden.de/wiederaufbau/>.

■ 694

Vgl. Abschnitt »Vollendung im Jahre 2003« der folgenden Publikation: Der Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden 1994; Collins et al. 1995, S. 19. Der Wiederaufbau wurde begleitet durch Bauberichte, die in Jahrbüchern »Die Dresdner Frauenkirche«, hrsg. v. der »Gesellschaft zur Förderung des Wiederaufbaus der Frauenkirche e. V.« veröffentlicht wurden. Die Baukostenschätzung variierte stark zwischen 160 Millionen DM (1993) und 250 Millionen DM (1994). Vgl. ebd.

■ 695

Die den Wiederaufbau begleitenden Arbeiten werden ausführlich beschrieben in: Glaser 2007, insbes.: S. 9-10; Krull/Zumpe 2001, S. 95.

Nach Kriegsende fertigte Kiesling zwischen 1945 und 1959 zahlreiche Zeichnungen und Aufmaße des gesamten Baus an, die auf Aufmaßen aus den 1930er-Jahren beruhen [170] [178]. [687] Auch diese stellen einen wichtigen Baustein in der visuellen Dokumentation der Kirche dar, da sie den Zustand der Kirche vor ihrer Zerstörung festhalten.

Ein Wiederaufbau der Frauenkirche wurde zwar bereits kurz nach Kriegsende erwogen und durch verschiedene Untersuchungen und Sicherungsmaßnahmen gut erhaltener Steine begleitet, jedoch war dies zu Zeiten der DDR weder finanziell noch politisch durchführbar. [688] Im November 1989 wurde schließlich eine Bürgerinitiative in Dresden ins Leben gerufen, die im Februar 1990 den Ruf aus Dresden veröffentlichte. [689] Darin appellierte sie an die Weltbevölkerung, sich an dem Wiederaufbau zu beteiligen. [690] Einen Monat danach bildete sich ein Förderkreis, der schließlich in die Gesellschaft zur Förderung des Wiederaufbaues der Frauenkirche Dresden e. V. umgewandelt wurde und später die Stiftung Frauenkirche Dresden gründete. [691] Ziel war, wie schon Ende der 1940er-Jahre, eine sogenannte archäologische Rekonstruktion durchzuführen, also so viele originale Steine und Bauteile wie möglich wieder zu verbauen. [692] Die Stadt Dresden erteilte der Stiftung 1992 sämtliche nötigen Genehmigungen, sodass ein Jahr später die archäologische Enttrümmerung erfolgen konnte. [693] 1994 begann schließlich der Wiederaufbau, für den etwa zehn Jahre veranschlagt wurden. [694]

Dem Wiederaufbau gingen zahlreiche Vorarbeiten voraus: Für die Gesamtplanung des Großprojekts war es zunächst wichtig, alle relevanten historischen Quellen zu sichten und auszuwerten. Wesentliche Grundlage bildeten hier einerseits George Bähns Pläne aus dem 18. Jahrhundert, Aufmaßpläne des 19. Jahrhunderts, Arno Kieslings Zeichnungen der Frauenkirche nach dem Zweiten Weltkrieg sowie historische Fotografien und andererseits noch wiederverwendbare Bauteile und Fundstücke aus der Ruine. [695] Die Auswertung der Pläne deckte auch verschiedene Probleme auf, wie beispielsweise den Umgang mit Zeichnungen ohne Maßangaben oder mit einem auf Ellen basierenden, nicht geeichten Maßsystem, das dem Kirchenbau zugrunde lag. Historische Schriftquellen aus dem 18. Jahrhundert, wie den Bau betreffende Rechnungen, die sich im Stadtarchiv Dresden befinden, wurden von Mitarbeitern des Denkmalamts ausgewertet. Die darin enthaltenen Informationen verknüpfte wiederum ein Mitarbeiter des Landesamts mit den Befunden der Ruine.

In Teamarbeit untersuchten Vertreter aus den Bereichen Architektur, Bauarchäologie und Steinmetzhandwerk gemeinsam die Fundstücke, fotografierten und digitalisierten sie. So konnten sämtliche Einzelteile ihrem originalen Platz in der Fassade zugeordnet werden. [696] Für eine exakte Rekonstruktion war es wesentlich zu wissen, wie die Frauenkirche 1945 eingestürzt war. [697] Das mit der archäologischen Enttrümmerung beauftragte Ingenieurbüro Jäger fand heraus, dass der südöstliche Pfeiler als erster einknickte, wodurch die Kuppel nach unten sackte und in der Folge auch die übrigen Pfeiler nachgaben als der Druck auf sie zu groß wurde. [698]

Die gesamte Geometrie des barocken Baus – mitsamt aller Krümmungen und ineinander verschränkter Raumteile – dreidimensional abzubilden, stellte eine komplexe Aufgabe dar. Um all diesen Herausforderungen gerecht zu werden, griff man auf die aktuellste Computertechnologie zurück, unter ande-

■ 696

Teilweise musste allerdings zugunsten der Statik und Sicherheit die Verwendung des originalen Baumaterials ausgesetzt werden. Ein noch erhaltenes, etwa 3 × 3 m umfassendes Stück der Kuppel wurde aus ebensolchen Gründen nicht mehr verbaut. Das Risiko auf drohende Wasserschäden war zu hoch. Vgl. Glaser 2007, S. 12.

■ 697

Vgl. Die archäologische Enttrümmerung: Verfahren und Vorgehensweisen (zum Referat von Wolfram Jäger) 2007, S. 19.

■ 698

Vgl. ebd.

■ 699

Das Softwareprogramm »CATIA« wurde von der französischen Firma »Dassault Systèmes« entwickelt und ursprünglich im Flugzeugbau eingesetzt. Es eignete sich daher insbesondere zum Konstruieren komplexer und gekrümmter Gebilde. Zudem ließen sich sämtliche Informationen zu Flächen, Volumen, Koordinaten und Massen extrahieren. Vgl. Krull/Zumpe 2001, S. 95. Für Informationen zur Entwicklung von »CATIA« vgl. Artikel des Gründers der Firma »Dassault Systèmes«: Bernard 2010. In einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels wird ausführlich auf den Einsatz von »CATIA« eingegangen. Weitere Anwendungsbeispiele der Software sind zu finden in Kapitel 2 (→ 051).

■ 700

Vgl. Krull/Zumpe 2001, S. 95.

■ 701

Informationen zum Verfahren der Digitalfotografie für die Aufnahme der Fundstücke finden sich in: Graupner 2007, S. 26–27.

■ 702

Das sonst übliche Handaufmaß wäre bei der riesigen Anzahl an Fundstücken und dem herrschenden Zeitdruck zu aufwendig gewesen. Vgl. S. 26.

■ 703

Vgl. Schewe 2000, S. 3.

■ 704

Zur Problematik der Maße vgl.: Brückner 1993, S. 62–65.

rem das Softwareprogramm CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) der französischen Firma Dassault Systèmes, mit dem der Bau von dem mit der Gesamtplanung des Wiederaufbaus beauftragten Architekten- und Ingenieursgesellschaft IPRO Dresden in einem 3D-Modell visualisiert werden konnte [160]. 699 Denn Aufgabe des 3D-Modells war, den ursprünglichen Bauzustand der Frauenkirche digital zu dokumentieren. 700



□ 160

3D-Modelle zu Details der Dresdner Frauenkirche: Kuppel und Laterne (links), innere Kuppel mit Wendelrampe (rechts), »IPRO Dresden«, 1993.

Um die Fundstücke möglichst zeitsparend zu erfassen, kam auch hier die damals modernste Technik zum Einsatz: Digitalfotografie. 701 So wurden von den Fundstücken fotogrammetrische Messbilder aufgenommen, um sie auf CD-Roms abzuspeichern und am Computer auf ihre Verwendbarkeit hin zu überprüfen. 702 Nachdem sie ausgedruckt worden waren, konnten sie vor Ort mit den entsprechenden Nummern der Fundstücke beschriftet werden. Mit dem Bildbearbeitungsprogramm Photoshop, das erst 1990 von Adobe auf den Markt gebracht worden war, 703 wurden diese später in die digitalen Fotos übertragen. Auf diese Weise war es möglich die vorhandenen Trümmerstücke in ihrem funktionalen Raumzusammenhang im 3D-Modell abzubilden. Da jedoch die Maße der noch vorhandenen Steine durch den Einsturz der Kirche nicht mehr mit den Maßen in den überlieferten Plänen übereinstimmten, wurden mittels CATIA die Maße neu berechnet und angepasst. 704 So konnte auch ein Überblick zum Stand der Enttrümmerung gewonnen werden, der mit der Eingabe neuer Daten zu den erfassten Steinen beständig aktualisiert wurde.

Entstehungskontext der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche

Wie hieran deutlich wird, trug modernste Computertechnik maßgeblich zum Wiederaufbau der Dresdner Frauenkirche bei, worin das zuvor erläuterte dokumentierende 3D-Modell nur einen Baustein darstellt. Denn im Rahmen des

■ 705

Vgl. Ronchi 2009, S. 341.

■ 706

Da die Gelder der Bundesrepublik und der Kirche zu dieser Zeit größtenteils in die Entwicklung Ostdeutschlands flossen, musste die Dresdner Frauenkirche aus anderen Mitteln finanziert werden. Vgl. Collins et al. 1995, S. 19; Der Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden 1994, o. S. (Abschnitt »Wiederaufbau der Frauenkirche aus Spendenmitteln«). Noch 1993 waren 160 Millionen DM für den Wiederaufbau veranschlagt worden. Vgl. dazu Collins et al. 1995, S. 19. Die Kosten des Wiederaufbaus beliefen sich am Ende auf insgesamt 182,6 Millionen Euro und blieben damit im Kostenrahmen. Vgl. dazu: Webseite zur Dresdner Frauenkirche, Stichwort »Baukosten«: <http://www.frauenkirche-dresden.de/bauwerksdaten/>. Namhafte Spender werden 1993 auch öffentlich in einem Artikel des »SPIEGEL« genannt: der damalige Bundeskanzler Helmut Kohl, der Schriftsteller Martin Walser sowie Ludwig Güttler, Musiker und Vorsitzender der »Stiftung Frauenkirche Dresden« und der »Gesellschaft zur Förderung des Wiederaufbaus der Frauenkirche Dresden e. V.« Vgl. dazu: Steinerne Glocke 1993.

■ 707

Auch in der Presse wird die Präsentation des 3D-Modells auf der »CeBIT« im März 1994 in Hannover kurz beschrieben: vgl. Steinerne Glocke im Computer bereits restauriert 1994. In einem späteren Abschnitt des Kapitels wird im Kontext der medialen Präsenz näher auf das VR-Modell und dessen Präsentation auf der »CeBIT« eingegangen.

■ 708

Vgl. Collins et al. 1995. Weitere Präsentationen erfolgten auf der Konferenz »SIGGRAPH« 1993 in Kalifornien und im »IBM«-Ausbildungszentrums »Arthur K. Watson International Education Centre« in La Hulpe, Belgien. Diese Informationen gab Brian Collins der Autorin in einer E-Mail vom 12.12.2017.

■ 709

Informationen zur Genese dieses Videos gab Brian Collins der Autorin in einer E-Mail vom 12.12.2017.

Wiederaufbaus wurde ein weiteres digitales 3D-Modell basierend auf historischen Bildquellen realisiert, das in unterschiedlichen Kontexten öffentlich präsentiert wurde: Computeranimierte Szenen des digitalen Modells wurden in insgesamt sechs Fernsehspots auf SAT.1 im November und Dezember 1993 in Deutschland ausgestrahlt. 705 Ihnen kam eine entscheidende Rolle im Fundraising für den Wiederaufbau der Kirche zu. Denn rund 250 Millionen – damals noch – D-Mark, mehr als die Hälfte der veranschlagten Baukosten, mussten über Spendengelder realisiert werden. 706 Mediale Aufmerksamkeit erfuhr das 3D-Projekt auch durch ein interaktives VR-Modell, das 1994 am Stand von IBM auf der CeBIT präsentiert wurde. 707 Zudem wurde es 1993 auf der Konferenz CAA in Stoke-on-Trent, Großbritannien, der Wissenschaftscommunity vorgestellt. 708

Im Fokus der nun folgenden Untersuchung steht das auf Basis historischer Bildquellen wissenschaftlich erstellte 3D-Modell, das hier als 3D-Projekt bezeichnet wird, und als Grundlage für die im Abschnitt zuvor erwähnte VR-Anwendung und die Fernsehspots diente. Zunächst wird der Rekonstruktionsvorgang erläutert, um darauf aufbauend die fertiggestellte Visualisierung in Form eines Videos zu beschreiben und zu analysieren. Dieses Video stellt eine Fusion der Fernsehspots dar und umfasst somit eine komplexe Darstellung der 3D-Rekonstruktion. 709

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Für das 3D-Projekt stellte IBM als Sponsor eine wichtige Unterstützung dar, wobei als Projektleiter der bei IBM Deutschland tätige Robert Haak fungierte. 710 So konnte für die Erstellung der 3D-Rekonstruktion auf verschiedene Hard- und Software der Firma zurückgegriffen werden. 711 Die Arbeit an dem 3D-Modell wurde hauptsächlich von einem Team des IBM UKSC, das von Winchester in das nahe gelegene Hursley übersiedelt war, durchgeführt mit dem in Vollzeit daran arbeitenden Chemiker Brian Collins sowie in Teilzeit beschäftigten Mitarbeitern. 712 Über einen Zeitraum von mehreren Monaten war der Computergrafiker Luc Genevriez mit seinem Team Pascal Nicot, Pierrick Brault und Xavier Coyere von der französischen Firma Pantin am IBM UKSC, um die 3D-Modellierung durchzuführen.

Als Quellen für die detailreiche digitale Rekonstruktion dienten vor allem die für die frühere Restaurierung vor beziehungsweise während des Zweiten Weltkriegs angefertigten Architekturzeichnungen und zeitgenössischen Fotografien. 713 Neben Technikern arbeiteten auch Archäologen und Kuratoren an dem Projekt mit, die sich insbesondere der Erforschung der Quellenlage widmeten. Das Ziel war, die Frauenkirche historisch korrekt wiederzugeben, aber auch eine authentische Atmosphäre zu schaffen und dadurch Emotionen und Erinnerungen aufleben zu lassen. Sämtliche Quellen mussten entsprechend kritisch betrachtet werden, bevor sie in den Rekonstruktionsvorgang der realen Kirche einbezogen werden konnten, denn teils wiesen sogar die von Arno Kiesling angefertigten Aufmaße Fehler auf. 714

Die Erstellung des 3D-Modells erfolgte in mehreren Schritten. Zunächst wurde mit Hilfe der Software CATIA ein 3D-Modell erstellt. Dabei handelte es sich konkret um mehrere einzelne 3D-Modelle, was der Komplexität des darzustellenden Gebäudes geschuldet war: eines der Außenansicht, eines der

■ 710

Vgl. Collins et al. 1995, S. 19; Brückner 1993, S. 62.

■ 711

Vgl. Collins et al. 1995, S. 24; Brückner 1993, S. 62–65.

■ 712

Informationen zur Aufteilung gab Brian Collins in einer E-Mail an die Autorin am 12.12.2017 an. Ferner waren an dem 3D-Projekt folgende Personen und Institutionen beteiligt: Martin Trux und Herbert Herz von »IBM Deutschland«, Stuttgart, »ARC (Audiovisuelle Realisation Conseil)« und Burkhard Krause, Jens Kluckow und Armin Pfaffenholz von »TransCAT Nord GmbH«, Dortmund. Vgl. Collins et al. 1995

■ 713

Ausführliche Informationen zum Rekonstruktionsvorgang sind zu finden in: Collins et al. 1995, S. 19–23.

■ 714

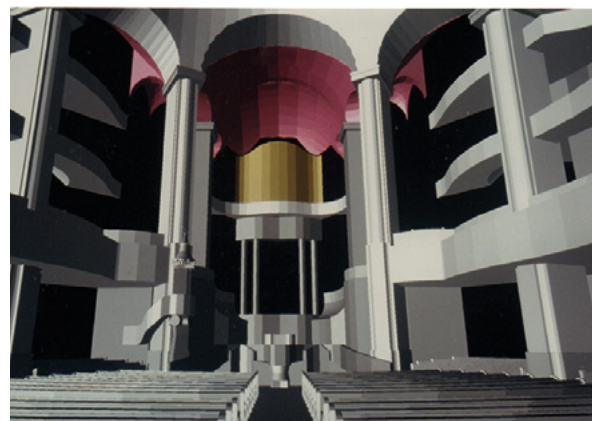
Ein Fehler wurde bei der Entrümmung aufgedeckt: Kiesling hatte den Standort zweier kleiner Altarsäulen um einen Meter versetzt in seinen Plänen vermerkt. Vgl. dazu Runkel 1994, S. 24. Inwieweit dieser Fehler möglicherweise gar keiner war, sondern auf den Geschehnissen des Zusammenbruchs der Kirche beruhte, wird hier in der genannten Literatur nicht behandelt. Peter Müller merkte 1994 an, dass sich der Trümmerberg der Frauenkirche insbesondere nach Westnordwest über den Grundriss des Bauwerks hinaus erstreckte (vgl. Müller 1994, S. 118). Ob es hier einen Zusammenhang gibt, müsste im Einzelnen geprüft werden.

■ 715

Bei Booleschen Operatoren handelt es sich um nach dem Mathematiker George Boole benannte mathematische Verknüpfungen, die beispielsweise im Bereich des computertechnischen Modellierens dazu verwendet werden, geometrische Körper wie Quader, Zylinder oder Kugeln zu Objekten zu verbinden. Vgl. Roth 1982, S. 109.

Innenansicht sowie eines der noch existierenden Ruine und eines, das das zukünftige Aussehen des rekonstruierten Bauwerks zeigte. Die Software ermöglichte es komplexe geometrische Körper und Oberflächen zu erstellen. Aus den Einzelobjekten konnten wiederum durch sogenannte Boolesche Operatoren komplexe geometrische Formen zusammengestellt werden, um beispielsweise eine bestimmte Dachform zu bilden. 715 Ansichten des 3D-Modells, die es in einem Zwischenzustand ohne Texturen zeigen, stellen eindrücklich vor Augen, welche geometrischen Gebilde dem barocken Bauwerk zugrunde liegen ^[161].

Eine große Prämisse des Projekts war, nur dann Details zu visualisieren, wenn die Informationen hierzu über Quellen verifiziert waren. So konnte die äußere Steinfassade nur relativ grob wiedergegeben werden, wohingegen die Kanzel im Inneren der Kirche aufgrund der guten Quellenlage viel detailgenauer visualisiert wurde.



□ 161

3D-Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche basierend auf historischen Bildquellen mit der Software »CATIA«, Geometriemodell, »IBM«, 1993.

Nach der Erstellung des geometrischen 3D-Modells wurde mit der Bearbeitung der Fotografien in dem Programm NEFERTITI begonnen. Sie wurden als Texturen in das Modell integriert, um eine fotorealistische Ästhetik zu erhalten. Damit alle notwendigen Details der Kirche wiedergegeben werden konnten, wurden auch Fotografien anderer geeigneter Sakralbauten in Deutschland und der St Paul's Cathedral in London herangezogen. Alle Scans der historischen Fotografien aus der Zeit der letzten Restaurierung und sämtliche weitere Aufnahmen wurden farblich aufeinander abgestimmt und skaliert. Anschließend konnten sie als Texturen auf das Geometriemodell gelegt werden.

In einem nächsten Schritt wurden die vier separaten 3D-Modelle in das Programm TDIImage übertragen, um sowohl die Innenausstattung – wie Orgel, Kanzel und Emporen – mithilfe von historischen Fotografien weiter zu ergänzen als auch die Farb- und Lichtbearbeitung vorzunehmen. Soweit die originale Farbgebung bekannt war, wurde sie im Modell umgesetzt. Abschließend wurde für die Innen- und Außenansicht noch eine Beleuchtung gewählt.

Auch die Erstellung der Animation vollzog sich in mehreren Schritten. Anhand von sechs zuvor bestimmten Schlüsselbildern wurde der Verlauf der Kamerafahrt sowohl innerhalb von TDIImage als auch in CATIA festgelegt und in

■ 716

Mit den Anwendungsmöglichkeiten von »Raycasting« beschäftigte sich Scott D. Roth 1982, der im Entwicklungslabor bei »General Motors« tätig war: Erzeugung von Bildern mit Schatten, Reflexionen, Einsatz mehrerer Lichtquellen, Transparenz, Spiegelungen und »Antialiasing«. Vgl. Roth 1982, S. 136. Zur Technik des »Raytracings« vgl. Appendix 2.3 (→ 657), Interview mit Norbert Quien, Frage 5.

■ 717

Die zwölfwöchige Arbeitszeit umfasste insgesamt 9.000 Maschinenarbeitsstunden. Es wurde folgende Hardware verwendet: acht »IBM RISC System/ 6.000« Arbeitsplätze der Modelle »530H« und »560« mit dem Betriebssystem »AIX«, vgl. Collins et al., S. 23.

■ 718

Das »PVS« zeichnete sich folgendermaßen aus: 32 Prozessoren, 1 Gigabyte »shared memory« (gemeinsam genutzter Speicher), 21 Gigabyte disk subsystem und ein 24-bit »frame buffer« (Bildspeicher), der es ermöglichte bereits gerenderte Bilder in einer Abfolge von 30 Bildern/ Sekunde darzustellen, vgl. ebd.

■ 719

Diese Information entstammt einer E-Mail von Brian Collins an die Autorin vom 12.12.2017.

■ 720

Um welches Schnittprogramm es sich handelte, wird in der Publikation zum Projekt nicht genannt, vgl. ebd. Zum Musikstück vgl.: Reilly 1996, S. 45.

■ 721

Informationen zum Schnitt der TV-Spots gab Brian Collins der Autorin in einer E-Mail am 12.12.2017. Die Anzahl der Spots wird an anderer Stelle mit sechs angegeben. Vgl. dazu und zum Inhalt der Spots: Brückner 1993, S. 65.

■ 722

Für das Zurverfügungstellen einer digitalen Kopie des Videos zum Sichten bedanke ich mich sehr herzlich bei Paul Reilly, Southampton, und Mark Perry, »IBM Hursley Museum«. Das Abbilden von Bildschirmfotos aus dem Video wurde von »IBM UK« leider nicht gestattet.

das Programm **Data Explorer** übertragen. Um eine Vorschau der Szenen des späteren Films zu erhalten, wurde die Technik des **Raycastings** angewendet, die im Verhältnis zu der sonst üblichen Methode des **Raytracings** weitaus schneller war. **716**

Das Ergebnis waren Animationssequenzen mit je einem Bild pro Sekunde. Anschließend wurden diese in **TDImage** gerendert. Die Bildauflösung betrug 768 × 460 Pixel und 24 Bit für die Farben. Die insgesamt 2.800 Bilder wurden einzeln berechnet, was etwa jeweils ein bis zwei Stunden in Anspruch nahm. Bildübergänge konnten mit **Data Explorer** realisiert werden. In **TDImage** wurden schließlich noch Titel, erläuternde Texte und der Abspann erstellt. Die finalisierte Animation, bestand aus beinahe 3.000 Einzelbildern und zusätzlichen 32 Standbildern mit Text und hatte eine Gesamtlänge von 3:35 Minuten.

Die gesamte Arbeit – Erstellung der Geometriemodelle, der fotorealistischen Modelle, der Renderings sowie die Postproduktion – wurde an verschiedenen Computern von **IBM** in insgesamt zwölf Wochen durchgeführt. **717** Ein **IBM Power Visualisation System (PVS)** wurde für die Arbeitsschritte Animationsvorschau, **Computer Post-Production-Fades** und das Speichern der finalen Sequenz eingesetzt und beschleunigte die Abläufe um ein Vielfaches. **718** Zur Verfügung stellte das **PVS** das **IBM T. J. Watson Research Centre** in Yorktown Heights im US-Bundesstaat New York. **719** Das Grafiksystem **Supernova** der Firma **Spaceward Ltd.** konvertierte die digitalen in analoge Daten, die in insgesamt 30 Stunden auf ein Videoband überspielt wurden. Die Musikuntermalung in Form eines Stücks von Johann Sebastian Bach wurde mithilfe eines Schnittprogramms für das Fernsehen in die Animation eingefügt. **720**

Für die TV-Ausstrahlung schnitt Luc Genevriez computeranimierte Szenen in insgesamt vier Spots, die Informationen zur Geschichte und zum geplanten Wiederaufbau der Frauenkirche lieferten. **721** Er erstellte zudem eine Videoverision, die Szenen der Computeranimationen aus allen Fernsehspots umfasst. Da sie die komplette digitale Rekonstruktion der Frauenkirche beinhaltet, steht sie im Fokus der nun folgenden Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung.

Die fertiggestellte Visualisierung – Formaler Aufbau des Videos

Das 1993 erstellte Video **IBM presents Frauenkirche zu Dresden** hat eine Länge von 2:46 Minuten. **722** Als Regisseur und Produktionsleiter zeichnete Luc Genevriez verantwortlich, die technische Leitung oblag Phil Baskerville, Brian Collins und Dave Williams vom **IBM UKSC**. **723** Präsentiert wurde das Video im gleichen Jahr von Collins und seinem Kollegen Neil Galton auf einschlägigen Konferenzen wie der **CAA** in Großbritannien oder der **SIGGRAPH** in den USA. **724**

Das Video lässt sich in folgende fünf Abschnitte unterteilen:

1. Vorspann (Min. 0:00 – 0:42)
2. Kamerafahrt um das Äußere des Baus (Min. 0:43 – 1:07)
3. Kamerafahrt durch das Innere der Kirche (Min. 1:08 – 2:06)
4. Kamerafahrt um das Äußere des Baus (Min. 2:07 – 2:19)
5. Abspann (Min. 2:20 – 2:46)

■ 723

Vgl. Abspann des Films.

■ 724

Vgl. Collins et al. 1995; E-Mail von Brian Collins an die Autorin am 12.12.2017.

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Virtueller Rundgang

Der Vorspann beginnt mit einer Einstellung, die eine sich entlang des unteren Bildrands erstreckende, dunkelgraue Silhouette Dresdens zeigt. Der Himmel, der etwa drei Viertel der Fläche einnimmt, weist einen helleren Grauton mit weißen Wolken andeutenden Schlieren auf. Im Vordergrund prangt mittig angeordnet das Logo von IBM in weißer Farbe, das nach ein paar Sekunden ausgeblendet wird. Kurz darauf erscheint im Bildzentrum der in geschwungener Schreibschrift abgebildete Schriftzug »Presents«, der nach seinem Ausblenden durch »Frauenkirche zu Dresden« abgelöst wird. Nach dessen Ausblendung befindet sich die Silhouette Dresdens im mittleren Bildhintergrund und darunter eine braun-rot eingefärbte Fläche, die wie eine vom Wind aufgewirbelte Sandfläche wirkt, da sie zur Stadt hin pastos verwischt ist. Schließlich wird langsam ein Standbild der computerrekonstruierten Frauenkirche mittig eingeblendet, wobei der gesamte Bau eine dunkle Steinquaderung mit hellen Fugen aufweist. Ein paar Sekunden später erscheint darüber gelegt der folgende Text in Schreibschrift: »Built in 1726-1743/the Frauenkirche was/destroyed by fire on/February 15th 1945,/2 days after the bombing/of Dresden.« Im Hintergrund ersetzt währenddessen eine Rekonstruktion der Ruine der Frauenkirche die intakte Abbildung des Baus. Zu sehen sind nur mehr die wenigen Mauern, die nach der Bombardierung Dresdens 1945 stehen geblieben sind. Ein neuer Schriftzug wird eingeblendet: »The rebuilding of/the Frauenkirche, in/original form, will/take 10 years.«

Nach dem Ausblenden des Texts wird die Ruine langsam durch das Einblenden des restlichen Baukörpers zur vollständigen Kirche ergänzt ^[162]. Dies stellt das damals geplante Erscheinungsbild der Frauenkirche nach ihrem Wiederaufbau dar. Dabei heben sich die noch bestehenden Mauern in ihrer dunklen Farbigkeit klar von den helleren rötlich-beigen Ergänzungen ab, die in dieser Ansicht keine eindeutige Steinquaderung erkennen lassen.

Auf einen Schnitt folgt eine Sequenz, die einen Flug um das Äußere des Sakralbaus umfasst. Nun ist wieder die Silhouette Dresdens wie im Anfangsbild zu sehen. Eine virtuelle Kamera fährt in einem weichen Bogen die grauen Schatten der Stadt nach rechts unten entlang. So kommt schließlich die vergoldete Spitze der Laterne als Nahansicht ins Blickfeld. Die Kamera gleitet in einer sich nach links schraubenden Bewegung an dem Bauwerk hinab, wodurch die Größe und Komplexität der einzelnen Bauglieder sichtbar wird ^[163]. Etwa auf Augenhöhe eines Spaziergängers, zoomt die Kamera heraus, bis die Kirche abermals vollständig im Bild ist.

Das an diese Sequenz anschließende Bild zeigt das Portal der Frauenkirche in der Nahansicht. Die dunklen Steinquader mit hellen Fugen sind nun deutlich zu erkennen. Mit dem Aufschwingen der beiden Türflügel beginnt der virtuelle Rundgang durch den Innenraum des Gebäudes ^[164]. Die virtuelle Kamera bewegt sich in das hell erleuchtete Innere hinein, unter der umlaufenden Empore hindurch in den sich öffnenden Raum bis kurz vor den Altar an der gegenüberliegenden Seite. Hier verweilt der geführte Blick einen Moment bis er sich nach schräg rechts oben zur Kuppel hinwendet ^[165]. Er dreht sich um die eigene Achse und gleitet schließlich in einer Diagonale wieder hinab. Einer Drohne gleich schwebt die virtuelle Kamera die zahlreichen, übereinander

angeordneten Emporen hinab und gleitet dann rückwärts mit Blick zum Altar aus der Kirche wieder durch das Portal hinaus ins Freie. Die Türflügel schließen sich sogleich und die Kamera weicht so weit zurück bis die Kirche vor der grauen Stadtsilhouette wieder vollständig im Bild ist.



□ 162
Die digital rekonstruierte Frauenkirche nach ihrem geplanten Wiederaufbau, Rendering, »IBM«, 1993.



□ 163
Die virtuelle Kamera umkreist die digital rekonstruierte Dresdner Frauenkirche auf Höhe der Kuppel, Rendering, »IBM«, 1993.

Nach einem Schnitt ist ein Ausschnitt der Außenansicht der Kuppel zu sehen, der die Bildfläche komplett ausfüllt. Am unteren Rand befindet sich dabei das unterste Fenster des geschwungenen Kirchendachs. Die Kamera wendet sich rechts um die Kuppel herum, fährt in einer spiralförmigen Bewegung weiter hinauf um den Bau herum und umfliegt die goldene Spitze, bis diese aus dem Bild verschwindet, da die Kamera noch weiter nach oben gleitet. Nun ist wieder die graue Stadtsilhouette mit hellgrauen Wolken im Bild.

Auf einen erneuten Schnitt folgt ein Standbild, das wie zu Anfang des Films den rötlichen Boden mit der dahinterliegenden Stadtsilhouette zeigt, auf dem nun der Abspann eingeblendet wird. Nacheinander erscheinen mehrere

■ 725

Vgl. **Appendix 1.4** (→ 621), **Dresdner Frauenkirche (1993)**.

Textblöcke in Schreibschrift, die Auskunft über die an der Filmerstellung beteiligten Personen geben. 725 Danach folgt eine Ausblendung ins Schwarze. Auf diesem Hintergrund folgen weitere in Schreibschrift gehaltene Texte, wobei alle Firmen- und Produktnamen in Druckbuchstaben geschrieben sind. Diese geben Aufschluss über die Verantwortlichen der digitalen Rekonstruktion und der verwendeten Soft- und Hardware. Hiermit endet der Film.



□ 164

Die digitale Rekonstruktion Dresdner Frauenkirche mit sich öffnenden Portaltüren und Blick zum Altar in Richtung Osten, Renderings, »IBM«, 1993.

□ 165

Virtueller Rundumblick durch das Innere der digital rekonstruierten Dresdner Frauenkirche vom Altar über die Kuppel zu den Emporen, Renderings, »IBM«, 1993.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Verwendung von Farben und Texturen

Wie zu Anfang erwähnt, ist das Äußere der computerrekonstruierten Frauenkirche differenziert gestaltet. Das noch erhaltene Mauerwerk weist eine dunkelbraune Steinquaderung mit hellen Fugen auf, die Bauteile, die für den Wiederaufbau ergänzt werden müssen, sind in einem hellen, rötlichen Beige-Ton gehalten. Allerdings ist die Farbigkeit in einer weiteren Fassung der digitalen Rekonstruktion, auf die in einem späteren Abschnitt genauer eingegangen wird, teilweise anders wiedergegeben ¹⁶⁶. Anstelle des im Film eher trüb erscheinenden Bildes mit grauen Wolken und düsterer Stadtsilhouette sind im Rendering ein strahlend blauer Himmel mit vom Abendrot rosa gefärbten Wolken zu sehen sowie dunkelblaue Stadtumrisse, die sich wie ein Scherenschnitt deutlich vom Hintergrund abheben.



□ 166

Die digital rekonstruierte Frauenkirche: Rendering, »IBM«, 1993 (links); Still aus dem Video »Virtueller Rundgang« (CD-Rom zur Publikation Krull/Zumpe 2001), »IBM«, 1993.

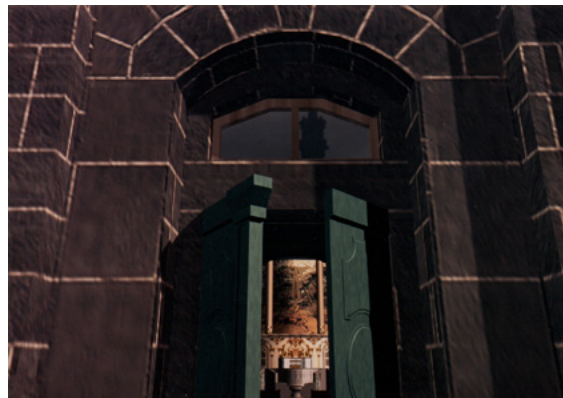
■ 726

Eine Textur mit Steinmaserung ist nicht zu erkennen, was allerdings auch der relativ geringen Auflösung des Films geschuldet sein kann.

Ein Vergleich der darin dargestellten Silhouetten zeigt einige Unterschiede: So sind in der anderen Fassung der 3D-Rekonstruktion die Türme des Ständehauses (links) und des Neuen Rathauses (zweiter Turm von rechts) wiedererkennbar, im Film ist nur ersterer zu entdecken. Diese Umrisse sind allerdings geografisch nicht korrekt angeordnet, vielmehr geht es hier darum einen generellen Eindruck der Stadt zu vermitteln. Zudem sind in der anderen Fassung der 3D-Rekonstruktion Details, wie einzelne Steinquader, deutlich erkennbar, wohingegen im Film erst in der Nahansicht helle Fugen zu sehen sind ^[163] ^[166]. **726** In der filmischen Visualisierung erstrahlt die Spitze der Laterne in goldener Farbe und weist eine glänzende Oberfläche auf. Die darunter befindliche, matt grüne Bedachung ist bei genauem Hinsehen aus einzelnen Platten zusammengesetzt. Während das Mauerwerk der Kirche eine deutliche Steinquaderung besitzt, haben sämtliche zierende Elemente wie Bekrönungen und Fensterrahmen eine glatte Oberfläche in einem etwas dunkleren Beige.

Erst in der Nahansicht des Portals ist im Bereich des originalen Mauerwerks eine Textur erkennbar: Die dunkelbraune Steinquaderung weist eine scheinbar raue, schroffe und mit leichten Maserungen versehene Oberfläche auf, die deutlich an Stein erinnert. Im Gegensatz dazu hat das grüne Portal eine undefinierbare, glatte Oberfläche, die weder Holz noch Metall sichtlich imitiert ^[167].

Das Innere der Frauenkirche ist relativ detailreich dargestellt. Verschiedene Bauelemente erscheinen in unterschiedlichen Farbtönen. Beispielsweise sind die Pfeiler in Gelb gehalten, die planen Wandflächen hinter dem Altar in Blau, sonstige Wandflächen oberhalb der Betstuben in Grün. Die Intensität der Farbigkeit von Filmstills und hochaufgelösten Renderings des 3D-Modells unterscheidet sich in der Wiedergabe des Innenraums deutlich ^[168].



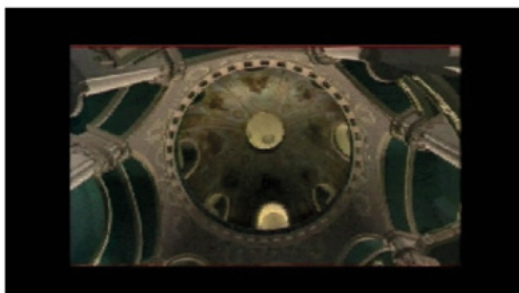
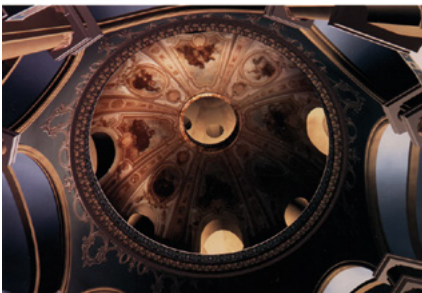
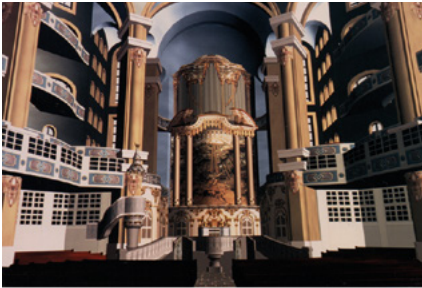
□ 167

Ansicht des Portals der Frauenkirche mit Textur in Mauerwerksoptik, Rendering, »IBM«, 1993.

Sämtliche anderen Flächen oder Einbauten sind mit Fototexturen versehen, die optisch allerdings nicht sehr stark hervortreten. Vielmehr gliedern sie sich in das Gesamtbild ein, das den rekonstruierten Innenraum als eine Einheit hinsichtlich Farbkontrasten, Sättigung, Schärfe und Ähnlichem erscheinen lässt. Alle Elemente sind genau definiert und durchgearbeitet. So finden sich keine leer gelassenen oder diffus wiedergegebenen Stellen.

Die den Pfeilern vorgelagerten Säulen sind gelb gefärbt und mit rötlich gezeichneten Schmuckelementen versehen. Ein grün-rötliches Band mit ornamentalem Muster bestehend aus rechteckigen Feldern im Wechsel mit je einem kleineren grauen Kreis prangt an den Brüstungen der Emporen. Alle Sitzbänke sind rotbraun gehalten, wodurch sie einen starken farblichen Akzent

zu den ansonsten eher gedeckten Farbtönen setzen. Die Fenster ermöglichen keinen Ausblick auf die Stadt, da die Fensterscheiben in opakem Weiß gefärbt sind. Spiegelungen sind daher nicht vorhanden ^[165].



□ 168
Unterschiedliche Farbigkeit in der Wiedergabe des Innenraums: Renderings, »IBM«, 1993 (links), entsprechen der Farbigkeit von Filmstills aus unveröffentlichtem Video »IBM presents Frauenkirche zu Dresden«, »IBM«, 1993; Stills aus dem Video »Virtueller Rundgang« (CD-Rom zur Publikation Krull/Zumpe 2001), »IBM«, 1993 (rechts).

Die Ästhetik des Vor- und Abspanns erinnert an Stummfilme. Insbesondere am Anfang des hier beschriebenen Films evoziert die weiße, etwas altmodisch wirkende Schreibschrift vor grauem Grund diese Assoziation. Um nun zu ergründen, wie detailgenau die Rekonstruktion der Kirche umgesetzt wurde, werden im Folgenden sowohl historische Text- als auch Bildquellen herangezogen, um sie mit der digitalen Visualisierung zu vergleichen.

■ 727

Vgl. Magirus 2005, S. 257.

■ 728

Hasche 1781, S. 621.

■ 729

Vgl. ebd. u. Magirus 2005, S. 257.

■ 730

Goldene Verzierungen finden sich laut der Beschreibung des Historikers Johann Christian Hasche z. B. an den Gurten in der Kuppel, der Bekrönung der Orgel, sämtlichen Details des Altars, der Verkleidung und dem Baldachin der Kanzel, vgl. Hasche 1781, S. 619–621.

■ 731

Ebd., S. 619.

■ 732

Diese Vorlagen bieten sich als Vergleichsbeispiele an, da für die digitale Rekonstruktion u. a. historische Fotografien sowie Zeichnungen von Arno Kiesling aus den 1930er- bis 1950er-Jahren herangezogen wurden. Vgl. Krull/Zumpe 2001, S. 95–96.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

So liegen beispielsweise Aufzeichnungen aus dem 18. Jahrhundert zur farblichen Gestaltung des Innenraums vor. ⁷²⁷ Diese geben Aufschluss darüber, dass das Innere insgesamt »gelblicht« ⁷²⁸ erschien, mit in diesem Farbton marmorierten Säulenschäften. ⁷²⁹ So erklären sich die in Gelb visualisierten Pfeiler in der digitalen Rekonstruktion, in der auch die reichen Goldverzierungen wiedergegeben sind, die in einer historischen Beschreibung des Innenraums Erwähnung finden. ⁷³⁰ Oberhalb des Altartischs befanden sich »grüne marmorine Säulen« ⁷³¹, wie sie auch in der wiederaufgebauten Frauenkirche erscheinen. Im 3D-Modell hingegen sind diese analog zu den Pfeilern gelb dargestellt ^[169]. Dieses Detail kann also als Abweichung von der historischen Erscheinungsweise der Frauenkirche angesehen werden.

Das äußere Erscheinungsbild der Frauenkirche im 3D-Modell ist sehr überzeugend. Einem Vergleich mit einer historischen Fotografie und einer von Arno Kiesling angefertigten Ansicht kann es durchaus standhalten ^[170]. ⁷³² Sämtliche architektonische Details sind plastisch modelliert und unterstützen die räumliche Wirkung der digital rekonstruierten Kirche. Auch die Steinquader sind deutlich zu erkennen und tragen zur Wiedererkennbarkeit der Frauenkirche im 3D-Modell bei.

Im Innenraum bietet es sich an, den Altarraum der digitalen Rekonstruktion genauer zu untersuchen, da dieser mit historischen Fotografien sehr gut



□ 169

Blick in den Altarraum: Rendering der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche, »IBM«, 1993 (links); Fotografie des Altarraums der Dresdner Frauenkirche nach ihrer Wiederherstellung 2005 (rechts).

dokumentiert ist. Dies lässt die Annahme zu, jenen Bereich relativ detailgenau darstellen zu können. Jedoch fällt bei einem Vergleich einer Abbildung des 3D-Modells mit entsprechenden Fotografien auf, dass die digitale Darstellung von den historischen Vorbildern teils stark abweicht ^[171]. Besonders deutlich zeigt sich dies anhand des Altaraufbaus. Im 3D-Modell wurde der Altar sowie die darüber angeordnete Orgel nur in groben geometrischen Grundformen dreidimensional modelliert, auf die dann Texturen gelegt wurden. Dies bewirkt die relativ flache Erscheinungsweise dieses Bereichs, da einzelne Bauglieder und Bauschmuck nicht plastisch herausgearbeitet wurden. Die typischen Vor- und Rücksprünge der barocken Architektur finden darin keine Entsprechung. Auffallend ist zudem, dass die teils vollplastisch gearbeitete Ölbergsszene im Zentrum des Altaraufbaus im Rendering nicht anhand einer Fototextur wiedergegeben wird, obwohl genügend historisches Fotomaterial als Vorlage existiert. Stattdessen findet sich dort ein Bild, das eine andere Darstellungsweise der biblischen Szene aufweist.



□ 170

Darstellung der Frauenkirche in unterschiedlichen Medien: digitale Rekonstruktion der Westfassade, Rendering, »IBM«, 1993 (oben); historische Fotografie mit Blick auf den Neumarkt von Süden, Verbeek (?), um 1900, Deutsche Fotothek (unten links); Zeichnung der Südwestfassade, Arno Kiesling, 1945–1959 (unten rechts).

Dreidimensional modelliert sind hingegen die vier Säulen sowie die verzierte Altarbedachung, auch wenn nicht jedes Objekt detailliert dargestellt ist. Die Visualisierung des Gesims im 3D-Modell gibt jedoch einen gänzlich anderen Eindruck von dessen architektonischer Gestaltung wieder als die historischen Fotografien. Dies lässt vermuten, dass aufgrund von Zeitmangel oder auch technischen Unzulänglichkeiten in der Rekonstruktion keine in allen Details vollplastische Wiedergabe der Architektur erfolgen konnte. Auch bei der Darstellung des Altartisches und den zu beiden Seiten angeordneten Fenstern zeigt sich dies. Im 3D-Modell wurde auf die geometrische Grundform eines Zylinders eine Textur aufgetragen, die eben diese Elemente in einer farbigen Zeichnung wiedergibt. Dadurch erscheint dieser Bereich flächig, was bei einem Vergleich mit einer historischen Fotografie besonders deutlich wird ^[171]. Denn Vor- und Rücksprünge sowie der Schattenwurf einzelner Bauglieder sind im digitalen Modell nicht wiedergegeben. Zum Zweck der Wiedererkennbarkeit reicht dies vollkommen aus, aber eine Fototextur hätte einen realistischeren Eindruck vermittelt.



□ 171

Darstellung des Altarraums der Frauenkirche: Rendering der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche, Blick vom Mittelgang, »IBM«, 1993 (oben); historische Fotografie, Blick von der zweiten Empore, um 1943 (unten links); historische Fotografie, Blick von der ersten Empore, um 1935 (unten rechts).

Einige weitere Bauteile sind in der Rekonstruktion auch nur vereinfacht wiedergegeben, beispielsweise die Orgel, die Treppe zur Kanzel sowie die beiden Treppen zum Altarraum. Sehr schematisch visualisiert sind die Kämpfer der Pfeiler, die in der historischen Kirche als profilierte Gesimse ausgearbeitet sind. Im 3D-Modell werden sie durch abstrakte, quaderförmige Objekte dargestellt, die geradezu brachial wirken und ästhetisch aus dem Rahmen fallen. Demgegenüber sind die Proportionen der einzelnen großen Bauglieder des Innenraums der Frauenkirche in der Rekonstruktion entsprechend wiedergegeben. Beispielsweise überzeugen die Erscheinungsweise der Wandaufteilung sowie die Anordnung und die Verkleidungen der Emporen.

Für die Malereien im Kuppelgewölbe wurde im 3D-Modell offensichtlich eine Fototextur verwendet. Vergleicht man die einzelnen Bildfelder mit deren Abbildungen in einer historischen Fotografie, so fällt auf, dass die Fototextur in der Rekonstruktion offenbar spiegelverkehrt aufgebracht wurde [172]. Dies bestätigt auch ein Foto, das den Zustand in der wiederaufgebauten Frauenkirche zeigt. Davon abgesehen ist die digitale Visualisierung der Kuppel sehr überzeugend umgesetzt.



□ 172

Die Malereien im Kuppelgewölbe im Vergleich: Rendering, »IBM«, 1993 (oben); historische Fotografie, um 1942 (links); Fotografie, nach 2005 (rechts).

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten

Eine außerhalb des rechten Bildrands befindliche und damit aus südlicher Richtung einfallende Lichtquelle erleuchtet die computerrekonstruierte Außenansicht der Frauenkirche in der filmischen Visualisierung. Dies erzeugt deutlich erkennbare Schlagschatten auf Boden und Gemäuer [162]. Im Inneren des Baus wird die Richtung des Lichteinfalls beibehalten. Erkennbar ist dies an den dem Licht abgewandten Wandflächen, die graduell verschattet wiedergegeben sind. Je weiter ein Objekt von der Lichtquelle entfernt ist, desto dunkler ist es dargestellt [164] [165]. Daher erscheint die simulierte Beleuchtung relativ realistisch, auch weil sich deren Intensität in den Außen- und Innenaufnahmen nicht gravierend unterscheidet.

Insgesamt wirkt der Lichteinfall relativ stark, da die beschienenen Oberflächen klar wiedergegeben sind. Der Schlagschatten des Baus im Außenbereich weist eine dunkelgraue Farbe auf. An der Fassade sowie im Inneren der Kirche sind verschattete Oberflächen jeweils nur um ein paar Nuancen dunkler dargestellt als die beleuchteten. Einzig die Unterseiten der Emporen erscheinen uneinheitlich wiedergegeben, denn teils sind sie komplett weiß und teils komplett schwarz gefärbt, wobei diese Unterscheidung nicht aus dem Lichteinfall logisch gefolgert werden kann.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität und Raumeindruck

Trotz der eindeutigen Lichtquelle und dem daraus resultierenden Schatten, ist die räumliche Wirkung an einigen Stellen der Visualisierung nicht überzeugend. Dieser Umstand ist vor allem dem Einsatz von Fototexturen geschuldet. So wirkt beispielsweise das Altarbild unterhalb der Orgelpfeifen relativ flächig. Es wurde als Fotografie auf die Wandfläche des 3D-Modells aufgebracht, möglicherweise aber nicht korrekt entzerrt. Die ihm vorgelagerten vier Säulen heben sich deutlich von ihm ab, da sie plastisch geformt sind. Jedoch kann auch dies den zweidimensional geprägten Eindruck nicht verhindern [169]. Auch sämtlicher Bauschmuck an den Pfeilern, Säulen, Emporen und Wänden ist zweidimensional wiedergegeben, meist anhand von Foto-Texturen, so dass sämtliche Oberflächen im Inneren der Kirche flach erscheinen. Der räumliche Gesamteindruck wird dadurch geschmälert.

Zwischenfazit der Analyse und Ausblick

Insgesamt gibt die hier detailliert untersuchte digitale Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche ein mit vielen Details versehenes Bild des damals noch zerstörten Baus wieder. Wie festgestellt werden konnte, entspricht die im 3D-Modell visualisierte Kirche weitgehend den historischen Vorlagen. Allerdings weichen manche architektonischen Elemente davon ab. Dennoch kann diese Rekonstruktion als relativ überzeugende digitale Darstellung gelten. Daher war sie nicht nur für die breite Öffentlichkeit interessant, sondern auch aus wissenschaftlicher Sicht eine aufschlussreiche Visualisierung. Denn für das 3D-Modell mussten historische Bildquellen genau studiert und darin enthaltene spezifische Informationen (Geometrie, Maße, architektonische Gestaltung, Ausschmückung) in die computergenerierte Architektur übertragen werden. Somit fand eine intensive Auseinandersetzung mit dem Bauwerk statt, die eine verdichtete Zusammenführung an Informationen in einem neuen Medium ergab.

Es wäre wünschenswert gewesen, auch die unmittelbar angrenzenden Gebäude neben der Frauenkirche in das 3D-Modell zu integrieren. So hätte ein Betrachter die Möglichkeit gehabt die Größenverhältnisse des Gebäudes besser einzuschätzen. Die im Hintergrund erscheinende schemenhafte Stadtsilhouette kann den urbanen Kontext hier nur andeuten. Zwar lag der Fokus des Rekonstruktionsprojekts explizit auf der Frauenkirche, dennoch hätte gerade die Darstellung des Neumarkts mit seinen charakteristischen Bauten für die Verortung der Kirche an ihrem ursprünglichen Standort einen immensen Mehrwert bedeutet. Denn so wäre für den Betrachter unmittelbar erfahrbar gewesen, wie die wiederaufgebaute Frauenkirche das Stadtbild verändern würde. Dies hätte möglicherweise die Spendenaktion noch zusätzlich befördert.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit damals und heute

Wie zuvor bereits erwähnt, bildete die in den vorangegangenen Abschnitten analysierte 3D-Rekonstruktion die Basis für verschiedene Präsentationen des Projekts in den 1990er-Jahren. So stellte Brian Collins das Video und die IBM PVS auf den Konferenzen CAA und SIGGRAPH im Jahr 1993 vor. [733]

Besondere Aufmerksamkeit erhielt das 3D-Projekt im Jahr darauf, als es auf der internationalen IT-Messe CeBIT in Hannover als ›begehbares‹ inter-

■ 733

Vgl. Collins et al. 1995; E-Mail von Brian Collins an die Autorin am 12.12.2017.

aktives VR-Modell präsentiert wurde ¹⁷³. ⁷³⁴ Die Farbigkeit unterscheidet sich deutlich von der zuvor analysierten digitalen Rekonstruktion der Frauenkirche. Zudem wurden für die VR-Version sämtliche architektonische Details plastisch modelliert, sodass der räumliche Gesamteindruck viel stärker ist.



□ 173

Blick in den Innenraum der digital rekonstruierten Frauenkirche, Renderings des VR-Modells für die Präsentation auf der »CeBIT« in Hannover 1994, »IBM«, ca. 1994.

■ 734

Ein ausführlicher Bericht zu Hintergründen und Umsetzung des VR-Modells ist zu finden in: Jalili et al. 1996. Die Pläne zu einem solchen interaktiven 3D-Modell erläutert Martina Brückner bereits in ihrem im Dezember 1993 veröffentlichten Beitrag. Vgl. Brückner 1993, S. 65.

■ 735

Für Informationen zum Messestand vgl. Froitzheim 1994.

■ 736

Eine Beschreibung der Präsentation des Projekts am Stand von IBM ist zu finden in: Brückner 1993, S. 65.

■ 737

Die Maßnahmen zur Vereinfachung des VR-Modells werden erläutert in: Jalili et al. 1996, S. 92-93.

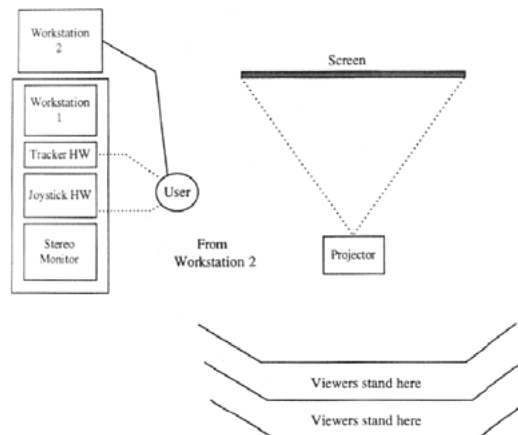
■ 738

Aufgrund der Komplexität bestimmter Szenen konnte nur eine geringe Anzahl an Frames pro Sekunde gerechnet werden.

■ 739

Die Problematik der Langzeitarchivierung thematisieren sie in: Collins et al. 1995, S. 24. Auf das Thema wird in Kapitel 6.2 (→ 469) genauer eingegangen.

Für die Ausstellung wurde ein VR-Raum mit 30 Plätzen eingerichtet, in dem die Besucher die Möglichkeit hatten über ein Head-Mounted-Display (HMD) die Dresdner Frauenkirche virtuell zu besichtigen. ⁷³⁵ Eine schematische Zeichnung gibt sowohl die Disposition der einzelnen Elemente im Raum wieder als auch die Zusammensetzung der benötigten technischen Einrichtung ¹⁷⁴.



□ 174

Diagrammatische Darstellung des »Virtual Reality«-Raums für die Präsentation des VR-Modells der Dresdner Frauenkirche auf der »CeBIT« 1994 in Hannover, »IBM«, ca. 1994.

Der verwendete Datenhelm umfasste zwei Flüssigkristall-Bildschirme, die stereoskopische Bilder des digital rekonstruierten Sakralbaus zeigten. ⁷³⁶ Mittels eines Joysticks beziehungsweise einer sechsdimensionalen Maus konnte der Betrachter durch das Gebäude navigieren, wobei am Helm befestigte Sonden seine jeweilige Position ermittelten. Da all diese Informationen in Echtzeit computertechnisch berechnet wurden, war eine extrem hohe Rechenleistung erforderlich. Aus diesem Grund musste das VR-Modell um einen Faktor von etwa 10 Prozent vereinfacht werden, um eine bestimmte ästhetische Qualität zu gewährleisten. ⁷³⁷ So differierte die Anzahl der Bilder pro Sekunde je nachdem, ob es sich um komplexe Szenen wie die Ansichten des Altars handelte, mit einer Framerate von drei bis fünf Bildern pro Sekunde, oder weniger aufwendige Sequenzen, wie den Blick in die Kuppel oder auf den Fußboden, mit sechs bis neun Frames. ⁷³⁸ Denn je komplexer eine Szene aufgebaut war, desto weniger Frames pro Sekunde konnten gerechnet werden.

Bemerkenswert ist, dass sich Brian Collins und seine Kollegen, die an dem 3D-Projekt beteiligt waren, Anfang der 1990er-Jahre über die Problematik der Langzeitarchivierung ihrer Animation bewusst waren. ⁷³⁹ Angesichts der rasanten Weiterentwicklung der Technik sahen sie es als gegeben, dass ihre

Arbeit weder über die verwendete Software noch über die aktuelle Hardware auf Dauer zugänglich sein würde. Die Lösung des Problems sahen sie darin, die Bilder in der höchstmöglichen Auflösung auf CD-Rom zu speichern beziehungsweise auf 35-mm-Film zu übertragen, die ihrer Einschätzung nach die längste Haltbarkeit erwarten ließen.

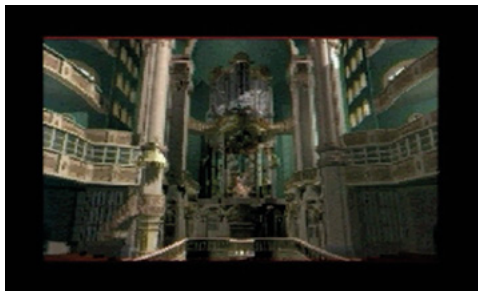
Jedoch findet sich erst 2001 in der von Dieter Krull und Dieter Zumpe herausgegebenen Publikation **Memento Frauenkirche. Dresdens Wahrzeichen als Symbol der Versöhnung** eine ebensolche CD-Rom. **740** Der Datenträger umfasst neben Informationen zur Baugeschichte und aktuellen städtebaulichen Zielen in Form von Texten und Abbildungen auch vier Videos. **741** Unter dem Menüpunkt »IPRO Dresden« ist ein knapp zweiminütiges Video mit dem Titel **Virtueller Rundgang** hinterlegt, das eine digitale Rekonstruktion der Frauenkirche zeigt. Es handelt sich dabei um eine leicht veränderte Version des in den vorhergehenden Abschnitten ausführlich analysierten Films. Die Kamerafahrt um und innerhalb der Kirche ist weitgehend identisch, wobei die Farbigkeit eine höhere Intensität aufweist. Die Visualisierung des Innenraums ist aber eine andere Version: So sind hier weit mehr dreidimensional modellierte Elemente, andere Texturen sowie eine kontrastreichere Lichtsimulation zu finden **175**. Allerdings fehlt in der CD-Rom-Version der Vor- und Abspann, sodass der Betrachter keine Informationen zu den Erstellern des 3D-Modells erhält. **742**

■ 740

Die CD-Rom ist komplett zweisprachig aufgebaut und kann in Deutsch oder Englisch abgerufen werden. Vgl. CD-Rom der Publikation Krull/Zumpe 2001.

■ 741

Diese Informationen sind unter folgenden Menüpunkten auf der CD-Rom anwählbar: »George Bähr«, »Chronologie« und »Neumarkt«. Vgl. ebd.



□ 175

Innen- und Außenansicht der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche, Stills aus dem Video »Virtueller Rundgang« (CD-Rom zur Publikation Krull/Zumpe 2001).

■ 742

Ein weiterer Unterschied ist die Anordnung der einzelnen Sequenzen innerhalb des Films. Bei der CD-Rom-Version ist die Frauenkirche am Ende zunächst als Ruine und dann in ihrem zukünftigen Erscheinungsbild zu sehen. In dem Film »IBM presents Frauenkirche zu Dresden« hingegen ist diese Sequenz an den Anfang gestellt.

■ 743

Auf die hier angesprochene Computersimulation wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen. Das historische Filmmaterial besteht aus einer Sequenz, die die Frauenkirche aus einer am Neumarkt vorbeifahrenden Straßenbahn zeigt.

Unter demselben Menüpunkt findet sich ein zweites Video von 7:12 Minuten Länge, das sich den Hintergrundinformationen zur digitalen Rekonstruktion widmet. Ein Sprecher erläutert, wer an dem realen Wiederaufbau der Frauenkirche beteiligt war und wie im Zusammenhang damit die dokumentierende digitale Rekonstruktion entstand. Bebildert werden seine Ausführungen sowohl mit historischen Fotografien beziehungsweise Zeichnungen, Renderings des 3D-Modells sowie Fotografien der Baustelle und von Computerarbeitsplätzen, auf deren Bildschirmen die digitale Rekonstruktion zu sehen ist. Zwei weitere Videos können über den Menüpunkt »Neumarkt« abgerufen werden: Eine um das Jahr 2001 entstandene **3D-Computersimulation** von 40 Sekunden Länge zeigt eine digitale Rekonstruktion der Frauenkirche und ihr städtebauliches Umfeld. Ferner umfasst ein 21-sekündiges Video, »Film aus den 30er Jahren« historisches Filmmaterial. **743** Ihren Text zur Realisierung des 3D-Modells mit **CATIA** illustrieren die Autoren mit zwei Innenansichten, die den Blick auf den Altar sowie in die Kuppel darstellen. Diese Bilder sind Teil des Films, der im Fokus dieser Analyse steht.

Die Publikation von Krull und Zumpe stellt mit der beiliegenden CD-Rom einen wichtigen Baustein in der Dokumentation und Kontextualisierung der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche dar. Sie schlägt einen

■ 744

Laut Impressum haben folgende Institutionen und Firmen die Erstellung der CD-Rom unterstützt: »Stiftung Frauenkirche Dresden«, »Architekten- und Ingenieurgesellschaft IPRO Dresden«, »Gesellschaft Historischer Neumarkt Dresden e. V.«, »IBM Deutschland Informationssysteme GmbH«, Landesamt für Denkmalpflege Sachsen, Landeshauptstadt Dresden, Stadtplanungsamt/Bildstelle, Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden, Abteilung Deutsche Fotothek, Stadtarchiv Dresden, »TRUX ARCHITEKTEN«, Dresden. Allerdings wird nicht genannt, welche Beteiligten an welchen Inhalten genau mitgewirkt bzw. finanziell unterstützt haben. Vgl. CD-Rom der Publikation Krull/Zumpe 2001.

■ 745

Vgl. Müller 1994, S. 118–123 u. S. 129–130.

■ 746

Vgl. Virtueller Spaziergang durch die Frauenkirche 2005.

■ 747

Informationen und Abbildungen dieser 3D-Visualisierung finden sich in: Krull/Zumpe 2001, S. 206 u. S. 209–210.

■ 748

Auf der Webseite des Dresdner Redakteurs Thomas Wedegärtner wird das Projekt im Text »Der virtuelle Neumarkt« beschrieben: <http://www.redaktion-dresden.de/html/neumarkt.html>. Das dort hinterlegte Bild der digitalen Rekonstruktion – mit in Blau gehaltenen Straßen und Fassaden – weist allerdings eine gänzlich andere Farbigkeit auf als das Video, das im Folgenden beschrieben wird. Es gleicht vielmehr einer Abbildung in folgender Publikation: Krull/Zumpe 2001, S. 209.

Bogen von der Errichtung des Gotteshauses im 18. Jahrhundert über die Hintergründe zum Wiederaufbau bis hin zur archäologischen Rekonstruktion und der damit verbundenen digitalen Rekonstruktion. Das auf der CD-Rom abrufbare Impressum gibt zwar Aufschluss über die an deren Erstellung beteiligten Institutionen und Firmen, jedoch fehlen detaillierte Informationen zur konkreten Umsetzung der 3D-Modelle. ⁷⁴⁴ Zudem wird nicht thematisiert, dass offensichtlich verschiedene Versionen der digitalen Rekonstruktion existieren und mehrere Institutionen daran beteiligt waren.

Eine relativ frühe Veröffentlichung von Abbildungen der digitalen Rekonstruktion der Frauenkirche findet sich beispielsweise in dem 1994 von Peter Müller herausgegebenen Buch *Die Frauenkirche in Dresden. Baugeschichte, Vergleiche, Restaurierungen, Zerstörung, Wiederaufbau*. ⁷⁴⁵ Insgesamt sieben großformatige, hochaufgelöste Bilder sowohl des Äußeren als auch des Inneren sind darin zu sehen. Es handelt sich dabei um Ansichten, die auch in dem zuvor beschriebenen Video *Virtueller Rundgang* zu sehen sind und aus dem 3D-Modell stammen, das von IBM in den USA realisiert und auf der CeBIT präsentiert wurde.

Im Jahr 2005 stellte IBM Deutschland ein digitales 3D-Modell der Frauenkirche online, das kostenlos heruntergeladen werden konnte. ⁷⁴⁶ Dieser Service scheint in der Zwischenzeit beendet worden zu sein, denn er ist im Internet nicht mehr auffindbar.

Weitere digitale 3D-Rekonstruktionsprojekte zur Dresdner Frauenkirche

Abgesehen von den zuvor untersuchten 3D-Rekonstruktionen, die im Rahmen des Wiederaufbaus entstanden, findet sich kein weiteres derart umfangreiches 3D-Projekt zu diesem Bauwerk. Bei der Frauenkirche handelt es sich zwar um ein bedeutendes Monument, jedoch könnten die äußeren Umstände dazu beigetragen haben, dass es außer Anfang der 1990er-Jahre nie im Fokus digitaler Rekonstruktionsbemühungen stand. Zum einen befand sich die Frauenkirche bis zum Mauerfall auf dem Boden der DDR und blieb darüber hinaus noch bis zum Beginn ihres Wiederaufbaus 1993 eine Ruine. Zum anderen war ihr Wiederaufbau erst im Jahr 2005 vollendet. Der Mehrwert einer digitalen Rekonstruktion eines vor wenigen Jahren real wieder errichteten Bauwerks wurde möglicherweise als begrenzt angesehen.

Allerdings existiert eine nennenswerte 3D-Visualisierung des Dresdner Neumarkts, in der auch die Frauenkirche zu sehen ist. Dieses Projekt wurde von dem in der Stadt ansässigen Architekturbüro TRUX ARCHITEKTEN im Auftrag der Gesellschaft Historischer Neumarkt Dresden e. V. noch vor der Fertigstellung des Wiederaufbaus umgesetzt. ⁷⁴⁷ Das 3D-Modell wurde mit der Software CATIA erstellt und besteht aus rund 8.500 Einzelobjekten wie Fenstern, Türen und Wänden. ⁷⁴⁸ Es bietet einen Überblick über den Neumarkt und zeigt dessen mögliche Anmutung nach dem Wiederaufbau der Frauenkirche, indem sämtliche umgebenden Häuserblöcke sowie die rekonstruierte Frauenkirche dargestellt sind. Das Ziel des Projekts war eine Grundlage für die Diskussion zur weiteren Entwicklung des Neumarkts zu bieten und damit auch zur Begutachtung zukünftiger stadtplanerischer Entwürfe herangezogen werden zu können. Dazu wurde ein etwa 40-sekündiges Video mit dem Titel *3D-Computersimu-*

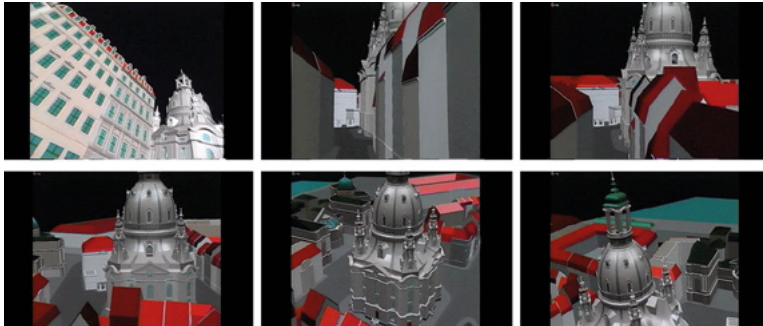
■ 749

Die Farbigkeit der digitalen Rekonstruktion im Video weicht allerdings von den Farben der Abbildungen im Buch ab, in dem Blautöne die Fassaden und den Himmel dominieren. Vgl. CD-Rom der Publikation Krull/Zumpe 2001.

lation auf der CD-Rom der von Krull und Zumpe veröffentlichten Publikation unter dem Menüpunkt »Neumarkt« hinterlegt. 749

Die erste der beiden Sequenzen (Min. 0:00 – 0:10) zeigt aus der Vogelperspektive eine kolorierte, historische Zeichnung Dresdens. Sie wird verzerrt dargestellt, sodass der Eindruck entsteht, der Betrachter stünde auf der Spitze der Frauenkirche und blicke auf die Stadt hinab. Den Mittelpunkt der Kirche bildet eine Achse, um die sich sodann die Ansicht dreht und dem Betrachter einen panoramaartigen Rundblick bietet.

Nach einer Überblendung folgt der zweite Teil des Videos (Min. 0:11 – 0:40), der aus drei Abschnitten besteht und das 3D-Modell zum Gegenstand hat: Abermals aus der Vogelperspektive ist die in der Bildmitte befindliche Frauenkirche zu sehen. Eine virtuelle Kamera fliegt über die sie umgebenden Häuserblöcke hinweg und umrundet dabei den Sakralbau 176. So gewährt sie einen Überblick über den städtebaulichen Kontext. Hierauf erfolgt ein Schnitt auf eine extreme Untersicht auf einen Häuserblock westlich neben der Frauenkirche (Neumarkt 1 bis 2 und An der Frauenkirche 1), an dem die virtuelle Kamera entlangschwenkt. Nach einem weiteren Schnitt befindet sich die virtuelle Kamera in der Töpferstraße mit Blick auf die Frauenkirche. Einer Drohne gleich steigt sie nach oben und umrundet die Frauenkirche in südöstlicher Richtung. Danach fadet das Bild in Schwarz aus.



□ 176

Fahrt der virtuellen Kamera: Blick aus extremer Untersicht, dann aus zunehmender Höhe und zuletzt aus Vogelperspektive, Stills aus dem Video 3D-Computersimulation, Min. 0:20 – 0:35, »TRUX ARCHITEKTEN«, um 2001.

In dieser 3D-Visualisierung sticht die Frauenkirche aufgrund ihres Erscheinungsbildes heraus. Sie ist mit glatten Oberflächen silberfarben in leicht metallisch glänzender Optik dargestellt, ohne Steinquaderung oder sonstige Hinweise auf ihr Baumaterial. Sämtliche architektonischen Details (Bedachungen, Gesimse, Bekrönungen, Fenster und Ähnliches) sind plastisch modelliert. Hingegen erscheinen die umgebenden Häuser als schematisch angelegte Kuben, deren Fassaden fast keine Modulierung aufweisen und einheitlich in verschiedenen Grautönen gehalten sind 176. Die Dächer sind weitgehend rot, teils auch grün gefärbt. Straßen und Plätze sind dunkelgrau, sämtliche kleinteilige Elemente wie Beschilderung, Markierungen oder auch Pflanzen und Menschen fehlen. Der Himmel ist schwarz, wodurch sich die Objekte gut abheben.

Neben der Frauenkirche sind nur wenige Bauwerke spezifischer dargestellt: Eine Ausnahme bildet beispielsweise der Gebäudekomplex der Hochschule für Bildende Künste Dresden, dessen Fassade gegliedert und mit Details wie plastisch vor- und rückspringenden Gebäudeteilen, definiertem Sockelgeschoss sowie vorgelagerten Säulen ausgestattet ist 176. Auch die drei aneinandergereihten Häuser, Neumarkt 1 bis 2 und An der Frauenkirche 1, heben sich ästhetisch von den übrigen Bauten ab, wie in der Nahansicht zu erkennen ist: Sie

■ 750

Vgl. Krull/Zumpe 2001, S. 210.

■ 751

Vgl. Webseite zu dem Projekt

»Jüdenhof Dresden. Das Leben findet INNENstadt«: <http://www.kimmerle-juedenhof-dresden.de/neumarktreal-quartier-7-2.html>.

sind texturiert, Dachgauben und Bauschmuck wie Gesimse und Architrave sind dreidimensional modelliert. Die Sequenz im Video, in der eben dieses Gebäudeensemble mit Blickachse zur Frauenkirche erscheint, soll laut der oben genannten Publikation den Sakralbau aus Augenhöhe eines Fußgängers zeigen, was mit einem haptischen Modell so nicht realisierbar wäre. ⁷⁵⁰ Mit letzterem haben die Autoren sicherlich recht. Jedoch gibt der verzerrte Blickwinkel die tatsächliche Perspektive eines Spaziergängers letztendlich nicht wieder, sodass das Video lediglich als Diskussionsgrundlage dienen kann.

Hier sei noch auf ein weiteres Projekt hingewiesen, in dem unter anderem auch die Frauenkirche dreidimensional modelliert ist: Im Rahmen des 2014 begonnenen und 2017 fertiggestellten Neubauprojekts **Jüdenhof Dresden. Das Leben findet INNENstadt** im sogenannten Quartier VII/2 südöstlich des Residenzschlosses Dresden und westlich des Neumarkts wurden 3D-Visualisierungen der Architekturbüros **Arte4D/Andreas Hummel**, Dresden, angefertigt. ⁷⁵¹ Diese zeigen den geplanten Komplex im städtebaulichen Kontext, der auch die Frauenkirche umfasst. Das 3D-Modell ist fotorealistisch gestaltet und gibt die Blickwinkel auf die Stadt ebenso realistisch anmutend wieder ^[177]. Architektonische Details sind durchwegs plastisch modelliert und mit realitätsnah gewählten Farben texturiert. Eine solche Art der Visualisierung war Anfang der 1990er-Jahre schlichtweg aus technischen Gründen nicht möglich. Zudem handelt es sich hier nicht um eine wissenschaftliche Anwendung, sondern um ein 3D-Modell, das der bloßen Anschauung der unmittelbaren Umgebung der Frauenkirche dient. Somit hat dies eher dokumentarischen Charakter, da es die gegenwärtige Situation festhält.



□ 177

Blick von Süden auf den Dresdner Neumarkt und die Frauenkirche aus der Vogelperspektive, Still aus dem Video »3D-Film Vogelflug«, (3D-Modellierung: »Arte4D/Andreas Hummel«, »Kimmerle GBR«, ca. 2014.

Vergleichende Analyse – Die Dresdner Frauenkirche im Bild

Vor dem ersten 3D-Projekt aus dem Jahr 1993 existierten Abbildungen der Dresdner Frauenkirche in Form von zahlreichen Gemälden sowie historischen Fotografien und Zeichnungen. Da die beiden letztgenannten Bildmedien auch als Grundlage für die Erstellung der 3D-Modelle dienten, werden daher diese im Folgenden mit den neu entstandenen Bildern der Kirche verglichen. Ziel ist es, festzustellen, wie sich die Eindrücke von dem Gebäude aufgrund der computertechnisch realisierten Ansichten verändert haben und inwiefern sich daraus ein möglicher visueller Mehrwert ergibt.

Fotografische Außenansichten der Frauenkirche liegen in großer Vielzahl und Varianz vor ^[158] ^[170]. Sie zeigen das Gebäude aus unterschiedlichen Blickwinkeln, wobei insbesondere Aufnahmen aus Richtung Süden beziehungsweise Südwesten vorliegen. Dies hängt damit zusammen, dass sich südlich der Kirche der Neumarkt ausdehnt, der eine unverstellte Perspektive auf das Bauwerk

ermöglicht. Im Gegensatz dazu zeigt das 3D-Modell die Frauenkirche aus Westen. Diese Ansicht wurde wohl ausgewählt, um auch einen Teil der ursprünglichen Bausubstanz des nordwestlichen Treppenturms, der sich bis heute erhalten hat, zu zeigen. Denn in der digitalen Rekonstruktion sind die Parteien, die wiederaufgebaut werden sollten, mit einem helleren Farbton versehen als der Abschnitt der Ruine [166]. Zudem befindet sich an der Westseite das Eingangsportal. Die im 3D-Modell wiedergegebene Ansicht auf die Kirche kann aufgrund der engen Bebauung nicht in dieser Form fotografisch festgehalten werden. Somit bietet die Computerrekonstruktion einen nicht der Realität entsprechenden Blick.

Die historischen Fotografien zeigen immer auch den urbanen Kontext, innerhalb dessen das Bauwerk einst stand. Auf diese Weise sind auch die Größendimensionen der Frauenkirche im Verhältnis zu den umgebenden Häusern miteingeschlossen. Dies ist in der digitalen Rekonstruktion nicht gegeben, denn darin befindet sich das Gotteshaus auf einer unbebauten Fläche. Die im Hintergrund erscheinenden Silhouetten, die eine städtische Bebauung andeuten, können hier nicht als Bezugspunkte dienen. Ebenso umfasst das 3D-Modell – im Gegensatz zu den Fotografien – keine Personen, die einen Hinweis auf die Ausmaße der Kirche geben könnten. Allerdings bietet das 3D-Modell eine Fülle an Detailaufnahmen der Architektur, da die virtuelle Kamera um das Äußere des Gebäudes in einer spiralförmigen Bewegung hinab- bzw. hinaufgleitet. Dies ermöglicht Ansichten der Kuppel und der Laterne [163], die vor dem Aufkommen von Drohnen fotografisch nur mit großem Aufwand, beispielsweise mit Hilfe eines Gerüsts oder Ballons, hätten realisiert werden können.

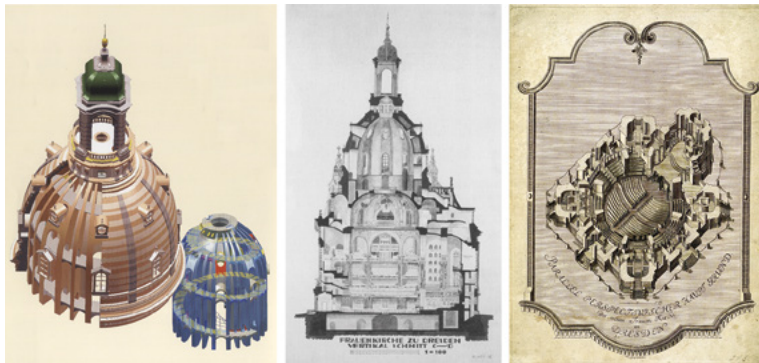
Das Innere der Dresdner Frauenkirche ist ebenso in zahlreichen Fotografien aus dem 19. und 20. Jahrhundert festgehalten. Insbesondere der östliche Gebäudeteil weist eine umfangreiche bildliche Dokumentation auf [171]. Demgegenüber sind die in der digitalen Rekonstruktion erzeugten Bilder des Altar- bzw. Orgelbereichs weit weniger variantenreich [164] [165]. Allerdings wartet das 3D-Modell mit einem Schwenk durch den Innenraum auf, der somit einen Rundumblick bietet.

Auch die Gemälde in der Kuppel sind fotografisch dokumentiert, wodurch in das 3D-Modell eine Fototextur integriert werden konnte. Der direkte Vergleich von historischem Vorbild und computertechnisch erzeugter Ansicht zeigt, welcher räumlicher Eindruck durch die digitale Rekonstruktion entsteht [172]. Im Gegensatz dazu erscheint die fotografische Innenansicht der Kuppel relativ flach, da insbesondere der Bezug zu architektonischen Elementen wie den Pfeilern fehlt. Das 3D-Modell fügt hier also eine neue Dimension in der Darstellungsweise der Dresdner Frauenkirche hinzu.

In historischen Zeichnungen wurde die Dresdner Frauenkirche auf vielfältige Weise bildlich dargestellt. Beispielsweise existiert eine isometrische Darstellung aus dem Jahr 1734 von Christian Philipp Lindemann, die das Erdgeschoss visualisiert [156]. Eine 1946 von Arno Kiesling angefertigte Zeichnung zeigt das Gotteshaus in einem Vertikalschnitt entlang der West-Ost-Achse [178].

Vergleichbare Ansichten sind in der als Film publizierten digitalen Rekonstruktion nicht zu finden. Jedoch wurden im Rahmen des realen Wiederaufbaus der Dresdner Frauenkirche computertechnische Visualisierungen angefertigt,

die beispielsweise einen Einblick in den strukturellen Aufbau der Kuppel geben [178]. Die von IPRO Dresden erstellten 3D-Modelle vermitteln sehr anschaulich den räumlichen Aufbau der Architektur. Insbesondere die transluzenten Flächen in der Visualisierung der inneren Kuppel ermöglichen eine Darstellung mehrerer Ebenen in einem Bild. Die historischen Zeichnungen vermögen dies zwar ansatzweise auch – jene von Arno Kiesling in Bezug auf die Komplexität des Raumgefüges und jene von Christian Philipp Lindemann hinsichtlich räumlicher Tiefe – jedoch bleiben sie dem jeweiligen Darstellungsmodus verhaftet. In den computertechnisch erstellten Ansichten verbinden sich diese beiden Qualitäten und ergänzen sich auf eine solche Weise, dass darin die Informationen bezüglich der räumlichen Disposition dichter gestaltet sind.



□ 178

Unterschiedliche mediale Darstellungen von Details der Dresdner Frauenkirche: 3D-Modell der Kuppel mit Laterne sowie der inneren Kuppel mit Wendelrampe, »IPRO Dresden«, 1993 (links); West-Ost-Schnitt, Arno Kiesling, 1946 (Mitte); Schnitt mit isometrischer Darstellung des Erdgeschosses, Kupferstich, Plattengröße 51,2 × 36,8 cm, Christian Philipp Lindemann nach George Bähr, 1734 (rechts).

Wie diese Vergleiche von historischen Abbildungen mit den computertechnisch rekonstruierten Ansichten zeigen, war die Dresdner Frauenkirche vor der Erstellung des 3D-Modells relativ gut dokumentiert. Dennoch kann in verschiedener Hinsicht ein visueller Mehrwert durch die anhand der digitalen Rekonstruktionen entstandenen Bilder festgestellt werden. Denn diese lieferten Ansichten, die die Kirche von außen sowie von innen erstmals wieder umfassend in Farbe darstellten. Ein 3D-Modell bietet zudem die Möglichkeit eines virtuellen Rundgangs. So entstand Anfang der 1990er-Jahre ein vollkommen neuer Eindruck des Bauwerks, das auf diese Weise virtuell begehbar und dadurch wieder erlebbar wurde. Lediglich der urbane Kontext sowie Ansichten mit Schnitten durch das Gebäude sind in der Filmversion der digitalen Rekonstruktion nicht wiedergegeben.

Fazit – Bedeutung und Einordnung des 3D-Projekts

Der vorangegangene Vergleich der bildlichen Darstellungen der Dresdner Frauenkirche in historischen Ansichten und anhand der digitalen Rekonstruktion erstellten Visualisierungen konnte bereits einen visuellen Mehrwert des 3D-Projekts aufzeigen. Die Innovation, die diese Arbeit auszeichnet, ist vor allem dem Umstand geschuldet, dass es sich wohl um das erste digitale 3D-Modell eines zur Zeit der Rekonstruktion nur als Ruine vorhandenen Bauwerks handelt, das zum Wiederaufbau des realen Gebäudes substantiell beigetragen hat. [752] Bemerkenswert ist ferner die Verwendung der digitalen Rekonstruktion in unterschiedlichen Kontexten im Rahmen des Wiederaufbaus: Zum einen wurde ein dokumentierendes 3D-Modell erstellt, das als digitales Werkzeug für die Erfassung und räumliche Verortung der Ruinentrümmern genutzt wurde. Zum anderen wurde ein weiteres 3D-Modell auf Basis histori-

■ 752

Diese Einschätzung stammt von dem Informatiker Marinos Ioannides, Gespräch am 21.11.2014 im Rahmen des Arbeitstreffens der »AG Digitale Rekonstruktion« am Fachgebiet Digitales Gestalten der TU Darmstadt.

scher Bildquellen generiert, das Teil der medialen Bewerbung der Spendenkampagne war. Ebenso diente es als vorzeigbarer Prototyp für eine VR-Anwendung, die damals ein High-End-Produkt darstellte. Auf diese Weise erlangte es eine große mediale Präsenz, einerseits durch die 1993 ausgestrahlten Werbespots im deutschen Fernsehen, andererseits durch die Präsentation auf der CeBIT 1994 in Hannover.

Eine weitere Besonderheit des 3D-Projekts liegt in dem nicht selbstverständlichen Anspruch, eine auf wissenschaftlicher Grundlage fundierte digitale Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche zu erstellen. So basiert diese auf unterschiedlichen historischen Bildquellen. Beispielsweise wurden nur dann bauliche Details visualisiert, wenn entsprechende historische Nachweise dazu existierten. ⁷⁵³ An einigen Stellen wurden Bauteile nur in groben geometrischen Formen modelliert, was zwar den dreidimensionalen Eindruck teils etwas schmälert. Jedoch wurden diese Bereiche mit Fototexturen belegt, die wiederum dazu beitrugen, dass die Rekonstruktion verlässlich wirkt. Für ein Aufmerksamkeit erregendes Werbevideo für das Fernsehen wäre all dieser zeitliche und technische Aufwand nicht unbedingt nötig gewesen und ein weitaus einfacher zu erstellendes 3D-Modell hätte hierfür durchaus genügt. Dementsprechend ist der hohe wissenschaftliche Anspruch, den die Projektverantwortlichen an die digitale Rekonstruktion stellten, unbedingt zu honorieren.

Mit Blick auf die kurz beschriebene, um 2014 entstandene Visualisierung der Dresdner Frauenkirche zeigt sich sehr deutlich die Weiterentwicklung der Technik im Vergleich zu der Anfang der 1990er-Jahre realisierten digitalen Rekonstruktion. Die Anwendung von Fototexturen hat heute eine gänzlich andere ästhetische Qualität erreicht als damals überhaupt möglich war. Jedoch ist zu bedenken, dass das zum Wiederaufbau der Frauenkirche gestartete 3D-Projekt auf die zu der Zeit modernste Technologie zurückgreifen konnte. Für damalige Verhältnisse konnte hier ein Optimum erreicht werden. Es handelte sich um ein Vorzeigeprojekt, das auf vielen Ebenen überzeugte, wie der Archäologe Paul Reilly es 1996 auf den Punkt bringt:

»The Frauenkirche project has all the elements for being an exemplar: it uses the latest high technology; the Frauenkirche was intrinsically a great work of architecture; the Frauenkirche has become an important symbol (of national unity); the ultimate goal of the project (i. e. the rebuilding of the Frauenkirche) is understood by the public; it is a very high profile project. The project has enormous potential to grab the public's imagination.« ⁷⁵⁴

Dem hier detailliert untersuchten 3D-Projekt zur Dresdner Frauenkirche kommt also insofern eine große Bedeutung zu, als es einen bis 2005 nicht mehr existierenden, bedeutenden Sakralbau mit Symbolcharakter wieder sichtbar und virtuell begehbar gemacht hat. Zudem trug es mittels der Spendenkampagne maßgeblich zum Wiederaufbau des Gebäudes bei wie auch das für die Dokumentation und Verortung der Trümmerstücke erstellte 3D-Modell.

■ 753

Vgl. Collins et al. 1995, S. 20.

■ 754

Reilly 1996, S. 45.

Zu bemerken ist in diesem Zusammenhang auch die umfangreiche Unterstützung, die das 3D-Projekt von **IBM** erhielt, gleichwohl es für die IT-Firma auch Werbung in eigener Sache war. Sowohl Soft- als auch Hardware wurden zur Verfügung gestellt und Niederlassungen in drei verschiedenen Ländern waren aktiv an dem Projekt beteiligt. Ein interaktives VR-Modell wurde speziell für die **CeBIT 1994** erstellt und dort in einem eigens geschaffenen Raum präsentiert. In Bezug auf die Kosten eines Messestands verdeutlicht dies, wie wichtig es von der Firma erachtet wurde, das VR-Modell öffentlichkeitswirksam zu zeigen. Auch auf einschlägigen Konferenzen wie **CAA** und **SIGGRAPH** hat die 3D-Rekonstruktion große Anerkennung erfahren. **755**

■ 755

Vgl. ebd.; E-Mail von Brian Collins an die Autorin vom 12.12.2017.

Zusammenfassend ist demnach festzuhalten, dass das digitale Rekonstruktionsprojekt zur Dresdner Frauenkirche sich durch viele unterschiedliche Qualitäten auszeichnet: Wissenschaftlichkeit, Verwendung der damals modernsten Technologie, hohe Medienpräsenz, Anwendung in unterschiedlichen Kontexten sowie Visualisierung und Zugänglichmachen eines zu der Zeit nicht mehr existierenden Bauwerks des kulturellen Erbes.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

4.4 Festspielhaus Hellerau (University of Warwick/atelier4d Architekten/King's College London, um 1994/1996–2012)

Das Festspielhaus Hellerau, 1911 nahe Dresden erbaut, wurde im Rahmen seiner Restaurierung Mitte der 1990er-Jahre erstmals am Computer 3D-modelliert. Dieses erste CAD-Modell war Auslöser für die Initiierung des Langzeitprojekts *Theatron* (1996–2012) des Theaterwissenschaftlers Richard Beacham und des Architekten Fabian Zimmermann. Ziel von *Theatron* war es, historische Theaterbauten in Europa digital zu rekonstruieren, um sie im Rahmen virtueller Lernumgebungen in der Lehre zu verwenden. Zur Untersuchung dieses Projekts wird das digital rekonstruierte Festspielhaus exemplarisch herausgegriffen, das im Laufe der Jahre in unterschiedlichen Versionen visualisiert wurde.

■ 756

Vgl. Webseite Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>; Nitschke 2012, S. 118–119.

■ 757

Vgl. Webseite Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>; Beacham 1999 (»Eke out our performance with your mind«), S. 146.

■ 758

Vgl. De Michelis 1991, S. 33; Paul 2006, S. 79. Inwieweit Hellerau als erste Gartenstadt Deutschlands gewertet werden kann wird besprochen in: Nitschke 2012, S. 126–127, Anm. 18.

■ 759

Zur Gründung der Gartenstadt Hellerau und den Aktivitäten von Karl Schmidt, Wolf Dohrn und Richard Riemerschmid vgl. insbes.: Heres 2006, S. 198; Paul 2006, S. 80.

■ 760

Vgl. Howard 1898. Eine deutsche Ausgabe erschien etwas später: Howard 1907.

■ 761

Vgl. Paul 2006, S. 80.

Baugeschichte des Festspielhaus Hellerau

Das 1911 erbaute Festspielhaus Hellerau beherbergte zunächst die Bildungsanstalt Jaques-Dalcroze und avancierte in den wenigen Jahren seiner Blütezeit – von seiner Errichtung bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs – zu einem »Laboratorium der Moderne« ⁷⁵⁶. Hier wurden neue Formen der Theaterarchitektur, des Bühnenbilds, der Lichtinszenierung, des Tanzes erprobt, die bis heute als Inspirationsquelle im Bereich des modernen Tanzes nachwirken und auch als Beginn des modernen Theaters gesehen werden. ⁷⁵⁷

Das von dem Architekten Heinrich Tessenow geplante Festspielhaus wurde nahe Dresden in Hellerau, der ersten Gartenstadt Deutschlands, erbaut. ⁷⁵⁸ Diese wurde 1908 mit der Gründung der Gartenstadtgesellschaft Hellerau durch Karl Schmidt, Wolf Dohrn und Richard Riemerschmid ins Leben gerufen. ⁷⁵⁹ Schmidt war 1907 auf der Suche nach Baugrund für seine Deutschen Werkstätten für Handwerkskunst, für die er eine neue Fabrik und Wohnhäuser zur Unterbringung der Arbeiter benötigte. In dem Gelände nördlich von Dresden wurde er schließlich fündig. Der Architekt Riemerschmid plante die Bebauung mit unterschiedlich gestalteten Wohnvierteln sowie den Werkstätten und einem Marktplatz als Zentrum. Das Konzept der Gartenstadt stammte von Ebenezer Howard, das dieser 1898 veröffentlicht hatte. ⁷⁶⁰ Es bildet den Gegenpol zur Großstadt und sieht eine in lockerer und niedriger Bebauung angelegte Kleinstadt mit Nähe zur Natur vor. ⁷⁶¹ Eng verwoben ist dies mit den

■ 762

Vgl. Nitschke 2012, S. 118 u. S. 121.

■ 763

Zur Begegnung und Zusammenarbeit von Schmidt, Dohrn und Jaques-Dalcroze sowie Tessenow vgl.: Arnold 1993, S. 353.

■ 764

Vgl. Paul 2006, S. 80.

■ 765

De Michelis 1991, S. 31.

Ideen der Lebensreformbewegung, die in den 1890er-Jahren ihren Ursprung hat und sich in zahlreichen Reformbewegungen unter anderem im Bereich des Wohnens, der Ernährung und der Pädagogik widerspiegelte. **762**

1909 wohnten Schmidt und Dohrn einer von dem Schweizer Musiker Émile Jaques-Dalcroze realisierten rhythmischen Tanzvorführung bei. **763** Aufgrund ihrer großen Begeisterung für dessen Werk beschlossen sie ihn nach Hellerau zu holen. Der Schweizer war damit einverstanden sofern er für seine Arbeit entsprechende Räume erhalten würde. Über den Umfang eines Gebäudes für Jaques-Dalcroze waren sich Schmidt und Dohrn uneinig, wobei sich schließlich letzterer mit der Idee durchsetzte, einen permanenten Bau errichten zu lassen. Der noch junge Architekt Heinrich Tessenow wurde daraufhin mit dem Entwurf für ein Gebäude mit mehreren Übungsräumen sowie zugehörigen Wohnbauten beauftragt. Nachdem seine ersten beiden Pläne abgelehnt worden waren, legte er einen dritten vor, der 1911 zur Ausführung kam. Seinen Platz fand das Festspielhaus schließlich nicht wie ursprünglich geplant am Marktplatz, sondern am Rande der Gartenstadt, im Nordwesten **179**. **764** Eine historische Luftaufnahme dokumentiert die exponierte Stellung des Gebäudes, das im Verhältnis zu den umgebenden Wohnhäusern relativ groß war.

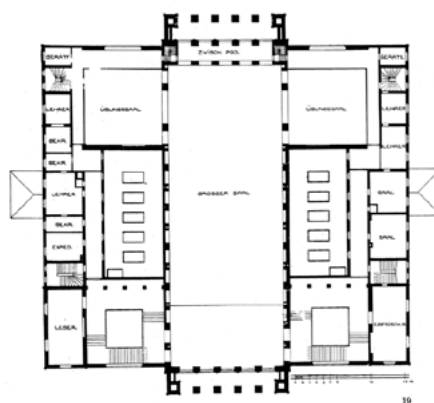
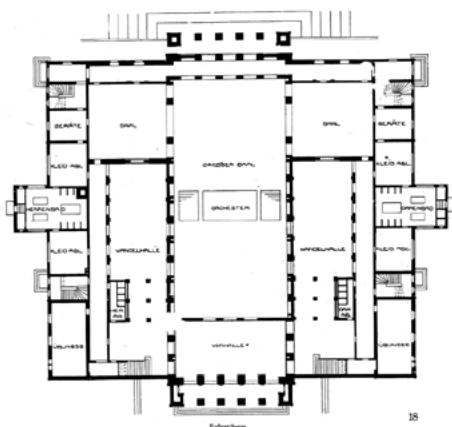


□ 179

Historische Luftaufnahme von Hellerau, Blick auf das Festspielhaus in Hellerau mit den flankierenden Schüler- und Lehrerwohnhäusern, o. J. (links) und mit Ansicht von Süden aus dem Jahr 1913 (rechts).

Das axialsymmetrisch angelegte Gebäude akzentuiert der die Seitenflügel weit überragende Mittelbau in Nord-Süd-Erstreckung, dessen Stirnseiten jeweils ein mit Spitzgiebel bekrönter, markanter Portikus abschließt. Vier quadratische Pfeiler erheben sich über die gesamte Höhe bis zum Giebfeld und verleihen dem Bauwerk sein monumentales Erscheinungsbild **179**. Mittig im Giebfeld ist je ein Medaillon mit dem Yin-Yang-Zeichen »als Symbol des Tanzes und des Gleichgewichts« **765** angebracht. Einen Rahmen bilden die zu beiden Seiten befindlichen, niedriger angelegten Flügelbauten, die sich über die gesamte Länge erstrecken und traufständige Giebeldächer aufweisen. Sie sind mit nur einem Obergeschoss versehen und weisen an den Längsseiten zahlreiche Fenster auf.

Die Symmetrie der äußeren Erscheinung spiegelt sich auch im Grundriss wieder **180**: Der südliche Gebäudeteil umfasst eine Eingangshalle, die über fünf Türen vom Portikus betreten werden kann. Mittels einer Wand mit drei Durchgängen ist sie von dem dahinterliegenden großen Saal abgetrennt, der sich über die gesamte Länge des Baus hin erstreckt. Die kleinteiliger angelegten Räume in den beiden Seitenflügeln beruhen auf quadratischen und rechteckigen Grundrissen, die auf beiden Seiten identisch angeordnet sind. Im Erdgeschoss beherbergen sie Geräte- und Übungsräume, Garderoben sowie nach Geschlechtern getrennte Bäder. Zwei großzügige Treppenhäuser links und rechts neben der Eingangshalle führen in das obere Geschoss, das teils noch kleinere Räume aufweist, die den Lehrern vorbehalten waren **179**.



□ 180
Grundrisse der »Bildungsanstalt Jaques-Dalcroze« in Hellerau, Erdgeschoss (oben) und Obergeschoss (unten), o. J.

■ 766

Zum baulichen Komplex und dem Einzug der »Bildungsanstalt Jaques-Dalcroze« vgl.: ebd., S. 207.

■ 767

Vgl. Beacham 1999 (»Eke out our performance with your mind«), S. 146; Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>; De Michelis 1991, S. 205 u. S. 207.

■ 768

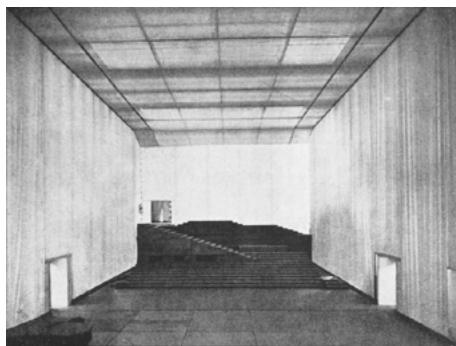
Vgl. Webseite des Festspielhaus Hellerau: <http://www.hellerau.org/hellerau/chronologie> und <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>; De Michelis 1991, S. 208.

■ 769

Zu den Aktivitäten und der kulturellen Bedeutung des Festspielhaus sowie Besonderheiten des Aufführungssaals vgl.: Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>.

Insgesamt beherrschen den Bau sowohl innen als auch außen seine ungemeine Schlichtheit und Symmetrie. Der Eingangsseite ist ein weiter rechteckiger Platz vorgelagert, der bis auf drei Zufahrtswege aus Richtung Süden, Osten und Westen von mit Walmdächern ausgestatteten eingeschossigen Bauten umgeben ist [179]. Darin befanden sich die Unterkünfte von Lehrern und Schülern der Bildungsanstalt Jaques-Dalcroze. 766 Diese von Émile Jaques-Dalcroze geleitete Schule für Rhythmische Gymnastik bezog den Bau bereits im Herbst 1911, als der linke Flügel bezugsfertig war. Im Jahr darauf war der gesamte Komplex fertiggestellt und bildete einen Anziehungspunkt für Schüler aus der ganzen Welt. 767 Die im Sommer 1912 und 1913 veranstalteten Schulfeste, die sogenannten Festspiele, wurden von Tausenden von Zuschauern und von europaweit angereisten Journalisten besucht. 768 Gezeigt wurden dort Improvisationen, Gruppenübungen sowie Szenen aus der Oper *Orpheus und Eurydike*. 769

Innovativ in vielerlei Hinsicht war allerdings auch die hier umgesetzte Theaterarchitektur, die in diametralem Gegensatz zur Ende des 19. Jahrhunderts in Dresden erbauten Semperoper stand. So zeichnet sich der in Hellerau für die Aufführungen vorgesehene Saal insbesondere durch sein Raumkontinuum aus, das ohne jegliche Trennung zwischen Bühne und Zuschauerraum auskommt [181]. Dieses Konzept unterstützend waren sowohl Bühnenelemente als auch die Sitze für das Publikum nicht als feste Einbauten sondern als beliebig installierbare Objekte ausgeführt. Der Saal war sogar mit einem versenkbaren Orchestergraben ausgestattet, wie historische Fotografien dokumentieren [181].



□ 181
Blick in den großen Saal der »Bildungsanstalt Jaques-Dalcroze« in Richtung Bühne (links) und Zuschauertribüne (rechts), historische Fotografien, um 1911.

■ 770

Zu Tätigkeiten von Appia und Jaques-Dalcroze vgl.: Beacham 1987, S. 57–58, S. 61–62, S. 64–65 u. S. 71–72.

■ 771

Vgl. Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>; Beacham 1987, S. 64 u. S. 66. Eine Zeichnung des am 24. Oktober 1913 patentierten Beleuchtungssystems von Alexander von Salzmann ist z. B. abgebildet in: De Michelis 1991, S. 24, Abb. 11.

■ 772

Vgl. Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>; De Michelis 1991, S. 31.

■ 773

Vgl. Beacham 1999 (»Eke out our performance with your mind«), S. 146.

■ 774

Vgl. Arnold 1993, S. 353–354; De Michelis 1991, S. 24.

■ 775

Vgl. De Michelis 1991, S. 208–209.

■ 776

Zu den Umnutzungen des Festspielhaus zwischen 1915 und den 1990er-Jahren vgl.: Ebd., S. 208–210; Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>.

■ 777

Vgl. Beacham 2006, S. 90.

All diese für die Zeit um 1910 innovativen Elemente gehen auf den Schweizer Theatervisionär Adolphe Appia zurück, der maßgeblichen Einfluss auf die Errichtung des Festspielhauses hatte. 770 Er stand in regem Austausch mit Dalcroze und arbeitete auch nach Fertigstellung des Bauwerks eng mit ihm zusammen. So entwickelte Appia die Bühnenbilder für sämtliche Aufführungen der Hellerauer Festspiele 1912 und 1913, während Dalcroze für die Choreographien zuständig war.

Bemerkenswert war auch das von Appia beeinflusste, außergewöhnliche Lichtkonzept, für das Alexander von Salzmann verantwortlich zeichnete, der es sich 1913 sogar patentieren ließ. 771 Hierfür wurden durchscheinende, gewachste Leinwände an Wänden und der Decke angebracht, durch die tausende dahinter installierte Glühbirnen hindurchleuchteten und ein gleichsam immateriell erscheinendes Licht entwickelten. 772 Mittels zentraler Steuerung war es auf diese Weise möglich Lichtstimmungen im Einklang mit der Musik, dem abstrakten Bühnenbild und den Bewegungen der Akteure wiederzugeben. 773 Die Lichtquellen erscheinen hierdurch für den Betrachter rätselhaft, wie es eine historische Fotografie aus circa 1912 festhielt [182].



□ 182

Von Adolphe Appia entwickeltes Bühnenbild für den zweiten Akt von »Orpheus« (C. W. Gluck) für die Hellerauer Festspiele 1912, historische Fotografie, um 1912.

Allerdings kostete der Bau statt der anfangs geplanten 450.000 Mark am Ende insgesamt 1.450.000 Mark. 774 Nachdem Dohrn Anfang des Jahres 1914 bei einem Unfall ums Leben kam und wenige Monate später der Erste Weltkrieg ausbrach, kam es zu gravierenden Veränderungen für das Institut. 775 Dalcroze, der sich beruflich bereits in der Schweiz befand, kehrte nicht nach Hellerau zurück und im März 1915 meldete das Institut schließlich Konkurs an. 776 Im Juni gründeten Schüler von Dalcroze zusammen mit Harald Dohrn, dem Bruder von Wolf Dohrn, die **Neue Schule für angewandten Rhythmus in Hellerau**, die während des Ersten Weltkriegs verschiedene Kurse zu rhythmischer Gymnastik anbot.

Nach dem Ersten Weltkrieg erlebte das Haus zahlreiche Umnutzungen und in Zuge dessen auch größere Umbauten. So wurde es von 1938 an als Polizeischule genutzt, wobei es im Inneren grundlegend umgebaut und die den Bau umgebenden Wohnhäuser abgerissen wurden. An ihrer Stelle wurden Militärkasernen errichtet. Etwas später unterlag die Nutzung der gesamten Anlage der Waffen-SS, nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs wurde das Gebäude bis Anfang der 1990er-Jahre von der sowjetischen Armee genutzt.

Im April 1990 wurde von verschiedenen Interessierten der internationale Förderverein für die **Europäische Werkstatt für Kunst und Kultur Hellerau e. V.** gegründet. 777 Dieser konnte erst im September 1992 in das Gebäude einzie-

■ 778

Vgl. Beacham 1999 (»Eke out our performance with your mind«), S. 147; Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>.

■ 779

Vgl. Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>.

■ 780

Vgl. Beacham 2006, S. 90.

■ 781

Vgl. Webseite des an der Restaurierung beteiligten Berliner Büros »atelier4d Architekten«: http://www.atelier4d-architekten.de/pdf/HELL_DE.pdf.

■ 782

Vgl. Beacham 2006, S. 90. Im Interview nennt er hingegen das Jahr 1997. Vgl. Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 4.

■ 783

Vgl. ebd.

■ 784

Vgl. Webseite des Dresdner Büros »Hahn+Kollegen«: <http://www.hahn-kollegen.de/index.php?id=31>; Webseite des Berliner Büros »atelier4d Architekten«: http://www.atelier4d-architekten.de/pdf/HELL_DE.pdf.

■ 785

Vgl. Beacham 2006, S. 94; Pressemitteilung der Stadt Dresden am 18.07.2006: http://www.dresden.de/de/rathaus/aktuelles/pressemitteilungen/archiv/2006/07/c_058.php.

■ 786

Beispielsweise ist hier zu nennen: Wangerin/Weiss 1976; Hartmann 1976; De Michelis 1991.

■ 787

Vgl. beispielsweise Literaturverweise zu Hellerau auf der Webseite der Bürgerschaft Hellerau e.V.: <http://www.hellerau-buergerverein.de/index.php/hellerau/literatur>.

■ 788

Vgl. Beacham 2006, S. 89.

hen, nachdem es die Soldaten der sowjetischen Armee verlassen hatten. ⁷⁷⁸ Nun entstanden verschiedene Initiativen mit dem Ziel, diesen einst wichtigen kulturellen Ort wieder entsprechend zu beleben. ⁷⁷⁹ Im Jahr 1994 übernahm der Freistaat Sachsen die Verantwortung über das Gebäude. ⁷⁸⁰ Beginnend im Jahr 1995 konnte das Festspielhaus umfassend restauriert werden. ⁷⁸¹ Hierzu trug maßgeblich die im gleichen Jahr durch den Theaterwissenschaftler Richard Beacham und den Architekten Fabian Zimmermann eingeworbene Förderung über 250.000 US-Dollar des J. Paul Getty Trust bei. ⁷⁸²

Ein Jahr später wurde das Gebäude zudem in das World Monuments Watch Programm aufgenommen, als stark gefährdeter Bau. ⁷⁸³ Die noch bis 2012 währenden Sanierungsarbeiten hatten das vorrangige Ziel, die ursprüngliche Raumstruktur des Festspielhauses wiederherzustellen und fanden allesamt in Absprache mit dem Landesamt für Denkmalpflege statt. ⁷⁸⁴ So erscheint das Äußere des Gebäudes wie zur Zeit seiner Erbauung ¹⁸³. Im Inneren hingegen findet sich ein neuer Fußboden und die Fenster sind nicht mehr verhängt. Am 7. September 2006 fand schließlich mit einem Festakt die offizielle Wiedereröffnung des Festspielhaus Hellerau statt, die mit der am folgenden Tag erfolgten Premiere einer Performance der nun dort untergebrachten The Forsythe Company ergänzt wurde. ⁷⁸⁵



□ 183

Das restaurierte Festspielhaus Hellerau: Fotografie des Außenraums, Klaus Gigga, (links) und Fotografie des Großen Saals ohne Einbauten, Jörg. R. Oesen (rechts).

Das Festspielhaus Hellerau in Zeichnungen, Plänen und Fotografien

In wissenschaftlichen Publikationen wird das Gebäude im Kontext von Monografien und Abhandlungen zum Architekten Heinrich Tessenow oder zum Konzept der Gartenstadt erläutert, meist bebildert mit zahlreichen historischen Fotografien, die teils den Fokus auf die Architektur setzen und teils die im Großen Saal stattgefunden habenden Inszenierungen dokumentieren ¹⁷⁹ ¹⁹⁹ ¹⁸². ⁷⁸⁶ In den 1990er-Jahren nimmt das Interesse an dem Festspielhaus Hellerau zu, was sich in zahlreichen Veröffentlichungen zeigt. ⁷⁸⁷ Diese Entwicklung scheint eng mit der Nutzung des Baus zusammenzuhängen. Denn mit der Einquartierung der Roten Armee war selbst noch Mitte der 1980er-Jahre ein Zutritt für Außenstehende nicht möglich, wie der Theaterwissenschaftler Richard Beacham erfuhr, als er aufgrund seines Forschungsinteresses an Adolphe Appia Zugang zu dem Gebäude ersuchte. ⁷⁸⁸

■ 789

Vgl. ebd., S. 90; Webseite des Festspielhaus Hellerau: <https://www.hellerau.org/de/geschichte/>.

■ 790

Vgl. Beacham 2006, S. 90.

■ 791

Vgl. De Michelis 1991, S. 210; Beacham 2006, S. 90.

Im Jahr 1979 war zwar das Festspielhaus in die Zentrale Denkmalliste der DDR aufgenommen worden, doch erst mit dem Fall der Mauer 1989 und letztendlich durch den Auszug der Roten Armee aus dem Gebäude drei Jahre später, war das Festspielhaus wieder öffentlich zugänglich. **789** So offenbarte sich dem nun dort einziehenden Förderverein der desolate Zustand des Baus, der über die zurückliegenden knapp fünfzig Jahre nicht instandgehalten worden war. **790** Aus dieser Zeit existieren noch zahlreiche Fotografien. Diese dokumentieren nicht nur die Verschmutzung, Schimmel und Schäden, sondern auch die Spuren der vergangenen Nutzung, wie der rote Stern anstelle des Yin-Yang-Zeichens am Giebel, Bemalung der großen Halle mit Symbolen und Ausstattung der Treppenhäuser mit symbolträchtigen Bildern und Karten **184**. Durch das Zugänglichmachen des Gebäudes konnte dieses nun auch vor Ort erforscht und restauriert werden.



□ 184

Zustand des Festspielhauses nach dem Auszug der Roten Armee: Außenraum (oben links), Großer Saal (oben rechts), Eingangshalle (Mitte links), Treppenhalle oben (Mitte rechts), Übungsraum (unten links), Treppenhalle unten (unten rechts), Fotografien 1992.

Neben diesen zahlreichen Fotografien aus den 1910er- und 1990er-Jahren existieren auch historische Bildquellen wie zuvor kurz erwähnt wurde. Zwar sind die originalen Zeichnungen der drei Entwürfe heute nicht mehr erhalten, aber Planmaterial aus den 1930er-Jahren sowie Fotografien sind noch zu finden. **791** All diese unterschiedlichen Dokumente bilden eine umfassende Dokumentation der Baugeschichte des Gebäudes und konnten als Grundlage für die Erstellung von 3D-Modellen verwendet werden, auf deren Entstehung und Verwendung im Folgenden näher eingegangen wird.

Entstehungskontext der digitalen Rekonstruktionen des Festspielhaus Hellerau

Die erste computertechnische Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau wurde von den Architekten Jim Webster und Fabian Zimmermann von dem Berliner Architekturbüro atelier4d Architekten mittels AutoCAD, um 1994/1996 erstellt. ⁷⁹² Es zeigt das Bauwerk mitsamt der umliegenden Gebäude sowie der Bepflanzung in fotorealistischer Anmutung ¹⁸⁵.



□ 185

CAD-Modell des Festspielhaus Hellerau aus der Fußgänger- und Vogelperspektive, Renderings, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten«, um 1994/1996.

■ 792

Hintergrundinformationen zum ersten CAD-Modell des Festspielhaus Hellerau nennt Richard Beacham im Interview: [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 1](#). Details zur verwendeten Software erläuterte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017. Den Entstehungszeitrahmen von 1994/1996 nannte Fabian Zimmermann in einem Gespräch mit der Autorin am 19.01.2018.

■ 793

Vgl. Beacham 1987.

■ 794

[Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 1](#).

Der Theaterwissenschaftler Richard Beacham, der damals an der School of Theatre Studies, University of Warwick, Vereinigtes Königreich, lehrte, forschte schon seit den 1980er-Jahren zu dem Schweizer Künstler Adolphe Appia. ⁷⁹³ In Zuge dessen war er nach der Wiedervereinigung in Hellerau, um das historische Gebäude vor Ort in Augenschein zu nehmen. Dort lernte er Fabian Zimmermann, Inhaber des zuvor genannten Büros, kennen, der wie er ein großes Interesse an dem Theaterbau hatte. Als Beacham schließlich ein CAD-Modell sah, das den einstigen Zustand des Festspielhauses wiedergab, sah er darin ein großes Potential für die theaterwissenschaftliche Lehre:

»After seeing this preliminary CAD model, it occurred to me that such technology would be immensely useful for students of theatre history. Because as theatre historians we had always dealt with light, distance, proportions, architecture and all of this. And here was a way of actually beginning to visualize these things. So in 1996 together Fabian and I conceived a project creating models of iconic historic European theatres.« ⁷⁹⁴

Somit bildete dieses erste digitale Modell den Auslöser für das Langzeitforschungsprojekt **Theatron**, das im Folgenden genauer erläutert wird. Beacham und Zimmermann zeigten Bilder dieser 3D-Modellierung in ihrem Antrag auf

■ 795

Vgl. Beacham 2006, S. 90; Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 4.

■ 796

Vgl. Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 4.

■ 797

Die Hintergrundinformationen zum Projekt »Theatron« erläuterte Richard Beacham in einer E-Mail an die Autorin vom 06.02.2017.

■ 798

Zur Funktion der digitalen Rekonstruktion vgl.: Beacham 1999 (»Eke out our performance with your mind«), S. 149.

■ 799

Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 4.

■ 800

Vgl. Beschreibung des Rekonstruktionsprozesses im Interview mit Richard Beacham: Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 3.

■ 801

Den Ursprung des Projekts »Theatron« erläutert Beacham im Interview: Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 1.

■ 802

Vgl. Beacham/Denard/Baker 2011, S. 465.

■ 803

Vgl. Ross 2003, S. 105.

■ 804

Vgl. Webseite des »Theatron« Projekts: <http://www.theatron.org/>. Hier ist nur ein Link auf die überarbeitete Version »Theatron 2 module« hinterlegt, aber nicht auf die erste Version.

■ 805

Vgl. Beacham/Denard/Baker 2011, S. 465.

finanzielle Förderung, den sie an den **J. Paul Getty Trust** richteten. Nach erfolgreicher Beurteilung erhielten sie wie bereits erwähnt 1995 einen **Conservation Grant**. Dieser wurde dazu verwendet die Hauptfassade sowie die Treppenhäuser zu restaurieren. **795** Erst nach erfolgreichem Abschluss dieser Arbeiten erlangte das Festspielhaus an Aufmerksamkeit in Sachsen, wo bis dahin die Finanzierung der Dresdner Frauenkirche im Mittelpunkt gestanden hatte. **796** Ende der 1990er-Jahre gewährte der Freistaat schließlich eine Förderung von etwa 6 Millionen Euro für weitere Restaurierungsmaßnahmen. **797** Die digitale Rekonstruktion war in diesem Stadium – ähnlich wie bei dem Wiederaufbau der Frauenkirche – insbesondere bei praxisorientierten Fragestellungen von großem Nutzen. So diente sie den Fachleuten, die für den Erhalt und die Restaurierung des Baus zuständig waren, dazu, Veränderungen zu identifizieren, die das Gebäude ausgehend von seiner ursprünglichen Konzeption durchlaufen hatte. **798** Auch war es möglich anhand des 3D-Modells zu ergründen, wie der Bau in seinem gegenwärtigen Zustand am besten restauriert werden konnte. Richard Beacham beschreibt diesen Arbeitsprozess folgendermaßen:

»This was a ›synthetic‹ process using research, discussion, argument, etc. back and forth as it was combining various elements. And it was also a rather ›organic‹ process, of exchange between 3D modellers and those working on the physical restoration of the actual Festspielhaus.« **799**

Demnach waren der Prozess der digitalen Rekonstruktion und die Restaurierungsarbeiten durch den regen Austausch der Experten beider Seiten eng miteinander verknüpft. Eine weitere wichtige Grundlage für das 3D-Modell bildete die Untersuchung historischer Quellen wie Pläne, Fotografien und Beschreibungen. **800**

Mit dem ersten CAD-Modell des Festspielhauses als Auslöser konzipierte Richard Beacham gemeinsam mit Fabian Zimmermann Mitte der 1990er-Jahre ein Projekt im Bereich der virtuellen Lernumgebung, für das er den Titel **Theatron (Theatre History in Europe: Architectural and Textural Resources Online)** entwickelte. **801** Ziel war es, 3D-Modelle historischer Theatergebäude in Europa zu realisieren. Gemeinsam gründeten sie sodann die gleichnamige Firma **Theatron Ltd.** Während Beachams Tätigkeit an der School of Theatre Studies der University of Warwick initiierte er mehrere digitale Rekonstruktionen von Theaterbauten basierend auf historischen Bild- und Schriftquellen. **802**

Mit Unterstützung durch EU-Fördergelder aus dem 4. Forschungsrahmenprogramm wurde 1998 bis 2001 eine erste interaktive online-Lernanwendung von **Theatron** realisiert, auf die in **Kapitel 5.1** (→ **301**) hinsichtlich ihrer Implementierung und Funktionsweise näher eingegangen wird. Der Zugang musste von Institutionen käuflich erworben werden. **803** Diese Anwendung ist heute jedoch nicht mehr zugänglich. **804** Auch eine digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau war darin integriert und konnte von den Nutzern interaktiv erkundet werden. **805** Sie basierte auf dem von Jim Webster und Fabian Zimmermann realisierten CAD-Modell, das von Drew Baker, Experte für VR-Technologien an der University of Warwick, in Zusammenarbeit mit Martin Blazeby in

■ 806

Die Arbeitsabläufe erläuterten Richard Beacham und Fabian Zimmermann in Gesprächen mit der Autorin am 17.07.2017 bzw. am 19.01.2018. Zur Unterscheidung der einzelnen Versionen der 3D-Modelle wird das von den Architekten in den 1990er-Jahren erstellte mit ›CAD-Modell‹ bezeichnet, das im Rahmen des »Theatron 2 module« mit ›VRML-Modell‹, das im Video Anfang der 2000er-Jahre gezeigte mit ›3D-Modell im ersten Video‹ und das in »Second Life« implementierte mit ›3D-Modell in Second Life‹.

■ 807

Zu den zugrundeliegenden Quellen und der Modellierung vgl.: Beacham/Denard/Baker 2011, S. 465.

■ 808

Beacham ist einer der Initiatoren der 2009 veröffentlichten London Charter, die Richtlinien für die wissenschaftliche Erstellung digitaler 3D-Modelle kulturellen Erbes festhält. Vgl. Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 12. Nähere Informationen zur Charta und ihrer Rezeption folgen in Kapitel 6.2 (→ 469).

■ 809

Zum Potential der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau vgl.: Beacham 1999 (»Eke out our performance with your mind«), S. 148–149 u. S. 151.

■ 810

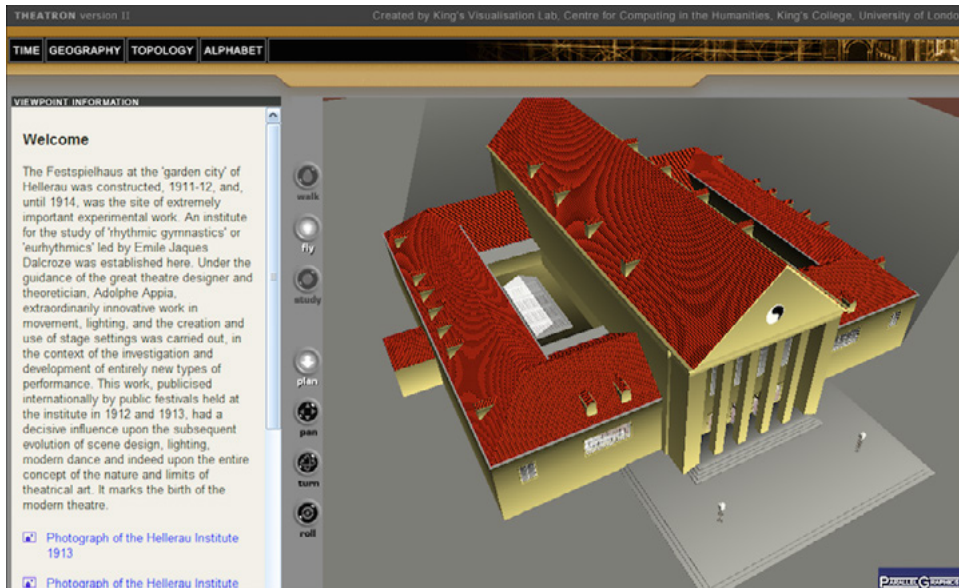
Vgl. Webseite des Projekts »Theatron 2 module«: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/>. Nähere Informationen zur Funktionsweise des »Theatron 2 module« werden in Kapitel 5.1 (→ 301) erläutert, Hintergrundinformationen nannte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

eine VRML-Datei umgewandelt worden war. ⁸⁰⁶ Grundlage für die digitalen Rekonstruktionen waren historische Schrift- und Bildquellen, beispielsweise Architekturbeschreibungen, Briefe, Zeichnungen und Gemälde, sowie die Forschungsarbeiten von jeweiligen Experten zu den Gebäuden. ⁸⁰⁷ Erarbeitet wurden für jeden Theaterbau je zwei 3D-Modelle mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad: ein einfach gehaltenes Modell, das in Echtzeit navigierbar war und ein sehr detailliert gestaltetes Modell, von dem gerenderte Bilder sowie Animationen erstellt wurden. Für die Modellierung galten strenge Standards hinsichtlich der Wiedergabe architektonischer und archäologischer Befunde. ⁸⁰⁸

Das konkrete Potential des interaktiven Modells des Festspielhaus Hellerau lag laut Richard Beacham aus Sicht der Theaterwissenschaft insbesondere in folgenden Bereichen: Zum einen ermöglichte das 3D-Modell dem Nutzer das Gebäude zu dekonstruieren und so seine konzeptuelle Zusammensetzung zu erkennen, insbesondere im Hinblick auf architekturgeschichtliche Konzepte sowie die Vorstellungen Adolphe Appias. ⁸⁰⁹ Zum anderen konnte anhand des 3D-Modells der Bau im Kontext seiner Umgebung genauer untersucht werden. So konnten beispielsweise die Wege analysiert werden, die die Besucher vom Herantreten an das Festspielhaus bis zum Auffinden des Sitzplatzes im Vorführsaal zurücklegten. Auf diese Weise ließen sich ästhetische Konzepte feststellen, die dem Gebäude eingeschrieben sind und die Erfahrung der Besucher bedingten.

Darüberhinaus bot das 3D-Modell noch ein weiteres wesentliches Potential: Es war möglich Designs von Adolphe Appia in die digitale Rekonstruktion zu integrieren, um diese in der für sie ursprünglich konzipierten Umgebung erscheinen zu lassen. In einer Simulation der originalen Bedingungen konnten diese Objekte dann analysiert werden. Auch ließ sich in der Variation der Bedingungen die jeweils unterschiedliche Wirkung der Szenerien Appias untersuchen. Ein 3D-Modell bot sich bei der Analyse von dessen Werken von vornherein an, da es sich dabei um dreidimensionale Objekte handelt, die in einem Raum in verschiedener Weise miteinander kombiniert und unterschiedlichen Beleuchtungssituationen ausgesetzt waren.

Heute ist nur mehr eine überarbeitete Version der ersten Lernumgebung von Theatron online zu finden, das Anfang der 2000er-Jahre veröffentlichte Theatron 2 module, das bis heute frei zugänglich ist. ⁸¹⁰ Wie auch bei der zuvor erwähnten EU-geförderten Anwendung handelt es sich hierbei um eine internetbasierte virtuelle Lernumgebung – in Kapitel 5.1 (→ 301) wird im Kontext von online-Anwendungen zur Wissensvermittlung ausführlich darauf eingegangen. Im Rahmen der Webseite des Theatron 2 module werden die digital rekonstruierten Theaterbauten präsentiert, worunter sich auch das Festspielhaus Hellerau befindet. In der zugehörigen Anwendung werden dem Nutzer Informationen zum Bauwerk und seiner Nutzung als Festspielhaus in Form von Texten und historischen Fotografien dargeboten ¹⁸⁶. Der Nutzer kann sich mithilfe der Maus um das Bauwerk frei herum bewegen und es aus der Vogel- und Fußgängerperspektive betrachten ¹⁸⁷. Auch ein virtuelles Betreten und Erkunden jedweder Räume ist möglich. Starr positionierte, virtuelle menschliche Figuren weisen auf besondere Ansichten hin, die der Nutzer nach Belieben einnehmen könnte. Die heute online verfügbare Version des Theatron 2 module weist allerdings weit weniger Funktionen auf als die Version der ersten Lernumgebung.



□ 186

Interaktive und online zugängliche, digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, »Theatron 2 module«, University of Warwick und »King's Visualisation Lab«, King's College London, Anfang der 2000er Jahre, Bildschirmfoto 2017.



□ 187

Virtueller Rundgang außerhalb und innerhalb des digital rekonstruierten Festspielhaus Hellerau, »Theatron 2 module«, University of Warwick und King's College London, Anfang der 2000er Jahre, Bildschirmfotos 2017.

■ 811
Die Arbeitsweise des Teams erläuterte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

■ 812
Den Wechsel an das King's College London erläuterte Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

■ 813
Vgl. Beacham 2006, S. 94; Murfin 2007.

■ 814
Vgl. Datei Beacham01.flv im Ordner »Beacham« auf der CD-Rom zur folgenden Publikation: Performance Research. Digital Resources, Bd. 11 (2006), Nr. 4.

Das 3D-Projekt Theatron wurde über die Jahre stets weiterentwickelt, je nachdem wie viel Zeit und Geld Beacham und seinem Team dafür zur Verfügung stand. ⁸¹¹ Wie bereits erwähnt wechselten sie 2005 an das King's College London (KCL), an dem der Theaterwissenschaftler das King's Visualisation Lab (KVL) gründete. ⁸¹²

Im Jahr 2006 präsentierte er erstmals öffentlich einen virtuellen Rundgang durch das Festspielhaus Hellerau in Form eines Videos: Er stellte es im Rahmen seiner Keynote »Bearers of the Flame«. Music, dance, design, and lighting, real and virtual – the enlightened and still luminous legacies of Hellerau and Dartington auf der Konferenz Digital Resources for the Humanities and Arts (DRHA) in Dartington, Vereinigtes Königreich, vor (¹⁸⁸ bis ¹⁹³). ⁸¹³ Das knapp zweiminütige Video wurde auf einer CD-Rom der zugehörigen Publikation zur Veranstaltung mit einer Auflösung von 304 × 256 Pixel als Flash Video (.flv) beigelegt und weist keine Tonspur auf. ⁸¹⁴ Die darin gezeigte 3D-Rekonstruktion sowie das Video wurden von Jim Webster und Fabian Zimmermann von atelier4d Architekten um 1994/1996 erstellt. ⁸¹⁵ Fraglich ist, warum das 3D-Modell aus den 1990er-Jahren für eine Präsentation im Jahr 2006 verwen-

■ 815

Den genauen Zeitpunkt der Erstellung konnten die Beteiligten nicht mehr bestimmen. Beacham nannte als möglichen Entstehungszeitraum das Jahr 2004 (E-Mail an die Autorin vom 25.05.2017), Fabian Zimmermann vermutete eine noch frühere Entstehung (E-Mail an die Autorin vom 11.01.2018). Der Theaterwissenschaftler gab zudem an, dass Drew Baker das 3D-Modell und Takeo Magruder das Video erstellt hatten. Dies ist allerdings unwahrscheinlich, da das im Video gezeigte 3D-Modell mit den von »atelier4d Architekten« erzeugten Renderings übereinstimmt, während die später von Drew Baker realisierten digitalen Modelle sich ästhetisch stark davon unterscheiden. Daher ist zu vermuten, dass das 3D-Modell und wahrscheinlich auch das Video von »atelier4d Architekten« erstellt wurden. Drew Baker und sein Kollege am King's College London, Martin Blazeby, konnten nicht erreicht werden.

■ 816

Möglicherweise war es das einzige Video, das zu diesem Zeitpunkt von dem Festspielhaus vorlag.

■ 817

Details zur Entwicklung und Nutzung von »Theatron 3« in »Second Life« vgl. Kapitel 5.1 (→ 301); Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 6 u. Frage 7; Webseite des Projekts »Theatron 3«: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/>; THEATRON Final Report 2009.

■ 818

Vgl. Video mit virtuellem Rundgang durch das Gebäude an der Seite eines Avatars: »YouTube«: <https://www.youtube.com/watch?v=Enhm0vE73iU> (27.04.2008 online gestellt); Webseite des Projekts »Theatron 3«: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=69.html>.

■ 819

Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 6.

■ 820

Zu Hintergrundinformationen zum künstlerischen Projekt im Jahr 2007 vgl.: Beacham 2009.

■ 821

Ebd.

det wurde. ⁸¹⁶ Da es sich um die erste öffentliche Präsentation der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau handelt, die zudem noch heute zugänglich ist, steht sie im nachfolgenden Abschnitt des vorliegenden Kapitels im Fokus der Analyse.

Eine erneute Überarbeitung erfuhr die digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau mit der Implementierung von **Theatron 3** in die virtuelle Welt von **Second Life** zwischen 2007 und 2009 ¹⁹⁶. ⁸¹⁷ Wie in **Kapitel 5.1** (→ 301) ausführlich erläutert wird, war es in dieser virtuellen Umgebung nun auch möglich, die dort vorhandenen 3D-Modelle von historischen Theaterbauten auf unterschiedliche Weise zu erforschen. Hierfür bestand durch die Einbindung von interaktiven Inhalten die Möglichkeit beispielsweise Requisiten, Klangeffekte und Beleuchtung individuell zu verwenden. Insofern waren hier ähnliche Funktionen gegeben, wie in der ersten **Theatron** Version, jedoch war die Technik um ein Vielfaches weiterentwickelt. Da **Theatron 3** seit 2012 nicht mehr in **Second Life** zugänglich ist, kann nur mehr über ein Video ein Eindruck darüber gewonnen werden, wie die Interaktion mit dem 3D-Modell des Festspielhauses erfolgte. ⁸¹⁸

Im Rückblick sah Beacham in digital rekonstruierten Theaterbauten insbesondere in räumlich ästhetischer Hinsicht einen großen Mehrwert für die Erforschung des historischen Gebäudes sowie beim Einsatz in der Lehre:

»A 3D model of a theatre is very useful for study and learning and research purposes because theatres are all about space and movement and visual qualities: all of which are accessible in virtual formats. Instead of looking at drawings, or photographs, or designs, users can see and in the case of some models, such as **Second Life**, actually »visit and explore and move about the historical theatre space.« ⁸¹⁹

Die interaktive Komponente war für ihn dabei das Entscheidende Element. Umso bedauerlicher ist es, dass nur noch das **Theatron 2 module** im Internet zugänglich ist. Auf eine nachhaltige Nutzbarkeit der online-Anwendungen war das gesamte **Theatron** Projekt nicht ausgelegt, wie die gegenwärtige Situation offenbart. Dies ist ein wichtiges Desiderat und trifft auf viele der in der vorliegenden Arbeit analysierten 3D-Projekte zu. Das Thema der Langzeitarchivierung wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) genauer betrachtet.

Doch nicht nur virtuelle online-Anwendungen waren mit **Theatron 3** möglich, sondern auch hybride Formen: So wurden zwei Bühnenbildentwürfe von Appia, **The Staircase** (1909) und **Descent into the Underworld** (1912), 2007 im Rahmen einer Zusammenarbeit des KVL mit der **Trans Media Akademie** in Hellerau in künstlerischen Simulationen umgesetzt. ⁸²⁰ Im Rahmen des **CyNetArt07** Festival wurden sie in Lebensgröße auf die Stirnwand des großen Saals des Festspielhauses projiziert. Zu sehen waren das digital rekonstruierte Bühnenbild und Avatare, die die Bewegungen von den Performern zu Appias Zeit nachstellten. Vor Ort bewegten sich auch reale Tänzer nach einer neuen Choreographie. So vermischten sich hier reale und virtuelle Elemente zu einer »virtual, living scenographic sculpture« ⁸²¹.

Wie dieser Überblick zeigt, entwickelten sich aus der ersten digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau weitere Versionen, die in unterschiedlichen wissenschaftlichen Kontexten realisiert und verwendet wurden. Im Folgenden werden daher die einzelnen Versionen der 3D-Modelle gegenübergestellt, um die unterschiedlichen Visualisierungen und die so entstandenen Bilder zu vergleichen: Renderings des im Rahmen der Restaurierung entstandenen CAD-Modells (1996), erstes veröffentlichtes Video mit Rundgang durch das 3D-Modell (Anfang 2000er-Jahre/2006), interaktives VRML-Modell im **Theatron 2 module** (Anfang 2000er-Jahre), Video mit virtuellem Rundgang durch das 3D-Modell in **Second Life** (2007–2012).

■ 822

Auch im Hinblick auf die Vergleichbarkeit mit den anderen in der vorliegenden Arbeit analysierten 3D-Projekten wurde der Fokus der detaillierten Untersuchung auf das Video gelegt und nicht auf das interaktive »VRML«-Modell, das wohl in einem ähnlichen Zeitraum entstand.

Ziel ist die Inszenierung des Bauwerks und deren Wirkung zu ergründen. Vorangestellt ist eine detaillierte Analyse der Visualisierung des 3D-Modells im ersten Video. Denn hierbei handelt es sich um die erste Veröffentlichung der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus in Form eines Videos, die noch heute zugänglich ist. **822** Die Analyse bildet die Grundlage für die danach erfolgende vergleichende Untersuchung der einzelnen 3D-Modellversionen und beginnt mit einem virtuellen Rundgang durch das Theatergebäude.

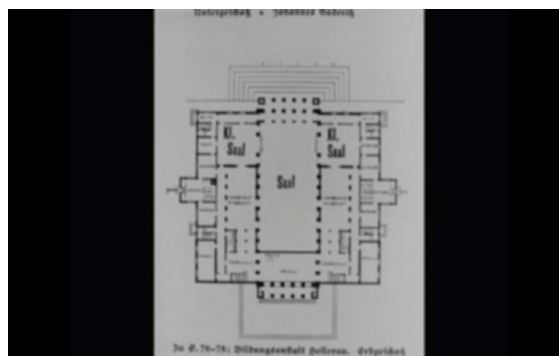
Virtueller Rundgang – Die visuelle Präsentation des 3D-Modells im Video

Inhaltlich kann das Video, das eine Länge von insgesamt 1:42 Minuten hat, in drei Teile untergliedert werden. Im Ersten Abschnitt (Min. 0:00 – 0:10) ist der Grundriss des Festspielhaus Hellerau zu sehen, aus dem im nächsten Abschnitt (Min. 0:11 – 0:29) die digitale Rekonstruktion des Gebäudes in Form eines 3D-Modells erwächst und es von außen zeigt. Der dritte und längste Teil des Videos (Min. 0:30 – 1:42) umfasst schließlich einen virtuellen Rundgang durch das Innere des Bauwerks.

Die erste Einstellung zeigt in Aufsicht einen auf weißem Untergrund befindlichen in Schwarz gezeichneten Grundriss des Festspielhauses im Hochformat. **823** Darin ist die jeweilige Funktion der einzelnen Räume mit lateinischen Buchstaben im Plan vermerkt **[188]**.

■ 823

Laut Richard Beacham handelt es sich hierbei um einen historischen Plan von Heinrich Tessenow um 1912. Diese Information ist einer E-Mail von Richard Beacham an die Autorin vom 17.07.2017 entnommen.

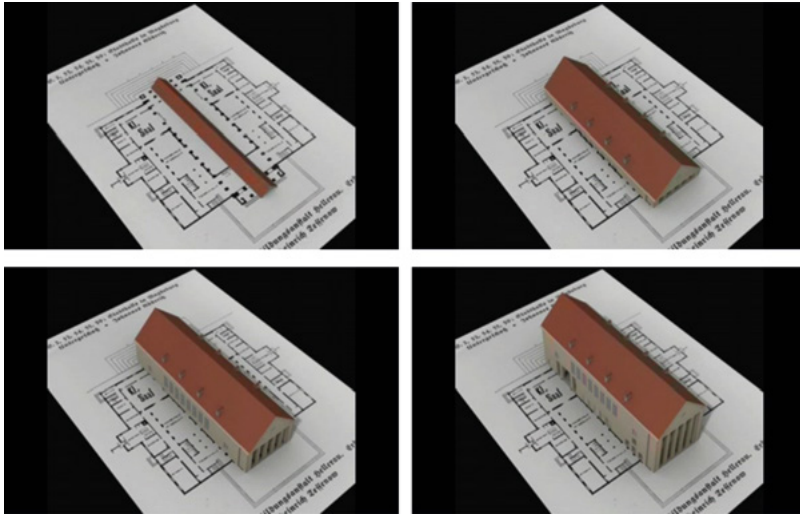


□ 188

Grundriss des Architekten Heinrich Tessenow um 1912, Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Min. 0:03, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/ University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).

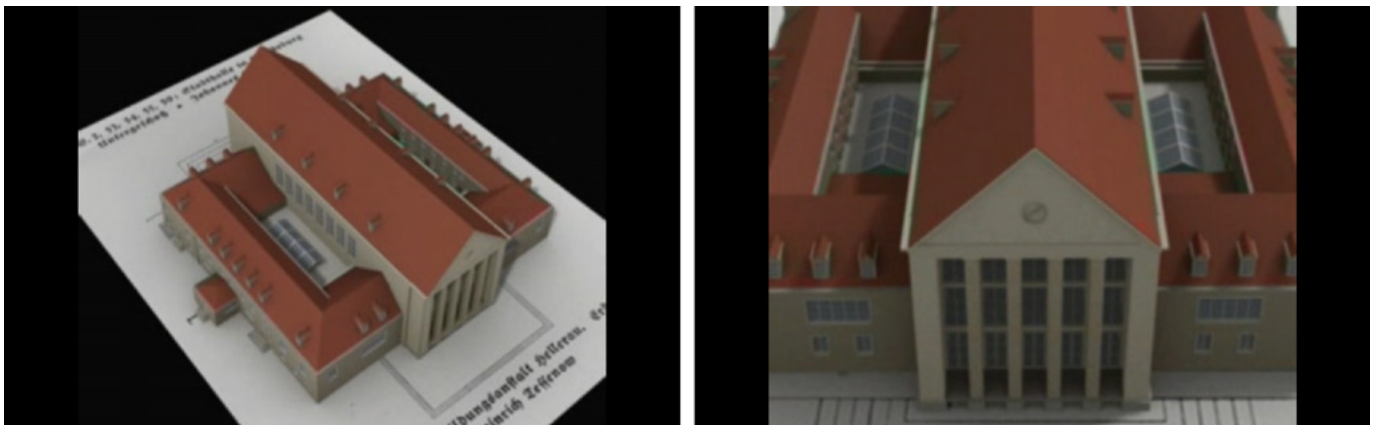
Nach wenigen Sekunden beginnt sich der Grundriss nach rechts zu drehen. Er scheint sich auf einem Blatt Papier zu befinden, das nun schräg im Bild ist, sodass seine Ecken vom Bildrand abgeschnitten werden. Als es zum Stillstand kommt, erwächst daraus sogleich das 3D-Modell des Festspielhaus Hellerau, genau an den vom Grundriss markierten Stellen. Dieser Vorgang beginnt mit dem höchsten Element des Gebäudes, dem Dach des Mittelbaus. In

einer fließenden Bewegung taucht es aus dem Plan auf, als würde der Wasserspiegel in Form des Papierbogens sinken und zum Vorschein kommt der darunter liegende Baukörper. So taucht innerhalb von vier Sekunden zunächst der mittlere Gebäudeteil komplett auf ¹⁸⁹. Daran schließen sich die beiden Seitenflügel an, wobei auch hier zuerst die Dächer erscheinen.



□ 189
Das 3D-Modell erwächst aus dem Grundriss, Stills aus dem Video des Festspielhaus Hellerau, Min. 0:11 – 0:15, Jim Webster und Fabian Zimmermann/ »atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).

Nachdem der gesamte Bau steht, erfolgt die Überblendung auf eine Ansicht des 3D-Modells, die die Rückseite des Gebäudes aus einer relativ steil gewählten Vogelperspektive zeigt ¹⁹⁰. Hier ist ein enger Bildausschnitt gewählt worden, denn die Flügelbauten sind in ihrer Breite nicht komplett zu sehen. Durch die extreme Aufsicht ist auch ein Blick in die Lichthöfe möglich, die die Seitenflügel mit dem Mittelbau bilden. Die virtuelle Kamera zoomt an den Portikus heran, bis dessen unteres Viertel aus dem Bild verschwindet.



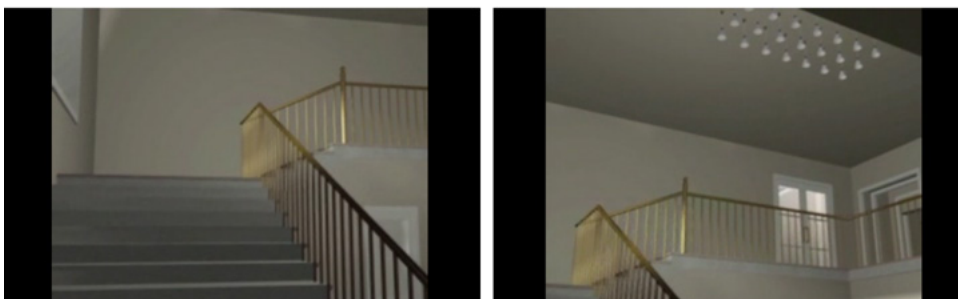
□ 190
3D-Modell über historischem Grundriss, Ansicht von Südwesten (links) und von Norden (rechts), Stills aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Min. 0:22 – 0:25, Jim Webster und Fabian Zimmermann/ »atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).

In diesen Zoom hinein erfolgt die Überblendung ins Innere des Gebäudes: Die virtuelle Kamera führt den Betrachter auf Augenhöhe durch die Türe an der rechten Seite des Portals in die Eingangshalle hinein. Sie bewegt sich zunächst auf die gegenüberliegende Wand zu und schwenkt dann langsam nach links ^[191]. So kommen zuerst die drei Türen zum großen Saal ins Bild und im weiteren Verlauf des Schwenks ist der komplette Raum zu sehen, auch die Decke mit ihren Balken und den dazwischen in Reihen montierten Hängelampen. Die virtuelle Kamera verharrt an dieser Stelle kurz und bewegt sich anschließend in einem leichten Bogen zur linken Tür am Ende der Eingangshalle. Der linke Türflügel steht bereits offen und beim Näherkommen öffnet sich der rechte, sodass die Kamera mitten hindurchgleiten kann und in die dahinterliegende Treppenhalle gelangt. Sie bewegt sich auf die Treppe zu und scheinbar ein paar Stufen hinauf. Sodann wendet sie sich nach schräg rechts oben und zeigt dadurch die Empore sowie die von der Decke hängenden Lampen ^[192].



□ 191

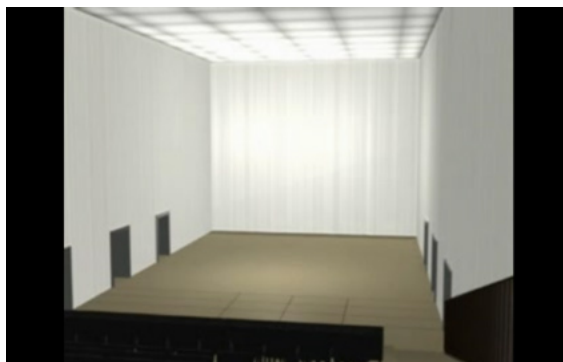
Kamerafahrt durch die Eingangshalle, Stills aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Min. 0:35 – 0:57, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).



□ 192

Kamerafahrt und -schwenk durch die südwestliche Treppenhalle, Stills aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Min. 1:09 – 1-29, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).

Darauf folgt eine Überblendung auf ein Standbild, das den großen Saal visualisiert ^[193]. In dieser Einstellung befindet sich der Betrachter oben auf der Zuschauertribüne, in der hinteren Ecke auf der rechten Seite. Dies ermöglicht einen ungehinderten Blick in den Raum hinein, der fast ohne jegliche Einrichtungsgegenstände dargestellt ist. Lediglich die Zuschauersitze sind schemenhaft visualisiert sowie das Geländer an der rechten Seite. Abgeschlossen wird das Video mit einer Überblendung auf ein schwarzes Bild. Es folgt kein Abspann.



□ 193

Blick von der Zuschauertribüne in Richtung Bühnenraum, Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Min. 1:32, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/ University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten, Farbgebung, Texturen

Im Außenbereich ist keine auffällige Lichtsimulation erkennbar. Der Schattenverlauf weist auf eine südwestlich und beinahe senkrecht über dem Gebäude positionierte, virtuelle Lichtquelle hin. Denn die Schlagschatten sind relativ kurz und die nach Osten abfallenden Dachflächen dunkler gefärbt als andere ^[190].

Die Lichtsimulation im Inneren ist komplexer angelegt: Im ersten Kamerashwenk, der die Eingangshalle zeigt, sind am Boden deutlich helle Bereiche zu sehen. Diese scheinen anhand des Lichteinfalls durch die mit verglasten Sprossenfenstern ausgestatteten Türen entstanden zu sein. Die Lampen an der Decke leuchten offensichtlich nicht und kommen daher nicht als Quelle infrage. Irritierenderweise sind die Glasflächen der Türen dunkel dargestellt, obwohl sie erwartungsgemäß aufgrund des Tageslichts erhellt sein müssten. Im Gegensatz dazu sind die Wandflächen zwischen den Türen nicht verschattet. Diese Lichtsimulation erinnert unwillkürlich an die bereits untersuchte Rekonstruktion von Old Minster, bei der wegen des **Depth-Cueing**-Effekts im Außenbereich Nacht war. ⁸²⁴ Da dieses technische Problem aus den 1980er-Jahren längst gelöst ist, bleibt die Frage, warum hier eine fehlerhafte Anzeige zu sehen ist.

Die anschließende Sequenz, in der sich die virtuelle Kamera durch eine Türe in die Treppenhalle bewegt, wartet hingegen mit zwei besonderen Effekten auf. Während der rechte Türflügel aufschwingt, reflektiert deren oberste Glasscheibe das Licht. So leuchtet der metallische Handlauf des dahinterliegenden Treppengeländers kurz auf ^[194].

■ 824

Vgl. Kapitel 3.2 (→ 091).



□ 194

Blick durch die Verbindungstüre zwischen Eingangshalle und Treppenhaus, Stills aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Min. 1:09 – 1:13, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).

Als sich die virtuelle Kamera schließlich im Treppenhaus befindet, ist der Lichteinfall durch das neben dem Portikus gelegene Fenster auf Höhe des Zwischenabsatzes der Treppe sichtbar ^[195]. Realistisch dargestellt ist dies anhand der Fensterscheiben, die im Gegensatz zu den Türen im Erdgeschoss hell wiedergegeben sind, sowie der Farbigkeit des Geländers. Während dieses im unteren Bereich dunkelbraun gefärbt ist, erstrahlt es weiter oben am Treppenabsatz golden. Der Kameraschwenk zur Decke zeigt, dass auch in diesem Raum die Lampen nicht erleuchtet dargestellt sind.



□ 195

Blick von der Eingangshalle in das Treppenhaus, Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Min. 1:15, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung).

Eng verknüpft mit der Lichtsimulation ist die Farbigkeit des digital rekonstruierten Gebäudes. So sind weitgehend die von Licht beschienenen Elemente heller dargestellt als die im Schatten liegenden. Eine Ausnahme bildet hier wie bereits erwähnt die Wiedergabe der Eingangshalle. Dies wird im Vergleich mit einem historischen Foto besonders deutlich, worauf später noch eingegangen wird. Hell-Dunkel-Kontraste kommen insbesondere im Außenbereich des Bauwerks sowie im Großen Saal zur Geltung. Farblich hebt sich das über dem Grundriss visualisierte 3D-Modell sehr gut von seinem weißen Untergrund ab ^[190]. Denn die Wände erscheinen in einem Beigeton, die Dächer in Ziegelrot. Glasscheiben von Fenstern sind blau-grau gefärbt.

Hier wurden keine Texturen mit fotorealistischen Oberflächen verwendet. Das Dach hat beispielsweise keine Ziegel, sondern weist eine durchgehend plane Ebene auf. Generell wurden fotorealistische Texturen, die bestimmte Materialien oder markante Oberflächen darstellen, in der Rekonstruktion kaum verwendet. Möglicherweise kam für die Darstellung des Fußbodens in der Eingangshalle eine Textur zum Einsatz ^[191]. Denn hier sind in verschiedenen

Beigetönen gehaltene Fliesen erkennbar, wobei deren Größe und Beschaffenheit durch die niedrige Auflösung nicht genau zu identifizieren sind. Die Griffe der Türen zwischen Portikus und Eingangshalle weisen eine an Metall erinnernde, messingfarbene Optik auf, ebenso das Treppengeländer.

Die Materialeigenschaften der Bestuhlung im großen Saal werden in der im Video vorliegenden Einstellung nicht ersichtlich ^[193]. Jedoch evozieren die zwischen weiß und hellgrau changierenden Wände und die Decke dieses Raums den Eindruck, sie seien tatsächlich mit weißem Leintuch bespannt. Dies wird durch die feinen Längsstreifen und die diffus erscheinende Beleuchtung erreicht. Der Fußboden hingegen ist einheitlich hellbraun gefärbt, ohne Hinweis auf seine Beschaffenheit. Auf diese Weise entsteht ein starker Kontrast zwischen den hellen Wänden sowie der Decke einerseits und andererseits den dunkel gehaltenen Türöffnungen und der Bestuhlung.

Zum Vergleich sei nun kurz auf die Lichtsimulation in den drei weiteren Versionen der 3D-Modelle eingegangen:

Im VRML-Modell gibt es eine simulierte Lichtquelle aus Richtung Süden ^[186]. Allerdings wurde nur der Schlagschatten des Gebäudes als Ganzes korrekt dargestellt, verschattete Partien sämtlicher baulicher Details entsprechen hingegen nicht der Realität. Im Gegensatz zur digitalen Rekonstruktion im hier analysierten Video ist das Podest vor dem Portal dreidimensional modelliert.

Hingegen ist in dem CAD-Modell zur Steigerung des realistischen Eindrucks eine starke Lichtquelle simuliert, die dunkle Schatten hervorruft ^[185]. Stilisierte Bäume wurden im Hintergrund platziert und ein hellblauer wolkenloser Himmel rahmt die Szenerie ein. Dieses Bild entspricht auf konstruktiver und gestalterischer Ebene – wie beispielsweise in der Wiedergabe aus der Perspektive eines Spaziergängers – dem Anspruch eines Architekten, eine zukünftige bauliche Situation möglichst realistisch und detailliert darzustellen.

Die Visualisierung des Festspielhauses in **Second Life** hebt sich im Hinblick auf die Lichtsimulation von den zuvor genannten Versionen deutlich ab ^[196]. Denn hier wird eine Sonnenuntergangsszenerie dargestellt: Die Sonne befindet sich hinter dem Festspielhaus, sodass ähnlich wie im ersten Video auch hier die Hauptfassade im Schatten liegt. Zwar erzeugt die untergehende Sonne mit den realistisch anmutenden Reflexionen auf dem Wasser eine warme Atmosphäre, jedoch verhindert dies einen objektiven Blick auf das Bauwerk. Zudem trägt die Darstellung des Sees nicht zur Wiedererkennbarkeit des Festspielhauses bei. Generell ist zu hinterfragen, ob eine solche stimmungsvolle Szenerie im Rahmen einer wissenschaftlichen Rekonstruktion erkenntnisfördernd ist.

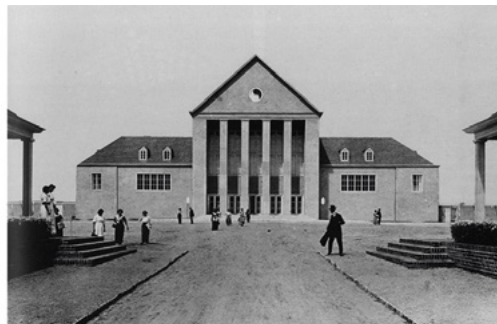
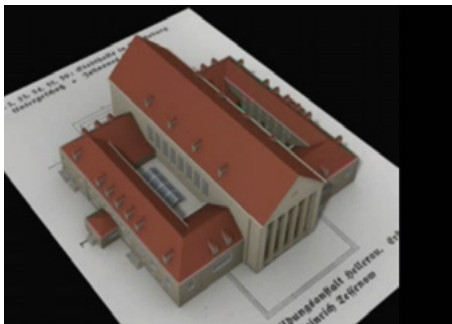


□ 196
3D-Modell des Festspielhaus Hellerau auf einer das Umfeld ausklammernden Insellage des Projekts »Theatron 3« (2007–2012) in der virtuellen Umgebung von »Second Life«, »KVL« 2007–2012.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Wie detailgenau die digitale Rekonstruktion des Festspielhauses im ersten Video umgesetzt wurde, kann anhand von Vergleichen mit historischen Fotografien aus den 1910er-Jahren erörtert werden. Dafür werden Aufnahmen des äußeren Erscheinungsbilds, der Eingangshalle, der Treppenhalle sowie des Großen Saals herangezogen.

In Bezug auf die Fassade lässt sich erkennen, dass sie in ihren Details in das 3D-Modell für das Video übernommen wurde. Einzig der kleine Vorsprung rechts und links an der Südwestfassade der Seitenflügel wurde nicht digital modelliert [197]. Bei genauem Hinsehen fällt auf, dass das Ying-Yang-Symbol im Giebelfeld des digital rekonstruierten Gebäudes nicht vollständig wiedergegeben ist [190] [197]. Anstatt der weißen und schwarzen Flächen weist das Symbol die gleiche Farbe wie das Mauerwerk auf.



□ 197
Vergleich der Südwestfassade: 3D-Modell über historischem Grundriss, Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion, Min. 0:22, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung), (links) und historische Fotografie der Südwestfassade, 1913 (rechts).

Historische Fotografien, die die Außenansichten des Festspielhauses wiedergeben, zeigen meist auch die benachbarten Gebäude [179]. Im Video wurde das Gesamtensemble von Lehrer- und Schülerbauten allerdings nicht integriert, stattdessen wurde das Bauwerk virtuell auf einer Ansicht seines Grundrisses platziert [189]. Auch im VRML-Modell findet sich kein Hinweis darauf, wo das Festspielhaus einst in Hellerau stand [187]. Das 3D-Modell in Second Life ist zwar in eine Landschaft eingebettet, jedoch nicht in seiner realen Umgebung, sondern am Ufer einer erdachten Insel [196]. 825 Nur in dem CAD-Modell aus den 1990er-Jahren wurden auch die das Festspielhaus umgebenden Bauten und Flächen rekonstruiert, sodass der Betrachter die Möglichkeit hat, es stadträum-

■ 825

In »Second Life« besteht grundsätzlich die Möglichkeit Inseln oder Flächen auf Kontinenten zu erwerben, um darauf Gebäude zu errichten. Zur Funktionsweise und der Nutzung von »Second Life« vgl. Kapitel 5.1 (→ 301).

lich einzuordnen ^[185]. Dies war maßgeblich der Funktion dieses Modells geschuldet, das den Architekten im Rahmen der Restaurierung zur Orientierung und Referenz diente.

Da das Bauwerk anhand von zahlreichen historischen Fotografien relativ gut dokumentiert ist, hätten diese Bilder beispielsweise in das erste Video eingebunden werden können. So wäre es im direkten Vergleich – beispielsweise durch Überblendung oder dem Nebeneinanderstellen von Rekonstruktion und historischem Vorbild – möglich gewesen, die Rekonstruktion als detailgenaue, verlässliche Initiative zu präsentieren.

Das Innere des Festspielhaus ist in zahlreichen Fotografien festgehalten. Diese wurden zum Teil als Vorlagen für die digitale Rekonstruktion des Gebäudes herangezogen, was bei einem Vergleich von Ansichten im 3D-Modell mit den historischen Aufnahmen deutlich wird: Der Blickwinkel, aus dem das Foto der Eingangshalle 1913 aufgenommen worden ist, findet sich auch im 3D-Modell ^[198]. Sämtliche baulichen Details, die im historischen Foto sichtbar sind, finden sich auch in der Rekonstruktion wieder: der geflieste Fußboden, die in Reihen gehängten Lampen, die reliefierten Türen zum Großen Saal sowie die mit Sprossenfenstern versehenen Türen zum Portikus und zum Treppenhaus. Einrichtungsgegenstände wurden hingegen nicht in das 3D-Modell integriert. So fehlen darin der Empfangstisch mit Stuhl – im 3D-Modell in **Second Life** befindet sich dort an der Wand eine Tafel – und die zwischen sämtlichen Türen aufgehängten Tafeln ^[205]. Auch kleine Details, wie die Klinken der drei Türen zum großen Saal und Scharniere der übrigen Türen wurden nicht modelliert. Im direkten Vergleich fällt zudem auf, dass der Raum auf dem Foto viel größer wirkt als im Modell. Dennoch ist seine Wiedererkennbarkeit in der digitalen Rekonstruktion gewährleistet.



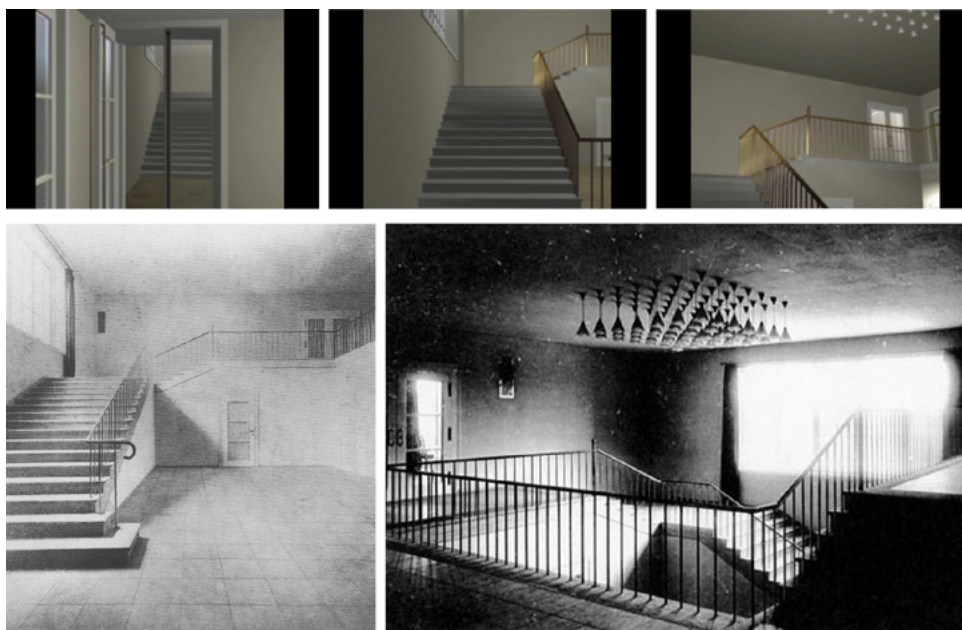
□ 198

Vergleich der Eingangshalle: Stills aus dem Video der digitalen Rekonstruktion, Jim Webster und Fabian Zimmermann/ »atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung), (oben) und Fotografie von 1913 (unten).

Für einen Vergleich des Erscheinungsbildes der Treppenhalle in den historischen Fotografien aus dem Jahr 1913 mit der Darstellungsweise im 3D-Modell sind mehrere Stills aus dem Video der Rekonstruktion notwendig ^[199]. Denn im 3D-Modell werden keine Ansichten des Raumes gezeigt, wie sie auf den beiden Fotos zu sehen sind, stattdessen sind nur einzelne Ausschnitte sichtbar. Im direkten Vergleich überwiegen die Übereinstimmungen im Erscheinungsbild: der geflieste Fußboden, der gebogene Abschluss des Handlaufs vom Treppengeländer, das lang gezogene Fenster, der erhöhte Pfosten des Treppengeländers am oberen Absatz sowie die Doppeltüre im Obergeschoss. Nur wenige Details wurden nicht in die digitale Rekonstruktion übernommen, wie der Vorhang – in der späteren Modell-Version in **Second Life** ist er zu sehen – und das dunkle Kästchen (möglicherweise ein kleiner Wandschrank) über dem ersten Zwischenabsatz der Treppe ^[208]. Im 3D-Modell finden sich an der Decke angebrachte Lampen, die gemäß der Fotografien nur in der nordöstlichen Treppenhalle aufgehängt waren. Allerdings wurden sicherlich auch im südwestlichen Treppenhaus – das im Video gezeigt wird – Lampen installiert, schon allein aus Gründen der Symmetrie. ^[826]

■ 826

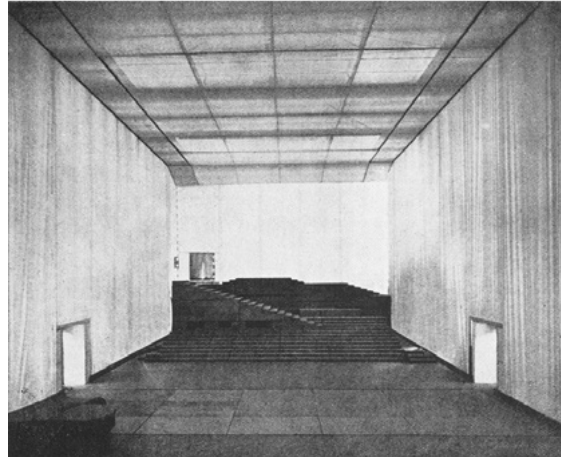
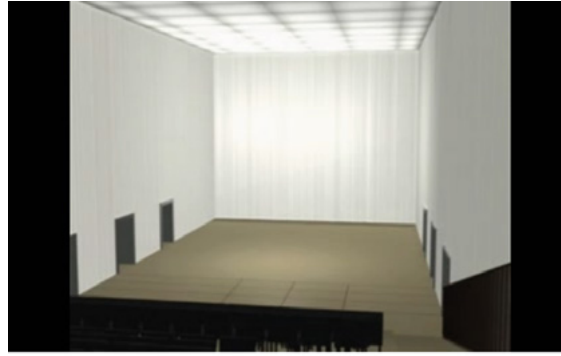
Die eindeutige Unterscheidung zwischen südwestlichem und südöstlichem Treppenhaus in den historischen Fotografien ist nur unter der vorausgesetzten Annahme möglich, dass die vorliegenden Fotos nicht gespiegelt wurden.



□ 199

Vergleich des Treppenhauses: Stills aus dem Video, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung), (oben) und historische Fotografien des Festspielhauses von 1913, die das südwestliche Treppenhaus (unten links) und das südöstliche Treppenhaus zeigen (unten rechts).

Wie schon in der Sequenz zur Eingangshalle ist auch bei der Präsentation des großen Saals im Video eine Kameraeinstellung gewählt, die den Raum nicht zentralperspektivisch zeigt. Stattdessen befindet sich die virtuelle Kamera in der hinteren Ecke, rechts oben auf der Zuschauertribüne ^[200]. Das Erscheinungsbild des großen Saals im 3D-Modell stimmt im Wesentlichen mit der historischen Aufnahme überein. Wie bereits beschrieben finden sich die hell bespannten Wände und das rasterhafte Muster der Decke wieder. Auch die Gestaltung des Fußbodens mit den großen Platten, unter denen der versenkbare Orchestergraben liegt, ist zu sehen. Nur deren Anordnung ist nicht symmetrisch und daher nicht ganz identisch mit dem Vorbild.



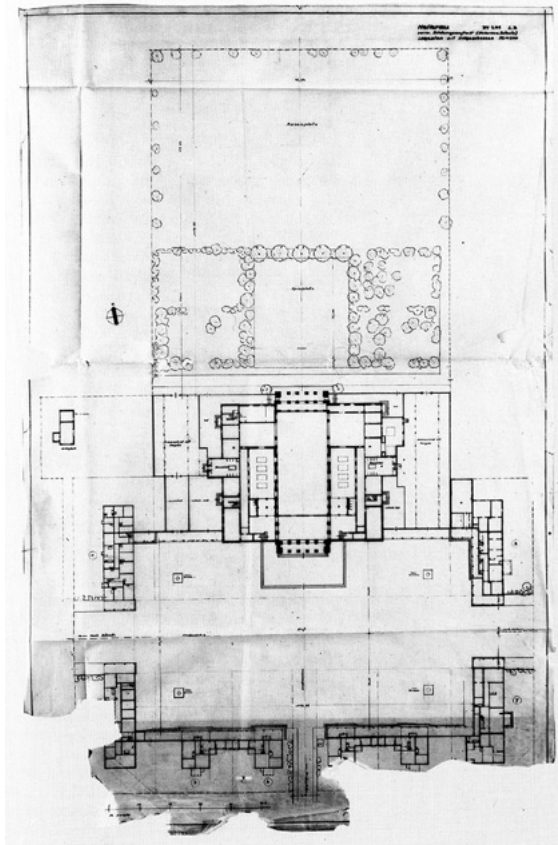
□ 200

Blick in den großen Saal im 3D-Modell, Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung), (oben); Historische Fotografie des großen Saals mit Blick zur Bühne, um 1911 (unten).

Im 3D-Modell fallen beim Betrachten des großen Saals die drei Durchgänge ins Auge, die jeweils an den Seitenwänden zu sehen sind. Anhand historischer Fotografien und Grundrisse ist diese Anordnung der Durchgänge nicht nachvollziehbar ^[180]. Die historischen Aufnahmen der Bühne und der Zuschauertribüne zeigen an jeder Wand je eine Tür vor und hinter dem Orchestergraben ^[181] ^[182]. In einem um 1938 im Maßstab 1:200 entstandenen Grundriss sind die Durchgänge so eingetragen, wie sie in den historischen Fotografien zu sehen sind ^[201]. Zudem zeigt der Plan mehrere Nischen in den Wänden sowie Öffnungen im hinteren Bühnenraum. Gemäß des zu Anfang betrachteten, undatierten Grundrisses existieren je zwei Türen zwischen Orchestergraben und Zuschauertribüne ^[180]. Diese Unstimmigkeiten zwischen Plänen und Fotografien kommen zustande, weil sie aus unterschiedlichen Zeiten stammen und einen jeweiligen spezifischen Zustand dokumentieren. Richard Beacham erklärt das Vorhandensein von drei Durchgängen in der digitalen Rekonstruktion damit, dass entlang der Seitenwände Vorhänge installiert werden konnten, die erlaubten eine beliebige Anzahl an Öffnungen zu kreieren. ^[827] Für die digitale Rekonstruktion bedeuteten diese Unstimmigkeiten in den historischen Quellen vor allem Diskussionsbedarf, um zu einer im Modell umzusetzenden Variante zu gelangen.

■ 827

Diese Informationen nannte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

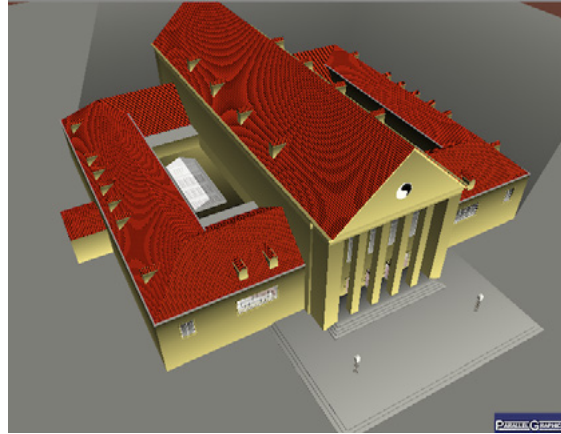


□ 201
Grundriss des Festspielhaus Hellerau,
um 1938.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität und Raumeindruck

Im ersten Video wird das digital rekonstruierte Festspielhaus auf einem historischen Grundriss präsentiert [189]. Insofern ist der räumliche Eindruck eingeschränkt, da die Umgebung nicht plastisch modelliert ist. Um die Größenverhältnisse der einzelnen Bauglieder einschätzen zu können, wäre die Visualisierung von Nachbargebäuden und auch des den Bau umgebenden Platzes hilfreich gewesen. Auch die Treppen vor dem Portal sind nicht plastisch modelliert, sondern als linienförmige Markierung im Plan belassen. Nur das Festspielhaus ist dreidimensional dargestellt. Dadurch, dass auch kein Himmel visualisiert wurde, wird die Künstlichkeit dieser Darstellung unterstrichen. Das Gebäude ist sozusagen als verräumlichter Grundriss inszeniert: Hier treffen zwei an sich gegensätzliche Darstellungsmodi aufeinander – der zweidimensionale Plan und das dreidimensionale Bauwerk. Insgesamt erscheint das 3D-Modell nüchtern, funktional, auf das Wesentliche fokussiert.

Auch die VRML-Anwendung des Festspielhaus zeigt das Bauwerk ohne jeglichen Hinweis auf einen stadträumlichen Kontext [202]. So erscheint es als Solitär in einer nicht näher spezifizierten künstlichen Umgebung auf grauem Untergrund. Die Farbigkeit wirkt im Gegensatz zu den anderen Visualisierungen sehr grell und daher weniger realistisch. Diese Ansicht wurde nicht zur räumlichen Kontextualisierung erstellt, sondern als Startpunkt der interaktiven Anwendung. Die Funktion des digitalen Modells steht hier somit im Vordergrund mit dem Fokus auf der individuellen Erkundung des Festspielhauses durch den Nutzer.



□ 202

Digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau mit Blick aus der Vogelperspektive aus Südwesten, Bildschirmfoto der »VRML«-Anwendung des »Theatron 2 module«, University of Warwick und King's College London, ca. Anfang 2000er-Jahre.

Diese Schwerpunktsetzung ist auch in der Darstellung in **Second Life** ersichtlich. Dort befindet es sich auf einer Insel, am Ufer eines nicht näher definierten Sees oder Meeres und somit vollständig losgelöst aus seinem realen Umfeld [196]. Bei dieser Anwendung ging es nicht darum das Bauwerk stadträumlich zu verorten, sondern darum seinen Innenraum als theatralen Raum erfahrbar zu machen. Allerdings ist die hier erfolgte Einbettung in eine Phantasielandschaft verbunden mit der Isolierung des Baus grundsätzlich zu hinterfragen, da sich ein Gebäude immer in einem räumlichen Kontext befindet, in einem wechselseitigen Geflecht aus architektonischen Bezügen und Sichtachsen. Gerade in einer virtuellen Welt wie **Second Life** könnte diese Komplexität dargestellt und erforscht werden.

Einen diametralen Gegensatz dazu stellt das in den 1990er-Jahren realisierte, sehr detailreiche CAD-Modell des Festspielhauses dar, in dem auch sämtliche Nebengebäude, die einst zu dem Gesamtkomplex gehörten, sowie die Gartenanlagen der unmittelbaren Umgebung modelliert sind [185]. Der Schwerpunkt dieser Visualisierung liegt eindeutig auf der räumlichen Kontextualisierung der Architektur. Sie weist in ihrem Umfang auch auf den Zweck dieses 3D-Modells hin, der Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands des Theaterbaus in Bezug auf seine historische Umgebung.

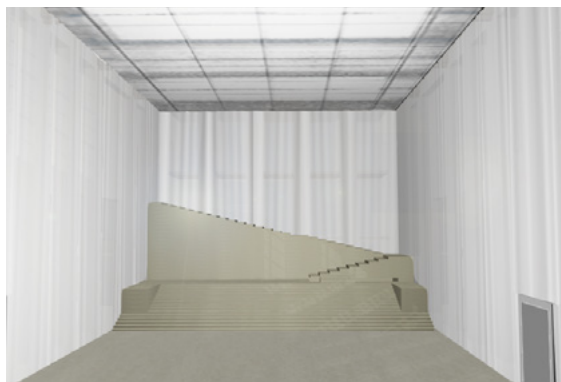
Die räumliche Wirkung der Außenansicht des Festspielhauses hätte im Video mit einem virtuellen Rundflug um das Bauwerk noch gesteigert werden können, wie es beispielsweise in den Visualisierungen von Old Minster, Cluny III und der Dresdner Frauenkirche der Fall war. Darüber hinaus hätte eine Kombination von Bildern aus der Vogelperspektive und aus der Sicht eines Passanten einen Gesamtüberblick über die Architektur gewährt und Wahrnehmung der Größendimensionen gefördert.

Im Inneren des digital rekonstruierten Gebäudes, das im ersten Video zu sehen ist, sind wie zuvor erläutert die Licht- und Schatteneffekte nicht konsequent realistisch dargestellt, wodurch der Raumeindruck allgemein etwas geschmälert wird [191] [192]. Jedoch kann der Kameraflug diesem Effekt entgegenwirken. Da der virtuelle Rundgang in etwa auf Augenhöhe eines potentiellen Besuchers erfolgt, erhält der Betrachter des Videos einen Eindruck von den Dimensionen der betreffenden Räume. Wie bereits angesprochen, löst allerdings in dieser Hinsicht das Erscheinungsbild der Eingangshalle auf einer historischen Fotografie im Vergleich zu deren Darstellung im 3D-Modell Irrita-

tion aus. Denn der rekonstruierte Raum wirkt nicht so großzügig, wie der reale ¹⁹⁸. Dies liegt an der unterschiedlich gewählten Kameraposition. Im Foto ist sie mittig, im Video ist sie zur rechten Wand gerückt, sodass diese verkürzt wiedergegeben wird, wenn die Kamera in Richtung Treppenhalle ausgerichtet ist.

Auch bei einer weiteren Szene wurde nicht ein mittig angelegter Standpunkt gewählt: Im Großen Saal ist die Kamera in der südöstlichen Ecke des Raums positioniert ¹⁹³. Zudem befindet sie sich auf dem höchsten Punkt der Zuschauertribüne, wodurch die Dimensionen des Saals sehr anschaulich visualisiert sind. Ein Blick auf Höhe der Mittelachse hätte diesen Effekt abgeschwächt.

Demgegenüber weist das in den 1990er-Jahren erstellte Rendering eine andere Wirkung auf: Es zeichnet sich gerade dadurch aus, dass es den Raum zentralperspektivisch zeigt. Die virtuelle Kamera scheint mittig auf der Zuschauertribüne zu stehen, wodurch der Betrachter anhand der erhöhten Position einen Überblick über den Saal erhält ²⁰³. Die Symmetrie des Bildaufbaus erweckt den Anschein eines objektiven Blicks. Es handelt sich hier um eine Ansicht im Sinne der Architekturfotografie, was in **Kapitel 6.3 (→ 521)** zur Rekonstruktion des Kölner Doms genauer betrachtet wird. Insofern ist hier sozusagen die Handschrift der Architekten, die das 3D-Modell erstellten, zu sehen. Es steht damit auch in der Tradition der historischen Fotografien, die von Hellerau überliefert sind ¹⁸¹ ¹⁸².



□ 203

Digitale Rekonstruktionen des großen Saals des Festspielhaus Hellerau mit Blick in Richtung Bühnenraum: Rendering des CAD-Modells, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten«, um 1994/1996.

Auch der virtuelle Rundgang durch ein 3D-Modell – ob festgelegt wie im Video oder eigenständig in einer interaktiven Anwendung – hat einen entscheidenden Einfluss auf die räumliche Wirkung und Aussage der Visualisierung: Hinsichtlich der Abfolge der Szenen im ersten Video ergeben sich für den Betrachter, der sich bereits mit der räumlichen Situation des Festspielhaus Hellerau auseinandergesetzt hat, folgende zwei Irritationen: Zu Anfang des Videos erfolgt eine Überblendung von der Ansicht der Rückseite des Gebäudes auf eine Sequenz, die den Eintritt in das Bauwerk an der vorderen Seite zeigt. Es stellt sich die Frage, warum diese Reihenfolge der Szenen im Video zu sehen ist. Denn durch die Überblendung entsteht der Eindruck, die virtuelle Kamera bewege sich durch das Portal, das aber tatsächlich die Rückseite des Baus ist, in die Eingangshalle hinein.

Bei der zweiten für Irritation sorgenden Szene handelt es sich um folgende: Gegen Ende des Videos wird der Blick in das südwestlich gelegene Treppenhäus gezeigt. Darauf erfolgt eine Überblendung, die den Betrachter erwarten

■ 828

Informationen hierzu gab Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

lässt, nun in das obere Geschoss zu gelangen. Jedoch beinhaltet das nächste Bild eine Ansicht des großen Saals, der sich in der Mitte des Gebäudes befindet. Diese Überblendung erfolgt unmittelbar und verblüfft den Betrachter, sofern er mit der räumlichen Disposition des Gebäudes vertraut ist. Es scheint eine Sequenz herausgeschnitten zu sein. Laut Richard Beacham war diese Abfolge der Szenen beabsichtigt, denn das Ziel des Videos war es, das Gebäude generell vorzustellen und einige Räume daraus zu zeigen. 828 Möglicherweise wurde aufgrund der angestrebten Kürze des Videos kein ausführlicher, virtueller Rundflug durch das gesamte Bauwerk realisiert, der eine komplexere Darstellung der räumlichen Disposition ermöglicht hätte.

Im Gegensatz dazu ist es möglich das 3D-Modell des Festspielhauses im **Theatron 2 module** sowie in **Second Life** eigenständig online zu erkunden. Unendliche individuelle Perspektiven kann beziehungsweise konnte ein Nutzer in diesen beiden Anwendungen einnehmen. In **Second Life** war dem User für die Erkundung des Bauwerks ein Avatar zur Seite gestellt, der ihn während des virtuellen Rundgangs begleitete.

Zwar ist der Zugang zu letzterem nicht mehr gegeben, jedoch findet sich auf der Webseite des **Theatron** Projekts ein Video von 1:15 Minuten Länge, das einen virtuellen Rundgang durch das 3D-Modell des Festspielhaus Hellerau in der virtuellen Welt von **Second Life** zeigt. Die Tonspur umfasst nur das Tippen auf einer Computertastatur und möglicherweise einer Maus sowie einzelne Signaltöne, die durch das Anklicken bestimmter Funktionen ausgelöst werden. Zu sehen ist wie sich ein Benutzer über die Programmoberfläche durch das Bauwerk hindurch navigiert, um bestimmte Interaktionsmöglichkeiten zu demonstrieren. Ein Avatar – mit grüner Hautfarbe und schwarz gekleidet – wendet dabei dem User meist den Rücken zu. Am Anfang befindet er sich vor dem Haupteingang, wobei nicht das gesamte Bauwerk im Bild ist [204].



□ 204

Avatar positioniert vor dem 3D-Modell des Festspielhaus Hellerau in der virtuellen Welt von »Second Life«, Ansicht mit Benutzeroberfläche, Still aus dem »Video Festspielhaus Hellerau«, Min. 0:02, »KVL«, 3D-Modell: King's College London, um 2008.

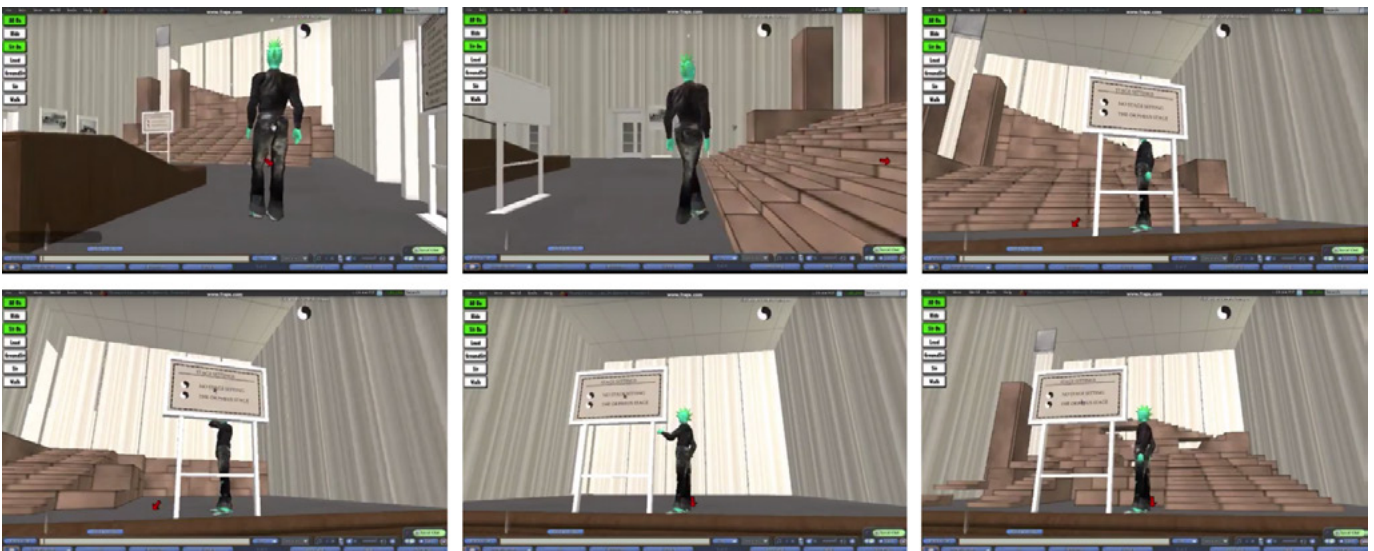
Sodann betritt er die Vorhalle, wendet sich nach links und geht bis zu einer Tafel an der Wand. Aufgrund der Auflösung ist nicht zu erkennen was dort geschrieben steht. Nachdem der Nutzer darauf geklickt hat, befindet sich der Avatar im Großen Saal mit Blick zur Zuschauertribüne [205]. Nach einer Drehung um die eigene Achse blickt er auf den Bühnenbereich, in dem eine Szenerie nach Appias Design aufgebaut ist. Einer Informationstafel zufolge, die mittig davor positioniert ist, handelt es sich dabei um das Bühnenbild zu **Orpheus**. Über diesem Hinweis ist der Schriftzug »NO STAGE SETTING« zu lesen, den der Nutzer nun anklickt. Sofort verschwinden die einzelnen kubus-förmigen Bauteile nacheinander, bis der Raum leer ist. Danach lässt er die Bühnenelemente durch

ein weiteres Anklicken der Tafel wieder erscheinen [206]. Daraufhin wendet sich der Avatar wieder dem Zuschauerbereich zu und bewegt sich zu einer anderen an der Wand angebrachten Tafel. Nachdem darauf geklickt wurde, befindet er sich in einem Raum im Obergeschoss. Dieser ist mit einem langen Tisch, zahlreichen Stühlen, gestreifter Tapete, Lampen und Vorhängen ausgestattet. Über ein virtuell eingeblendetes, rundes Tool, dessen Beschriftung im Video unleserlich ist, wählt der Nutzer eine Funktion aus, woraufhin sich der Avatar auf einen der Stühle im Bildvordergrund setzt [207]. Damit endet der in dem Video dargestellte Rundgang.



□ 205

Ein Nutzer navigiert seinen Avatar in das virtuelle Festspielhaus Hellerau, Ansicht mit Benutzeroberfläche, Still aus »Video Festspielhaus Hellerau«, Min. 0:04 – 0:14, »KVL«, 3D-Modell: King's College London, Stand 2008.



□ 206

Im großen Saal mit und ohne Bühnenelemente, Ansicht mit Benutzeroberfläche, Still aus »Video Festspielhaus Hellerau«, Min. 0:19 – 0:41, »KVL«, 3D-Modell: King's College London, Stand 2008.



□ 207

Avatar bewegt sich vom großen Saal in einen Raum im Obergeschoss, Ansicht mit Benutzeroberfläche, Still aus »Video Festspielhaus Hellerau«, Min. 0:04 – 0:14, »KVL«, 3D-Modell: King's College London, Stand 2008

Zum Gesamteindruck dieses virtuellen Rundgangs ist anzumerken, dass der Avatar leicht über dem Boden zu schweben scheint anstatt tatsächlich darauf zu gehen, denn es kommt keine Berührung zustande. Seine Art der Fortbewegung sowie seine Gesten sind nicht vollkommen flüssig. Im Video sind beim Wechsel zwischen den Räumen Einzelbilder zu sehen, die extreme Perspektiven wiedergeben, die an diesen Stellen keinen Sinn machen. So wird beispielsweise beim Übergang von der Eingangshalle zum Großen Saal die Unterseite der Stühle im Zuschauerraum gezeigt [208]. Ähnlich ist es auch beim Wechsel zu dem Raum im Obergeschoss. Hier ist zunächst der Fußboden im Treppenhaus, dann eine Wand und dann der Blick unter den Tisch zu sehen, bevor der gewünschte Raum im Bild ist. Die Logik hinter diesen Abfolgen erschließt sich im Video nicht. Dies erweckt den Eindruck, dass sich der Nutzer vollkommen frei durch das virtuelle Bauwerk, also auch durch Mauern hindurch bewegen kann. Den realistischen Eindruck schmälert dies allerdings.



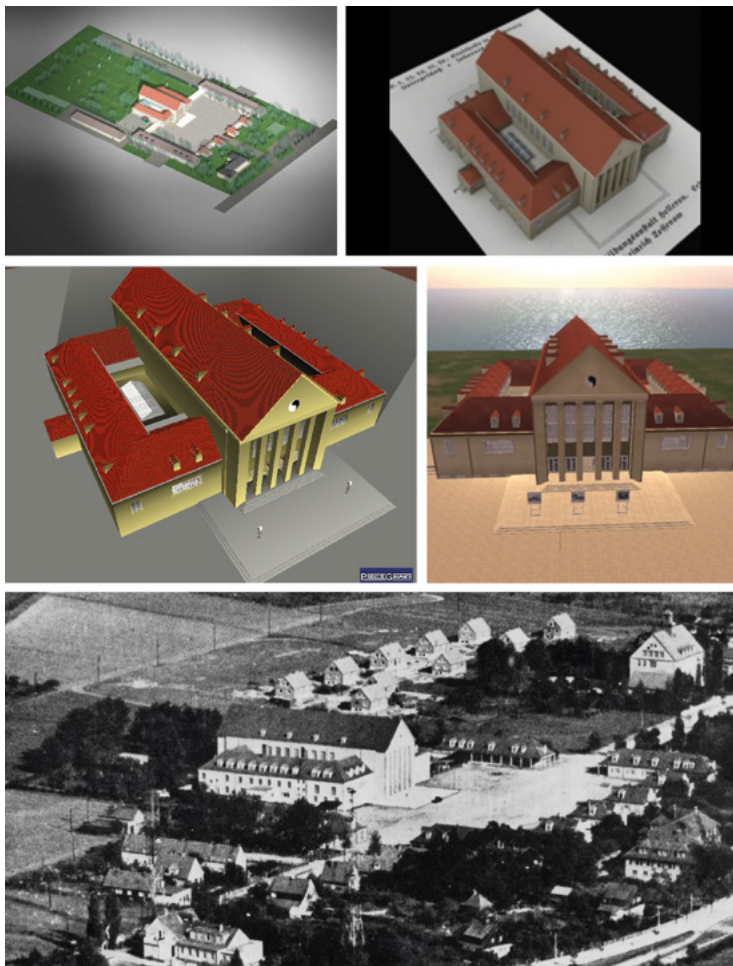
□ 208

Beim Wechsel zwischen Räumen angezeigte Einzelbilder, Ansicht mit Benutzeroberfläche, Still aus »Video Festspielhaus Hellerau«, Min. 0:04 – 0:14, »KVL«, 3D-Modell: King's College London, Stand 2008.

An diesen Vergleichen wird deutlich, dass folgende Faktoren Einfluss darauf haben, ob eine Ansicht eines 3D-Modells für sich genommen verständlich ist: räumliche Kontextualisierung, Wahl der Perspektive und des Bildausschnitts. Insbesondere die Wahl der Perspektive hat großen Einfluss auf die Wirkung des gezeigten Raums. Je nach Standpunkt der virtuellen Kamera wird ein objektiv oder subjektiv geprägter Blick wiedergegeben. Den Personen, die Ansichten von 3D-Modellen generieren, obliegt demnach die verantwortungsvolle Aufgabe abzuwägen, welche Wirkung die Bilder haben sollen, immer auch im Hinblick auf den intendierten Betrachter.

Vergleich der Visualisierungen mit historischen Ansichten des Festspielhaus Hellerau

Im Folgenden werden die computertechnisch generierten Bilder mit historischen Ansichten verglichen, um zu erörtern, inwiefern sie möglicherweise einen Mehrwert gegenüber den Fotografien aufweisen. Zunächst sei hier auf historische Fotografien des Äußeren des Festspielhauses eingegangen, beginnend mit Bildern aus der Vogelperspektive [209].



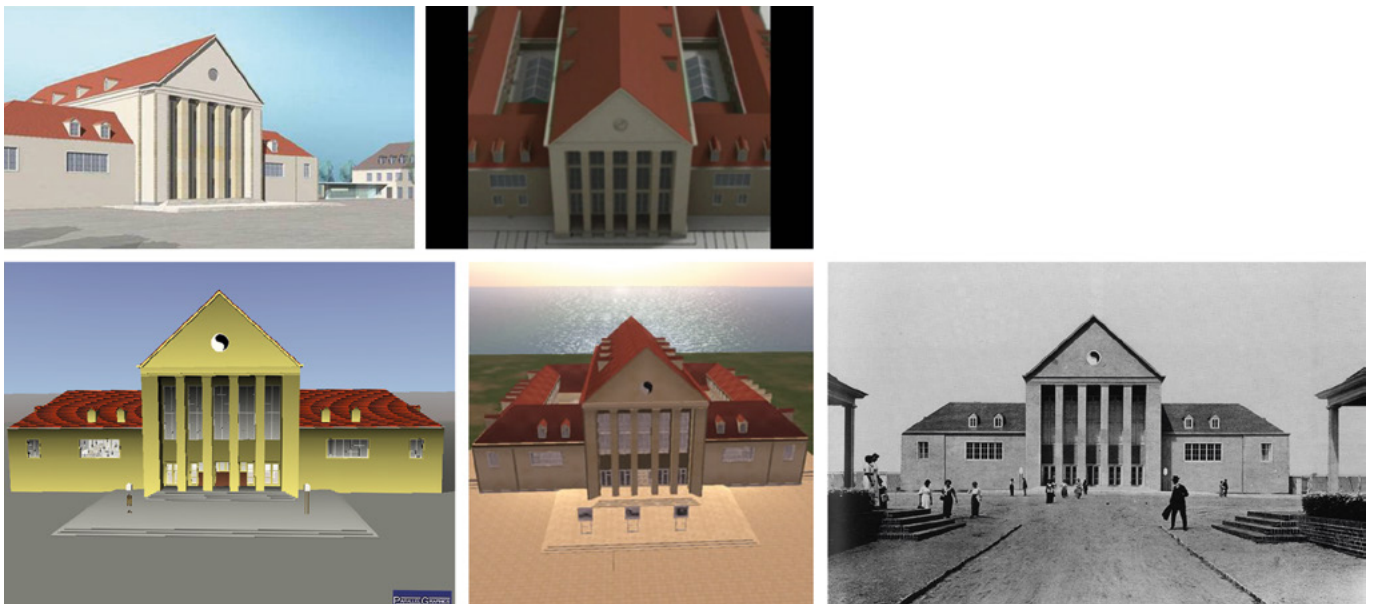
□ 209

Blick auf das Festspielhaus Hellerau aus der Vogelperspektive aus Südwesten: Rendering zu CAD-Modell, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten«, um 1994/1996 (oben links); Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Gebäudes, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/ University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung), (oben rechts); Bildschirmfoto der »VRML«-Anwendung des »Theatron 2 module«, University of Warwick und King's College, ca. Anfang 2000er-Jahre (Mitte links); Rendering des 3D-Modells in »Second Life«, King's College London, Stand 2008 (Mitte rechts); historische Luftaufnahme, o. J. (unten).

Hier wird abermals deutlich, dass das Erscheinungsbild der 3D-Modelle stark variiert und zwar in Abhängigkeit des jeweiligen Zwecks für den sie erstellt wurden. So unterscheidet sich auch der visuelle und inhaltliche Mehrwert: In den computergenerierten Ansichten finden sich zwar wenige bis keine stadträumli-

chen Details, aber sie liefern verschiedene inhaltliche Ergänzungen zu dem historischen Foto. Das Rendering des CAD-Modells zeigt einen bestimmten thematischen Ausschnitt, indem nur das Grundstück des Festspielhauses mitsamt der Bebauung abgebildet wird. Das Filmstill aus dem ersten Video umfasst ein hybrides Bild, da es aus einem historischen Grundriss und einem 3D-Modell zusammengesetzt ist. Es stellt einen visuellen Bezug zur Bildquelle her, ordnet es aber nicht stadträumlich ein. Somit bildet es eine auf das Wesentliche – die Architektur – reduzierte Visualisierung. Hierin kann ein visueller Mehrwert festgestellt werden, der der inhaltlichen Fokussierung geschuldet ist. Allerdings bedarf diese Ansicht weiterer Erläuterungen, da sie aus dem räumlichen Zusammenhang gerissen ist. Auch wenn das Rendering zum Modell in *Second Life* einen Vorplatz, eine grüne Wiese und einen See am Horizont abbildet und somit eine konkrete Umgebung zeigt, so handelt es sich dennoch nicht um eine der historischen Realität entsprechende Umgebung. Aus kunsthistorischer Perspektive bietet das Bild daher keinen substantziellen inhaltlichen Mehrwert gegenüber der historischen Fotografie.

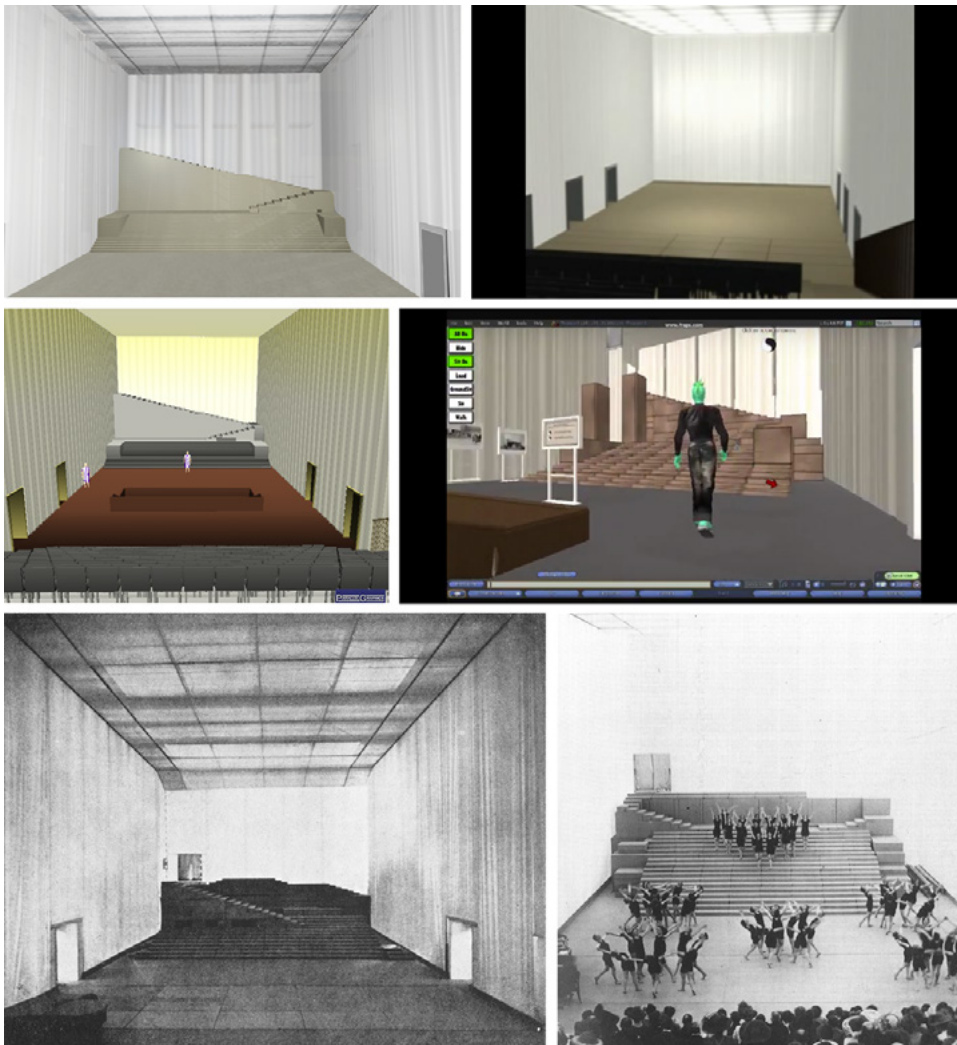
Fotografisch festgehalten ist auch die Südfassade des Festspielhauses. Die Aufnahme von 1913 zeigt ein mit Passanten belebtes Bild, das in symmetrischem Aufbau das Gebäude frontal abbildet. Dieser Bildsprache am nächsten kommt die Ansicht des CAD-Modells, die einer computertechnisch generierten Architekturfotografie entspricht, die das Bauwerk aus der Perspektive eines Fußgängers darstellt [210]. Lediglich Staffagefiguren sind hier nicht eingefügt. In den Videos ist es hingegen nur aus der Vogelperspektive zu sehen, wodurch die Größendimensionen nicht deutlich werden, da Bezugsgrößen fehlen.



□ 210

Die Darstellung der Fassade in den digitalen Rekonstruktionen im Vergleich mit einer historischen Fotografie des Festspielhaus Hellerau: Rendering zu CAD-Modell, Jim Webster und Fabian Zimmermann/ »atelier4d Architekten«, um 1994/1996 (oben links); Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Gebäudes, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung), (oben rechts); Bildschirmfoto der »VRML«-Anwendung des »Theatron 2 module«, University of Warwick und King's College London, ca. Anfang 2000er-Jahre (unten links); Rendering zu 3D-Modell in »Second Life«, King's College London, ca. 2007–2012 (unten Mitte); historische Fotografie, um 1913 (unten rechts).

Die Anwendung von **Second Life** bietet mit dem Avatar hingegen eine Bezugsgröße. Auch im **Theatron 2 module** finden sich zumindest im Inneren des Festspielhauses Figuren, die als Informationsstandpunkte dienen. So kann ein Nutzer beispielsweise die Dimensionen des Großen Saals leichter einschätzen [211]. In den übrigen 3D-Modellen wurden keine Personen eingefügt. Welche Wirkung die Abbildung von Menschen hat, wird in einer historischen Fotografie erkennbar, die eine Gymnastikübung im Rahmen der Festspiele 1912 zeigt. Sie verdeutlicht die Tiefe und Höhe des Raums sowie die Nähe der Zuschauer zum Geschehen im Bühnenbereich. Insbesondere da es sich hier um ein Theatergebäude handelt, ist die Einbeziehung von Personen in eine 3D-Rekonstruktion sinnvoll und erkenntnisfördernd.



□ 211

Blick in den großen Saal des Festspielhauses Hellerau in Richtung Bühnenraum: Rendering zu CAD-Modell, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten«, um 1994/1996 (oben links); Still aus dem Video der digitalen Rekonstruktion des Gebäudes, Jim Webster und Fabian Zimmermann/»atelier4d Architekten« und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London, um 1994/1996 (3D-Modell), 2006 (Veröffentlichung), (oben rechts); Bildschirmfoto der »VRML«-Anwendung des »Theatron 2 module«, University of Warwick und King's College London, ca. Anfang der 2000er-Jahre (Mitte links); Still aus Video zu 3D-Modell in »Second Life«, King's College London, ca. 2007–2012 (Mitte rechts); historische Fotografien, um 1912/1913 (unten links) und 1912 (unten rechts).

Ähnlich verhält es sich mit den Bühnenobjekten, die in allen 3D-Modellen außer in demjenigen des ersten Videos wiedergegeben sind. Sie stellen ein zentrales Element in der digitalen Rekonstruktion des Festspielhauses dar, da sie von Appia für den Großen Saal entworfen und auch tatsächlich darin verwendet wurden. In historischen Fotografien, wie in den hier abgebildeten, finden sich häufig diese Objekte. Insofern ist es konsequent diese auch im digitalen Modell zu zeigen, zumal sie eine wichtige Funktion für das Festspielhaus hatten und ein Novum im Bereich des Theater- und Bühnenbaus bildeten.

Dieser Bildvergleich führte somit vor Augen, wie entscheidend im Hinblick auf die Darstellung digital rekonstruierter Architektur der jeweilige Entstehungskontext des 3D-Modells und der mit ihm verfolgte Zweck ist. Denn beispielsweise wurden in die interaktiven Modelle Avatare eingefügt, um als Informationspunkt zu fungieren beziehungsweise dem Erkunden des Bauwerks zu dienen. In den beiden Arbeiten, die zum Präsentieren des Gebäudes erstellt wurden, finden sich hingegen keine Personen. Hier liegt der Fokus vollkommen auf der Architektur. Insbesondere in den beiden Videos wird deutlich, dass darin nur diejenigen Räume gezeigt wurden, die offenbar präsentiert werden sollten. Es wurde somit eine Auswahl getroffen und nicht das gesamte Gebäude erkundet, wie es beispielsweise in den Projekten zu Old Minster und Cluny III erfolgte.

Eng verknüpft mit dem Zweck des jeweiligen 3D-Modells ist auch seine ästhetische Erscheinungsweise, die hier stark variiert. So ist das CAD-Modell der 1990er-Jahre deutlich als von Architekten für einen architektur-spezifischen Kontext erstellt zu identifizieren. Eine klare Bildsprache, die gestalterische Elemente wie stilisierte Bäume und materialgerechte Texturen aufweist, und eine bewusste Perspektivwahl (Vogel- und Normalperspektive) für die Renderings zeichnet das CAD-Modell von atelier4d Architekten aus. Hinsichtlich des Bildaufbaus ist zu erkennen, dass diesen Ansichten verstärkt Prinzipien der Architekturfotografie zugrunde liegen. Sie stellen daher auf formaler Ebene einen engen Bezug zu den historischen Fotografien her. Zudem bilden sie auch die Nachbargebäude mit ab und ermöglichen so die räumliche Verortung des Bauwerks. Demgegenüber weisen insbesondere die im Internet präsentierten digitalen Modelle im **Theatron 2 module** und in **Second Life** eine weitaus gröbere Darstellungsweise aus. Wie bereits erwähnt wurden die großen CAD-Dateien für die online-Anwendung in leichter handhabbare VRML-Dateien umgewandelt. In Zuge dessen musste sicherlich auch eine grundsätzliche Vereinfachung in der Geometrie und Oberflächenwiedergabe der Modelle vorgenommen werden, um eine Bedienung in Echtzeit zu ermöglichen. Allerdings kann im Falle des selbstständigen Navigierens durch die interaktiv angelegten 3D-Modelle ein Nutzer sämtliche erdenkliche Positionen in dem virtuellen Bauwerk einnehmen und dadurch fast unendlich viele Ansichten generieren. Insofern geht diese Art der Visualisierung über die historischen Fotografien hinaus, die nur punktuelle Ansichten des Gebäudes wiedergeben.

Eine Sonderstellung nimmt das 3D-Modell ein, das im ersten Video gezeigt wird, denn sein Erscheinungsbild hat große Ähnlichkeit mit dem ursprünglichen CAD-Modell. So wirkt es ebenso detailliert und präzise im Gegensatz zu den Darstellungen für die online-Anwendungen. Auch dies spricht dafür, dass dieses für das erste Video realisierte digitale Modell spätestens Anfang der 2000er-Jahre erstellt wurde.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit damals und heute

Wie gezeigt wurde existieren mehrere Versionen an 3D-Modellen des Festspielhaus Hellerau, die in verschiedenen Kontexten erstellt und veröffentlicht wurden. Dementsprechend divers gestaltet sich auch deren mediale Zugänglichkeit.

Von dem ursprünglichen CAD-Modell, das in den 1990er-Jahren realisiert wurde, sind nur mehr einige Renderings im Rahmen der Webseite zu

■ 829

Vgl. Webseite des »Theatron 2 module«: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/>.

■ 830

Die technischen Voraussetzungen zur Verwendung des »Theatron 2 module« werden in [Kapitel 5.1](#) (→ 301) erläutert.

■ 831

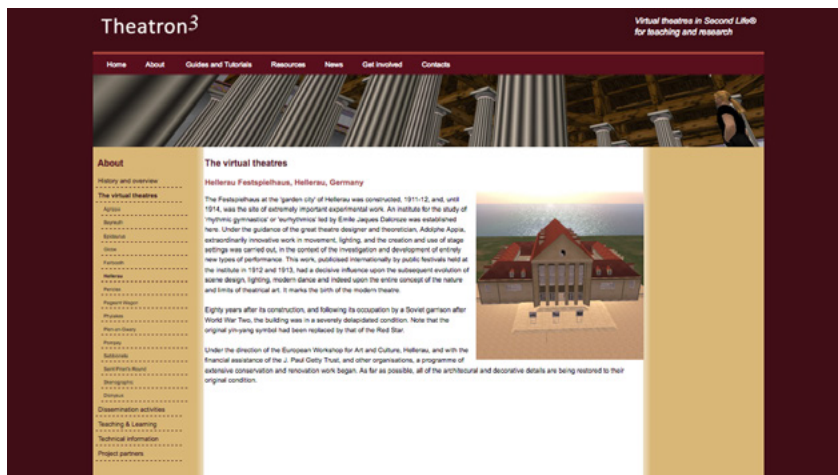
Webseite des ersten »Theatron« Projekts: <http://www.theatron.org/>.

■ 832

Vgl. Webseite des Projekts »Theatron 3«: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/>.

Theatron 2 module online zu finden. [829](#) Sie sind als Illustration in die Informationstexte zu den digital rekonstruierten Theatergebäuden eingefügt. Zwar ist diese Webseite prinzipiell zugänglich, jedoch kann nur dann auf Informationen, Renderings und 3D-Modelle zugegriffen werden, wenn der Nutzer über bestimmte technische Voraussetzungen verfügt. [830](#) Daher wäre eine Migration der zugrundeliegenden Dateien zu heute üblichen Standards durchaus wünschenswert und würde der nachhaltigen Datensicherung entgegenkommen. Hingegen ist das erste Theatron Projekt (1998–2001) nur in Form einer kurzen Dokumentation online zu finden. [831](#) Texte und Bildschirmfotos geben Aufschluss über diese Initiative, ohne Videos bereitzustellen oder einen direkten Zugang zu den VRML-Modellen zu gewähren.

Auch zum später entstandenen Projekt Theatron 3 existiert eine Webseite, die allerdings weit umfangreicher mit Informationen ausgestattet ist als die zuvor beschriebene. [832](#) Bis jetzt können zu 15 digital rekonstruierten Theaterbauten Informationen abgerufen werden: Zu jedem dieser Gebäude wird eine Baugeschichte angegeben, die mit jeweils einem Rendering des zugehörigen 3D-Modells bebildert ist [212](#). Hier kann allerdings nicht auf die 3D-Modelle selbst zugegriffen werden. Lediglich einzelne Videos sind hinterlegt, die einen Einblick in beispielsweise die interaktive Exploration des Festspielhaus geben. [833](#)



□ 212

Informationsseite zum digital rekonstruierten Festspielhaus Hellerau im Rahmen des Projekts »Theatron 3«, Bildschirmfoto, 2017.

■ 833

Vgl. Video zum Festspielhaus Hellerau auf »YouTube« sowie auf der Webseite von »Theatron 3«: <https://www.youtube.com/watch?v=Enhm0vE73iU>; <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=69.html>.

■ 834

Vgl. [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 7](#).

■ 835

Vgl. [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 11](#).

Der Zugang zu den digitalen Rekonstruktionen auf den virtuellen Inseln von Theatron in Second Life ist seit 2012 nicht mehr möglich. Denn die Gebühren für das Betreiben der virtuellen Inseln wurden kurz nach Beginn der Arbeit drastisch erhöht, sodass für das King's College London eine dauerhafte Finanzierung nicht möglich war. [834](#) Alle Daten wurden zwar daraufhin am KVL gesichert, aber sind bis heute nicht mehr öffentlich zugänglich. Hieran wird deutlich, wie problematisch die Abhängigkeit eines Forschungsprojekts von externen Dienstleistern sein kann. In diesem Fall wäre eine im eigenen Haus realisierte Infrastruktur sicherlich nachhaltiger gewesen, um das Projekt auch für zukünftige Forschung und Anwendung zur Verfügung zu stellen. Allerdings erläuterte Richard Beacham der Autorin im Interview, dass alle Daten zu Projekten, die er am KVL realisierte, nach seiner Emeritierung 2011 dort gespeichert wurden. [835](#) Hier wäre ein Zugang zu den Daten für Forscher wünschenswert.

Die beiden hier analysierten Videos sind wie zuvor beschrieben online beziehungsweise über eine Publikation von Beacham zugänglich und gewähren

■ 836

Vgl. Beacham 2009; Beacham 2006, S. 93. Für weitere Publikationen und Informationen zu Vorträgen zur digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus sowie zum Projekt »Theatron« allgemein vgl. Literaturliste in: Appendix 1.5 (→ 623), Festspielhaus Hellerau (um 1994/1996–2012).

■ 837

Diesen Sachverhalt erläuterte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017.

■ 838

Vgl. Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 4 u. S. 12. Auf das Thema der Langzeitarchivierung von 3D-Rekonstruktionen wird in Kapitel 6.2 (→ 469) genauer eingegangen.

■ 839

Eigene Recherchen haben keinen Hinweis auf weitere 3D-Rekonstruktionen des Festspielhaus Hellerau ergeben. Auch Richard Beacham sind keine anderen Projekte bekannt, wie er der Autorin am Rande des Interviews am 17.07.2017 erklärte.

■ 840

Ravelhofer 2002.

■ 841

Kurze Übersichten zu digitalen Rekonstruktionen von Theaterbauten sind zu finden in: De Paepe 2010, S. 29; Hann 2010.

auf diese Weise einen Einblick in die digitale Rekonstruktion. Ausgewählte Abbildungen der 3D-Modelle finden sich beispielsweise in Publikationen des Theaterwissenschaftlers, die im Rahmen seiner Vorträge entstanden. ⁸³⁶ Gegenstand von musealen Ausstellungen war **Theatron** allerdings nie – im Gegensatz zu den meisten anderen 3D-Projekten, die in dieser Arbeit in eigenen Kapiteln detailliert analysiert werden. ⁸³⁷

Diese Übersicht zeigt, dass in Bezug auf eine langfristige Sicherung und mediale Zugänglichkeit aller 3D-Modelle des Festspielhaus Hellerau keine ideale Situation vorliegt. Denn die digitalen Rekonstruktionen sind vor allem aufgrund technischer Einschränkungen schwer zugänglich. Hier besteht Handlungsbedarf insbesondere nach der Emeritierung von Richard Beacham am KCL, der als Direktor des KVL eine Schlüsselposition in der Vorhaltung der Daten innehatte. Daran wird deutlich, wie eng verknüpft 3D-Projekte mit teils einzelnen Persönlichkeiten sind und der zukünftige Umgang mit der Arbeit nach dem Ausscheiden der Person vorausschauend gesichert werden sollte. Diese Situation ist insofern besonders prekär, als Beacham einer der Initiatoren der **London Charter** ist, deren Ziel unter anderem die langfristige Sicherung der Zugänglichkeit von 3D-Modellen ist. ⁸³⁸ An **Theatron** zeigt sich wie der Anspruch an ein 3D-Projekt und die tatsächliche Umsetzung in der Realität auseinanderklaffen können.

Weitere digitale 3D-Rekonstruktionen von Theaterbauten außerhalb von »Theatron«

Bis heute gab es außer den von Richard Beacham initiierten digitalen Rekonstruktionen des Festspielhaus Hellerau keine weiteren 3D-Projekte zu dem Gebäude. ⁸³⁹ Dies hat sicherlich etwas damit zu tun, dass der Bau jahrzehntelang zweckentfremdet war und zudem lange nicht in den Fokus der Forschung kam, da er für die Öffentlichkeit nicht zugänglich war. Daher sei an dieser Stelle kurz auf andere digitale Rekonstruktionen von historischen Theaterbauten der letzten Jahre verwiesen. An solchen Projekten waren vornehmlich Theaterwissenschaftler beteiligt, auch wenn die Bauten für Kunsthistoriker, Architekten und Archäologen ebenso relevant waren.

Im Kontext von digitalen Rekonstruktionen von historischen Theaterbauten bezeichnete die Literaturwissenschaftlerin Barbara Ravelhofer **Theatron** im Jahr 2002 als »[t]he most ambitious online heritage project« ⁸⁴⁰. Jedoch weist sie darauf hin, dass es auch schon vorher Projekte zu digital rekonstruierten Theatern und zugehörigen online-Anwendungen gab und listet einige Arbeiten aus diesem Bereich auf: Vor allem in den USA und im Vereinigten Königreich wurden verschiedene Anwendungen erstellt, die beispielsweise historische Bühnenbilder zugänglich machen (animierte Simulation des von Adolphe Appia 1892 entworfenen Bühnenbilds für **Die Walküre** in Wagners Festspielhaus in Bayreuth, **Kent Interactive Digital Design Studio**, University of Kent – KIDDS) oder auch Spezialeffekte im barocken Theater visualisieren (**QuickTime**-Animationen, Appalachian State University, Boone, North Carolina, USA).

Aber auch unabhängig von einer Online-Anwendung entstanden in den 2000er-Jahren in verschiedenen Kontexten digitale Rekonstruktionen von Theaterbauten. ⁸⁴¹ Ein Beispiel für ein 3D-Projekt, das stärker als **Theatron** auch den kulturellen und urbanen Kontext der Gebäude einschließt, findet sich an der

Universität Antwerpen. Im Jahr 2006 wurde dort am **Department Letterkunde: Afdeling Renaissance** (Department für Literatur, Abteilung für Renaissance) unter dem damaligen Doktoranden und Stipendiaten der **Flanders Research Foundation**, Timothy De Paepe, ein Forschungsprojekt initiiert, in dessen Zentrum die Geschichte der Antwerpener Theater zwischen 1610 und 1762 stand, die mit 3D-Rekonstruktionen der historischen Theaterbauten untersucht wurde. ⁸⁴² Die Besonderheit des anvisierten Zeitraums liegt darin begründet, dass damals viele Theaterstücke explizit für bestimmte Bühnen geschrieben wurden. Insofern waren sie eng mit den Theaterbauten, der Größe der Bühne und der Bühnentechnik verbunden und wurden teilweise umgeschrieben, wenn das intendierte Theater umgebaut wurde. De Paepe brachte diese wechselseitige Beziehung auf den Punkt: »Looking at the play tells us something about the stage, just as looking at the stage tells us something about the play.« ⁸⁴³ So konnte beispielsweise das heute nicht mehr existierende Almoners Theater (1661–1709), von dem keinerlei bildliche Überlieferungen erhalten sind, auf Basis von archivalischen Schriftquellen (Verträge, Ausgaben für Bau und Dekoration, Beschreibung einer Aufführung) und Informationen aus Theaterstücken, die für dessen Bühne geschrieben wurden, digital rekonstruiert werden.

Die Gesamtstruktur des Gebäudes ist in einem schematisch angelegten 3D-Modell visualisiert, das in Graustufen gehalten ist und anhand von Maßangaben auch die Größenverhältnisse des Innenraums nachvollziehbar macht ²¹³. Der Theaterraum wurde zudem in einem weiteren 3D-Modell fotorealistisch dargestellt und mit zeitgenössischen Lichtquellen ausgestattet. Viele architektonische Details sowie zwei in Grau visualisierte Avatare ermöglichen auch hier dem Betrachter die Größenverhältnisse einzuschätzen.

■ 842

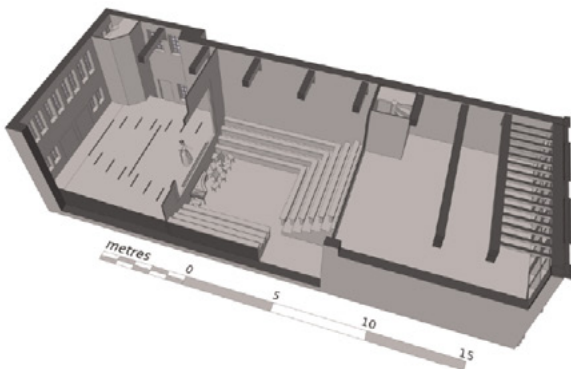
Ausführliche Informationen zum Projekt, seinen Zielen und der Umsetzung sind zu finden in: De Paepe 2010. Vgl. auch kurze Zusammenfassung des Projekts auf der Webseite »3DVisA«: <http://3dvisa.cch.kcl.ac.uk/project104.html>.

■ 843

De Paepe 2010, S. 36.

■ 844

Zur verwendeten Software vgl. kurze Zusammenfassung des Projekts auf der Webseite »3DVisA«: <http://3dvisa.cch.kcl.ac.uk/project104.html>.



□ 213

Hypothetische Rekonstruktionen des Almoners Theater in Antwerpen im Zustand um 1682, Axonometrie (links) und um 1695, Ansicht des Innenraums (rechts), Universität Antwerpen, ca. 2006–2010.

Verwendung fand hier die Open Source-Software **Google SketchUp Pro** sowie die Renderingsoftware **Kerkythea**. ⁸⁴⁴ Die Bedeutung dieser Rekonstruktion fasst De Paepe folgendermaßen zusammen:

»A computer model not only quickly illustrates these elements, it is also a test bed for the various hypotheses that

have been developed based on the above information and the model effectively ties together the many loose strands of information gained from archival research. Until now, no computer model has existed to provide a concrete visual image of this theatre; moreover it offers a model with which any play written for its stage can be envisaged.« ⁸⁴⁵

■ 845

De Paepe 2010, S. 40.

■ 846

Vgl. Hann 2010.

■ 847

Vgl. Kapitel 3.1 (→ 065); Golder 1984.

Ähnlich wie Beacham sieht auch er in einem 3D-modellierten Theatergebäude das Potential, historische Aufführungen zu rekonstruieren.

Zuletzt sei noch auf ein Ende der 2000er-Jahre realisiertes Projekt verwiesen: Die Szenografin Rachel Hann erstellte im Rahmen ihrer 2010 veröffentlichten Dissertation digitale Rekonstruktionen von drei zwar in den 1920er- und 1930er-Jahren geplanten, jedoch nie gebauten Theatern. ⁸⁴⁶ Dabei bezieht sie sich explizit auf die in der **London Charter** dargelegten Richtlinien zur wissenschaftlichen Erstellung von 3D-Modellen. Auf diese Prinzipien wird in Kapitel 6.2 (→ 469) genauer eingegangen.

Die wohl erste digitale Rekonstruktion eines historischen Theatergebäudes realisierte der Theaterwissenschaftler John Golder 1984 mit einer computergenerierten Visualisierung des Théâtre du Marais in Paris im Jahr 1644, die in Kapitel 3.1 (→ 065) bereits vorgestellt wurde. ⁸⁴⁷ Somit reihen sich die digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau und die weiteren 3D-Modelle historischer Theaterbauten in Europa, die innerhalb des Projekts **Theatron** in den vergangenen Jahren realisiert wurden, in eine sich nun über 30 Jahre erstreckende Forschungstradition ein.

Fazit – Bedeutung und Einordnung des Projekts

Die Bedeutung insbesondere der Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau ist vielschichtig gelagert. Zunächst diente die erste computertechnische Modellierung der Restaurierung des Bauwerks. Sie war Mitte der 1990er-Jahre Auslöser für die Idee zum Langzeitprojekt **Theatron**, das selbst insofern eine Besonderheit darstellt, als es eine interaktive Lernumgebung bot, innerhalb der sich Benutzer online auf vielfältige Art und Weise mit digital rekonstruierten historischen Theaterbauten auseinandersetzen und diese erforschen konnten. In diesem Zusammenhang attestiert ihm David Z. Saltz, Theaterwissenschaftler mit Schwerpunkt für modernes Theater und Performance Theorie, bereits 2004 einen besonderen Mehrwert, den die interaktiven 3D-Modelle dem Nutzer auf verschiedenen Ebenen boten: Immersion, Gefühl für die Größenverhältnisse sowie das Erleben der Struktur von Theaterräumen. ⁸⁴⁸ Auch die Auszeichnung mit dem **21st Century Achievement Award des Computerworld Honors Program** im Jahr 2002 zeigte früh, welche Innovation dieses Projekt im Bereich der Lehre und im Speziellen der Theaterwissenschaft bedeutete. ⁸⁴⁹ Die Integration von 3D-Modellen in **Second Life** konnte während der Projektlaufzeit 2007 bis 2012 gewinnbringend genutzt werden, jedoch wurde das Projekt aus Kostengründen abgebrochen. Dies zeigt die Schwierigkeit von Projekten, die mit externen Dienstleistern kooperieren.

Die Gegenüberstellung von vier verschiedenen Versionen an 3D-Modellen zum Festspielhaus verdeutlichte, zu welchen unterschiedlichen Zwecken

■ 848

Vgl. Saltz 2004, S. 123.

■ 849

Vgl. Beacham/Denard/Baker 2011, S. 465; Webseite des »Theatron« Projekts: <http://www.theatron.org/>.

diese erstellt wurden und inwiefern sie dadurch visuell differieren. Hier zeigten sich große Unterschiede in der Ästhetik, insbesondere zwischen dem von Architekten erstellten CAD-Modell für die Restaurierung und den von Computerspezialisten realisierten VRML-Modellen für die Echtzeitanwendung im Internet.

Im Laufe der Zeit konnte die Navigation durch die online verfügbaren Rekonstruktionen verbessert werden. Der Rundgang durch das Festspielhaus in **Second Life** ist wesentlich flüssiger in seinen Abläufen als noch im **Theatron 2 module**. Die interaktiv angelegten digitalen Modelle liefern insbesondere bei nicht mehr existierenden Theaterbauten oder bei stark verfallenen Gebäuden wie dem Festspielhaus einen exklusiven Blick auf und in historische Architektur. Der Nutzer kann selbstständig entscheiden, aus welchen Blickwinkeln er das rekonstruierte Bauwerk in Augenschein nehmen möchte. Dies ist ein eindeutiger Mehrwert gegenüber festgelegten virtuellen Rundgängen. Allerdings ist es bedauerlich, dass für die online-Anwendung die 3D-Modelle technisch stark vereinfacht werden mussten und somit ihre ästhetische Erscheinungsweise nicht mehr dem CAD-Modell entspricht.

Aus kunst- und architekturhistorischer Perspektive wäre es generell wünschenswert gewesen, in den digitalen Rekonstruktionen des Festspielhauses auch die tatsächliche, räumliche Kontextualisierung des Gebäudes – wie es im frühen CAD-Modell der Architekten der Fall war – zu integrieren. So hätten beispielsweise grundlegende Informationen zum Festspielhaus, der Bedeutung des Bauwerks in Bezug auf die Gartenstadt Hellerau oder auch der unmittelbaren Nähe zu Dresden integriert werden können.

Auch heute finden die digitalen Rekonstruktionen noch Verwendung: Im Rahmen der Festlichkeiten **Rekonstruktion der Zukunft. Raum – Licht – Bewegung – Utopie** im Oktober 2017 am Festspielhaus Hellerau wurden sie herangezogen, um ein historisches Bühnenbild von Adolphe Appia virtuell zu modellieren und dann als reale Szenerie umzusetzen.

Bemerkenswert an **Theatron** gegenüber anderen Arbeiten zur digitalen Rekonstruktion von Theaterbauten ist, dass das Projekt über einen langen Zeitraum hin entwickelt wurde. Es umfasst ein breites Spektrum an historischen Gebäuden im Hinblick auf den Errichtungszeitraum, den Standort und kulturellen Kontext. Zudem wurde das Projekt unmittelbar in Lehre und Forschung miteinbezogen und bot somit nicht nur Studierenden sondern auch Wissenschaftlern auf der ganzen Welt über verschiedene online-Anwendungen Zugang zu den 3D-Modellen. Einzig die Langzeitarchivierung und Vorhaltung der Inhalte stellt hier ein noch zu lösendes Problem dar.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

4.5 Neue Technologien als Katalysatoren

Der Überblick über die 1990er-Jahre zeigte die große Ausweitung des Bereichs der digitalen Rekonstruktion im wissenschaftlichen Kontext. Mit der Einrichtung von Forschungsinstitutionen konnten sich vor allem an Universitäten einzelne Zentren bilden, die teils bis heute aktiv sind und einen großen Beitrag zur Institutionalisierung dieses Bereichs lieferten beziehungsweise weiterhin liefern. Einen weiteren wichtigen Faktor stellen hierbei die in diesem Jahrzehnt gegründeten, einschlägigen Konferenzen dar. Sie zeigen den großen Bedarf, 3D-Projekte vorzustellen und in der Community zu diskutieren. Auch diese Foren existieren bis heute und werden nach wie vor zur Präsentation von Arbeiten und zur Vernetzung von Experten und Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Bereichen wahrgenommen.

Diese Entwicklungen deuteten bereits an, dass in den 1990er-Jahren ein großer Anstieg an 3D-Projekten zu verzeichnen ist. Dies ist auch in den in diesem Jahrzehnt erscheinenden Sammelbänden zu beobachten, die insbesondere in der Archäologie, innovative Arbeiten zusammenstellten und gleichsam eine Art Überblick zum Status Quo lieferten. Wissenschaftler blickten nun auch zurück auf die Anfänge digitaler Rekonstruktion historischer Architektur und erstellten erste Übersichten zu wichtigen frühen Projekten. Im Zuge dessen reflektierten sie über bisherige Initiativen und resümierten, dass vor allem eine Kennzeichnung von Hypothesen im 3D-Modell vorgenommen werden sollte. Diese Forderung beruhte vor allem auf den technischen Fortschritten, die einen zunehmenden Fotorealismus ermöglichten und somit für den Betrachter die Unterscheidung zwischen gesichertem Wissen und Vermutungen erschwerten.

Weitere technische Innovationen konnten insbesondere im Bereich der Virtuellen Realität festgestellt werden. Diese hielt Mitte der 1990er-Jahre Einzug in das Internet, einer zunehmend wichtigen Plattform zur Präsentation und Veröffentlichung von 3D-Modellen.

Aus der großen Fülle an 3D-Projekten, die in diesem Jahrzehnt entstanden, wurden drei herausragende Initiativen ausgewählt und in je eigenen Kapiteln vertieft betrachtet und detailliert analysiert:

Die von Werner Müller und Norbert Quien Anfang der 1990er-Jahre realisierte Rekonstruktion eines spätgotischen Kirchenchors sticht aus den in der Kunstgeschichte in dieser Zeit unternommenen 3D-Projekten hinsichtlich mehrerer Aspekte heraus. So umfasste ihre Arbeit mit der computertechnischen Modellierung gotischer Gewölbeentwürfe eine neue Methode, die sie in die

kunsthistorische Forschung einführten. Sie nahmen damit eine Vorreiterrolle in diesem Feld ein, denn erst in den 2010er-Jahren fanden ähnliche Ansätze zu computertechnischen Verfahren in der Fachcommunity verstärkt Eingang. Auch in technologischer Hinsicht betraten sie mit ihrem Projekt Neuland. Denn der Mathematiker Norbert Quien entwickelte eigens eine auf Müllers Fragestellungen hin abgestimmte Software. Zudem konnten sie auf einen Großrechner an der Universität Heidelberg zugreifen, ein besonderes Privileg, wie der Blick auf andere 3D-Projekte der Zeit verdeutlicht.

Die zweite umfassend dargestellte Initiative widmet sich dem 3D-Projekt zur Dresdner Frauenkirche von 1993. Eine Besonderheit, die diese Arbeit auszeichnet, ist die Verwendung der digitalen Rekonstruktionen im Rahmen unterschiedlicher Kontexte. So wurde ein 3D-Modell zur Einwerbung von Spendengeldern für den Wiederaufbau des Gotteshauses im Fernsehen gezeigt, eines diente dazu die Ruinentrümmerteile digital zu erfassen und räumlich zu verorten und ein weiteres wurde als Prototyp einer VR-Anwendung präsentiert. Dementsprechend waren viele verschiedene Experten an der jeweiligen Umsetzung beteiligt, die mit damals modernsten Technologien erfolgte. Der hohe wissenschaftliche Anspruch, den die Beteiligten an die Rekonstruktion stellten, war sicherlich keine Selbstverständlichkeit, zumal die 3D-Modelle teils als werbewirksame Präsentationen fungierten, deren Fokus üblicherweise auf Aufmerksamkeit erregenden Effekten lag und weniger auf einer quellenbasierten Darstellung. Durch die zahlreichen Veröffentlichungen in unterschiedlichen Medien erreichte das Projekt internationale Aufmerksamkeit.

Bei dem dritten detailliert analysierten Projekt handelt es sich um die digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau. Als Auslöser für die Initiierung des theaterwissenschaftlichen Langzeitprojekts **Theatron** kam dem ersten 3D-Modell des Theatergebäudes, das um 1994/1996 realisiert wurde, eine besondere Bedeutung zu. Im Laufe der Jahre diente es als Grundlage für darauf aufbauende digitale Rekonstruktionen des Festspielhauses, die allesamt in verschiedenen Kontexten Verwendung fanden, sei es als virtueller Rundgang in Form eines Videos, als interaktives **VRML**-Modell für die Lehre und Forschung oder als 3D-Modell in **Second Life**. Insbesondere die Einbindung des 3D-Modells in eine virtuelle Lernumgebung konnte ein wichtiges Potential für die Lehre und Forschung im Bereich der Theaterwissenschaft zeigen, das aber auch auf andere Fächer wie die Kunstgeschichte übertragbar ist.

Diese drei exemplarisch ausgewählten Projekte spiegeln die große Bandbreite an Themen, Entstehungskontexten, Visualisierungs- und Präsentationsmöglichkeiten sowie verwendeten Technologien wieder, die die 1990er-Jahre prägten. Das nun folgende Kapitel widmet sich der Zeit um das Jahr 2000, in der sich verdichtet eine Vielzahl an 3D-Projekten findet, die über einen langen Zeitraum hinweg erarbeitet wurden und teils bis heute noch andauern.

Kapitel 5

→ Um das Jahr 2000 – Verstetigung

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

5.1 Zunehmende Professionalisierung und Entstehung von Langzeitprojekten

Wie der vorangegangene Überblick über Tendenzen, Thematiken und Projekte in den 1990er-Jahren im Kontext wissenschaftlicher digitaler Rekonstruktion von historischer Architektur zeigte, weitet sich das Feld in diesem Jahrzehnt um ein Vielfaches. Um dieser Entwicklung entsprechend Rechnung zu tragen, widmet sich das nachfolgende Kapitel 3D-Projekten, die um die Jahrtausendwende realisiert und meist bereits Ende der 1990er-Jahre begonnen wurden. Es bietet zudem den Raum, sich mit online-Anwendungen zur Wissensvermittlung über digitale Modelle näher zu befassen, die um das Jahr 2000 zunehmend initiiert wurden.

In den vorangegangenen Kapiteln konnte eine wachsende Institutionalisierung des Bereichs der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur im wissenschaftlichen Kontext festgestellt werden. Diese Entwicklung schreibt sich um das Jahr 2000 fort und erlebt eine zunehmende Verstetigung. Zu beobachten ist dies in verschiedenen Bereichen, die in diesem Kapitel anhand eines Überblicks vorgestellt werden: So wurden um die Jahrtausendwende nicht nur einschlägige Institutionen und Forschungseinrichtungen ins Leben gerufen, sondern auch auf 3D-Modellierung spezialisierte Firmen gegründet. Auch die Initiierung von Langzeitprojekten beförderte die sich vollziehende Verstetigung. In dieser Zeit entwickelten sich zudem spezielle Online-Anwendungen, die neue Einsatzmöglichkeiten von 3D-Modellen in der Lehre demonstrierten. Abschnitte zu den Fachbereichen Kunstgeschichte, Architektur und Archäologie werfen Schlaglichter auf bedeutende Projekte, Konzepte und Diskurse, die sich um 2000 entwickelten. Zur Verdeutlichung der hier genannten Tendenzen, werden im Folgenden einzelne Initiativen gezielt herausgegriffen und näher betrachtet.

Gründungen

Die zunehmende Professionalisierung des Bereichs der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur zeigt sich beispielsweise in dem Anspruch von spezialisierten universitären Einrichtungen wie dem **CVRLab** oder dem **Visualisation Team**, wissenschaftlich korrekte 3D-Modelle zu erstellen, wie ihn der Archäologe Bernard Frischer 2000 identifiziert. **850** Zudem werden neben den sich weiterhin etablierenden wissenschaftlichen Einrichtungen vor allem auch spezialisierte Dienstleistungsunternehmen, die teilweise bis heute aktiv

sind, gegründet. Im Folgenden seien einige wesentliche Initiativen aus dem akademischen und wirtschaftlichen Kontext kurz vorgestellt.

So präsentierte Frischer im Jahr 2000 im Rahmen der Konferenz **Visual Analytics Science and Technology (VAST)** seine Idee einer **Cultural Virtual Reality Organisation (CVRO)**.⁸⁵¹ Gemeinsam mit dem Archäologen Juan A. Barceló, dem Mathematiker Franco Niccolucci und dem Informatiker Nick Ryan entwickelte er das Konzept weiter und veröffentlichte es 2002. Inhaltliches Ziel der **CVRO** war: »[...] developing aesthetic, scientific, and technical standards for cultural virtual reality models.«⁸⁵² Unter »scientific cultural virtual reality models« verstanden die Autoren folgendes:

»[...] many more of the new virtual worlds waiting to be born in the next 10-year cycle will be scientific, i.e. accurate digital representations of the object they purport to model as authenticated by experts. As scholars active in the field of cultural heritage, it is naturally computer models of cultural heritage sites (i.e., CVR) that interest us. Digital reconstructions of archaeological sites, digital restorations of existing buildings showing them in their earliest phase, computer recreations of entire cities as they appeared at earlier stages in their history: all these are examples of virtual worlds that have been created in the past decade and that will be created in even greater numbers [...].«⁸⁵³

In dieser Definition werden allerdings die Begriffe »digital« und »virtuell« synonym verwendet, die aber genau genommen zwei unterschiedliche Konzepte umfassen, wie zu Beginn der vorliegenden Arbeit dargelegt wurde.⁸⁵⁴ So bezieht sich »digital« auf die technische Erstellungsweise, »virtuell« hingegen auf eine Metaebene. Das Bestreben Standards einzuführen zeigt, dass auch vor der Etablierung internationaler Richtlinien, wie sie beispielsweise in der 2006 formulierten **London Charter** vertreten werden, unter Wissenschaftlern verschiedener Profession ein Bewusstsein dafür existierte, der Erstellung digitaler Rekonstruktionen einen Rahmen zu geben.⁸⁵⁵ Denn hier galt es die Wissenschaftlichkeit von 3D-Modellen sicherzustellen. Inwiefern diese Forderungen tatsächlich Eingang in die Praxis fanden, wird in **Kapitel 6.2 (→ 469)** diskutiert.

Die Einrichtung einer **CVRO** erachteten Frischer und seine Kollegen im Jahr 2002 also insofern als notwendig, da in den 1990er-Jahren die Anzahl von 3D-Projekten stark angestiegen war. Daher argumentierten sie für eine rahmenlose Institution mit dem Ziel Konventionen, Standards und Regelungen für die wissenschaftliche Erstellung von **CVR models** festzulegen, Akteure und Projekte nach außen hin zu repräsentieren und ein Forum zum Austausch zu bieten. Ganz konkret formulierten Frischer und seine Kollegen in Hinblick auf die Gewährleistung der Wissenschaftlichkeit folgende Gründe für die Etablierung der **CVRO**:

»[...] to develop philological conventions and technical standards for the creation and publication of authenticated

■ 851

Vgl. Frischer et al. 2002.

■ 852

Ebd., S. 7.

■ 853

Ebd.

■ 854

Vgl. **Kapitel 1.2 (→ 023)**.

■ 855

Auf die »London Charter« wird an mehreren Stellen in der vorliegenden Studie genauer eingegangen, insbesondere in **Kapitel 6.2 (→ 469)**.

CVR models; to develop and disseminate a common library of textures; to offer a seal of approval on member's models that conform to authentication standards; and to offer a clearinghouse on its Web site where members' authenticated models can be made available for third-party licensing.« ⁸⁵⁶

■ 856

Frischer et al. 2002, S. 16.

■ 857

Vgl. Beacham/Denard/Niccolucci 2006.

■ 858

Zu Bernard Frischers universitärer Laufbahn und der Gründung des »VWHL« vgl.: <http://frischer.org/>. Für Informationen zum »VWHL«, dessen Zielen und Projekten vgl. Webseite des »VWHL«: <http://vwhl.squarespace.com/>. Es existiert zudem noch eine ältere Webseite des »VWHL«, als es noch an die University of Virginia angegliedert war: <http://vwhl.clas.virginia.edu/>.

■ 859

Auf dieses Projekt wird in einem folgenden Abschnitt des vorliegenden Kapitels sowie in **Kapitel 5.2** (→ 331) genauer eingegangen.

■ 860

In **Kapitel 6.2** (→ 469) wird auf das Thema Langzeitarchivierung von 3D-Modellen genauer eingegangen.

Sie konzipierten und planten die Organisation als Serviceanbieter, als offizielle anerkannte Einrichtung, die 3D-Modelle unter wissenschaftlichem Anspruch erstellt, auszeichnet und authentifiziert. Dieses Vorhaben umfasste allerdings starr erscheinende Vorgaben, wie sprachwissenschaftliche Vereinbarungen und eine Datenbank für Texturen. Während sprachliche Standards durchaus einen Mehrwert bedeuten können, um die Kommunikation von Wissenschaftlern zu befördern, stünde eine festgelegte Textursammlung jeglicher Arbeitspraxis entgegen. Schließlich ist jedes zu rekonstruierende Bauwerk einzigartig, vor allem auch hinsichtlich vorliegender Quellen und kann daher im Falle einer ernsthaften wissenschaftlichen Rekonstruktion nicht auf standardisierten Texturen basieren. Hingegen könnten durchaus Standards in Bezug auf die farbliche Kennzeichnung von Hypothesen im 3D-Modell festgelegt werden. Auf diese Thematik wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) genauer eingegangen. Möglicherweise währte das Projekt aufgrund der Vorschläge von zu rigiden Vorgaben nicht lange. Dennoch stellte die CVRO eine wichtige Voraussetzung für die London Charter sowie später entstandene Forschungsprojekte dar. ⁸⁵⁷

Nach seinem Wechsel an die University of Virginia im Jahr 2004, gründete Frischer dort das **Virtual World Heritage Lab (VWHL)**, mit dem ausdrücklichen Ziel, 3D-Modelle nicht als bloße Illustration zu betrachten, sondern als Forschungswerkzeuge zu begreifen und einzusetzen. ⁸⁵⁸ Eines der Projekte, die am noch heute aktiven VWHL durchgeführt werden, ist das Langzeitprojekt **Rome Reborn**, das Frischer mit dem VWHL im Jahr 2013 an die Indiana University mitnahm, an der er seitdem lehrt. ⁸⁵⁹ Im vorliegenden Kapitel wird es im Kontext von 3D-Projekten in der Archäologie genauer erläutert. Zudem steht im nachfolgenden **Kapitel 5.2** (→ 331) ein Teilprojekt von **Rome Reborn** im Fokus der Analyse, die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom. Darin fand eine Grundidee der CVRO ihre Umsetzung: die Einrichtung eines **Scientific Committee** als übergeordnete Prüfungsinstanz, bestehend aus Wissenschaftlern mit einschlägiger Expertise zum zu erforschenden Bauwerk.

Die wechselvolle Geschichte von Frischers VWHL verdeutlicht, wie personenabhängig eine Einrichtung wie diese ist. Die Zukunft wird zeigen, wie solche Initiativen auch nach Universitätswechsel, Emeritierung oder Ruhestand der federführenden Person fortgeführt werden können und wie eine Langzeitarchivierung der Projekte vollzogen werden kann. ⁸⁶⁰ Dass bereits in der Anfangsphase einer Initiative ein Konzept entwickelt wird, wie deren Nachhaltigkeit zu gewährleisten ist, erscheint eine Notwendigkeit.

An der Schwelle zum neuen Jahrtausend gründeten zudem Experten verschiedene Firmen mit Spezialisierung auf die digitale Rekonstruktion historischer Architektur. Zwar waren seit den 1980er-Jahren bereits konkrete Firmen maßgeblich an 3D-Projekten beteiligt – wie **asb baudat** bei Cluny III oder **IBM** bei Old Minster sowie der Dresdner Frauenkirche – allerdings handelte es sich

damals um Architekturbüros oder Technologiefirmen. Diese entwickelten bestimmte Soft- und/oder Hardware für 3D-Modellierung, aber waren auch in Fachgebieten außerhalb des Kulturellen Erbes tätig. Nun aber entstanden Unternehmen, die Dienstleistungen explizit zur digitalen Rekonstruktion historischer Architektur anboten und sich damit gezielt an Universitäten, Museen und weitere Kultureinrichtungen wandten.

Hierzu zählt in Deutschland zuvorderst die Firma **Architectura Virtualis**, die im Jahr 2000 von den Architekten Manfred Koob und Marc Grellert aus der TU Darmstadt ausgegründet wurde. ⁸⁶¹ Bis zu Koobs Tod 2011 führten sie gemeinsam zahlreiche 3D-Projekte durch. Danach übernahm Grellert die Leitung der Firma, die bis heute mit mehreren Mitarbeitern aktiv ist. Das Portfolio umfasst neben der technischen Komponente der 3D-Modellierung vor allem die Wissensvermittlung. Insbesondere für Museen entwickeln sie Installationen, um Informationen zum digital rekonstruierten Bauwerk auf unterschiedliche Weise zu visualisieren, beispielsweise über interaktiv zu bedienende Bildschirme, **Rapid Prototyping**-Modelle oder digitale dynamische Karten. Aber auch für Dokumentarfilme liefern sie Computeranimationen. ⁸⁶² Dadurch, dass es sich bei **Architectura Virtualis** um eine Ausgründung aus einer Universität handelt, ist die Firma eng mit der Institution verzahnt. Grellert lehrt im Fachbereich Digitales Gestalten an der TU Darmstadt und bindet Studierende früh in 3D-Projekte ein, die in Kooperation mit der **Architectura Virtualis** durchgeführt werden. Ein Beispiel für diese Zusammenarbeit stellen die digitalen 3D-Rekonstruktionen von zerstörten Synagogen in Deutschland dar, die von Koob beziehungsweise Grellert bis heute erstellt werden. Diese Arbeiten erlangten im Laufe der Zeit internationale Bekanntheit. Auf diese Initiative wird im Abschnitt zur Architektur im vorliegenden Kapitel genauer eingegangen.

Im Jahr 2000 erfolgte eine zweite Ausgründung aus der TU Darmstadt: Dabei handelte es sich um die Firma **ArchimediX** in Ober-Ramstadt, die bis heute von dem Architekten Reinhard Munzel geleitet wird. ⁸⁶³ Sie ist spezialisiert auf Rekonstruktionen historischer Gebäude, die meist für Installationen im Kontext von Ausstellungen realisiert werden. Das Erscheinungsbild der 3D-Modelle gestaltet sich bei jedem Projekt unterschiedlich, denn Munzel und sein Team haben sich nicht auf einen bestimmten wiedererkennbaren Visualisierungsstil festgelegt, wie ihn beispielsweise das Büro **Lengyel Toulouse Architekten** aus Berlin entwickelt hat, auf das in **Kapitel 6.3 (→ 521)** und **Kapitel 7.3 (→ 589)** genauer eingegangen wird. ⁸⁶⁴ Im Online-Auftritt der Firma finden sich Abbildungen zu bisherigen Projekten, jedoch wenig Hintergrundinformationen, die über die Daten zu Darstellungsobjekt und Erstellungszeitraum hinausgehen. ⁸⁶⁵

Ein frühes 3D-Projekt von **ArchimediX**, das für eine Ausstellungspräsentation realisiert wurde, umfasst die digitale Rekonstruktion der Aula Regia der Kaiserpfalz Ingelheim, die in Kooperation mit dem dort ansässigen Grabungsbüro von 2001 bis 2003 durchgeführt wurde. ⁸⁶⁶ Ziel war es, den Zustand des Thronsaals Karls des Großen um 800 darzustellen. Als Grundlage dienten archäologische Befunde aus Grabungen in den 1990er-Jahren. Sowohl die Innen- als auch die Außenansicht der Aula Regia ist hier mit fotorealistischen Texturen versehen ^[214]. Zudem finden sich viele unterschiedliche Details wie Sträucher, Baugerüst, Himmel mit Wolken, Kerzen und ein Avatar, die das digital rekonstruierte Gebäude möglichst real erscheinen lassen sollen.

■ 861

Zur Firmengeschichte und Tätigkeitsfeld vgl. Webseite von »**Architectura Virtualis**«: <http://www.architectura-virtualis.de/unternehmen/index.php?lang=de>; Lebenslauf von Marc Grellert: http://www.architectura-virtualis.de/kontakt/marc_grellert.php.

■ 862

Vgl. **Kapitel 5.3 (→ 367)**, in dem eine an der TU Darmstadt realisierte 3D-Rekonstruktion der Synagoge in der Glockengasse, Köln, die Teil eines Dokumentarfilms von Martin Papirowski aus dem Jahr 2013 ist, thematisiert wird. Ein aktuelles Beispiel sind 3D-Rekonstruktionen von u. a. der Kuppel des Florentiner Doms, die für den 2017 ausgestrahlten zweiteiligen ARTE-Dokumentarfilm »**Zeitenwende – Die Renaissance**« erstellt wurden. Vgl. Presseinformation auf der Webseite der TU Darmstadt: https://www.architektur.tu-darmstadt.de/fachbereich_architektur/aktuelles_fachbereich/news_archiv/news_2017/news_2017_details_79872.de.jsp.

■ 863

Hintergrundinformationen und Tätigkeitsbereich der Firma sind zu finden auf der Webseite von »**ArchimediX**«: <http://www.archimedix.com/>.

■ 864

In **Kapitel 7.3 (→ 589)** wird auf die visuelle Vielfalt von digitalen 3D-Rekonstruktionen näher eingegangen.

■ 865

Die Projekte, die aktuell auf der Webseite im Bereich der Architektur zu finden sind, gehen zudem nur bis in das Jahr 2009 zurück. Vgl. Webseite von »**ArchimediX**«: http://www.archimedix.com/galerie_a.php.

■ 866

Vgl. Webseite der Kaiserpfalz Ingelheim: http://www.kaiserpfalz-ingelheim.de/archaeologie_rekonstruktion_02.php.



□ 214

Digitale Rekonstruktion der Aula Regia der Kaiserpfalz Ingelheim: Außenansicht des Portals an der Westfassade mit Baugerüst (links) und Innenansicht mit Blick in die Apsis (rechts), »ArchimediX« und Baubüro in der Kaiserpfalz Ingelheim, 2003.

■ 867

Vgl. Projekt-Überblick auf der Webseite von »ArchimediX«: http://www.archimediX.com/galerie_a.php.

■ 868

Informationen zur Firma bietet deren Webseite: <http://www.hinzundfranz.de/dt/dtwir.htm>.

■ 869

Eine Übersicht bisher durchgeführter Projekte ist auf der Webseite des Büros zu finden: <http://www.hinzundfranz.de/dt/dtvis.htm>. Darüber hinaus realisieren sie auch bauhistorische Untersuchungen und Bauaufnahmen von historischen Bauten vornehmlich in Bayern, darunter die Schlosskapelle in Neuburg a. d. Donau, die Burgruine Werdenfels, Garmisch-Partenkirchen, der Uhrturm des Alten Schloss Schleißheim. Vgl. Webseite des Büros: <http://www.hinzundfranz.de/dt/dtpro.htm>.

■ 870

Informationen zur Firma »The Virtual Experience Company« und ihren Tätigkeiten sind zu finden auf deren Webseite: <http://www.virtualexperience.co.uk/?page=company>. Das Video zur von der Firma erstellten Rekonstruktion der Burg Salut in Oman ist auch auf »YouTube« zugänglich: https://www.youtube.com/watch?time_continue=138&v=PehKmWa5Zto.

Bis heute umfassen die von ArchimediX 3D-modellierten Bauwerke eine große Bandbreite von antiken Bauten (Kaiserthermen in Trier, Römerbad in Hüfingen) über Kirchen (Dom zu Speyer), Burgen (Veste Coburg, Burg Landshut, Burg Nanstein) und Pfalzen (Kaiserpfalz Paderborn). ⁸⁶⁷

Im Jahr 2001 gründeten die Archäologin Valentina Hinz und der Architekt und Kunsthistoriker Stefan Franz das Büro für Bauforschung und Visualisierung in München. ⁸⁶⁸ Durch ihre Mitarbeit an archäologischen Ausgrabungen und bauhistorischen Untersuchungen weltweit sowie Lehrtätigkeiten, stehen sie an der Schnittstelle zwischen Forschung und Anwendung. Insbesondere in Zusammenarbeit mit verschiedenen Universitäten erstellen sie bis heute digitale Rekonstruktionen von historischen Bauten. ⁸⁶⁹ Als Beispiel hierfür kann die 2003 erstellte Visualisierung des jüngeren Tempels der Aphaia auf Aegina genannt werden ^[215]. Das 3D-Modell entstand in Zusammenarbeit mit dem Bauforscher Hansgeorg Bankel von der Hochschule München und dem Archäologen Vinzenz Brinkmann von der Glyptothek München. Es wurde im Rahmen der Wanderausstellung »Bunte Götter – Die Farbigkeit der antiken Skulptur« 2003 bis 2005 in Museen in Dänemark und der Schweiz gezeigt. Architektonische Details am Dach und Gebälk des griechischen Tempels wurden hier farbig dargestellt. Um auch Bereiche zu zeigen, die bei einer Frontalansicht nicht zu sehen sind – wie die unter dem ausragenden Gesims (Geison) befindlichen kleinen Platten (Mutuli) – wurde beispielsweise auch eine extreme Untersicht visualisiert.

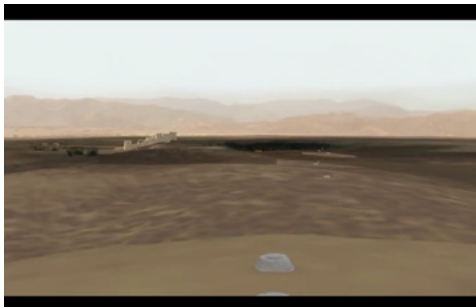
Auch außerhalb des deutschsprachigen Raums finden sich auf die 3D-Rekonstruktion historischer Architektur ausgerichtete Firmen, die um 2000 gegründet wurden. Hierzu seien folgende zwei exemplarisch genannt: In Malvern, Großbritannien, wurde 1999 The Virtual Experience Company gegründet, die vor allem im Bereich des Kulturellen Erbes auf den britischen Inseln aktiv ist. ⁸⁷⁰ Tätig sind dort Experten auf den Gebieten der Spieltechnologie, Bildung und Unterhaltung, die in Projekten mit Webdesignern, auf 3D-Technik speziali-

sierten Künstlern, Programmierern und Pädagogen zusammenarbeiten. Beispielsweise rekonstruierten sie die Burg von Salut in Oman, die von der Università di Pisa ausgegraben und archäologisch erforscht wurde [216]. In dem hierzu veröffentlichten Video ist die Burganlage in einer wüstenhaften Landschaft mit Bergsilhouetten am Horizont verortet. Die verwendete Lichtsimulation lässt das historische Bauwerk hell erstrahlen und ruft deutliche Schatten hervor, die die räumliche Wirkung verstärken.



□ 215

Digitale Rekonstruktion des jüngeren Tempels der Aphaia auf Aegina für die Ausstellung »Bunte Götter – Die Farbigkeit der antiken Skulptur«, 2003–2005, Valentina Hinz und Stefan Franz/»Büro für Bauforschung und Visualisierung«, 2003.



□ 216

Stills aus dem Video »Salut. The Archaeological Castle« der digitalen Rekonstruktion der Burg von Salut in Oman, »The Virtual Experience Company«.

■ 871

Zu Informationen über »Visual Dimension« vgl. Webseite des Unternehmens: <http://visualdimension.be/heritage/about.html>. Zur Gründung des Unternehmens vgl.: <http://visualdimension.be/about-VD.html>.

■ 872

Auf den Webseiten der Auftraggeber und Projektpartner der Firmen finden sich nur spärliche Informationen. Beispielsweise zeigt Hansgeorg Bankel einige Renderings des Aphaia-Tempels, aber gibt keine Hinweise auf den Inhalt und Ziele Projekts oder die Ersteller des 3D-Modells. Vgl. Webseite von Hansgeorg Bankel: <http://www.hansgeorgbankel.de/?content=photosRekonstruktionen>. Auf der Webseite zum Salut Museum findet sich überhaupt kein Hinweis auf die digitale Rekonstruktion der Burg von Salut: <http://ancientoman.cfs.unipi.it/index.php?id=16>.

Informationen über die Projektlaufzeit, verwendete Quellen, Präsentationsform und Auftraggeber werden auf der Webseite von **The Virtual Experience Company** nicht zu jedem darauf präsentierten Projekt vollständig angegeben. Hier wäre eine umfassendere Dokumentation der 3D-Projekte wünschenswert, um die Relevanz der Arbeiten Kulturinstitutionen gegenüber zu verdeutlichen.

Diese Relevanz verdeutlicht hingegen sehr stark der online-Auftritt des 2003 von dem Bauingenieur Daniel Pletinckx und der Architektin Veerle Delange gegründeten Büros **Visual Dimension** in Oudenaarde, Belgien, das auf 3D-Rekonstruktionen im Bereich Architektur und kulturelles Erbe sowie interaktive Anwendungen für Ausstellungspräsentationen spezialisiert ist. [871] Pletinckx, der den erstgenannten Bereich des Unternehmens leitet, weist auf der Webseite explizit daraufhin, dass **Visual Dimension** an mehreren EU-geförderten Forschungsprojekten beteiligt war. Dazu zählten **CARARE** (2010–2013), **v-must.net** (2011–2015) und **3D-ICONS** (2012–2015), auf die in **Kapitel 6.1** (→ 447) genauer eingegangen wird.

Wie dieser Überblick zu um die Jahrtausendwende gegründeten spezialisierten Dienstleistungsunternehmen zeigt, spielten sie eine zentrale Rolle bei zahlreichen wissenschaftlichen 3D-Projekten. Teilweise kooperierten sie mit Universitäten und fungierten so als wichtige Partner, die meist das technische Know-How in die Zusammenarbeit einbrachten. Jedoch sind die jeweiligen digitalen Rekonstruktionen auf den Firmenwebseiten inhaltlich wie auch visuell teilweise nur lückenhaft dokumentiert. [872] Damit ist weder eine gute Auffindbar-

■ 873

Zum Einsatz von Virtuellen Welten im Bereich Lehre und Bildung vgl.: Lee et al. 2016, insbes. S. xix-xx.

■ 874

Vgl. Webseite zur Konferenzreihe: <http://www.networkedlearningconference.org.uk/past/index.htm>.

■ 875

Vgl. Beacham/Denard/Baker 2011, S. 465; Ross/Donnelly/Dobrova 2003, S. 104; Webseite des Projekts »Theatron 3«: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/>; Beacham 1999 (Reconstructing Ancient Theater), S. 203; Informationen zum Projekt »Theatron« auf dem Portal »Cordis« der Europäischen Kommission: http://cordis.europa.eu/project/rcn/45528_en.html.

■ 876

Die Webseite zum Projekt »Theatron« ist noch online: <http://www.theatron.org/>. Informationen zum Projekt »Theatron« auf dem Portal »Cordis« der Europäischen Kommission: http://cordis.europa.eu/project/rcn/45528_en.html; Beacham/Denard/Baker 2011, S. 465; Antike Theater »Online« 1999; Webseite des Projekts »Theatron 3«: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/>.

■ 877

Vgl. Webseite des Projekts »Theatron«: <http://www.theatron.org/>. Die Zusammensetzung des Konsortiums ist in Veröffentlichungen zum Projekt teils unterschiedlich angegeben. Vgl. Informationen auf dem Portal »Cordis« der EU-Kommission: http://cordis.europa.eu/project/rcn/45528_en.html. Dort werden als Partner angegeben: University of Warwick (als Koordinator), Universiteit van Amsterdam, Niederlande, Università degli Studi di Ferrara, Italien, »Foundation of the Hellenic World«, Griechenland, »SPC Training Group B.V.«, Niederlande, »atelier4d Architekten«, Berlin, sowie »Theatron Ltd.«, Vereinigtes Königreich.

■ 878

Informationen zu Zielen, Quellen und technischer Umsetzung vgl. Webseite des Projekts »Theatron«: <http://www.theatron.org/>; Webseite des Projekts »Theatron 3«: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/>; Beacham 1999 (Reconstructing Ancient Theater), S. 203; Ross/Donnelly/Dobrova 2003, S. 104-105; Beacham/Denard/Baker 2011, S. 465.

keit noch eine langfristige Dokumentation der Arbeiten gesichert. Insgesamt stellt ein nachhaltiger Umgang mit Inhalten zu 3D-Projekten im Internet ein Desiderat dar, wie es auch im Folgenden deutlich wird.

Online-Anwendungen zur Wissensvermittlung

Mit seiner Etablierung in den 1990er-Jahren entwickelte sich das Internet schnell zu einer weltweiten Plattform, prädestiniert zur Vermittlung und zum Austausch von Wissen. In diesem Kontext sahen um die Jahrtausendwende zunehmend Universitäten in online-Angeboten zu immersiven virtuellen Welten in 3D ein Potential für die Lehre. **873** Als Mehrwert wurden vor allem Interaktivität und die Möglichkeit zur Erlangung unterschiedlicher Lernerfahrungen gesehen. Teilweise nutzten sie bestehende kommerzielle Systeme wie **Second Life** (seit 2003 online) und Open-Source Projekte wie **OpenSimulator (OpenSim)**, seit 2007 online) oder sie entwickelten eigene Plattformen, um gemäß ihren Anforderungen agieren zu können. Die Relevanz der Einbeziehung von Computertechnologien in die Lehre spiegelt sich auch in der bereits seit 1998 alle zwei Jahre stattfindenden **International Conference on Networked Learning** wieder, auf der sich Wissenschaftler und Experten zu dem Thema austauschen. **874** Im Folgenden werden zwei universitäre Initiativen exemplarisch vorgestellt, die in unterschiedlichen Fachbereichen – Theaterwissenschaft, Baugeschichte, Informatik und Kunstgeschichte – Online-Umgebungen nutzten, um Wissen zu Architektur zu vermitteln. Darin wurden jeweils historische Gebäude 3D-modelliert, in variierender Weise aufbereitet und zugänglich gemacht.

Als ein herausragendes Beispiel kann das Projekt **Theatron (Theatre History in Europe: Architectural and Textural Resources Online)** genannt werden, das unter der Leitung des Theaterwissenschaftlers Richard Beacham zwischen 1996 und 2012 realisiert wurde. **875** In **Kapitel 4.4** (→ **261**) wurde es in seinen Grundzügen bereits erläutert, wobei auf die innerhalb des Projekts entstandenen drei verschiedenen internetbasierten Lernumgebungen nur kurz eingegangen wurde. Diese seien hier nun detailliert vorgestellt: Alle drei boten Studierenden und Forschern Zugang zu digital rekonstruierten, bedeutenden historischen Theaterbauten Europas, die eigenständig erkundet und teils als interaktive virtuelle Seminarräume genutzt werden konnten.

Die erste Online-Anwendung von **Theatron** wurde Ende der 1990er-Jahre entwickelt: 1998 hatte Beacham für das international angelegte Projekt **Theatron** eine dreijährige Förderung innerhalb des **EU Telematics in Education, Training, and Research Programme** im 4. Forschungsrahmenprogramm der EU eingeworben. **876** Unter der Leitung des Theaterwissenschaftlers bildete sich ein Konsortium mit der University of Warwick als Koordinatorin, einer europäischen und zwei weiteren universitären Institutionen sowie drei Firmen: **European Foundation for Heritage Skills** (Daniel Théron), Straßburg, Frankreich, Department of Theatre Studies (Peter Eversmann) der Universiteit van Amsterdam, Niederlande, Department of Engineering (Roberto Pompili) der Università degli Studi di Ferrara, Italien, **atelier4d Architekten** (Fabian Zimmermann und Jim Webster), Berlin, **Theatron Ltd.**, Warwickshire, Vereinigtes Königreich, sowie **Aebly, s’-Hertogenbosch**, Niederlande. **877** Ziel dieses ersten Projekts war es, ein interaktives online-Lernmodul (**online interactive educational module**) zur europäischen Theatergeschichte zu erarbeiten. **878** Dies umfasste die Erstellung

von digitalen 3D-Modellen von historisch bedeutenden Theaterbauten in Europa, mit Architektur aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. bis zum 20. Jahrhundert. Hierbei gingen sie chronologisch vor und begannen mit der Rekonstruktion des Dionysos Theaters in Athen, auf das römische Bauwerke, mittelalterliche Bühnen und schließlich Bauten der klassischen Moderne folgten. ⁸⁷⁹

■ 879

Vgl. [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 2](#).

■ 880

Details zu den Rekonstruktionen erläuterte Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017. Zum Arbeitsablauf vgl. auch: Ross/Donnelly/Dobrova 2003, S. 104.

■ 881

Bis 2003 hatten beispielsweise Organisationen in den USA, Australien und Israel einen Zugang zu »Theatron« erworben. Vgl. Ross/Donnelly/Dobrova 2003, S. 105.

■ 882

Zur technischen Bedienung, Möglichkeiten der Nutzung, Ausstattung und Präsentation der 3D-Modelle in »Theatron« vgl. ebd., S. 104-105; Beacham 2005. Webseite des »Theatron« Projekts: <http://www.theatron.org/>. Auf die Funktionsweise von »QuickTime VR«-Panoramen wird in [Kapitel 5.4](#) (→ 403) genauer eingegangen.

■ 883

Vgl. Beacham/Denard Baker 2011, S. 465; Webseite des »Theatron« Projekts: <http://www.theatron.org/>.

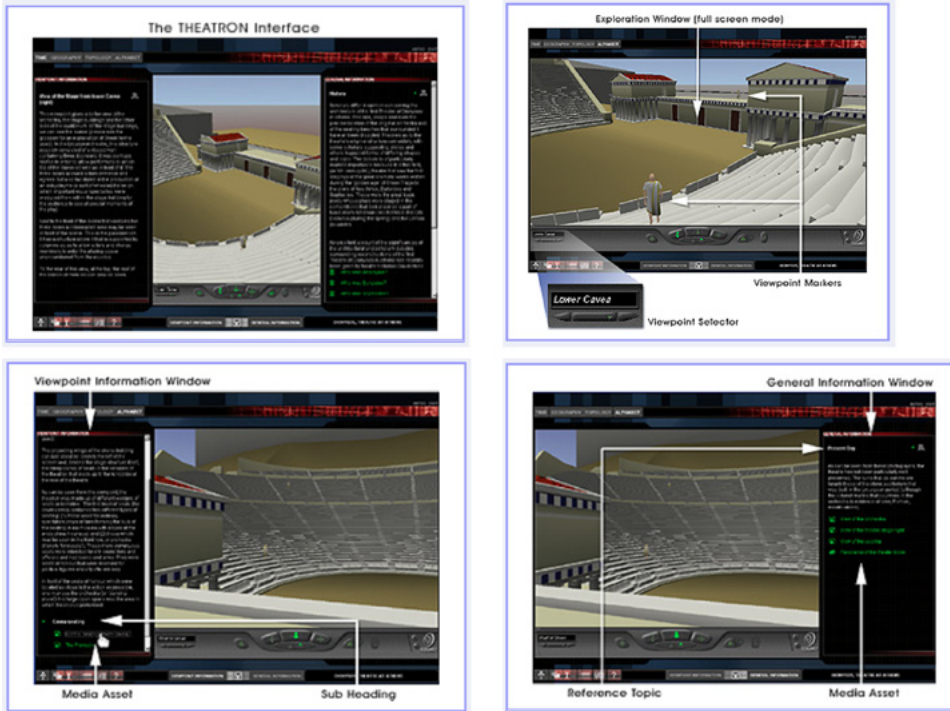
■ 884

Vgl. Webseite des »Theatron« Projekts: <http://www.theatron.org/>.

Einen Teil der digitalen Rekonstruktionen führte Drew Baker mit Martin Blazeby an der University of Warwick durch. ⁸⁸⁰ Einige der 3D-Modelle, darunter beispielsweise das Festspielhaus Hellerau, wurden von dem Architekturbüro atelier4D Architekten mittels der Software AutoCAD erstellt. Diese großen CAD-Dateien wandelte Baker sodann in VRML-Dateien um, da sie ansonsten nicht in Echtzeit gerendert werden konnten. In einem nächsten Schritt steuerte die Partnerfirma Aebly die Programmierung, die Software und das Interface für die online-Anwendung bei. Um Theatron online nutzen zu können, wurde ein Browser benötigt, der mit einem Plugin wie CosmoPlayer oder Cortona ausgestattet war, das VRML-Dateien unterstützt. Der Zugang zum Projekt musste von interessierten Institutionen, die nicht nur aus dem Bereich der Theaterwissenschaft, sondern beispielsweise auch aus der Archäologie kamen, bei der University of Warwick käuflich erworben werden. ⁸⁸¹

Die Benutzer des Theatron-Moduls – Studierende und Lehrende – hatten die Möglichkeit die 3D-Modelle selbstständig zu erkunden, Informationen abzurufen und die visualisierten Gebäude zu erforschen ²¹⁷. Hierfür waren die digital rekonstruierten Bauwerke mit Informationen angereichert in Form eines Online-Glossars sowie Links zu unterschiedlichen Medientypen wie Audiodateien, QuickTime VR-Panoramen, digitalisierten Fotos und relevanten Webseiten. ⁸⁸² Beispielsweise konnten die Nutzer die Akustik und Beleuchtung des Inneren der Theatergebäude untersuchen, Sichtachsen von Zuschauern zur Bühne analysieren sowie die für das Theater essentiellen Bedingungen von Zeit und Raum bei ihrer Forschung einbeziehen. Die Navigation durch die digital rekonstruierten Theaterbauten erfolgte mittels Tastatur und Maus. Zur ersten Orientierung lagen für jedes Gebäude bereits einige voreingestellte Betrachterstandpunkte vor. Darüber hinaus dienten maßstabsgetreu hinzugefügte, virtuelle Figuren als visuelle Anhaltspunkte. Jeder innerhalb des 3D-Modells eingenommene Standort war verlinkt mit Texten, die sowohl erläuterten, was zu sehen ist, als auch Hintergrundinformationen zu Geschichte und Besonderheiten des Theaters vorhielten. Diese Texte erschienen in einem eigenen ein- und ausblendbarem Fenster. In einem weiteren konnten zum Gebäude hinterlegte Multimedia-Inhalte abgerufen werden. Zu jedem Theaterbau wurden ferner weiterführende Literatur und Verweise zu anderen Webseiten angegeben sowie mögliche Forschungsfragen formuliert, um den Benutzer zur weiteren Auseinandersetzung mit den Objekten anzuregen.

Das Projekt stellte damals ein herausragendes Lernmodul im Informations- und Kommunikationstechnikbereich dar: 2002 wurde es dafür mit dem 21st Century Achievement Award des Computerworld Honors Program ausgezeichnet. ⁸⁸³ Heute zeugen von dieser Online-Anwendung nur mehr Bildschirmfotos, die auf der Webseite von Theatron zu finden sind. ⁸⁸⁴



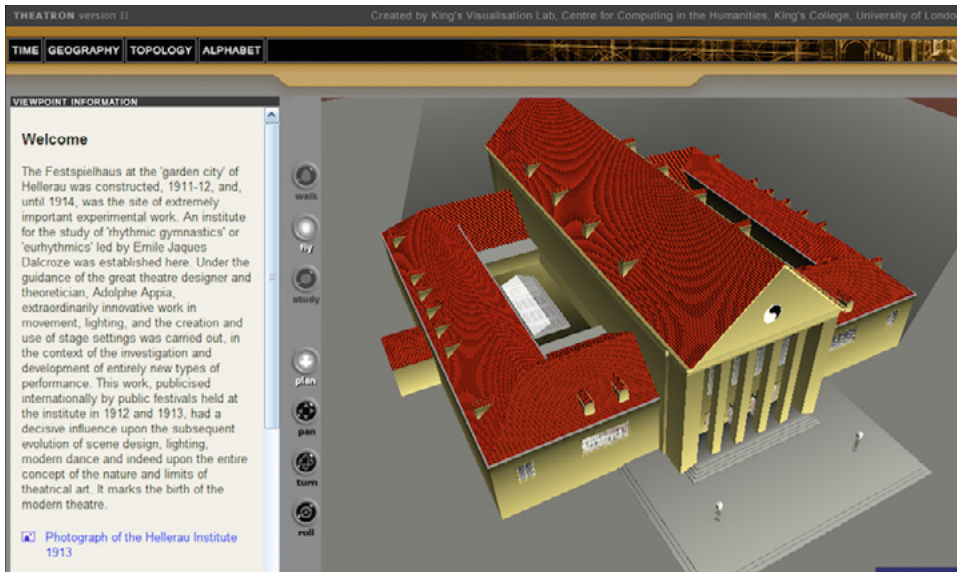
□ 217

Bildschirmfotos der Benutzeroberfläche des 1998 initiierten Projekts »Theatron«, University of Warwick, 1998–2001.

■ 885

Hintergrundinformationen zum »Theatron 2 module« gab Richard Beacham am Rande des Interviews am 17.07.2017. Die Webseite ist noch heute zugänglich über: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/>.

Nach dem Ende der EU-Förderung entwickelte Beacham das Projekt Anfang der 2000er-Jahre weiter in Form des **Theatron 2 module**, einer frei zugänglichen, virtuellen Lernumgebung, in der 16 digital rekonstruierte historische Theaterbauten interaktiv online erkundet werden können. ⁸⁸⁵ Sofern der Nutzer über den **Microsoft Internet Explorer** und das Webbrowser-Plugin **Cortona** verfügt, kann er sich dort auch heute noch durch die 3D-Modelle, die auf einer **VRML**-Datei basieren, navigieren. Er hat die Möglichkeit, zwischen den vier Kategorien **Time**, **Geography**, **Topology** und **Alphabet** zu wählen und sich dadurch verschiedene Übersichten über die einzelnen digitalen Rekonstruktionen von europäischen Theaterbauten anzeigen zu lassen. Jedes Gebäude kann einzeln angeklickt und individuell betrachtet werden: Im Browser erscheint an der linken Seite eine Spalte mit der sogenannten **Viewpoint Information** ²¹⁸. Hier wird der Betrachter in Form von Texten und Abbildungen wie historischen und ggf. zeitgenössischen Fotos, Plänen, Renderings über Besonderheiten informiert, die sich auf seinen jeweiligen Standpunkt im 3D-Modell beziehen. Auf der rechten Seite im Browser befindet sich der **Cortona VRML Client**, der das zuvor ausgewählte Theater als 3D-Modell zeigt. Der Benutzer kann sich mittels unterschiedlicher Steuerelemente mit der Maus um das Gebäude herum und auch in das Innere hinein navigieren. Hierfür stehen drei Ansichtsmodi **walk**, **fly**, **study** und Bewegungsmöglichkeiten **plan**, **pan**, **turn**, **roll** zur Auswahl, wobei sich diese Art der Navigation heute als etwas umständlich und langsam erweist, damals aber dem Stand der Technik entsprach. Im Inneren sind an bestimmten Standpunkten unbewegliche menschliche Figuren positioniert. Sie markieren Orte von besonderem Interesse und weisen durch ihre Blickrichtung den Betrachter auf bestimmte Ansichten hin. Trotz dieser voreingestellten Markierungen ist ein individuelles Erkunden möglich.



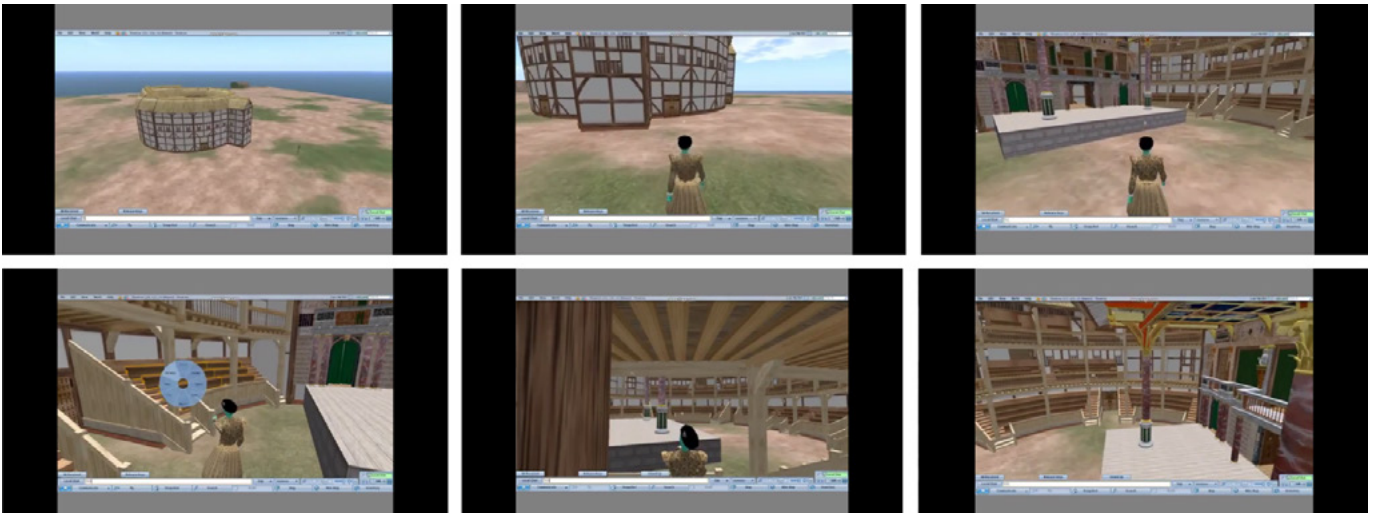
□ 218

Interaktive und online zugängliche digitale Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau mit »Viewpoint Information« (links) und »VRML«-Modell (rechts), »Theatron 2 module«, University of Warwick und »King's Visualisation Lab«, King's College London, Anfang der 2000er-Jahre, Bildschirmfoto 2017.

■ 886

Zur Weiterentwicklung von »Theatron 3« und der Implementierung in »Second Life« vgl.: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/>; THEATRON Final Report 2009; Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 6 u. Frage 7; Childs 2008, S. 43.

Im Rahmen einer Förderung durch Eduserv wurde das Projekt Theatron unter der gemeinsamen Leitung von Richard Beacham und Hugh Denard als Theatron 3 zwischen 2007 und 2009 weiterentwickelt und in die virtuelle Welt von Second Life überführt [219]. 886 Auf diese Weise erhielt Theatron eine signifikante Erweiterung, wie in Kapitel 4.4 (→ 261) bereits erläutert wurde, denn nun bildete es nicht nur eine virtuelle Lern- sondern verstärkt auch eine Forschungsumgebung.



□ 219

Virtueller Flug durch das digital rekonstruierte Globe Theatre aus dem 16. Jahrhundert in der virtuellen Welt von »Second Life«, mit Avatar in historischem Kostüm, Bildschirmfotos vom Video zur Erkundung des 3D-Modells, »King's Visualisation Lab«, King's College London, ca. 2009.

■ 887

Informationen zur Etablierung, Funktionsweise und Nutzung von »Second Life« sind zu finden in: Childs 2010.

Zur Erläuterung der Funktionsweise von Second Life seien hier kurz die wesentlichen Elemente dieser seit 2003 online zugänglichen virtuellen Welt erläutert: Second Life wurde anfangs als Plattform für Gaming verwendet, dann zunehmend als Social Network. 887 Die virtuelle Umgebung umfasst Kontinente

und kleinere Inseln, deren Fläche anteilig gekauft werden kann. Auch ganze Inseln können erworben werden, wodurch der Nutzer mehr Privatsphäre und auch Ansehen erhält. Er hat die Möglichkeit aus geometrischen Einzelteilen (primitives) Objekte, die hierfür gekauft werden müssen, beispielsweise Gebäude zu bauen.

Die virtuelle Entsprechung eines Nutzers stellt in **Second Life** ein Avatar dar, dessen Handlungen er steuert. ⁸⁸⁸ Je mehr Avatare in einer bestimmten Region anwesend sind, desto höher ist der Rechenaufwand und desto länger die Zeitspanne zwischen Aktion (Mausklick) und Reaktion (visuelle Entsprechung). Daher war um 2010 die Höchstzahl von Avataren in einem Gebiet auf 30 beschränkt, was insbesondere bei der Nutzung durch beispielsweise universitäre Seminargruppen einen zu beachtenden Faktor darstellte. Der Pädagoge Mark Childs stellte in seiner 2010 veröffentlichten Dissertation **Learners' Experience of Presence in Virtual Worlds** fest, dass um 2009 im Bereich der Hochschulbildung eine große Anzahl an Institutionen virtuelle Welten, allen voran **Second Life**, didaktisch nutzten. ⁸⁸⁹ Der entscheidende Mehrwert, den virtuelle Lernumgebungen wie diese gegenüber einfachen Webseiten bieten, ist die Einbindung von Avataren. Denn diese tragen laut Childs dazu bei, dass sich die Nutzer sowohl untereinander als auch mit den Objekten stärker verbunden fühlen.

Für die Implementierung des Projekts **Theatron 3** in **Second Life** wurden zwei Inseln gekauft. ⁸⁹⁰ Im ersten Projektjahr wurden zunächst beide für die Entwicklung der Theatergebäude verwendet, im darauffolgenden nur noch eine davon. Die zweite Insel stand dann für die Lehre und Aktivitäten zur Bekanntmachung des Projekts zur Verfügung. Bereits von Beacham und seinem Team erstellte 3D-Modelle historischer Theaterbauten wurden übernommen und überarbeitet sowie weitere relevante Gebäude digital rekonstruiert. ⁸⁹¹ Das im ursprünglichen **Theatron** Projekt entwickelte Modul wurde komplett auf die **Second Life**-Plattform übertragen, um deren pädagogisches Potential als virtuelle Umgebung auszuschöpfen, wie Bedienung in Echtzeit, Einsatz von Avataren und der gleichzeitigen Benutzbarkeit von mehreren Personen. ⁸⁹² Die digital rekonstruierten Theater fungierten nun als virtuelle Räume, die auch von Nutzern – alleine oder in Gruppen – belebt werden konnten. Verschiedene britische Universitäten führten darin Projekte mit Studierenden durch, die Themen wie renaissancezeitliches Theater, Charaktere der Commedia dell'arte oder Szenografie umfassten. ⁸⁹³ Für die universitäre Nutzung wurden insgesamt drei verschiedene Tools entwickelt, die in die **Second Life**-Umgebung von **Theatron** implementiert wurden: ⁸⁹⁴ **Director's Tool**, **Audience Heads Up Display (HUD)** und **Explorer HUD**. Das **Director's Tool** ermöglichte den Nutzern virtuelle Proben, Performances und Choreographien zu koordinieren. Es kommunizierte zudem mit dem **Audience HUD**, wodurch der Standpunkt des Publikums verändert sowie dessen Reaktionen – wie Klatschen, Buhrufen, Werfen eines Apfels – einbezogen werden konnten. Mittels des **Explorer HUD** war der ortsspezifische Zugriff auf die zu den Theaterbauten hinterlegten Informationen möglich. Je nachdem von welchem Standpunkt ein Avatar Informationen abrief, wurden entsprechende Inhalte angezeigt.

Das Einfügen von virtuellen Figuren in ein 3D-Modell ist an sich nicht ungewöhnlich, so finden sich beispielsweise in der digitalen Rekonstruktion von

■ 888

Im Gegensatz dazu werden sog. »Bots« von einem Computerprogramm gesteuert, die auch in einer virtuellen Welt implementiert sein können und dann als »embodied autonomous agents« bezeichnet werden. Vgl. ebd., S. 7.

■ 889

Er gibt allerdings nicht an, ob er damit nur Institutionen in Großbritannien meint, was wohl anzunehmen ist. Zur didaktischen Nutzung von virtuellen Welten vgl. ebd. S. 10–11.

■ 890

Zur Verwendung der beiden Inseln in »Second Life« vgl.: **THEATRON Final Report 2009**, S. 10; **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 6** u. **Frage 7**.

■ 891

Vgl. Webseite des Projekts »Theatron 3« : <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/>; **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 5**. Eine Liste von 2009 bereits digital rekonstruierten Theatergebäuden ist auf der Webseite von »Theatron 3« zu finden: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=83.html>.

■ 892

Zu den Potentialen und Anwendungsmöglichkeiten der digitalen Rekonstruktion in »Second Life« vgl.: **Beacham 2009**.

■ 893

Eine Liste von universitären Projekten, die im Rahmen von »Theatron 3« in »Second Life« durchgeführt wurden, ist zu finden auf der Webseite von »Theatron 3« : <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=85.html>.

■ 894

Zu den Funktionen der einzelnen Tools vgl.: **THEATRON Final Report 2009**, S. 11–12; **Beacham 2009**.

Cluny III aus dem Jahr 1989 Mönche in der Kirche. Allerdings sind diese als statische Staffagefiguren zur Anzeige von Größenverhältnissen angelegt, nicht als agierende Charaktere, wie es in **Theatron 3** erfolgte. Diese Besonderheit hängt mit den spezifischen Forschungsinteressen des Fachs zusammen. Denn die Theaterwissenschaft behandelt insbesondere Fragen zur Bewegung im Raum und dem Wechselspiel von Akteuren, Raum und Zeit. Hier könnten sich ebenso kunsthistorische Fragestellungen einbringen lassen, denn auch in der Kunstgeschichte sind Fragen zur Funktion von Räumen essentiell. So wäre es beispielsweise möglich Zeremonien, höfisches Leben und historische Abläufe mit Avataren zu rekonstruieren sowie Aspekte von Herrschaftsrepräsentationen zu untersuchen.

Richard Beacham brachte die Essenz der virtuellen Umgebung von **Second Life** für das theaterwissenschaftliche Projekt im Jahr 2009 folgendermaßen auf den Punkt:

»Our original rationale for the Theatron project was that the limitation of the existing Theatron resources was that they were unpopulated. Whenever they were shown to anyone, the response was that something was lacking. This element was the human body; even the sense of the viewer's own body was absent. The intention was to invoke the essential aspect of the theatrical experience; the participating presence of other people.« ⁸⁹⁵

Allerdings ist diese Anwendung heute nicht mehr online verfügbar, denn aus Kostengründen musste der Unterhalt der Inseln in der virtuellen Welt eingestellt werden. ⁸⁹⁶ Auf der Webseite von **Theatron 3** sind nur mehr fünf Videos abrufbar, die virtuelle Flüge um und durch digitale Rekonstruktionen von ausgewählten Theaterbauten in **Second Life** zeigen. ⁸⁹⁷ Damit ist ein wichtiges Potential zur Wissensvermittlung im Bereich der Theaterwissenschaft und darüber hinaus verloren gegangen: Im Kontext internetfähiger mobiler Endgeräte erwuchs in den letzten Jahren ein neuer Markt, den auch Universitäten mit Anwendungen von virtuellen Lern- und Forschungsumgebungen, wie es **Theatron bot**, für sich erschließen könnten. ⁸⁹⁸

Im Folgenden sei auf ein weiteres Beispiel eingegangen, das eine Online-Anwendung in der universitären Lehre verwendete. Dabei handelte es sich nicht um eine virtuelle Welt, sondern um eine interaktiv nutzbare Webseite, die sich mit dem sogenannten Altenberger Dom beschäftigte: Initiiert und durchgeführt wurde das Forschungsprojekt mit dem Titel **Multimediatechnik in der baugeschichtlichen Lehre** beginnend 1997 an der Universität Dortmund unter der Leitung von Norbert Nußbaum im Fachbereich Baugeschichte in Kooperation mit Ernst-Erich Doberkat im Fachbereich Softwaretechnologie. ⁸⁹⁹ Zudem waren die Kunsthistoriker Stephan Hoppe und Thorsten Scheer sowie der Informatiker Klaus Alfert mit studentischen Hilfskräften aus den Fächern Informatik und Architektur beteiligt. Gefördert wurde das Projekt von dem Multimediaverbund des Landes Nordrhein-Westfalen. Es handelte sich hierbei um ein didaktisch angelegtes 3D-Modell der ab 1255 erbauten und noch heute

■ 895

THEATRON Final Report 2009, S. 7.

■ 896

Vgl. **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 7**.

■ 897

Vgl. Liste mit Videos auf der Webseite von »Theatron 3«: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=69.html>.

■ 898

In **Kapitel 4.4** (→ 261) wurden weitere online-3D-Projekte kurz vorgestellt, die vor 2002 entstanden. Vgl. dazu auch: Ravelhofer 2002.

■ 899

Ausführliche Informationen zu Initiierung, Durchführung und Zielen des Projekts sind zu finden in: Hoppe/Scheer 1999; Hoppe 2001. Zur Entwicklung der Software, die dem Projekt zugrunde liegt vgl.: Alfert 1999.

■ 900

Allerdings ist die zugehörige Webseite heute nicht mehr aktiv. Online zu finden ist nur mehr eine archivierte Version der Webseite zum Projekt, in der jedoch sämtliche Abbildungen und interaktiven Elemente nicht mehr abrufbar sind, vgl. [archivierte Webseite zum Projekt Altenberger Dom auf »web.archive.org«: http://web.archive.org/web/20071017025155/http://www.altenberg-projekt.uni-dortmund.de:80/index.html](http://web.archive.org/web/20071017025155/http://www.altenberg-projekt.uni-dortmund.de:80/index.html).

■ 901

Hoppe/Scheer 1999, S. 544.

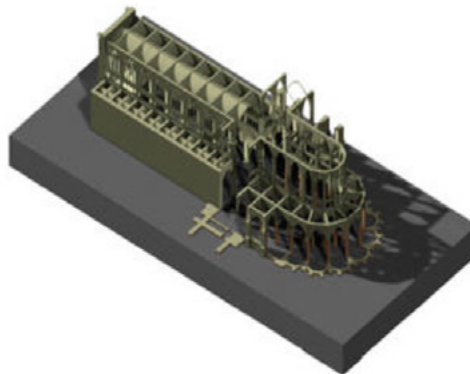
■ 902

Zur Funktionsweise der Webseite des Projekts zum Altenberger Dom vgl.: Kohle/Kwastek 2003, S. 152.

■ 903

Zur Verwendung von »QuickTime VR« in dem Projekt zum Altenberger Dom vgl.: Hoppe 2001, S. 90–91.

existierenden Zisterzienserkirche nahe Köln, das im Internet veröffentlicht wurde, inzwischen aber nicht mehr online verfügbar ist. ⁹⁰⁰ Da das Bauwerk noch vorhanden ist, stand nicht im Vordergrund einen räumlichen **Eindruck** wiederzugeben, sondern den räumlichen und strukturellen **Aufbau** des Doms darzustellen ²²⁰. Eine Ansicht des 3D-Modells gibt es einem haptischen Modell gleich auf einer Art Grundplatte wieder. Da einige Außenmauern weggelassen wurden, erhält der Betrachter einen Einblick in die architektonische Gliederung des Doms.



□ 220

Außenansicht des 3D-modellierten Altenberger Doms, Universität Dortmund, etwa 1997.

Wie Stephan Hoppe und Thorsten Scheer darlegen, ging das Projekt, das insbesondere auf Studierende aus den Fächern Kunstgeschichte, Architektur und Geschichte ausgelegt war, folgenden Zielen nach:

»[...] eine multimediale, interaktive Lernsoftware zu erstellen, die es dem Nutzer ermöglicht, sich am Beispiel der ehem. Zisterzienser-Klosterkirche Altenberg bei Köln ein gotisches Architektursystem unter Ausnutzung multimedialer Techniken zu veranschaulichen; die neuen technischen wie konzeptionellen Möglichkeiten einer Veröffentlichung auf CD-ROM oder im Internet sollen für die Kunstgeschichte erprobt werden.« ⁹⁰¹

Konkret boten sich einem Nutzer folgende Funktionen und Bedienmöglichkeiten auf der Projektwebseite: Insgesamt acht Hauptkapitel mit Themen zu gotischer Architektur waren darin angelegt, die in beliebiger Reihenfolge angeklickt werden konnten, um Informationen zu bestimmten Details zu erhalten ²²¹. ⁹⁰² In den Informationstexten waren architekturhistorische Begriffe rot markiert, die als Hyperlinks fungierten. Sobald der Benutzer mit dem Mauszeiger darauf zeigte, wurde im nebenstehenden Bild der betreffende Bereich ebenfalls rot markiert. Über weitere farblich gekennzeichnete Links konnten darüber hinaus zusätzliche Bilder (blau) sowie weiterführende Texte und Abbildungen (grau unterstrichen) abgerufen werden. An ausgewählten Stellen waren auch kurze Filme oder **QuickTime**-Modelle hinterlegt, die komplexe architektonische Zusammenhänge anschaulich darstellten. Zudem war es möglich sich in einem über **QuickTime VR** bereitgestellten 3D-Modell anhand festgelegter Standpunkte innerhalb der Kirche zu bewegen. ⁹⁰³ Dort konnten panoramaartige Abbildungen mit zugehörigem Informationstext aufgerufen werden.



□ 221

Computergenerierte Visualisierung der Mittelschiffwand und zugehöriger Informationstext mit rot markierten Hyperlinks, Bildschirmfoto der Webseite des 3D-Projekts zum Altenberger Dom, Universität Dortmund, Stand 29.11.2002.

Den Nutzern wurde hier die Möglichkeit gegeben sich eigenständig nach individuellem Interesse zu dem Thema gotische Architektur zu informieren. Insbesondere die visuelle Verbindung von Architekturbegriff und zugehöriger Abbildung des bezeichneten Gegenstands in der computergenerierten Visualisierung konnte hier einen Beitrag zur Wissensvermittlung im Bereich der kunst- und architekturhistorischen Lehre leisten. Zwar wäre heute diese Online-Anwendung aus technischer Sicht nicht mehr auf dem neuesten Stand, dennoch ist es bedauerlich, dass die Webseite nicht mehr aktiv ist. Denn sie ist inzwischen selbst zu einem historischen Dokument geworden.

Kunstgeschichte

Um 2000 finden sich im Kontext der Kunstgeschichte durchaus Beispiele für die Verwendung von digital rekonstruierten, historischen Bauwerken in der Lehre, wie das zuvor erläuterte Projekt zum Altenberger Dom zeigte. In Bezug auf Multimedia- und online-Anwendungen lieferten die Kunsthistoriker Hubertus Kohle und Katja Kwastek 2003 einen kurzen Überblick in ihrer gemeinsamen Buchpublikation **Computer, Kunst und Kunstgeschichte**. ⁹⁰⁴ Sie verdeutlichten den gewinnbringenden Einsatz moderner Computertechnologien in der Kunstgeschichte und zeigten deren Potential in unterschiedlichen Einsatzgebieten wie Bildanalyse, virtuelle Museen, digitale Sammlungen auf CD und im Internet auf.

Auch der Kunsthistoriker Michael Greenhalgh sah in webbasierten sowie computertechnischen Lehr- und Lernangeboten ein großes Potential für das Fach. Seine Thesen stellte er im Rahmen des **CIHA London 2000 (Congress of the History of Art)**, **Art History for the Millenium: Time** vor, auf den später noch genauer eingegangen wird. ⁹⁰⁵ Als hilfreiche Online-Lernanwendungen führte er 360°-Panoramen an, die mit Hotspots untereinander verlinkt sind und somit eine virtuelle Tour durch die dargestellten Räume ermöglichen. ⁹⁰⁶ Zudem wies er auf stereometrische Bilder hin, die anhand spezieller Brillen Objekte dreidimensional erscheinen und auf diese Weise untersuchen lassen, und **VRML-Modelle**, die Einblick in komplexere räumliche Zusammenhänge bieten. Allerdings äußerte Greenhalgh ⁹⁰⁷ nur vier Jahre später Bedenken gegenüber der Anwendung von 3D-Modellen in der Kunstgeschichte:

»VRML models are difficult to prepare and expensive to construct; so that even if one convincing model were to be

■ 904

Vgl. Kohle/Kwastek 2003, S. 145–166.

■ 905

Vgl. Greenhalgh 2000.

■ 906

Ein Beispiel für eine 3D-Modellierung historischer Architektur, die mit Panoramen visualisiert ist, wird in Kapitel 5.4 (→ 403) zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen in Wien vorgestellt.

■ 907

Greenhalgh 2004, S. 36.

constructed, this would not help much in art history courses dealing with tens of monuments. Nor are there any signs that more »intelligent« software will rescue what looks increasingly like a dead end (but not before many art historians, architects, and archaeologists had spent time on ambitious plans for a computer-generated version of the world).« ⁹⁰⁸

■ 908

Ebd., insbes. S. 36–37.

■ 909

Publikationen zu 3D-Projekten in der Archäologie und Kunstgeschichte werden vorgestellt in Kapitel 1.3 (→ 029).

■ 910

Vgl. Frings 2001.

■ 911

Auf folgende Projekte, die auf der Tagung vorgestellt wurden, wird in dieser Arbeit näher eingegangen: Dom von Siena, Kapitel 4.1 (→ 165); Synagogen in Deutschland, Kapitel 5.3 (→ 367), Altenberger Dom sowie Vatikanischer Palast zur Zeit der Hochrenaissance (vorliegendes Kapitel).

■ 912

Zu den von Frings genannten wesentlichen Aspekten vgl.: Frings 2001 (Der Modelle Tugend. CAD-Modelle in der Kunstgeschichte), S. 14–18.

■ 913

Ebd., S. 17–18.

■ 914

Ebd., S. 15–16.

Er begründete dies damit, dass Technologien wie VRML eher auf Gaming ausgerichtet seien und damit weniger auf die Standards, die zur Darstellung detaillierter und exakter 3D-Modelle nötig seien. Dass aber bereits Ende der 1990er-Jahre sehr wohl VRML-Modelle für die Visualisierung von digital rekonstruierter historischer Architektur dienen konnten, zeigte exemplarisch das zuvor vorgestellte Projekt *Theatron*. Zukünftige Anwendungsmöglichkeiten sah Greenhalgh hingegen bei 3D-Rekonstruktionen in der Archäologie. Diese Einschätzung hing wohl damit zusammen, dass bereits einige Buchpublikationen zum Einsatz von digitalen Modellen in der archäologischen Forschung vorlagen. ⁹⁰⁹

Erfolgreiche kunsthistorische 3D-Projekte, wie sie in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellt wurden, waren offenbar hingegen weniger bekannt. Jedoch fand 2000 in Darmstadt die Tagung *Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte* statt, auf der vornehmlich Kunsthistoriker 3D-Projekte zur digitalen Rekonstruktion historischer Architektur vorstellten. ⁹¹⁰ Die Entstehungskontexte der Arbeiten deckten ein breites Spektrum ab: VR-Modell, fotorealistische 3D-Modelle für Ausstellungen und online-Anwendung. ⁹¹¹ In dem von ihm herausgegebenen Tagungsband sprach Frings in seinem einleitenden Aufsatz einige wesentliche Aspekte an, die ein wissenschaftlich erstelltes digitales 3D-Modell historischer Architektur auszeichnen: ⁹¹² Es wird auf Basis von Bild- und Textquellen (wie Fotografien, historische Entwürfe, Beschreibungen, Vermessungen) wissenschaftlich korrekt erstellt, es dokumentiert einen Zustand und liefert im Idealfall auch einen Erkenntnisgewinn. Er regte an, dass digitale Modelle nicht nur konkrete Informationen zeigen, sondern ähnlich wie haptische Modelle oder Zeichnungen auch Unschärfen visualisieren sollten. Auch könnten sie seiner Ansicht nach zugrundeliegende Informationen bildlich darstellen und damit »sozusagen wissenschaftlich[...] aufgeladene Bilder [erzeugen], was sich besonders bei Rekonstruktionen empfiehlt, um die Informationsgrundlagen mit dem Ergebnis zu verbinden.« ⁹¹³ Frings weist zudem auf den folgenden essentiellen Aspekt von 3D-Modellen hin:

»Wichtiger erscheint aber die vielbeschworene Suggestivkraft der Bilder. Die illusionistische Erscheinung läßt auch hypothetische Rekonstruktionen als gesichert und endgültig erscheinen, fixiert Unsicheres. Dabei ist jede Rekonstruktion auch eine Konstruktion. Und der lange Prozeß, der erst zu diesem Vorschlag geführt hat, ist unsichtbar, ein Bild steht am Ende. Das CAD-Modell kann hier Strategien entwickeln, um dieser Gefahr zu begegnen.« ⁹¹⁴

■ 915

Vgl. **Kapitel 4.1** (→ 165).

■ 916

Vgl. Wittur 2013, S. 12.

■ 917

Zu Hubertus Günthers Konzept, dessen Umsetzung und Anwendungsmöglichkeiten vgl.: Günther 2001; Günther 1999; Zumsteg 2001.

■ 918

Umfassende Informationen zu diesem Pilotprojekt vgl. ebd.; Webseite des »Medienarchiv der Künste«: <https://medienarchiv.zhdk.ch/entries/b8fb4422-2ae8-45a8-981a-01ffff-16c03b>. Kurz nach Start dieses Pilotprojekts begann ein zweites zum Thema Stadtplanung unter Ludovico Gonzaga in Mantua. Vgl. Günther 2001, S. 112; Stärk 2001.

■ 919

Günther 1999, S. 547.

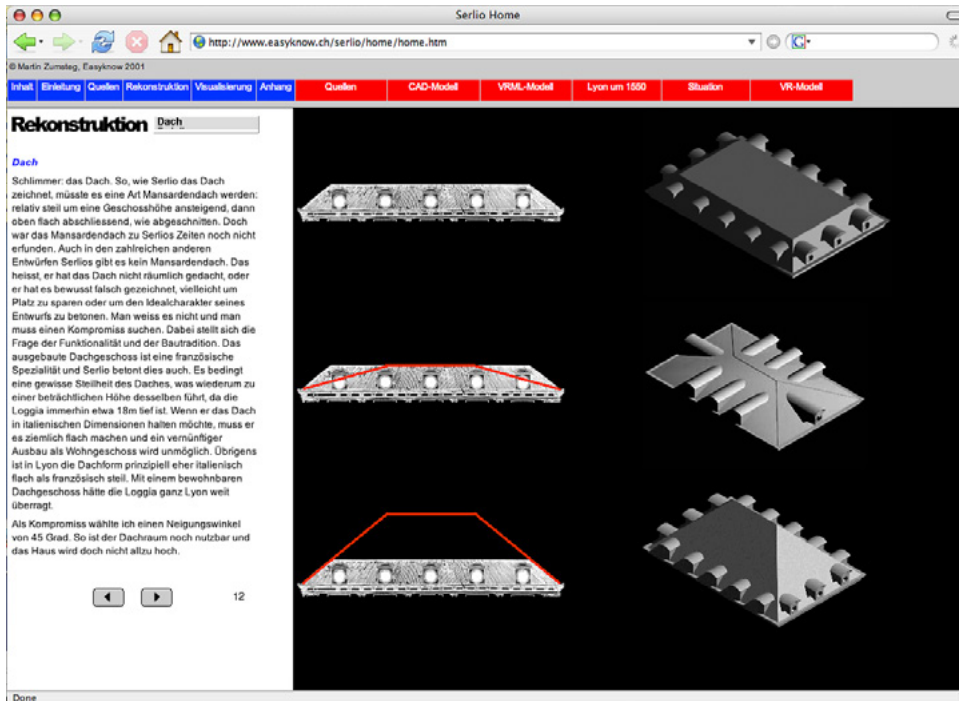
Er bezieht sich damit auf die Darstellung von Hypothesen im digitalen Modell, ein Thema, das in den 1990er-Jahren im Kontext archäologischer Forschung bereits von Paul Reilly, Paul Miller und Julian Richards angesprochen wurde. **915** Diese Diskussion vollzog sich allerdings außerhalb der Kunstgeschichte, wie die Archäologin Joyce Wittur in ihrer 2013 erschienenen Dissertation zeigte – worauf in einem weiteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels eingegangen wird. **916** Erst in den 2000er- und 2010er-Jahren wird das Thema der Kennzeichnung von Hypothesen vermehrt Gegenstand von Diskursen, wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausführlich dargelegt wird. Daher ist die Äußerung von Frings im Jahr 2001 als wichtiger Beitrag für die kunsthistorische Forschung zu erachten.

Auf der Darmstädter Tagung brachte zudem der Kunsthistoriker Hubertus Günther einen grundlegenden methodischen Ansatz in den kunsthistorischen Diskurs ein, sein Konzept zu einer kritischen Computer-Visualisierung von Architektur, **Computer Aided Critical Visualization (CACV)**. **917** Ende der 1990er-Jahre hatte er es am Kunsthistorischen Institut der Universität Zürich initiiert und in das Lehrprogramm aufgenommen, um Studierende der Kunstgeschichte in Zusammenarbeit mit dem Informatiker Peter Stucki vom Multi-Media Laboratorium der Universität im Bereich der computergestützten Visualisierung auszubilden. Wie Hubertus Günther erläutert, umfasste das Pilotprojekt **918** eine digitale Rekonstruktion von Sebastiano Serlios um 1550 geschaffenen, aber nie umgesetzten Entwurf für eine **Loggia per mercanti** in Lyon:

»Die Visualisierung soll einerseits, wie es üblich ist, eine anschauliche Vorstellung von der Erscheinung des geplanten Baus vermitteln. Andererseits wird Serlios Plan aus architekturhistorischer Warte analysiert, und diese Analyse wird in die Visualisierung einbezogen bzw. der Visualisierung zugrunde gelegt. Das nennen wir kritische Visualisierung. Gegenstände der kritischen Analyse sind besonders: 1. Rekonstruktion der Erscheinung des geplanten Baus nicht einfach nach den Abbildungen Serlios, sondern unter Berücksichtigung seiner schriftlichen Angaben und der technischen, traditionellen und ästhetischen Bedingungen der damaligen Architektur. 2. Verhältnis der Disposition zu den Funktionen des Projekts. 3. Rekonstruktion des urbanen Umfelds und der wechselseitigen Bedingungen zwischen ihm und dem Bauprojekt.« **919**

Günther strebt damit eine grundlegende Auseinandersetzung mit vorliegenden historischen Bild- und vor allem Schriftquellen an, die kritisch zu hinterfragen sind. Wichtig ist ihm auch, die Bedingungen, unter denen Serlio Pläne anfertigte, in die Untersuchung miteinzubeziehen sowie den urbanen Kontext zu berücksichtigen. Der Kunsthistoriker betonte, dass anhand der Rekonstruktion am Computer deutlich wurde, dass sich bestimmte Aspekte von Serlios Plänen

als nicht realistisch erwiesen und wohl aufgrund dessen auch nie in Realität umgesetzt wurden. So zeigten sich bei der computertechnischen Visualisierung von Serlios Zeichnungen des Dachs Unstimmigkeiten in Bezug auf die Dachform (ein Mansardendach gab es zu der Zeit noch nicht) sowie deren konkrete bauliche Umsetzung [222]. In der Gegenüberstellung von historischem Entwurf und möglicher baulicher Ausführung im 3D-Modell können schnell verschiedene Varianten des Dachs auf ihre Plausibilität hin überprüft werden.



□ 222

Varianten zur digitalen Rekonstruktion des Dachs für eine von Sebastiano Serlio um 1550 entworfener »Loggia per mercantik« in Lyon, Hubertus Günther und Martin Zumsteg/Universität Zürich, um 2001.

Günther nutzte hier die 3D-Modellierung als Forschungswerkzeug und zeigte damit ein großes Potential für die Kunstgeschichte. Präsentiert wurde das mit AutoCAD erstellte digitale Modell über die Webseite des Kunsthistorischen Instituts als VRML-Modell, um von einem Nutzer eigenständig erkundet werden zu können. [920] Allerdings ist dieses Projekt inzwischen nicht mehr online verfügbar und kann nur mehr über Bildschirmfotos, die das Medienarchiv der Künste der Zürcher Hochschule der Künste bereithält, betrachtet werden. [921] Einmal mehr ist dies ein Beispiel dafür, dass universitäre Initiativen oft nicht langfristig zugänglich sind und damit nicht nachhaltig genutzt werden können. Diese Thematik findet sich auch im Fachbereich Architektur, wie anhand von Beispielen zu 3D-Projekten im nächsten Abschnitt erläutert wird. Zwei darunter befindliche Langzeitprojekte, für die Archivierung und Nachhaltigkeit eine Rolle spielen, werden in Kapitel 5.3 (→ 367) und Kapitel 5.4 (→ 403) genauer untersucht.

Jedoch sei zuvor noch auf die bereits erwähnte Tagung CIHA London 2000 hingewiesen, in deren Rahmen eine Sektion dem Thema Digital Art History Time gewidmet war, die computertechnische Anwendungen in der kunsthistorischen Forschung und Lehre, Virtuelle Realität sowie Virtuelle Kunst umfasste. [922] Hier wurden grundlegende Fragen angesprochen – mögliche Veränderungen für kunsthistorische Institute durch Automatisierungen, Potentiale virtueller Museen – aber auch konkrete Anwendungen für digitale Rekonstruktionen von historischer Architektur. [923]

■ 920

Zur online-Präsentation des Projekts vgl.: Zumsteg 2001, S. 125 u. S. 127–128.

■ 921

Vgl. Webseite des »Medienarchiv der Künste«: <https://medienarchiv.zhdk.ch/entries/b8fb4422-2ae8-45a8-981a-01ffff16c03b>.

■ 922

Vgl. Überblick der Sektion 23 zu »Digital Art History Time« der »CIHA London 2000« auf deren Webseite: <http://rd.uqam.ca/AHWA/Meetings/2000.CIHA/>.

■ 923

Vgl. Heusser 2000.

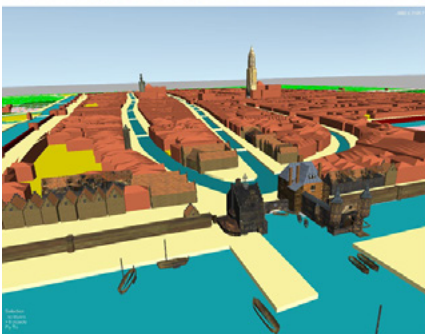
■ 924

Zum 3D-Projekt von Kees Kaldenbach vgl.: Kaldenbach 2000. Ausführliche Informationen und Bildmaterial zum Projekt liefert Kaldenbach auf seiner Webseite in mehreren Sprachen: <https://kalden.home.xs4all.nl/>.

■ 925

Zu Gottfried Kerschers Vortrag vgl.: Kerscher 2000.

So berichtete beispielsweise der Kunsthistoriker Kees Kaldenbach über das von ihm an der Technische Universität Delft initiierte und von 1997 bis 2000 realisierte 3D-Projekt zu Johannes Vermeers Gemälde **Ansicht von Delft** aus dem 17. Jahrhundert. ⁹²⁴ Auf Grundlage eines Ende des 17. Jahrhunderts von Frederik De Witt erstellten Stadtplans wurde ein 3D-Modell von Delft erarbeitet. Sämtliche Häuser wurden nur schematisch als blockhafte Bauten dargestellt ²²³. Gebäude, die in Vermeers Gemälde zu sehen sind, wurden mit dem an der Fakultät Geodäsie und Informatik an der TU Delft entwickelten CAD-Programm **Karma** von der Firma **Cross Worlds** aus den Haag modelliert. Sie erhielten eine auf dem Gemälde basierende Fototextur. In Nahansichten wird dieser gestalterische Gegensatz deutlich, in Visualisierungen mit einem fast senkrechten Blick aus der Vogelperspektive tritt die schematische Darstellung der Stadt und ihrer Umgebung in den Vordergrund.



□ 223

Johannes Vermeers Gemälde »Ansicht von Delft«, Öl auf Leinwand, 115,7 × 96,5 cm, um 1660/1661, heute im Mauritshuis in Den Haag, als Vorlage für Texturen im 3D-Modell von Delft um 1660, Renderings, Kees Kaldenbach/TU Delft, 1998.

Im November 1997 konnte der erste virtuelle Flug über das digital rekonstruierte historische Delft abgeschlossen und in einer Ausstellung 1998/1999 im Technik Museum der Stadt präsentiert werden. Dort hatten die Besucher die Möglichkeit sich mittels einer Computermaus interaktiv über das 3D-Modell zu navigieren sowie mit speziellen Brillen stereoskopische Ansichten davon zu betrachten.

Eine Reflexion über die computertechnische Darstellung von Architektur brachte der Kunsthistoriker Gottfried Kerscher in seinem Beitrag **Die Struktur der Zeit in digitaler Architekturdarstellung** vor. ⁹²⁵ Darin betonte er vor allem deren Möglichkeit Veränderungen, die sich im Laufe der Zeit an einem Bauwerk vollzogen haben, zu visualisieren. Auch können auf diese Weise Gebäudeteile, die aus konservatorischen Gründen für die Öffentlichkeit nicht zugänglich sind, wieder erlebbar und historisch belegte Zeremonialwege im digitalen Modell

nachgebildet werden. Seine Überlegungen erläuterte er am Beispiel des an der TU Darmstadt durchgeführten Projekts zur 3D-Modellierung des Vatikanischen Palasts, das im folgenden Abschnitt zu Entwicklungen im Fachbereich Architektur um die Jahrtausendwende vorgestellt wird.

Architektur

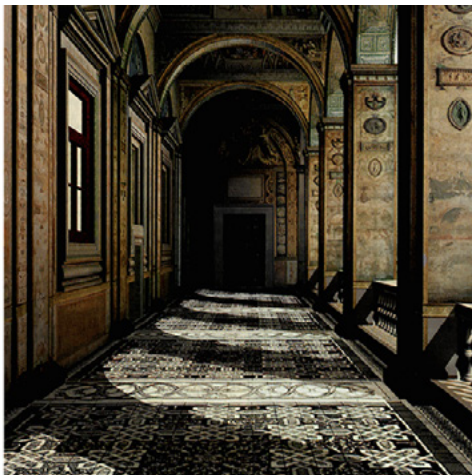
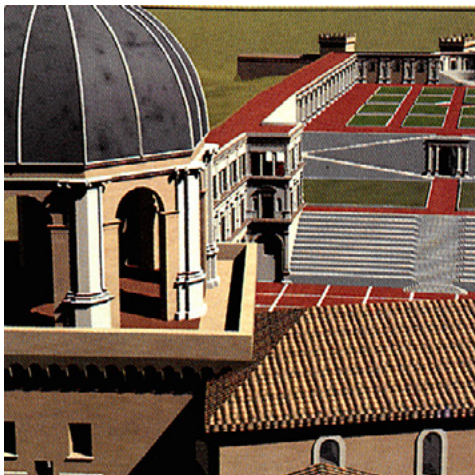
Auf der zuvor angesprochenen kunsthistorisch geprägten Tagung **Der Modelle Tugend** stellten auch die beiden Architekten Manfred Koob und Marc Grellert 3D-Projekte vor, die im Fachgebiet IKA an der TU Darmstadt in den letzten Jahren erarbeitet worden waren. Denn der Gegenstand ihrer digitalen Rekonstruktionen ist aus kunsthistorischer Sicht äußerst relevant. So präsentierte Koob unter anderem das 1998 realisierte 3D-Projekt **Vatikanischer Palast in der Zeit der Hochrenaissance**, das für die Ausstellung **Hochrenaissance im Vatikan. 1503–1534** in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn entstand [224]. [926] Durchgeführt wurde es in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Kunstgeschichte der TU Darmstadt und der Università degli Studi Roma Tre. Das Ziel war, den von Donato Bramante Anfang des 16. Jahrhunderts vorgelegten Idealentwurf für den vatikanischen Palast zu rekonstruieren. [927] Denn dieser war nicht komplett umgesetzt worden und ist heute nur mehr teilweise zu sehen. Um zudem einen Eindruck der Raumabfolgen und damit auch der Wandmalerei in ihrem architektonischen Kontext zu erhalten, wurde ein virtueller Spaziergang durch das Gebäude generiert. Hierfür konnte insbesondere auf historische Beschreibungen zu zeremoniellen Abläufen zurückgegriffen werden. Dies ist ein für die Kunstgeschichte interessanter Aspekt, da er die Raumfunktionen in den Blick nimmt und die Wandmalerei räumlich erfahrbar macht. Um die vorhandenen Gemälde mit hoher Informationsdichte in der Rekonstruktion darzustellen, war es notwendig neue Fotografien der Innenräume anzufertigen sowie neue Vermessungen anzustellen. Denn das Ziel war, den Palast in seiner Gänze von 500 Metern Länge und 150 Metern Breite im Maßstab 1:1 wiederzugeben.

■ 926

Für Informationen zu Entstehung, Zielen und Umsetzung des 3D-Projekts vgl.: Koob 2001, S. 41–45; Koob 2000, S. 1269 u. S. 1271; Webseite zum 3D-Projekt an der TU Darmstadt: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/d_projects/index_vatikan.html; Webseite des Fachgebiets Digitales Gestalten an der TU Darmstadt: http://www.dg.architektur.tu-darmstadt.de/dg/forschung_dg/digitale_rekonstruktionen/projekte.de.jsp. Im Ausstellungskatalog finden sich nur im Impressum Informationen zu Auftraggeber und Ausführenden der 3D-Rekonstruktion, es wurde kein Artikel zum 3D-Projekt im Speziellen verfasst. Vgl. Hochrenaissance im Vatikan 1999.

■ 927

Zu Bramantes Plan und den tatsächlichen Bauausführungen im 16. Jahrhundert vgl.: Pagliara 1999, S. 221–222.



□ 224

Digitale Rekonstruktion des Vatikanischen Palasts: Detail des 3D-Modells der Gesamtanlage (links) und Blick in die Loggia (rechts), »IKA«, TU Darmstadt, 1998.

■ 928

Zur Präsentation der digitalen Rekonstruktion in der Ausstellung vgl.: Hohmeyer 1998.

Im Ausstellungsraum wurde die digitale Rekonstruktion auf einer großen Projektionswand präsentiert. [928] Die Besucher hatten die Möglichkeit, sich von Studierenden der Kunstgeschichte virtuell durch den Palast führen zu lassen und konnten zwischen unterschiedlichen Routen durch die Räume wählen. Das

3D-Modell führte somit einen baulichen Zustand vor Augen, der heute in dieser Form nicht existiert und auf diese Weise einen Einblick in das 16. Jahrhundert gewährte.

Die ebenfalls an der TU Darmstadt realisierte Initiative zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen in Deutschland präsentierte Marc Grellert auf der Tagung 2001. ⁹²⁹ Ihren Beginn hatte sie bereits Mitte der 1990er-Jahre mit der 3D-Modellierung von drei jüdischen Gotteshäusern in Frankfurt am Main. ⁹³⁰ Da es sich hierbei um eine zentrale und prägende Initiative handelt, die bis heute andauert, ist ihr **Kapitel 5.3** (→ **367**) gewidmet, um sie ausführlich darzustellen. Eine zentrale Rolle nimmt das im Rahmen der Initiative von Koob und Grellert zwischen 1998 und 2000 anlässlich einer Ausstellung durchgeführte 3D-Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** ein. Mit der ersten Ausstellung im Ausland im Jahr 2004 erhielt es weltweite Aufmerksamkeit und Anerkennung. Damit stellt es ein wichtiges Initialprojekt dar, das in Deutschland große Strahlkraft im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur entfaltet hat. Für eine detaillierte Analyse wird das an seinem Beginn stehende 3D-Modell der Synagoge in der Glockengasse in Köln exemplarisch ausgewählt und zudem einer überarbeiteten Version des digitalen Modells gegenübergestellt, das die **Architectura Virtualis** im Rahmen eines Dokumentarfilms 2013 realisierte.

Ein weiteres Langzeitprojekt zu Synagogen begann ebenfalls 1998, als sich der Architekt Bob Martens an der Technischen Universität Wien der digitalen Rekonstruktion jüdischer Gotteshäuser in Wien widmete. ⁹³¹ Unter seiner Leitung wurden bis 2009 21 jüdische Gotteshäuser der Hauptstadt 3D-modelliert und mittels Veröffentlichung in einem als Stadtführer konzipierten Buch auch stadträumlich kontextualisiert. Zwar weist diese Arbeit von thematischer Seite Ähnlichkeit zu der von Koob und Grellert auf, jedoch lassen sich hinsichtlich der Ziele, Fragestellungen, technischen Umsetzung und Veröffentlichung grundsätzliche Unterschiede feststellen. In **Kapitel 5.4** (→ **403**) wird das an der TU Wien realisierte 3D-Projekt mit dem Fokus auf die Synagoge Neudeggergasse als initiiertes Teilprojekt detailliert analysiert. Auf dieser Grundlage kann eine vergleichende Gegenüberstellung der Initiativen in Darmstadt und Wien vorgenommen werden, um insbesondere die Ästhetik und Wirkung der jeweils erstellten Bilder der digitalen Rekonstruktionen zu untersuchen. ⁹³²

Langzeitprojekte

Wie sich an den beiden im Fachbereich Architektur entstandenen Langzeitprojekten sowie dem zuvor vorgestellten Projekt **Theatron** bereits andeutet, werden um das Jahr 2000 vermehrt Forschungsprojekte realisiert, die über einen längeren Zeitraum angelegt waren und teilweise bis heute andauern. Diese Arbeiten zeichnen sich durch verschiedene Besonderheiten aus: So umfassen sie 3D-Modelle zahlreicher Bauten, die in thematischem Zusammenhang zueinander stehen und teils auch in einem übergeordneten Modell beziehungsweise virtuellen Umgebung zusammengestellt werden. Die Ästhetik der Rekonstruktionen verändert sich im Laufe der Projekte aufgrund der technischen Weiterentwicklung meist deutlich. Insbesondere bei 3D-Projekten, die über einen langen Zeitraum realisiert werden, sind Fragen nach der medialen Zugänglichkeit, Langzeitarchivierung und laufenden Veränderung der zugrunde-

■ 929

Vgl. Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten).

■ 930

Ausführliche Informationen zur Entstehung und Durchführung der Initiative an der TU Darmstadt sowie zu deren internationalen Rezeption vgl.: Grellert 2007; **Kapitel 5.3** (→ 367).

■ 931

Vgl. Martens/Peter 2010.

■ 932

Die vergleichende Untersuchung der beiden Projekte findet sich am Ende von **Kapitel 5.4** (→ 403).

liegenden Technik virulent und verlangen nach spezifischen Lösungen. Allerdings werden diese Aspekte in Publikationen der Verantwortlichen wenig thematisiert. Um dieser umfassenden Entwicklung hin zur Entstehung von Langzeitprojekten Rechnung zu tragen, wird in den folgenden drei Kapiteln neben dem Projekt an der TU Darmstadt und der TU Wien noch ein herausragendes Beispiel aus dem Bereich Archäologie vorgestellt: Dabei handelt es sich um das Langzeitprojekt **Rome Reborn**, das im folgenden Abschnitt im Kontext der archäologischen Forschung kurz vorgestellt und verortet wird, um dann in **Kapitel 5.2 (→ 331)** detailliert analysiert zu werden.

Archäologie

Im Fachbereich Archäologie ist das 1995 ins Leben gerufene und bis heute andauernde 3D-Projekt **Rome Reborn** wohl das erste Langzeitprojekt, das sich einer derart umfangreichen Aufgabe widmet: die digitale Rekonstruktion des antiken Rom über eine Zeitspanne von 1.500 Jahren. ⁹³³ Die Initiative entstand an der UCLA aus der Zusammenarbeit von Professoren in den Fachbereichen Klassische Altertumswissenschaft, Architektur, Pädagogik und Informatik unter der Federführung des Archäologen Bernard Frischer. Gemeinsam mit Forschern aus dem Vereinigten Königreich, Italien, Deutschland und den USA erarbeiten sie bis heute 3D-Modelle antiker Bauwerke in Rom. Ziel ist es das Gesamtmodell beständig weiterzuentwickeln unter der Mitwirkung von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt, die hierzu Beiträge beispielsweise bei der peer-reviewed Online-Zeitschrift **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (DAACH)** einreichen, die Frischer bis Oktober 2016 herausgab. ⁹³⁴ Dort besteht die Möglichkeit auch 3D-Modelle in Form von verschiedenen Dateiformaten als Teil eines Aufsatzes zu veröffentlichen. ⁹³⁵

Das erste 1996 erstellte Modell umfasste den Tempel von Antonius und Faustina, worauf bereits in **Kapitel 4.1 (→ 165)** näher eingegangen wurde ⁹⁰. Der Direktor von **Rome Reborn**, Bernard Frischer, stellte in seinem im gleichen Jahr gehaltenen Vortrag anlässlich eines Treffens des Projektbeirats das Selbstverständnis der Initiative folgendermaßen dar:

»The Rome Reborn team sees itself as offering a structure through which institutions, businesses, and scholars across the globe can get involved in rebuilding ancient Rome. We don't think we have all the answers, or even all the questions. We don't even think that we ourselves at UCLA can realize the ambitious vision of Rome Reborn: building a VR model of ancient Rome from the tenth century BC to the sixth century AD, including everything inside of and to 1 mile outside the Aurelian Walls. The task is simply too big for any single institution. Just as ancient Rome wasn't built by one person in one day, so, too, Virtual Rome will not be built in a year or two by a single institution. The task ahead is gigantic, but we feel that with a well-conceived international effort,

■ 933

Für Hintergrundinformationen zum Projekt »Rome Reborn« vgl.: Frischer 1996; Frischer et al. 2000, S. 155; Frischer 2004 (Mission and recent projects), S. 67–69. Folgende Webseite zum Projekt »Rome Reborn«, die seit Anfang 2018 nicht mehr online verfügbar ist, informiert sehr ausführlich über das Projekt: <http://romereborn.frischerconsulting.com/about.php>. Auf der aktuellen Webseite sind auch Hintergrundinformationen zu finden, wenn auch ohne Abbildungen zu den früheren Projektphasen: <https://www.romereborn.org/content/aboutcontact>. Kurze Zusammenfassung in: Messemer 2019, S. 69–71.

■ 934

Vgl. **Appendix 2.5 (→ 669)**, Interview mit Bernard Frischer, **Frage 10**; Webseite der Zeitschrift »DAACH«: <https://www.journals.elsevier.com/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage>.

■ 935

Die Vorteile der Implementierung von 3D-Modellen in Artikeln in »DAACH« werden in **Kapitel 3.2 (→ 091)** im Zusammenhang mit der Veröffentlichung Reilly/Tood/Walter 2016 zur digitalen Rekonstruktion von Old Minster thematisiert und in **Kapitel 6.2 (→ 469)** im Hinblick auf Langzeitarchivierung.

open to all who are interested and qualified to participate, we can do it.« ⁹³⁶

■ 936

Frischer 1996, S. 1.

■ 937

Ziele und Projekte des »CVRLab« werden erläutert in: Frischer 2004 (Mission and recent projects), insbes. S. 65–66; Kapitel 4.1 (→ 165). Inzwischen hat das »Experiential Technologies Center (ETC)« die Aufgaben des »CVRLab« an der UCLA übernommen. Vgl. dazu: Favro 2006 (In the eyes of the beholder), S. 321; Webseite des »ETC«: <http://etc.ucla.edu/about/>.

■ 938

Zur digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore vgl.: Frischer et al. 2000.

■ 939

Vgl. Frischer 2004 (Mission and recent projects), S. 68.

■ 940

Ebd., S. 69.

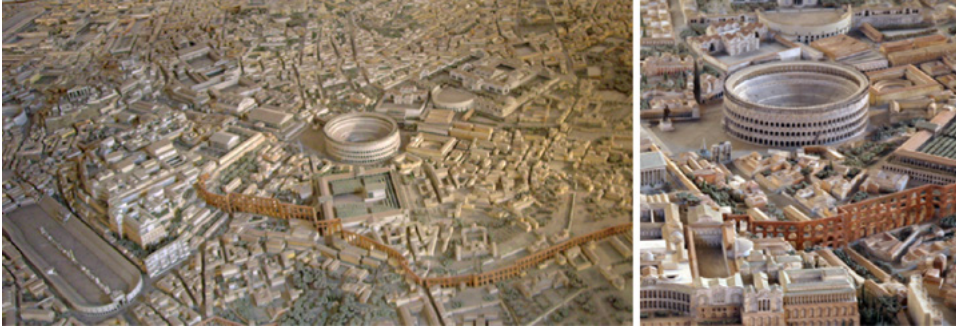
■ 941

Zur Digitalisierung des haptischen Modells vgl.: ebd.; Guidi/Frischer/Lucenti 2007. Detailaufnahmen des Modells von Gismondi sind zu finden auf der Webseite des Museums Museo della Civiltà Romana in Rom: http://www.museociviltaromana.it/en/collezioni/percorsi_per_sale/plastico_di_roma_imperiale.

Er betonte, dass **Rome Reborn** auf Kollaborationen mit internationalen Institutionen ausgerichtet ist und sah genau darin ein großes Potential das ambitionierte Vorhaben auf lange Sicht durchführen zu können. Im Jahr 1998 wurde das Projekt an das CVRLab der UCLA angegliedert, das über ein breites Netzwerk innerhalb der Universität verfügte und Verbindungen zu externen wissenschaftlichen Einrichtungen aufbaute. ⁹³⁷ So entstand zwischen 1998 und 2000 die digitale Rekonstruktion des frühchristlichen Erscheinungsbilds der Basilika Santa Maria Maggiore. ⁹³⁸ Ein kurzer Dokumentarfilm zur Baugeschichte, in dem das 3D-Modell der Kirche gezeigt wird, ist noch heute im Museum vor Ort zu sehen.

In ihrem abschließenden Projektbericht stellten Frischer et al. diese Rekonstruktion als eine Art Prototyp für ein 3D-Projekt vor, das im Rahmen von **Rome Reborn** durchgeführt wurde und dessen Grundsätze in Bezug auf wissenschaftliche Zusammenarbeit sowie auf Strategien der Wissensvermittlung widerspiegelt. Im nachfolgenden **Kapitel 5.2 (→ 331)** steht daher diese digitale Rekonstruktion im Fokus, um als Anwendungsbeispiel für ein Teilprojekt von **Rome Reborn** detailliert analysiert zu werden.

Bis zum Jahr 2004 wurden neben der Basilika auch das Forum Romanum sowie das Kolosseum digital rekonstruiert, vornehmlich von Dean Abernathy, unter Mitarbeit weiterer Experten. ⁹³⁹ Insofern bestand das digitale Modell von Rom zu diesem Zeitpunkt aus einzelnen Bauwerken ohne jegliche stadträumliche Einbindung, wie es Frischer anschaulich beschrieb: »[...] even those sites and buildings that are completed stand isolated in what we not very fondly refer to as »the Gobi Desert,« i.e., they have no urban context but emerge from a flat, brown landscape.« ⁹⁴⁰ Um dieses Problem zu lösen, digitalisierten sie 1997 das von Italo Gismondi in den 1930er-Jahren begonnene und über mehrere Jahrzehnte hinweg bearbeitete haptische Modell **Plastico di Roma Antica**, das Rom um 320 n. Chr. zeigt und sich im Museo della Civiltà Romana in der Heiligen Stadt befindet ²²⁵. ⁹⁴¹ Mittels Laserscanning (**FM CW Laser Radar**) und fotogrammetrischen Aufnahmen wurde das im Maßstab 1:250 erstellte Objekt computertechnisch erfasst. Die Größe des Modells mit 16 auf 17,5 Metern stellte eine technische Herausforderung dar, auch im Hinblick auf die Details, denn einzelne Häuser besaßen eine Höhe von nur etwa zwei Zentimetern. Insgesamt entstand ein riesiges Netz mit 260 Millionen Polygonen, das zunächst einmal zur Analyse des haptischen Modells diente, um darauf aufbauend ein neues digitales Modell zu erstellen. Auf diese Weise konnten relevante Elemente herausgefiltert und nicht verlässliche identifiziert werden. Zudem wurden sich wiederholende Elemente gesucht und deren räumliche Verortung festgehalten. Auch konnten Perspektiven auf das Objekt eingenommen werden, die im Museum aufgrund der Raumgröße nicht gegeben sind.



□ 225

»Plastico di Roma«, haptisches Stadtmodell des antiken Rom um 320 n. Chr., Italo Gismondi, 1933–1955, Gips, 16 × 17,5 m, Maßstab 1:250, Museo della Civiltà Romana, Rom.

Die Analyse brachte zutage, dass Gismondi die urbane Struktur und Bauten mittels etwa 20 Archetypen anlegte [225]. Das haptische Modell umfasste somit einzelne, gut erforschte Monumentalbauten wie das Kolosseum und den Zirkus Maximus, deren Umfeld mit Gebäuden im zeitgenössischen Architekturstil – Füllbauten – bestückt war. Gismondi hatte hier seine Expertise zu den sogenannten *insulae*, mehrstöckigen Wohnhäusern des antiken Roms, eingebracht, die er im Laufe der in Ostia durchgeführten archäologischen Untersuchungen in den 1910er-Jahren erworben hatte.

Allerdings diskutieren Frischer et al. nicht, inwiefern die Anordnung der Gebäude von Gismondi in willkürlicher Weise erfolgte. Wie bei dem von Kees Kaldenbach durchgeführten Projekt wird auch hier das zur 3D-Modellierung herangezogene historische Objekt nicht tiefgreifend kritisch auf seinen Wahrheitsgehalt und Präzision hin untersucht. [942] Zwar identifizieren Frischer et al. einzelne Vereinfachungen im haptischen Modell, jedoch gehen sie auf die Anordnung der Bauwerke und der damit zusammenhängenden Sichtachsen nicht ein. Dem Betrachter des digitalen Modells wird damit eine vermeintliche Korrektheit der Darstellung suggeriert, die so nicht vorliegt.

In einem nächsten Schritt wurde mit dem Erstellen des neuen digitalen Modells von Rom im Jahr 320 n. Chr. begonnen, das aus folgenden Elementen zusammengesetzt wurde: [943] In ein digitales Terrainmodell (DTM) wurden die Füllbauten nach Gismondis Archetypen sowie die an der UCLA und University of Virginia bereits 3D-modellierten Monumentalbauten eingefügt. Die archetypischen Gebäude wurden auf zwei verschiedene Arten generiert. Zum einen wurde das Polygonnetz analysiert, indem geometrische Parameter – beispielsweise Neigung und Form von Dächern, sich wiederholende vertikale und horizontale Elemente – identifiziert und in die Bauteilbibliothek der Software **Maya** eingefügt wurden. Diese ersetzen dann die jeweils gescannten Objekte. Zum anderen wurde das Prinzip des prozeduralen Modellierens angewandt, mit dem Bauwerke auf Basis einer **Shape Grammar** nach bestimmten Formen und übergreifenden Regeln zusammengesetzt werden. So kann ein digitaler Archetyp aufgrund des Regelwerks abgewandelt werden und eine Vielzahl an 3D-Modellen generieren. Beispielsweise die Stadtmauer, Tempel und Aquädukte wurden auf diese Weise erstellt [226]. Anhand eines eher grobmaschigen Polygonnetzes ist die Form eines Tempels nur zu erahnen, wie eine direkte Gegenüberstellung mit der Entsprechung eines als digitalen Archetyps visualisierten Tempels zeigt.

■ 942

Vgl. Abschnitt zu Kunstgeschichte im vorliegenden Kapitel.

■ 943

Die Erstellung des 3D-Modells wird erläutert in: Guidi/Frischer/Lucenti 2007, Abschnitt »4. Mesh analysis and remodeling«.



□ 226

Visualisierung eines Tempels in Form des Polygonnetzes (links) und seine Entsprechung als digitaler Archetyp (rechts), Gabriele Guidi/Politecnico di Milano, Bernard Frischer und Ignazio Lucenti/University of Virginia, ca. 2007.

Insgesamt beinhaltet das Modell etwa 7.000 Gebäude, wovon 6.750 auf den Scans von Gismondis Arbeit beruhen und deren Realisation die Scuola del Design der Politecnico di Milano verantwortete. **944** Detaillierter modelliert sind 250 Bauwerke. Darunter finden sich 31, die im Maßstab 1:1 an der UCLA erarbeitet wurden.

Erst im Jahr 2007 konnte diese erste Version des digitalen 3D-Modells der Heiligen Stadt, **Rome Reborn 1.0**, abgeschlossen werden **227**. **945** Die darin rekonstruierten Bauwerke weisen teils Fototexturen auf, wie beispielsweise Tempel und ein Triumphbogen im Forum Romanum. Verschiedene Oberflächen wie Böden, Wände und Grasflächen wurden mit Texturen versehen, die die jeweiligen Materialien darstellen. Der Himmel über der Stadt wurde mit realistisch anmutenden Wolken versehen.

■ 944

Zur Anzahl der Bauwerke und Verantwortlichkeiten bei der Erstellung vgl. Guidi/Frischer/Lucenti 2007. Ausführlichere Informationen fanden sich auf der folgenden Webseite zum Projekt »Rome Reborn«, die seit Anfang 2018 nicht mehr online verfügbar ist: <http://romereborn.frischerconsulting.com/about-archive.php>.



□ 227

Digitale Rekonstruktion von Rom um 320 n. Chr.: Blick aus der Vogelperspektive (links), Forum Romanum (Mitte) und Kolosseum (rechts), »Rome Reborn 1.0«, UCLA, Stand 2007.

■ 945

Informationen zur Modell-Version »Rome Reborn 1.0« sowie zu deren Bearbeitung für die Präsentation an der UCLA waren auf der folgenden Webseite zum Projekt »Rome Reborn« hinterlegt, die seit Anfang 2018 nicht mehr online verfügbar ist: <http://romereborn.frischerconsulting.com/about-archive.php>.

■ 946

Zur Einrichtung des Visualization Portal vgl.: Frischer et al. 2000, S. 161-162.

■ 947

Guidi/Frischer/Lucenti 2007, Abschnitt »5. Conclusions and future perspectives«.

Nach Abschluss des 3D-Modells in **Rome Reborn 1.0** wurde es in die Software **MultiGen Creator** importiert, um mittels **Open Scene Graph** als Echtzeitanwendung im **Visualization Portal** an der UCLA präsentiert werden zu können. **946** Für das Modell sahen Frischer und seine Kollegen folgende Einsatzmöglichkeiten:

»Its practical use can be twofold. On the one hand it can be used by scholars as a digital platform for discussing archaeological theories and possibly proposing amendments and new ideas in a cooperative fashion. On the other hand it can be used to teach students or general public how the city looked, in order to recognize the relationships between the ruins currently available and what were the original architectural structures.« **947**

Die hier vorgestellte, mit digitalen Technologien umgesetzte Methode zur Analyse eines haptischen Modells und die darauf aufbauende Erstellung eines digitalen 3D-Modells bieten grundsätzlich wichtige Anknüpfungspunkte für die Kunstgeschichte. So könnten für das Fach relevante historische Architekturmodelle erforscht werden, unter der Voraussetzung einer zuvor erfolgten kritischen Auseinandersetzung mit der historischen Quelle. In diesem Zusammenhang sei an die zu Anfang der vorliegenden Arbeit erwähnten renaissancezeitlichen, in Holz gearbeiteten Stadtmodelle von Jakob Sandtner erinnert. ⁹⁴⁸ Hier könnte eine 3D-Modellierung beispielsweise Aufschluss über Konstruktionstechniken des Drechslermeisters geben, die bislang nicht erforscht wurden.

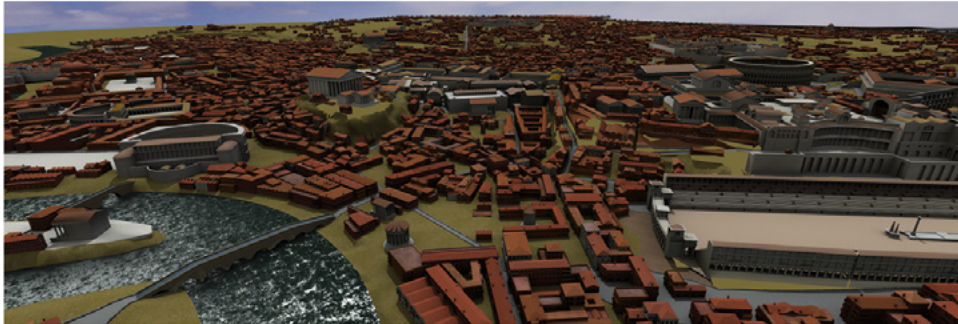
Bis heute arbeiten Frischer und seine Kollegen an der Weiterentwicklung der digitalen Rekonstruktion Roms und veröffentlichten mehrere überarbeitete und ergänzte Versionen. ⁹⁴⁹ An den Visualisierungen lässt sich auch deutlich die technische Entwicklung ablesen, die einen zunehmenden Fotorealismus ermöglichte ²²⁸.

■ 948

Vgl. Kapitel 1 (→ 011). Zum aktuellen Stand der Forschung zu Sandtners Stadtmodellen vgl.: Messemer 2011; Messemer 2015.

■ 949

Für Informationen zur Entwicklung von »Rome Reborn« vgl. die folgende Webseite zum Projekt: <http://www.romereborn.org/>.



□ 228

Digitale Rekonstruktion von Rom um 320 n. Chr. in drei Versionen von »Rome Reborn«: 1.1 (oben, UCLA, Stand 2008), 2.0 (Mitte, UCLA, Stand 2008) und 2.2 (unten, UCLA, Université de Caen Basse-Normandie und Bernard Frischer, Stand 2012).

So wurden auch zahlreiche Details integriert wie differenziert dargestellte Rasenflächen und Bedachungen, Rauchschwaden über Kaminen sowie Reflexionen und Spiegelungen auf Wasserflächen. Darüber hinaus beleben nun auch animierte Figuren mit historischen Roben die Straßen. All diese Elemente verleihen dem 3D-Modell den visuellen Charakter eines Computerspiels. Es verliert damit die Anmutung einer wissenschaftlichen Arbeit. Die Darstellungsweise von historischer Architektur in digitalen Rekonstruktionen sowie der ästhetische Eindruck von 3D-Modellen stehen in **Kapitel 7.2** (→ **573**) im Fokus der Untersuchung.

Von Dezember 2016 bis April 2017 wurde das Forum Romanum in Rome **Reborn** komplett erneuert mit folgendem Ziel, wie Frischer erläutert:

»To reflect exactly new discoveries and to especially reflect the publication of a great book, that came out in 2015 by James Packer and Gil Gorski, The Roman Forum: A Reconstruction and Architectural Guide. And so our new version of the model takes their ideas into account. It doesn't accept everything that they say, but it does accept some things that they say that we forgot to do or we had wrong. And then it also reflects some new research that has been done in the meantime by one of my students at the University of Virginia.« **950**

■ 950

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 6.

■ 951

Umfangreiche Informationen zu »Ename 974« sind zu finden in: Pletinckx et al. 2000; Wittur 2010. Joyce Wittur untersuchte das 3D-Projekt im Rahmen ihrer Dissertation: Wittur 2013, S. 118–138.

■ 952

Informationen zu Tätigkeiten des »Ename Center for Public Archaeology and Heritage Presentation« sind zu finden auf dessen Webseite: www.enamecenter.org/.

■ 953

Vgl. Wittur 2013, S. 125–129. Der Modellierungsprozess wurde laut Wittur in den verfügbaren Texten nicht festgehalten. Vgl. ebd., S. 125.

■ 954

Zum Erkenntnisgewinn durch die digitale Rekonstruktion vgl.: Wittur 2010, S. 160–161; Wittur 2013, S. 129.

Diese Überarbeitung eines Teils des Stadtmodells spiegelt den Anspruch des gesamten 3D-Projekts wieder, das sich als kollaborativ angelegte Initiative versteht, die unter Bezugnahme neuer Forschungserkenntnisse ein wachsendes digitales Modell erstellt.

Hier sei noch ein Projektbeispiel aus der Archäologie genannt, in dem aktuelle Ergebnisse aus der Forschung elementarer Bestandteil waren: Der zuvor vorgestellte Bauingenieur Daniel Pletinckx war bereits vor Gründung seiner Firma an einem 3D-Projekt maßgeblich beteiligt: der 1999 gestarteten Initiative **Ename 974**. **951** Deren Ziel war es, während der archäologischen Ausgrabungen in der Kirche St. Laurentius in Ename, Belgien, die zwischen 998 und 1025 erbaut wurde, der Öffentlichkeit Einblick in den Fortschritt der wissenschaftlichen Untersuchungen zu geben. **Ename 974** sowie das zugehörige **Ename Center for Public Archaeology and Heritage Presentation** wurden von der Regionalregierung von Ostflandern und dem **Instituut voor het Archeologisch Patrimonium** in Belgien gegründet. **952** Im Rahmen des 3D-Projekts wurden digitale Rekonstruktionen realisiert, die sowohl auf Vermessungen, die Architekten der **Provinciaal Bestuur van Oost-Vlaanderen** (Landesvorstand von Ostflandern) durchführten, als auch auf Ergebnissen der laufenden archäologischen Untersuchung basierten. Pletinckx erstellte mit **ArchiCAD** 3D-Modelle des Gotteshauses zu insgesamt acht einzelnen Bauzuständen der Zeitspanne von 1020 bis 2002. **953** Diese lieferten im Laufe des Projekts teilweise neue Erkenntnisse zu architektonischen Details im Inneren des Gebäudes **229**. **954** Beispielsweise zeigte ein virtueller Rundblick, dass die Sichtachse zwischen der hypothetischen Position des Throns im Westen und dem Altar in der oberen

Kapelle im Osten von einer Brüstung versperrt war. Daraufhin wurde dieses Bauelement von den Archäologen neu untersucht, wodurch dessen Höhe nach unten korrigiert werden konnte.



□ 229

Digitale Rekonstruktion des Innenraums der Kirche St. Laurentius in Ennemy, mit Blick zum Thron im Westen (links) und Altar in der oberen Kapelle im Osten (rechts), Daniel Pletinckx, ca. 1999.

■ 955

1997 wurde an einer weiteren Ausgrabungsstätte in Ennemy eine erste Multimedia-Station eingerichtet, »TimeScope 1«. Auf einem Display sah der Betrachter ein Video der realen Situation, in das ein 3D-Modell der heute nicht mehr existierenden Abteikirche eingeblendet wurde. Zusätzlich bot eine Multimediapräsentation weitere Informationen zum Bauwerk. Auf die erste Multimediastation »TimeScope 1« wird in Kapitel 6.1 (→ 447) im Zusammenhang von Augmented Reality-Anwendungen eingegangen. Zu den beiden Multimedia-Stationen vgl.: Callebaut 2002, S. 182–183; Pletinckx et.al. 2000, S. 46; Wittur 2013, S. 118–121 u. S. 122–123. Zur digitalen Rekonstruktion der Abteikirche vgl. Kapitel 6.2 (→ 469).

■ 956

Zur Präsentation im Museum vgl.: Callebaut 2002, S. 183–184; Pletinckx et.al. 2000, S. 46–47; Wittur 2013, S. 121–122. Darüber hinaus wurden auch zwischen 1996 und 2007 vierteljährlich erscheinende Informationshefte kostenfrei verteilt. Vgl. Callebaut 2000, S. 185; Wittur 2010, S. 160.

Öffentlich präsentiert wurden die 3D-Rekonstruktionen in einem breit angelegten Vermittlungskonzept, das zum einen die vor Ort eingerichtete Multimediastation **TimeScope 2** umfasste [230]. 955 Diese wurde 1999 vor der Kirche St. Laurentius installiert. Über mehrere in der Stele eingelassene Displays konnte der Betrachter den Fortgang der archäologischen Forschung in Bild und Text verfolgen. In einer Multimediapräsentation wurden 3D-Modelle des Bauwerks gezeigt und Fotografien des aktuellen Zustands gegenübergestellt [231]. Auf diese Weise wird für den Betrachter deutlich, dass die Kirche zahlreiche Umbauten durchlief. Die Darstellung des Innenraums ist durchwegs schematisch gehalten und rückt damit die Geometrie in den Fokus.



□ 230

Multimedia-Installation zur Informationsvermittlung an der Ausgrabungsstätte in Ennemy: »TimeScope 2« vor der St. Laurentius Kirche, ca. 1999 (Foto: Daniel Pletinckx).

Nicht nur diese Multimediastationen, sondern auch eine im Museum installierte **TimeLine** vermittelte Informationen zur baulichen Entwicklung von Ennemy über einen Zeitraum von 1.000 Jahren. 956 Über einen Touchscreen konnten die Besucher sich interaktiv durch eine 3D-Rekonstruktion des Ortes bewegen. Ein weiteres Element des Vermittlungskonzepts umfasste eine hierfür eingerichtete Webseite, auf der digitale Rekonstruktionen, **QuickTime VR**-Anwendungen und kurze Filme zu St. Laurentius sowie anderen heute nicht mehr

■ 957

Zur Webseite des Projekts vgl.:
Pletinckx et.al. 2000, S. 47–48; Wittur
2010, S. 160; Wittur 2013, S. 130–131.

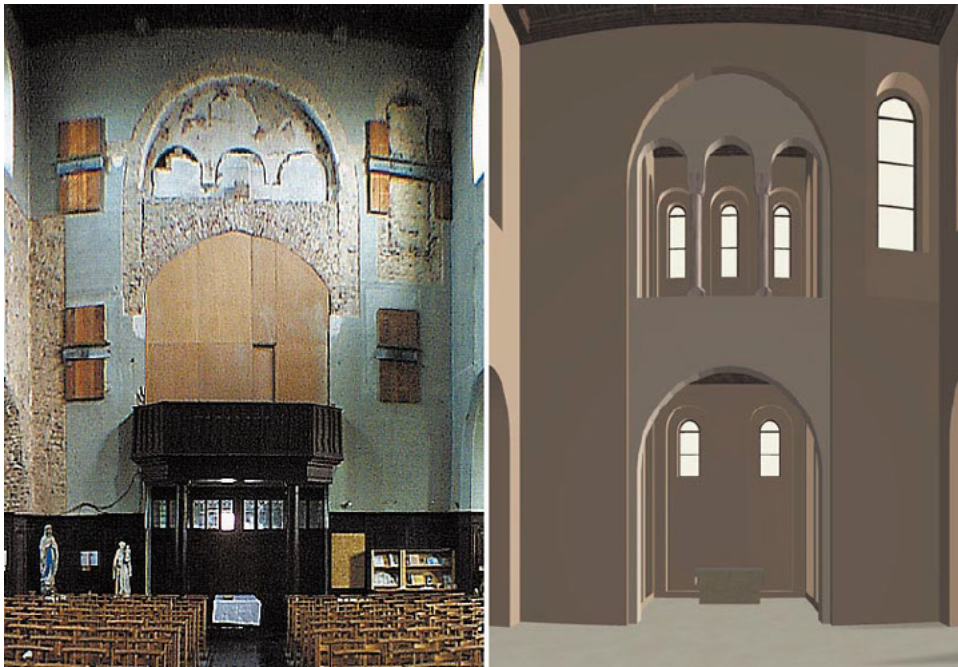
■ 958

Vgl. Wittur 2010, S. 160.

■ 959

Vgl. Webseite von »Visual Dimension«:
[http://www.visualdimension.be/
europeana/index.html](http://www.visualdimension.be/europeana/index.html).

existierenden Bauten in Ename abrufbar waren. ⁹⁵⁷ Da die 3D-Modelle über den noch erhaltenen Fundamenten eingeblendet wurden, konnte ein direkter Bezug zum realen Ort hergestellt werden. Über die Webseite ließ sich der Fortschritt der archäologischen Untersuchung anschaulich ablesen, wie Joyce Wittur noch im Jahr 2010 anmerkte. ⁹⁵⁸ Dieses ursprüngliche Online-Angebot ist heute nicht mehr zugänglich, jedoch bietet eine von Visual Dimension betriebene Seite umfangreiches visuelles Material zur digitalen Rekonstruktion von Ename in Form von Renderings und 3D-Modellen, die interaktiv erkundet werden können. ⁹⁵⁹ Letztere wurden 2015 zudem auf der Plattform Sketchfab online gestellt. ⁹⁶⁰ Das wissenschaftlich ausgerichtete 3D-Projekt Ename 974 wies eine große Bandbreite an medialen Präsentationsformen auf und stellte damit um 2000 eine Besonderheit dar.



□ 231

Multimedia-Installation »TimeScope 2«,
digitale Rekonstruktion, Daniel Pletinckx,
um 1999.

■ 960

Vgl. 3D-Modelle zum Projekt in
»Sketchfab«: [https://sketchfab.com/
visualdimension/models](https://sketchfab.com/visualdimension/models).

■ 961

Zur Darlegung der Diskussionen im
Fachbereich Archäologie um das Jahr
2000 vgl.: Wittur 2013, S. 10–13.

■ 962

Ebd., S. 11.

Insbesondere im Fachbereich Archäologie trugen Experten um das Jahr 2000 auf internationaler Ebene zur Diskussion unterschiedlicher grundsätzlicher Fragen in Bezug auf die Erstellung von 3D-Rekonstruktionen bei, wie Joyce Wittur in ihrer Dissertation festhielt. ⁹⁶¹ So kommen Themen auf, die sich an die von Paul Reilly, Paul Miller und Julian Richards Mitte der 1990er-Jahre gestarteten Reflexionen über die wissenschaftliche Verwendung von 3D-Modellen anschließen: In deren Fortsetzung geht es um die Notwendigkeit nicht nur Unsicherheiten in der digitalen Rekonstruktion zu kennzeichnen, sondern auch das dargestellte Objekt mit den zugrundeliegenden Informationen zu verbinden.

Im Fokus steht laut Wittur dabei folgende Feststellung: »The main goal is to emphasize that the model is not a faithful representation of a past reality, but only one possible interpretation. How this should be achieved is variously discussed.« ⁹⁶² So werden hierzu Vorschläge gemacht, die verschiedene Ebenen tangieren und sowohl den Erstellungsprozess als auch die Rezeption des finalisierten Modells betreffen: Dies umfasst die Schulung des Betrachters im Sehen, intensivierte Kollaboration von Archäologen und Technikexperten, Einfügen von Erklärungen in Textform, Möglichkeit zur Aktualisierung von

■ 963

Als wesentliche Beiträge zur Diskussion dieser Themen nennt Wittur u. a. folgende: Kanter 2000; Frischer et al. 2000; Frischer et al. 2002; Callebaut 2002; Niccolucci/Hermon 2005, S. 28–35.

■ 964

Vgl. Wittur 2013, S. 12.

■ 965

Kanter 2000, S. 47.

■ 966

Ebd., S. 49.

Rekonstruktionen, Ergänzung von Metadaten, Dokumentation der Interpretation, Genauigkeit der Darstellung. ⁹⁶³ Als zentrales Thema der Diskussion identifizierte Wittur die Frage, inwiefern 3D-Modelle realistisch sein sollten oder nicht, wobei die Meinungen dazu divergieren, auch in Bezug auf die Erwartungshaltung der Betrachter. ⁹⁶⁴ Insbesondere in der Archäologie ist diese Frage essentiell, erstellten Archäologen doch seit den Anfängen der Disziplin bereits zeichnerische Rekonstruktionen der untersuchten Architektur. Deren Funktion war stets klar, wie John Kanter, Experte auf dem Gebiet der anthropologischen Archäologie, im Jahr 2000 resümierte:

»The intent of these sketches has always clearly been to portray how the architecture might have looked in the past when it was in active use by prehistoric groups. Such depictions have never been so realistic that they were confused with a past reality; in other words, viewers of these sketches have always been able to tell that their creators employed a considerable amount of artistic license to bring the past alive.« ⁹⁶⁵

Im Unterschied dazu, verfügen die Wissenschaftler heute über modernste Technologien, die eine fotorealistische Darstellung zulassen. Somit ist die Aussage von bildlichen Repräsentationen von 3D-Modellen inzwischen nicht mehr eindeutig festgelegt. Was fotorealistisch erscheint, kann der Realität entsprechen, oder aber auf einer Hypothese beruhen. Beim Betrachter bleibt der Zweifel bestehen. Daher ist die Kennzeichnung von Unsicherheiten und gesichertem Wissen eine essentielle Methode dieser Problematik zu begegnen. Jedoch ist dies in den zuvor beschriebenen Projekten nicht (immer) der Fall. Potentielle visuelle und textbasierte Verfahren zur Hypothesendarstellung werden in **Kapitel 6.2** (→ **469**) vorgestellt. Kanter gibt ferner folgende Faktoren im Spannungsfeld zwischen Befund und Rekonstruktion zu bedenken, die letztendlich Einfluss auf das Erscheinungsbild einer 3D-Rekonstruktion haben:

»The goals of a virtual reconstruction and the intended audience are not the only factors that structure how the modeler moves between the reality of the archaeological record and the realism represented by the 3D model. Also important are the quality of the available archaeological information from which to draw interpretations as well as the technological capabilities available to the modeler.« ⁹⁶⁶

Insofern sind die für eine 3D-Modellierung heranzuziehenden Quellen im Zusammenspiel mit der verfügbaren Visualisierungstechnologie einflussreiche Faktoren für die resultierende Rekonstruktion. Eine ebenso zentrale Rolle spielt der intendierte Betrachter und damit das Ziel der 3D-Rekonstruktion – ein Grundsatz, der für alle Fachdisziplinen, die historische Architektur 3D-modellieren, gültig ist. Kanter unterscheidet hinsichtlich des Zwecks eines 3D-Modells insbe-

■ 967

Zu Kanters Thesen zur Erscheinungsweise von 3D-Rekonstruktionen in Bezug auf deren Zweck vgl.: ebd., S. 48–49.

■ 968

Vgl. Pfarr-Harfst/Grellert 2016. Marc Grellert erläuterte den Vorschlag zur Dokumentation eines 3D-Projekts im Interview. Vgl. [Appendix 2.6](#) (→ 675), Interview mit Marc Grellert, [Frage 8](#).

■ 969

Münster 2011, S. 100.

sondere zwischen einer pädagogischen Anwendung in der Lehre und dem Einsatz als Forschungswerkzeug. ⁹⁶⁷ Bei ersterem plädiert er dafür auch Gegenstände, die nicht in der Ausgrabung gefunden wurden, einzufügen, um den Studierenden ein möglichst vollständiges Bild der Nutzung eines Gebäudes zu vermitteln. Im zweiten Fall hält er es nicht für zwingend notwendig, eine fotorealistisch anmutende Rekonstruktion anzufertigen. Insgesamt empfiehlt er, sich mit den von ihm im Zitat genannten Faktoren im Vorfeld auseinanderzusetzen und zum finalen 3D-Modell einen Kommentar zu verfassen, der Aufschluss über die zugrundeliegenden Daten und Quellen gibt sowie über die vollzogenen Schlussfolgerungen im Entstehungsprozess. Einen konkreten Vorschlag zur Umsetzung einer solchen Empfehlung lieferten die Architekten Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst 2016. ⁹⁶⁸ Dieser wird in [Kapitel 6.2](#) (→ 469) genauer vorgestellt.

In der Frage zum Grad des Realismus in 3D-Modellen ist bis heute kein Konsens zu erkennen – der möglicherweise auch nie erreicht werden wird. Denn es kommt immer auf den jeweiligen Kontext an, innerhalb dessen eine digitale Rekonstruktion präsentiert werden soll, ob eine (foto-)realistische Erscheinungsweise als sinnvoll erachtet beziehungsweise was vom Auftraggeber gefordert wird. In [Kapitel 7.2](#) (→ 573) wird dieser Thematik nachgegangen, indem die in der vorliegenden Arbeit in Einzelkapiteln analysierten 3D-Projekte hinsichtlich ihrer Darstellungsweise untersucht und verglichen werden.

Festzuhalten ist, dass einige der in diesem Kapitel genannten Diskussionsstränge Mitte der 2000er-Jahre in der Entstehung der **London Charter** kulminieren und damit erstmals zusammengeführt und der internationalen Community zugänglich gemacht wurden. In [Kapitel 6.2](#) (→ 469) wird diese Initiative daher im Kontext wesentlicher Diskurse näher vorgestellt und in der Forschungslandschaft zu 3D-Rekonstruktionen kontextualisiert. Sander Münster beschrieb 2011 die Entwicklung, die die digitale 3D-Rekonstruktion historischer Architektur in den 2000er-Jahren vollzogen hat, folgendermaßen:

»Erst in den 2000er Jahren erfolgte eine Neubewertung einerseits im Sinne eines ›Turns‹ zum Forschungswerkzeug sowie Dokumentationsinstrument, andererseits hinsichtlich Popularisierung durch Augmented Reality, virtuellen Tourismus und Computerspiele.« ⁹⁶⁹

Der von ihm angesprochene ›Turn‹ zum Forschungswerkzeug begann allerdings bereits in den 1990er-Jahren, wie in Bezug auch auf speziell kunsthistorische Projekte in den vorangegangenen Kapiteln aufgezeigt werden konnte. Eine Popularisierung von digitalen Modellen spiegelte sich über die von ihm genannten Bereiche hinaus auch in Online-Anwendungen zur Wissensvermittlung sowie im musealen Kontext wieder. Dies wurde beispielsweise deutlich bei **Theatron** in **Second Life**, der didaktischen Webseite zum Altenberger Dom, den Ausstellungen zu an der TU Darmstadt rekonstruierten Synagogen, interaktiven Stationen an archäologischen Ausgrabungsstätten. Augmented Reality-Anwendungen und deren Einsatz zur Präsentation von 3D-Modellen, werden im Rahmen von [Kapitel 6.1](#) (→ 447) thematisiert, das den Zeitraum nach der Jahrtausendwende bis heute in den Blick nimmt.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

5.2 Basilika Santa Maria Maggiore, Rom (UCLA u. a., 1998–2000)

Die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom wurde im Rahmen des übergeordneten internationalen Langzeitprojekts **Rome Reborn** zwischen 1998 und 2000 realisiert. Dabei handelt es sich um die erste digitale Rekonstruktion eines kunsthistorisch relevanten Bauwerks, das innerhalb von **Rome Reborn** realisiert wurde. Das 3D-Modell der Kirche wurde am **Cultural Virtual Reality Lab (CVRLab)** der University of California Los Angeles (UCLA) erstellt. Dies erfolgte in Zusammenarbeit mit internationalen Experten weiterer Forschungsinstitutionen und Kultureinrichtungen, die sich zu einem **Scientific Committee** zusammengeschlossen hatten. Das Ziel war, den Zustand der Kirche zur Zeit ihrer Erbauung im 5. Jahrhundert digital zu rekonstruieren. Als Grundlage hierfür dienten aktuelle Daten aus der archäologischen Forschung zum Bauwerk und kurz zuvor abgeschlossenen Restaurierungsarbeiten sowie historische Quellen. Das 3D-Modell ist Teil eines kurzen Dokumentarfilms, der die Geschichte der Kirche erläutert und noch heute im der Kirche zugehörigen Museum vor Ort zu sehen ist.

Zur Baugeschichte der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom und Hypothesen zu ihrer architektonischen Gestaltung im 5. Jahrhundert

Die Basilika Santa Maria Maggiore in Rom wurde etwa im 5. Jahrhundert n. Chr. erbaut. ⁹⁷⁰ Sie befindet sich auf dem Esquilin, einem der sieben Hügel des antiken Roms, nordöstlich des Forum Romanum. Da sie mehrfach überformt wurde, lässt sich die ursprüngliche Gestaltung der Fassade heute nur noch schwer nachvollziehen. ⁹⁷¹ Ihr gegenwärtiges äußeres Erscheinungsbild geht auf die Arbeit des Architekten Ferdinando Fuga im 18. Jahrhundert zurück, während der Campanile aus dem 14. Jahrhundert stammt ^[232]. ⁹⁷² Die Kirche ist insgesamt sehr gut erhalten, jedoch sind einige Fragen zu ihrer frühen Baugeschichte in der Forschung vieldiskutiert. ⁹⁷³ So ist beispielsweise der exakte Zeitraum ihrer Errichtung nicht genau bekannt: Gemäß dem **Liber Pontificalis** soll sie bereits im 4. Jahrhundert unter Papst Liberius erbaut worden sein. ⁹⁷⁴ Darin heißt es: »Hic fecit basilicam nomini suo iuxta macellum Libiae.« ⁹⁷⁵ Allerdings kann weder durch diese Passage noch durch andere historische Textquellen oder archäologische Befunde dieser frühe Kirchenbau, der auch unter der Bezeichnung »Liberianische Basilika« (lat. Basilica Liberiana) bekannt ist, exakt verortet werden. ⁹⁷⁶

■ 970

Vgl. Friedrichs 2015, S. 150–151.

■ 971

Vgl. ebd., S. 162; Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 8–9.

■ 972

Vgl. Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 8–9.

■ 973

Vgl. Frischer et al. 2000, S. 156.

■ 974

Vgl. Friedrichs 2015, S. 32–36 u. S. 150. Beim »Liber Pontificalis« handelt es sich um eine Sammlung von Papstvitien, deren Ursprung wohl auf das erste Drittel des 6. Jahrhunderts zurückgeht und über Jahrhunderte hinweg sukzessive ergänzt wurde. Sie umfasst Biografien in chronologischer Reihenfolge bis Martin V. (1431). Allerdings sind insbesondere die Abschnitte bis um die Wende des 6. Jahrhunderts als nicht verlässlich einzustufen, laut Friedrichs, da teils nicht die offiziellen Quellen, z. B. Konzilsakten, verwendet wurden und eine politische Färbung der Texte erkennbar ist.

■ 975

Zit. nach: Duchesne 1955, S. 208. In der *Monumenta Germaniae Historica* heißt es »...nomini sui...«, vgl. *Monumenta Germaniae Historica* 1898, S. 79.

■ 976

Vgl. Friedrichs 2015, S. 150.



□ 232

Basilika Santa Maria Maggiore in Rom, Blick von Südwesten auf die heutige Gestaltung der Fassade, Fotograf: Lalupa, 2005.

■ 977

Vgl. Frischer et al. 2000, S. 157; Friedrichs 2015, S. 151. Die Ausgrabung wurde ursprünglich durchgeführt, um eindringende Feuchtigkeit zu eliminieren. Weitere Hintergrundinformationen zu den Ausgrabungen an der Basilika sind zu finden in: Frischer et al. 2000, S. 156–157.

■ 978

Zur frühen Baugeschichte sowie zur Architektur der Basilika vgl.: Friedrichs 2015, insbes. S. 150–156, S. 166, S. 168 u. S. 176.

■ 979

Für den Wortlaut der Inschrift vgl. Abbildung der betreffenden Stelle des Mosaiks im Zustand vor seiner Restaurierung: ebd., S. 323, Abb. 29.

■ 980

Vgl. Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 5. Die betreffende, erste Zeile der Inschrift lautete: »VIRGO MARIA TIBI XYSTVS NOVA TECTA DICAUI«, zit. aus: ebd.

Auch bei der Ausgrabung in den Jahren 1967 bis 1972 wurden keinerlei Hinweise auf die Existenz dieser frühen Kirche gefunden. **977** Vielmehr führte diese Ausgrabung zur Entdeckung von Überresten eines römischen Hauses, das um die Mitte des 1. Jahrhunderts nach Christus erbaut worden ist. Es befand sich im nordwestlichen Bereich der Basilika und wurde wohl nur teilweise für den Bau der Kirche abgerissen. Eine Mauer im Südwesten beispielsweise blieb als solche bestehen und diente auch als Fundament für die Basilika. Zudem wurden Fundamente aus dem 5. Jahrhundert gefunden. Auch Reste des Haupt- und der Seitenschiffe sowie der ursprünglichen Apsis konnten identifiziert werden. Die heute existierende Apsis stammt aus dem 13. Jahrhundert.

All diese Funde legen nahe, dass es vor der frühchristlichen Basilika keine andere Kirche an diesem Ort gab. **978** Auch lassen die Überreste aufgrund der Bautechnik und der architektonischen Elemente die Annahme zu, es handle sich hier um einen einzigen Bau. So liegt die vermutete Liberianische Kirche möglicherweise an anderer Stelle in der Nähe. Papst Sixtus III. kann also durchaus als Erbauer der Basilika Santa Maria Maggiore angesehen werden, wenngleich der Beginn dieses großen Bauprojekts auch schon vor seinem Pontifikat gelegen haben könnte. Bemerkenswert sind in dieser Hinsicht auch zwei Widmungsinschriften der Kirche, von denen nur eine heute noch existiert. Diese befindet sich integriert in das Mosaik am Scheitelpunkt des Triumphbogens: »XYSTVS EPISCOPVS PLEBI DEI« (dt. Bischof Sixtus dem Volk Gottes). **979** Sie weist Sixtus als Stifter des Gotteshauses aus. Auch die zweite Inschrift enthielt diese Aussage, jedoch wurde sie im späten 16. Jahrhundert im Rahmen des Anbringens neuer Dekorationen an der Innenseite der Eingangswand entfernt und ist heute durch eine Abschrift des Theologen Onofrio Panvinio überliefert. **980** So ist die Vermutung zu Sixtus als Erbauer also auch durch Inschriften untermauert.

Bei Santa Maria Maggiore handelt es sich um eine dreischiffige Basilika, die zur Zeit ihrer Erbauung eine Länge von knapp 72 Metern (heute: 79 Meter) und eine Breite von 35 Metern aufwies. Damit war sie um 9 Meter länger als Santa Sabina, die damals größte Titelkirche der Heiligen Stadt. Innerhalb der Stadtmauern war nur die Lateranbasilika zu dieser Zeit noch größer. Zudem wurde sie auf einer relativ großen Fläche erbaut, über die Straßen verliefen, die bei der Ausgrabung wieder zu Tage kamen. Für die Titelkirchen wurden hingegen üblicherweise freie Parzellen als Baugrund genutzt. Die Finanzierung des Baus erfolgte ausschließlich durch den Papst, eine Vorgehensweise, die damals

einzigartig war. Santa Maria Maggiore kommt demnach in mehrerer Hinsicht eine besondere Stellung zu.

Im Inneren trennten ursprünglich 20 ionische Säulen die beiden Seitenschiffe vom Hauptschiff ^[233]. Noch heute lagert über ihnen ein aus drei Teilen bestehendes Gebälk, mit Architrav, Mosaikfries und abschließendem Konsolgesims. Den Obergaden gliedern Pilaster, zwischen denen sich Bogenfenster mit darunter liegenden Mosaikfeldern befinden. Allerdings ist der Architrav keineswegs wie üblich aus Stein gearbeitet, sondern in Form von Stuck auf das darunter befindliche Mauerwerk aufgetragen. Bei einer Untersuchung im Jahr 1934 kamen unter dem Bauschmuck in Ziegel gemauerte Bögen zum Vorschein, die wiederum mit Ziegeln unterfüttert waren, um eine tragfähige Wand zu bilden. Diese bauliche Lösung ist einzigartig unter den spätantik-christlichen Gebäuden in Rom. Die Gründe hierfür sind nicht überliefert und über sie können nur Vermutungen angestellt werden. ^[981]

■ 981

Die Kunsthistorikerin Kristina Friedrichs äußert die Vermutung, dass der Papst ein bestmöglichstes Ergebnis erzielen wollte – mit den ihm zur Verfügung stehenden Mitteln. Möglicherweise waren keine Marmorstücke vorrätig bzw. zu kostspielig. Vgl. Friedrichs 2015, S. 154.

■ 982

Vgl. Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 21; Andaloro 2006, S. 269.

■ 983

Vgl. Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 23–24.

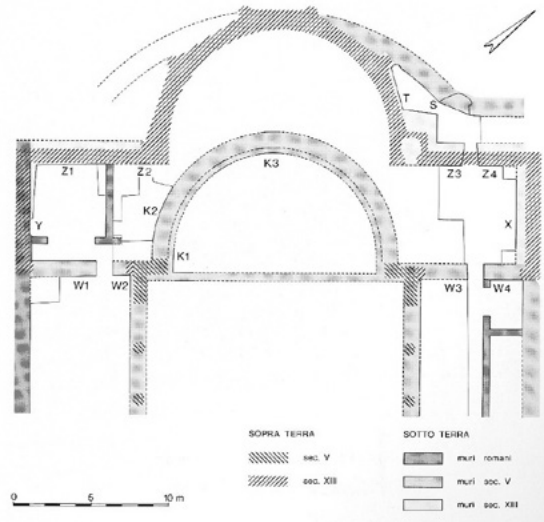


□ 233

Blick in Richtung des Altars der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom, heutiges Erscheinungsbild des Innenraums, Fotograf: Livioandronico2013, 2015.

Im Obergaden des Hauptschiffs der Basilika existieren nur mehr 27 der einst 42 Mosaikfelder aus dem 5. Jahrhundert. ^[982] Die Bilder an der Südwand thematisieren Geschichten aus dem Alten Testament von Abraham und Jakob, diejenigen an der Nordwand zeigen Szenen aus der Geschichte von Moses und Josua. Erhalten hat sich auch der Triumphbogen mit Mosaiken aus der Entstehungszeit der Basilika, die einen Bilderzyklus zur Jugend Christi zeigen, und der ursprünglich die Stirnwand zum frühchristlichen Chor bildete. Dieser wurde jedoch unter dem Pontifikat von Nikolaus IV. abgerissen. ^[983] Heute befindet sich dort die 1295 fertiggestellte Apsis, deren Kalotte Ende des 13. Jahrhunderts mit Mosaiken ausgestattet wurde.

In der Forschung bestehen zwei gegensätzliche Meinungen zur baulichen Gestaltung des Chors im 5. Jahrhundert, worauf an dieser Stelle nur kurz verwiesen sei, da die Thematik im nächsten Abschnitt ausführlich erläutert wird. Eine These vermutet eine Apsis ohne Umgang, eine weitere hält einen Umgang für wahrscheinlich. Jedoch scheint die Variante, die einen dahinterliegenden Umgang vermutet, vor allem aufgrund von archäologischen Befunden die wahrscheinlichere zu sein. So wurden 1985 hinter dem Chor befindliche Mauerreste ergraben, die von dem Kunsthistoriker Sible De Blaauw als Reste der ursprünglichen Apsis interpretiert wurden ^[234]. Diese verlief in einem etwas flacheren Bogen als die Kernapsis, möglicherweise weil hier ältere Bausubstanz verwendet wurde. Sechs Säulen trennten den Umgang vom Inneren der Apsis. Zwischen ihnen befand sich an der Außenwand je ein Fenster.



□ 234

Grabungsergebnisse der frühchristlichen Apsis der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom zu den Bauphasen vom 5. bis 13. Jahrhundert, Sible De Blaauw, 1994.

■ 984

Zur Baugeschichte im 18. Jahrhundert vgl.: ebd., S. 21.

Sämtliche weitere architektonische Details im Inneren der Basilika stammen aus jüngerer Zeit. **984** Beispielsweise wurden im 18. Jahrhundert die Schäfte der Marmorsäulen überarbeitet und mit neuen Kapitellen und Basen versehen.

Wissenschaftshistorischer Vorlauf – Santa Maria Maggiore rekonstruiert in Zeichnungen und Plänen

Die Basilika Santa Maria Maggiore ist in zahlreichen historischen Gemälden und Zeichnungen über Jahrhunderte hinweg visuell festgehalten worden. **985** Jedoch dokumentieren diese Werke den baulichen Zustand späterer Jahrhunderte, nicht den zur Zeit ihrer Errichtung. Eine erste Ausnahme bildet im frühen 19. Jahrhundert der Versuch einer zeichnerischen Rekonstruktion des Originalzustands durch den Architekten Johann Gottfried Gutensohn, die laut Hugo Brandenburg, Forscher im Bereich der Christlichen Archäologie, den Innenraum der Basilika im 5. Jahrhundert zeigt **235**. **986** Jedoch entsprechen sämtliche darin dargestellte Details dem heute sichtbaren Zustand der Kirche: So ist der Fußboden eindeutig dessen heutigem Erscheinungsbild nachempfunden, wie auch die Kassettendecke und die alternierenden Bildfelder zwischen den Obergadenfenstern. Die Apsiskalotte ist bildlich ausgeschmückt und erinnert dadurch an das Mosaik des 13. Jahrhunderts. Lediglich die Tatsache, dass kein Querhaus visualisiert ist, verweist auf den baulichen Zustand des 5. Jahrhunderts.

Darstellungen der frühchristlichen Bauphase entstanden vornehmlich erst im Zuge archäologischer Untersuchungen. So beginnt die grundlegende Erforschung der frühen Baugeschichte von Santa Maria Maggiore mit Ausgrabungen, die in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft Ende des 19. Jahrhunderts durchgeführt wurden. **987** In den 1930er-Jahren erfolgten schließlich bauarchäologische Untersuchungen im Inneren der Kirche, die unter anderem grundlegende Erkenntnisse zum Mauerwerk im Bereich des Architravs über den Säulenkolonnen lieferten. **988**

■ 985

Vgl. Überblick über sämtliche historische Bildquellen in: Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 15ff.

■ 986

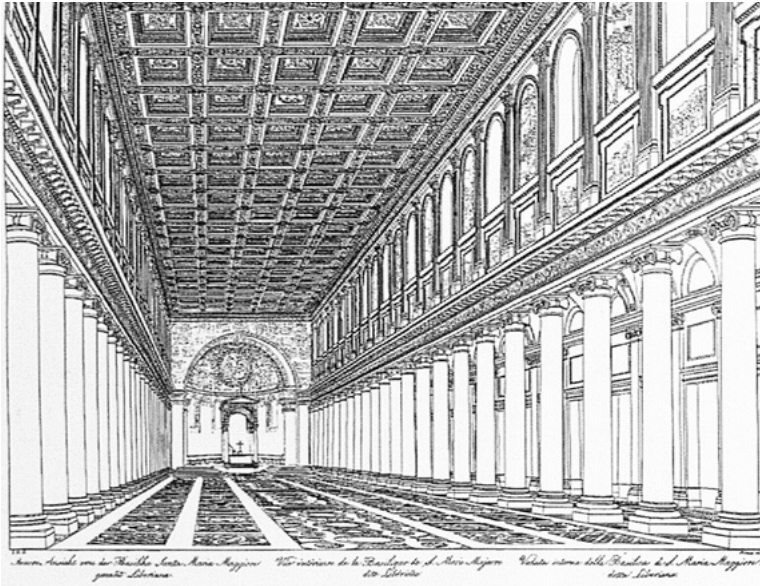
Vgl. Brandenburg 2004, S. 304, Abb.2.

■ 987

Informationen zur Erforschung der Basilika sind zu finden in: Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 1–60.

■ 988

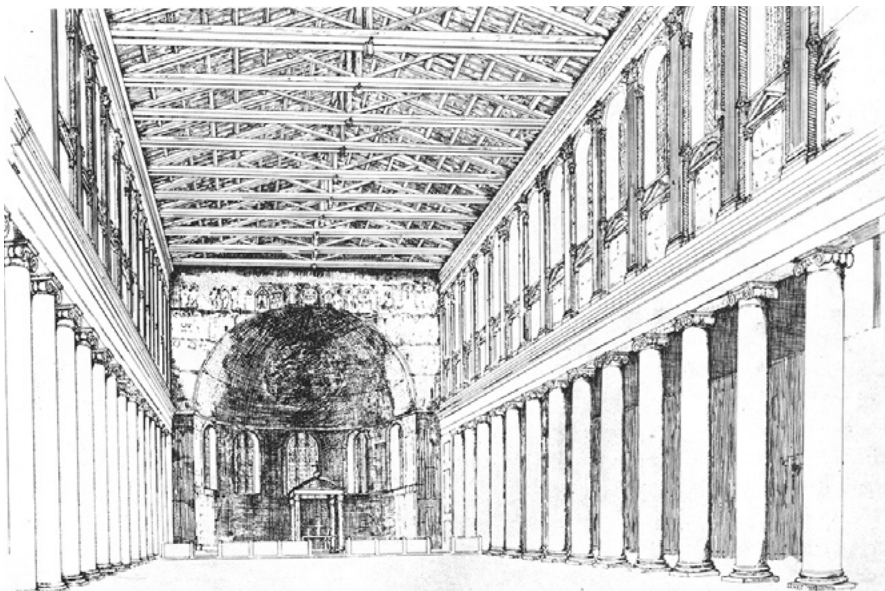
Vgl. Ergebnisse der Ausgrabungen in den 1930er-Jahren in: ebd., S. 33–45.



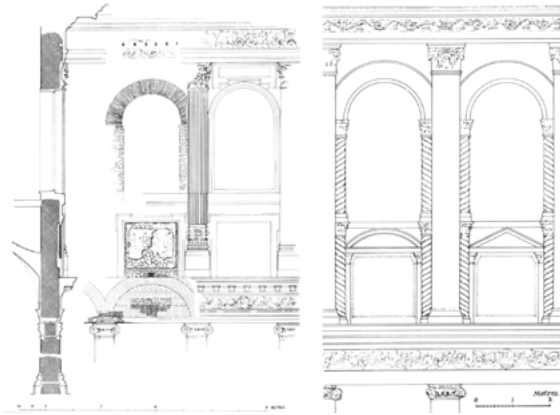
□ 235
Innenraum der Basilika Santa Maria Maggiore mit Zustand im 5. Jahrhundert, Rekonstruktion, Johann Gottfried Gutensohn, 1824.

Eine wegweisende und grundlegende Forschungsarbeit zur frühen Baugeschichte der Basilika publizierte der Kunsthistoriker Richard Krautheimer gemeinsam mit Spencer Corbett und Wolfgang Frankl 1967. Basierend auf den Ausgrabungen fertigte Corbett verschiedene Rekonstruktionszeichnungen an, die die frühchristliche Bauphase der Kirche zeigen. Dies umfasste die Darstellung des Innenraums ^[236] sowie Wandaufrisse. Letztere zeigen einerseits archäologische Befunde und andererseits eine detaillierte Rekonstruktion des Obergadens ^[237]. Insbesondere die Gegenüberstellung der Aufrisse visualisiert sehr deutlich, welche Bereiche der Wandpartie auf gesicherten Befunden beruhen und welche aufgrund von Hypothesen zeichnerisch ergänzt wurden. Die Forschungsarbeit von Krautheimer et al. sowie die von Corbett angefertigten Zeichnungen dienen Wissenschaftlern bis heute als wichtige Grundlage der weiteren Aufarbeitung der Baugeschichte der Basilika, worunter sich auch digitale Rekonstruktionen finden, wie an späterer Stelle noch genauer dargelegt wird. ⁹⁸⁹

■ 989
So bezieht sich beispielsweise Kristina Friedrichs in ihrer Arbeit zur Baugeschichte der Basilika Santa Maria Maggiore explizit auf eine Zeichnung Corbetts, in der er das Mauerwerk im Bereich des Architravs zeichnerisch rekonstruierte. Vgl. dazu: Friedrichs 2015, S. 153 u. S. 321, Abb. 25. Auch die digitale Rekonstruktion des Obergadens in der 2004 publizierte Arbeit von Maria Andaloro et al. beruht auf eben jener Zeichnung. Vgl. dazu: Andaloro 2006, S. 277, Abb. II.



□ 236
Zeichnerische Rekonstruktion des Innenraums der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom zur Zeit ihrer Erbauung mit einem vermutlich später hinzugefügten Altar baldachin, Spencer Corbett, 1967.



□ 237

Zeichnerische Rekonstruktionen des Obergadens der Basilika Santa Maria Maggiore mit und ohne archäologische Befunde, Spencer Corbett, 1967 und 1971.

Wie zuvor angedeutet, ist in der Forschung insbesondere die Frage nach der Existenz eines Apsisumgangs von Santa Maria Maggiore im 5. Jahrhundert umstritten. Nach Krautheimer et al. besaß die Kirche keinen Umgang ^[236]. Eine Rekonstruktion der gegenteiligen These fertigte der zuvor erwähnte Kunsthistoriker Sible De Blaauw für seine 1987 publizierte Doktorarbeit an. ⁹⁹⁰ Im Rahmen seiner Forschung hatte er Gelegenheit die Ausgrabungsstätte unterhalb der Basilika zu besichtigen. Dabei fiel ihm ein leicht gekrümmtes Mauerstück auf, das er vermaß und als Apsisumgang interpretierte ^[234].

Auch die genaue Position von Altar und Bischofsthron im 5. Jahrhundert ist nicht gesichert. Lediglich eine Quelle aus dem 12. Jahrhundert, die also aus der Zeit vor dem Umbau der Apsis stammt, beschreibt, dass der Stuhl vor deren mittlerem Fenster stand. ⁹⁹¹ Laut De Blaauw befanden sie sich mit einem gewissen Abstand zueinander auf einem flachen Podest im Chor ^[238]. ⁹⁹² Auch nach der Veröffentlichung seiner Forschungsarbeit, wurde die These zur Apsis ohne Umgang von anderen Wissenschaftlern im 20. und 21. Jahrhundert weiterhin vertreten, sodass nach wie vor die beiden gegenteiligen Auffassungen zur Architektur der Kirche nebeneinander existieren. ⁹⁹³

■ 990

Vgl. überarbeitete Publikation seiner Doktorarbeit: De Blaauw 1994, Teil 2, Abb. 14. Für Informationen zur Forschung von De Blaauw vgl. unveröffentlichtes Skript zu seinem Vortrag »Anomalous architecture: the case of Santa Maria Maggiore, Rome« am Netherlands Institute for Advanced Study (NIAS) in Wassenaar, Niederlande, am 9. Juni 2015 im Rahmen des Workshops »Digitizing Visual Memories in Architecture: Rome and Amsterdam«. Für das Zurverfügungstellen des Vortragsskripts möchte ich mich ganz herzlich bei Sible De Blaauw bedanken.

■ 991

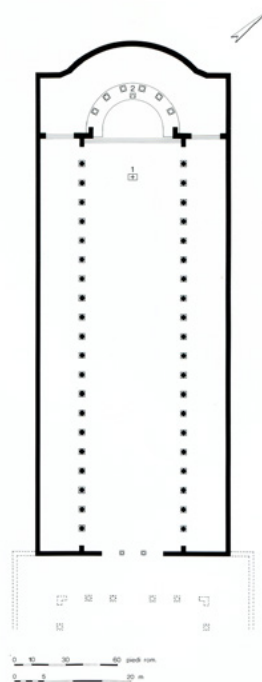
Bei dieser Quelle handelt es sich um die von Johannes Diaconus um 1169 verfasste Schrift »Liber de ecclesia Lateranensi«. Vgl. Friedrichs 2015, S. 156.

■ 992

Vgl. De Blaauw 1994, S. 446.

■ 993

Beispielsweise sind in folgenden Publikationen hypothetische Rekonstruktionen der Apsis ohne Umgang zu finden: Luciani 1996, S. 61, Abb. unten; Brandenburg 2004, S. 304, Abb. 1.



□ 238

Rekonstruktion des Grundrisses der Basilika Santa Maria Maggiore mit Altar (1) und Bischofsthron (2) im 5. Jahrhundert, Sible De Blaauw, 1994.

Entstehungskontext der digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore

Die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom ist Teil des umfassenden Langzeitprojekts **Rome Reborn**. ⁹⁹⁴ Im Jahr 1995 entstand **Rome Reborn** aus der Zusammenarbeit von Professoren an der UCLA in den Fachbereichen Klassische Altertumswissenschaft, Architektur, Pädagogik und Informatik. ⁹⁹⁵ Gemeinsam mit Forschern aus Großbritannien, Italien und den USA erarbeiteten sie VR-Modelle antiker Bauwerke in Rom, wobei seit 1997 folgende Institutionen daran beteiligt sind: **Virtual World Heritage Laboratory (VWHL)** der University of Virginia, **Experiential Technology Center (ETC)** der UCLA, **Reverse Engineering Lab** am Politecnico di Milano, Université de Caen, **Ausonius Institute de Centre national de la recherche scientifique (CNRS)** und Université Bordeaux Montaigne. Das Ziel von **Rome Reborn** ist, das antike Rom in einer Zeitspanne von etwa 1000 v. Chr. bis etwa 550 n. Chr. digital zu rekonstruieren. Den Beginn dieser Initiative bildet das Jahr 320 n. Chr., das den Höhepunkt der städtebaulichen Entwicklung der Heiligen Stadt darstellt. Aus dieser Zeit stammen zudem die meisten archäologischen Funde, die somit eine relativ verlässliche Grundlage für die Rekonstruktion bilden.

Anfang 1998 wurde **Rome Reborn** an das **CVRLab** angegliedert, das wie bereits erwähnt Bernard Frischer und Diane Favro 1997 an der UCLA gegründet hatten. ⁹⁹⁶ Der Archäologe, der damals als Professor am Department of Classics an der Universität tätig war, fungierte als Projektleiter (**Principal Investigator**). Um die Aktualität, Verlässlichkeit und Wissenschaftlichkeit der erstellten 3D-Modelle sicherzustellen, arbeitete ein **Scientific Committee** hierzu eng mit den Modelleuren des **CVRLab** zusammen. Dieses Gremium bestand aus Experten mit einschlägigem Fachwissen zu dem zu rekonstruierenden Bauwerk: der Kunsthistoriker Sible De Blaauw, damaliger Vize-Direktor des **Koninklijk Nederlands Instituut in Rome (KNIR)**, Arnold Nesselrath, Direktor der Abteilung für byzantinische, mittelalterliche und moderne Kunst an den Vatikanischen Museen sowie Paolo Liverani, damals Kurator am Department für Klassische Antike an den Vatikanischen Museen. ⁹⁹⁷ Die Vorsitzende des Gremiums war Diane Favro, Professorin für **Architecture and Urban Design** an der UCLA. Hier kooperierten Architekturhistoriker, Archäologen und 3D-Modelleure mit den zuständigen Kulturbehörden.

Ausgangspunkt für die digitale Rekonstruktion im Projekt **Rome Reborn** ist in zeitlicher Hinsicht die Spätantike und in räumlicher Hinsicht einerseits das Forum Romanum und andererseits das in dieser Zeit im Entstehen begriffene christliche Viertel im Südosten der Stadt. So wurde zwischen 1998 und 2000 die frühchristliche Basilika Santa Maria Maggiore, die sich nordöstlich des Forum Romanum befindet, digital rekonstruiert.

Im Jahr 2000 wurde anlässlich der Feierlichkeiten zum Heiligen Jahr im **Palazzo delle Esposizioni** in Rom die Ausstellung **Aurea Roma** präsentiert. ⁹⁹⁸ Hier wurde ein etwa neunminütiges Video gezeigt, das die Geschichte der Basilika Santa Maria Maggiore mit Hilfe des am **CVRLab** erstellten 3D-Modells visualisiert. ⁹⁹⁹

■ 994

Vgl. Frischer 2004 (*Mission and recent projects*), S. 67–68.

■ 995

Für Hintergrundinformationen zum Projekt »Rome Reborn« vgl.: Frischer et al. 2000, S. 155; Die folgende Webseite zum Projekt Rome Reborn, die seit Anfang 2018 nicht mehr online verfügbar ist, informierte sehr ausführlich über das Projekt: <http://romereborn.frischerconsulting.com/about.php>. Auf der aktuellen Webseite sind auch Hintergrundinformationen zu den früheren Projektphasen: <https://www.romereborn.org/content/aboutcontact>. Eine kurze Zusammenfassung ist zu finden in: Messemer 2019, S. 69–71.

■ 996

Ziele und Projekte des »CVRLab« werden erläutert in: Frischer 2004 (*Mission and recent projects*), insbes. S. 65; Kapitel 4.1 (→ 165). Inzwischen hat das »Experiential Technologies Center (ETC)« die Aufgaben des »CVRLab« an der UCLA übernommen. Vgl. dazu: Favro 2006 (*In the eyes of the beholder*), S. 321; Webseite des »ETC«: <http://etc.ucla.edu/about/>.

■ 997

Informationen zum »Scientific Committee« sind zu finden in: Frischer 2004 (*Mission and recent projects*), S. 68.

■ 998

Für Informationen zur Ausstellung vgl.: <https://www.palazzoesposizione.it/mostra/aurea-roma-from-pagan-rome-to-christian-rome>.

■ 999

Das Video ist auf »YouTube« online zugänglich: <https://www.youtube.com/watch?v=cITZq8beKhA>.

■ 1000

Ausführliche Informationen zum Rekonstruktionsvorgang sind zu finden in: Frischer et al. 2000, S. 157–160.

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Das 3D-Projekt entstand in Zusammenarbeit unterschiedlicher Projektpartner unter der Leitung des **Scientific Committee**. 1000 Für die Modellierung zeichnete der Architekt Dean Abernathy verantwortlich, der von Studierenden der Architektur, Architekturgeschichte sowie Archäologie aus höheren Semestern unterstützt wurde.

Als Zeitpunkt für die Rekonstruktion der Basilika wurde das Jahr 440 n. Chr. ausgewählt. Denn zu dieser Zeit war die Ausschmückung des Hauptschiffs mit Mosaiken bereits abgeschlossen. Für **Rome Reborn** hatte das **Scientific Committee** einen Fragebogen entwickelt, den es auch hier verwendete, um Bild- und Textquellen, wissenschaftliche Publikationen sowie archäologische Daten festzuhalten. Die Experten reisten gemeinsam nach Rom, um vor Ort das Gebäude und die archäologischen Überreste zu untersuchen. Die für die Kirche zuständigen Behörden stellten ihnen aktuelle Daten in Form von Schnitten, Aufrissen, einem Plan des gegenwärtigen Zustands sowie Farbdias der restaurierten Mosaik im Hauptschiff zur Verfügung. Auch grundlegende Informationen über Vorgehensweisen im Bauwesen des 5. Jahrhunderts zog das **Scientific Committee** im Vorfeld der digitalen Rekonstruktion heran. So konnten Erkenntnisse über die Oberflächenbearbeitung von Materialien und Konstruktionstechniken miteinbezogen werden. Generell prüfte das Expertengremium sämtliche vorliegende Quellen genau, denn diese lagen oft in differierender Qualität und unterschiedlichem Umfang vor. In dieser Phase wurden auch bemaßte Schnitte und Pläne angefertigt, die den Modelleuren zur Unterstützung dienen sollten.

An der Rekonstruktion war eine Vielzahl an Experten beteiligt, die alle in engem Austausch miteinander standen, sowohl in Form von persönlichen Treffen als auch via E-Mail. So beriet sich der Vorsitzende des **Scientific Committee** regelmäßig mit dem hauptverantwortlichen Modelleur und den für die Datensammlung zuständigen Personen. In bestimmten Abständen wurden auch die weiteren Mitglieder des **Scientific Committee** sowie der Projektleiter einbezogen.

Für die kollaborative Zusammenarbeit wurden verschiedene Kommunikationswege erprobt wie eine passwortgeschützte Webseite, die es dem Komitee ermöglichte, die erstellten 3D-Modelle interaktiv zu betrachten. Zu bestimmten Zeitpunkten während des Rekonstruktionsprozesses wurden ihnen diese in unterschiedlichen Medien gezeigt: als Präsentation im **CVRLab** der UCLA, als Video mit einem virtuellen Flug durch das 3D-Modell und auch als ausgedruckte Bilder. Auffällig war, dass die mediale Präsentation der digitalen Rekonstruktion der Basilika einen direkten Einfluss auf die Forschungsfragen der Experten hatte. So standen generelle Überlegungen hinsichtlich der Form und Struktur sowie des Eindrucks auf den Betrachter im Vordergrund, wenn die digitale Rekonstruktion als interaktives, bewegtes Modell gezeigt wurde. Hingegen veranlassten zweidimensionale Repräsentationen die Experten dazu, sich vordergründig mit Details zu befassen, Texturen, Farbigkeit und Materialien genauer zu untersuchen. Als ideale Arbeitssituation kristallisierte sich schließlich heraus, gemeinsam in kleiner Runde (Vorsitzender des **Scientific Committee**, Modelleur und wissenschaftlicher Experte) vor dem Computer sitzend das 3D-Modell zu begutachten. Zusätzlich zum Gremium wurden auch weitere externe Experten

■ 1001

Stellvertretend können hier genannt werden: Philip Jacks, George Washington University, Washington D.C., USA, der die Gestaltung der Decke begutachtete, die in einer frühen Variante mit offenem Gebälk und in der finalen Version mit Kassetierung ausgeführt wurde. Konstruktionstechniken beurteilte Fikret Yegül, University of California, Santa Barbara, Kalifornien, USA. Vgl. ebd., Frischer et al. 2000, S. 158.

■ 1002

Zum Rekonstruktionsvorgang und der verwendeten Software vgl. [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 2](#); Frischer et al. 2000, S. 155 u. S. 159; Frischer 2004 (Mission and recent projects), S. 66.

■ 1003

Frischer et al. 2000, S. 159.

■ 1004

Vgl. Frischer 2004 (The Digital Roman Forum Project).

■ 1005

Vgl. ebd.

■ 1006

Vgl. Claussen 2008, S. 178–179.

■ 1007

Vgl. ebd., S. 178 u. S. 179, Abb. 97.

herangezogen, die während des Rekonstruktionsprozesses zu bestimmten Themen beratend tätig waren. [1001](#)

Die Modellierung übernahmen Studierende mit Kenntnissen in Architekturgeschichte. [1002](#) Hierfür wurde die Software **MultiGen™ Creator** verwendet, da sie die Einbindung von Texturen in die Geometrie mit bestimmten Tools besser bewältigte als einfachere Software. Zudem verfügte sie über eine sogenannte **scene graph view** [1003](#), die es ermöglicht ein interaktives 3D-Modell zu erstellen und es für Echtzeit-Anwendungen zu optimieren. Für die Erstellung fotorealistischer Texturen wurde das Programm **Lightscape** von **Autodesk** herangezogen.

Während der Arbeit am digitalen Modell tauchten Fragen auf, die zuvor nie gestellt worden waren, obwohl sich die beteiligten Wissenschaftler bereits jahrelang mit der Erforschung der Kirche auseinander gesetzt hatten. [1004](#) Beispielsweise wurde für die digitale Rekonstruktion nun die Bemalung und Auskleidung des Innenraums relevant, wie auch Material und Muster des Fußbodens – in Corbetts Zeichnung ist beispielsweise der Bodenbelag nicht näher spezifiziert. [1005](#) Insbesondere die Art und Weise der Visualisierung einzelner Komponenten beeinflusste den Entscheidungsprozess bei der Rekonstruktion. Modellierte Objekte wirkten in Schwarz-Weiß oder in isolierter Ansicht gänzlich anders als nach ihrer Verortung im 3D-Modell. So erwies sich darin eine zu Anfang verwendete Textur für den Fußboden als zu dominant. Daher wurden verschiedene Kombinationen für die Gestaltung des Bodenbelags erprobt hinsichtlich der Größe des Musters und seiner Farbigkeit sowie des Raumeindrucks an sich [239](#). Schließlich wurde der Fußboden der Basilika San Giovanni in Laterano als Vorlage herangezogen. Der historische Bodenbelag aus konstantinischer Zeit wurde bei Ausgrabungen zwischen 1934 und 1938 unter dem Boden des 15. Jahrhunderts entdeckt und fotografisch festgehalten. [1006](#) Er weist rechteckige Platten aus gelblichem Marmor auf, umrandet von dunklen Marmorstreifen. [1007](#)



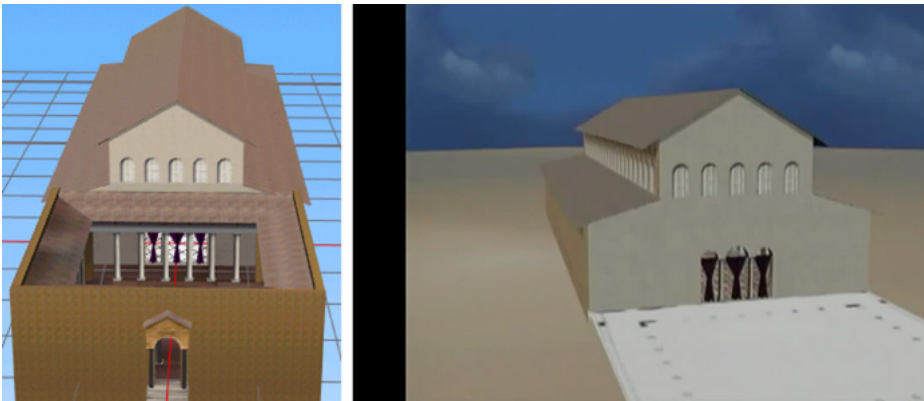
□ 239

Blick in das Innere der digital rekonstruierten Basilika Santa Maria Maggiore in Richtung Osten: Testversion für Texturen des Fußbodens und der Halbkuppel (links); finale Version mit Textur des Fußbodens der Basilika San Giovanni in Laterano und Halbkuppel ohne Textur (rechts), Copyright Regents of the University of California.

Wie zuvor bereits angesprochen existieren in der Forschung zwei gegenläufige Auffassungen zur Gestaltung der Apsis. Im 3D-Modell wurde die von De Blaauw vertretene These wiedergegeben, der zufolge ein Chorumgang existierte, worauf im Rahmen der Analyse der Visualisierung noch weiter eingegangen wird [234](#) [239](#).

Ein weiteres Beispiel für die Schwierigkeit Objekte zu modellieren, zu denen wenige historische Quellen vorliegen, ist die Visualisierung eines Atriums vor dem Haupteingang der Basilika. Denn es existieren keinerlei Hinweise in

Schrift- und Bildquellen oder archäologische Befunde, die ein solches Bauwerk eindeutig nachweisen. Dennoch ist sich die Forschung relativ einig, dass auch die Basilika Santa Maria Maggiore über ein Atrium verfügte. Nachdem ein solches modelliert und in das 3D-Modell integriert worden war, erschien es den Beteiligten jedoch als zu dominant im Zusammenklang mit der Kirche, vor allem in Hinblick auf seine ungesicherte Existenz ^[240]. Um den hypothetischen Eindruck für den Betrachter zu bewahren, wurde schließlich nur ein Grundriss eines möglichen Atriums in zweidimensionaler Form eingefügt. Dadurch ist die Vermutung zur Existenz des Bauwerks visualisiert, tritt aber optisch zurück, sodass der Betrachter sich deren Unsicherheit bewusst werden kann.



□ 240

Darstellung des Atriums vor dem Eingang der Basilika Santa Maria Maggiore: Rendering der verworfenen Version mit modelliertem Bauwerk (links) und Still der finalen Präsentation im Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 1:38, UCLA u. a., 1998–2000 (rechts).

Während des Rekonstruktionsprozesses wurden verschiedene Hypothesen gleichwertig zueinander erprobt und im 3D-Modell visualisiert. Die Forschung ist sich beispielsweise nicht einig darüber, wie der Eingang zum Hauptschiff gestaltet war. Daher wurden zwei Versionen modelliert, die den Eingang mit Vorhängen beziehungsweise Türen versehen darstellen ^[241].



□ 241

Rekonstruktion von zwei Hypothesen zur Gestaltung des Eingangs zum Hauptschiff, links die finale Version mit Vorhängen.

Da im Laufe einer Rekonstruktion immer wieder neue Erkenntnisse über das darzustellende Objekt gewonnen werden, ist es schwierig eine Rekonstruktion als final abzuschließen. Wenn jedoch ein ausgewählter Zustand des 3D-Modells bestimmten Kriterien des **Scientific Committee** entsprach, konnte es diesen als »certified« ¹⁰⁰⁸ markieren. Auch nachfolgend konnten noch Änderungen eingebracht werden, allerdings bedurften sie der Abstimmung mit dem Gremium, das insgesamt als Autor des 3D-Modells fungierte. ¹⁰⁰⁹ Bernard Frischer weist darauf hin, hier verschiedene Versionen der 3D-Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore zu unterscheiden:

■ 1008

Frischer et al. 2000, S. 158.

■ 1009

Vgl. [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit [Bernard Frischer](#), [Frage 2](#).

»The video is not really the final version. The final version is what we call the authoring version in the 3D modelling software, MultiGen™ Creator, which I don't think exists anymore. This software provided the possibility of having alternative parts of the model. Right from the beginning of the project we stressed that we wanted to show alternative possible reconstructions or alternative hypotheses of reconstructions or restorations.« 1010

■ 1010

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 1.

■ 1011

Weitere Informationen zu den Erkenntnissen, die sich aus der digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore ergaben, sind zu finden in: Frischer et al. 2000, S. 161.

■ 1012

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 4.

■ 1013

Frischer et al. 2000, S. 161.

Das Forscherteam konnte durch die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore insbesondere folgende vier grundlegende Erkenntnisse identifizieren: 1011 Die enge architektonische Verbindung der Basilika mit dem römischen Haus, das einst an ihrer Stelle stand, konnte durch die virtuelle Überlagerung der beiden Bauphasen hervorgehoben werden (1). Anhand der dreidimensionalen Visualisierung des Innenraums wurde deutlich, dass der Lichteinfall in der ursprünglichen Anordnung der Fenster erheblichen Einfluss auf die Wirkung des Mosaiks hat (2). Bei der digitalen Rekonstruktion der Apsis auf Grundlage liturgischer Quellen kamen grundsätzliche Bedenken bezüglich der Erbauung auf (3). Im 3D-Modell wurde auch die Umgebung der Basilika visualisiert, wodurch dominante Sichtachsen zur Kirche deutlich wurden (4). Diese legten nahe, dass Santa Maria Maggiore nach antiken Theorien zur Planung von Sichtachsen errichtet worden sein könnte. Allerdings wurde die Visualisierung der Umgebung aus verschiedenen Gründen nicht in das Video für die Ausstellung aufgenommen wie Bernard Frischer erläutert:

»Because back in the period 1998 to 2000 we had not yet made the Rome Reborn model. That was not finished until 2007. We did integrate the basilica onto the map of the city and it was really ugly. I always have the principle: do not put anything out to the public that isn't only correct but beautiful. And it was very ugly to have this church just sitting there on top of a map. So I vetoed the idea of putting that into the video.« 1012

Dies zeigt, dass hier nicht nur technische Bedingtheiten die Erscheinungsweise der digitalen Rekonstruktionen der Kirche beeinflussten, sondern auch ästhetische Aspekte einbezogen wurden. Bernard Frischer et al. zeigten in ihrem Aufsatz über die digitale Rekonstruktion der Basilika offene Fragen auf, die in zukünftigen Forschungsprojekten thematisiert werden können:

»[...] questions about the translucency of the windows, the types and placement of furniture and embellishments; the exterior wall treatments; and the junctions between building parts, especially between the atrium and the facade, and between the apse, ambulatory and the side aisles.« 1013

■ 1014

Vgl. Andaloro 2006, S. 269–294.

■ 1015

Zu Frischers Vorschlag vgl.: Frischer et al. 2000, S. 161.

■ 1016

Diese Information ist einer E-Mail von Prof. Dr. Sible De Blaauw vom 26.06.2017 entnommen.

■ 1017

Das Video ist online abrufbar über »YouTube«: <https://www.youtube.com/watch?v=ciTZq8beKhA>.

■ 1018

Vgl. Frischer 2004 (Mission and recent projects), S. 68. Für Informationen zur Ausstellung vgl.: <https://www.palazzo-esposizioni.it/mostra/aurea-roma-from-pagan-rome-to-christian-rome>.

■ 1019

Informationen zur Präsentation des Videos in der Ausstellung »Aurea Roma« sind aus einer E-Mail von Bernard Frischer vom 09.02.2017 entnommen.

■ 1020

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 1](#).

■ 1021

Laut Abspann des Videos sind folgende Musikstücke unterlegt: »The G. F. Handel Sonatas«, Cantilena Records, Laurel Zucker (Flöte), Robin Sutherland (Cembalo); »Serenades for Flute and Harp«, Cantilena Records, Laurel Zucker (Flöte), Sara Cutler (Harfe), vgl. Min. 7:44 im Video »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, online abrufbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=ciTZq8beKhA>.

■ 1022

Zu den baulichen Veränderungen der Basilika Santa Maria Maggiore in diesem Zeitraum vgl. Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, insbes. S. 9.

Diese Aspekte wurden beispielsweise in der von Maria Andaloro et al. 2004 durchgeführten digitalen Rekonstruktion von Santa Maria Maggiore nicht einbezogen. ¹⁰¹⁴ In ihrem Projekt stand die räumliche Verortung der Wandmaleien im Fokus, worauf an späterer Stelle noch genauer eingegangen wird.

Ein weiterer Vorschlag von Bernard Frischer et al. war, in einem nächsten Schritt die ursprüngliche Funktion der Basilika zu untersuchen. ¹⁰¹⁵ Als Methoden hierfür nennt er Reenactment, also das Nachstellen historischer Ereignisse und Rituale durch Schauspieler oder auch Avatare. Zudem schlägt er vor, Einrichtungsgegenstände zu rekonstruieren. Dieses Vorhaben wurde bislang jedoch noch nicht umgesetzt. ¹⁰¹⁶

Die fertiggestellte Visualisierung – Präsentation und formaler Aufbau

Nachdem der Rekonstruktionsprozess vorgestellt wurde, folgt nun eine genaue Betrachtung der finalisierten Visualisierung, um sie daran anschließend zu bestimmten Aspekten hin zu analysieren. Die Grundlage hierfür bildet das bereits angesprochene Video. ¹⁰¹⁷ Unter dem Titel *The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.* war die knapp neunminütige Präsentation teil der Ausstellung *Aurea Roma*, die vom 22. Dezember 2000 bis zum 22. April 2001 im *Palazzo delle Esposizioni* in Rom stattfand. ¹⁰¹⁸ Präsentiert wurde das Video über einen Fernsehbildschirm in Endlosschleufe, wobei sich eine englische Sprachversion mit einer italienischen abwechselte. ¹⁰¹⁹ Auch nach Ende der Ausstellung wird es bis heute im Museum der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom gezeigt. ¹⁰²⁰

Entsprechend des musealen Kontexts, innerhalb dessen das Video präsentiert wurde, ist es als didaktischer Film angelegt. Ein Sprecher begleitet den Zuschauer mit Erläuterungen zu historischen Begebenheiten und Quellenmaterial durch die Baugeschichte. Seine Ausführungen erfahren an entsprechenden Stellen visuelle Unterstützung durch Fotos von Mosaiken, historischen Bildwerken, Schriftstücken sowie aktuelle Aufnahmen der Kirche. In Kombination damit werden Ausschnitte aus der digitalen Rekonstruktion der Basilika gezeigt, teils als Standbilder, teils anhand virtueller Flüge durch und um das Gebäude herum. Musikalisch unterlegt ist der komplette Film mit Klängen von Flöte, Cembalo und Harfe aus dem 18. Jahrhundert. ¹⁰²¹ Damit bezieht sich die Musik auf das heutige Erscheinungsbild der Fassade der Kirche, die aus dem 17. bzw. 18. Jahrhundert stammt. ¹⁰²²

Das Video kann in folgende vier Abschnitte unterteilt werden: Der erste (Min. 0:00 – 0:57) fasst die Baugeschichte anhand aktueller Fotos knapp zusammen. Im zweiten Teil (Min. 0:58 – 4:44) werden einzelne architektonische Details der Kirche und ihre Ausstattung vorgestellt und in Zusammenhang mit historischen Quellen gesetzt. Hierzu werden Stills und Sequenzen aus der Computeranimation der digitalen 3D-Rekonstruktion von Santa Maria Maggiore abwechselnd mit historischen Aufnahmen gezeigt. Kurz nach der Mitte des Videos beginnt der dritte Abschnitt (Min. 4:45 – 7:22), in dem nur mehr verschiedene Sequenzen aus der digitalen Rekonstruktion zu sehen sind. An dieser Stelle erfolgt zudem der Wechsel zu einem anderen Musikstück. Das Ende bildet der Abspann mit Informationen zu den Beteiligten an der Rekonstruktion und am Video (Min. 7:23 – 8:56).

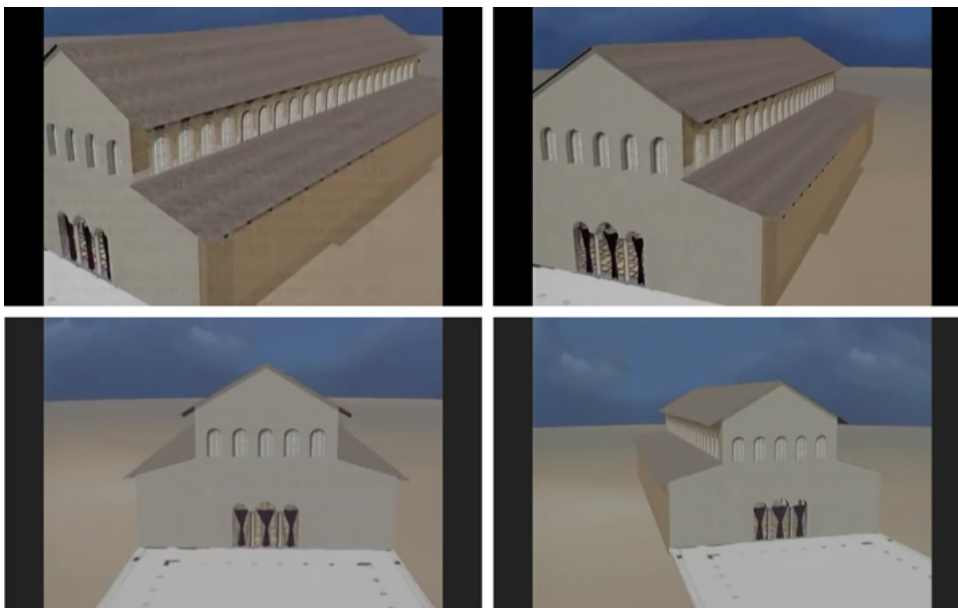
Virtueller Rundgang – Die visuelle Präsentation des 3D-Modells im Video

Nach der Anfangssequenz mit einem Überblick über wichtige Fakten zur Baugeschichte und dem Einblenden des Titels ist erstmals ein Still der digitalen Rekonstruktion der Kirche zu sehen, das einen Schnitt durch das 3D-Modell zeigt [242]. Es visualisiert die Apsis und ihren Umgang im Hintergrund. Im Vordergrund sind unter dem Fußboden des Mittelschiffs und der Seitenschiffe befindliche historische Mauern und weitere Bauteile angedeutet. Der Sprecher erläutert diese Bilder mit der Information, dass im 1. Jahrhundert n. Chr. hier eine römische Villa stand und teils ausgegraben wurde. Er weist zudem auf den möglichen Verantwortlichen für den Bau dieser Kirche hin, Papst Sixtus III. Hierzu wird eine Nahansicht des entsprechenden Eintrags im *Liber Pontificalis* eingeblen-det. Jedoch weist der Sprecher daraufhin, dass das Forscherteam annimmt, Sixtus sei nur für die Dekoration und Weihe der Basilika verantwortlich gewesen.



□ 242
Digitale Rekonstruktion des Umgangs-chors der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom mit archäologischen Funden unter dem Hauptraum, Still aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 0:58, UCLA u. a., 1998–2000.

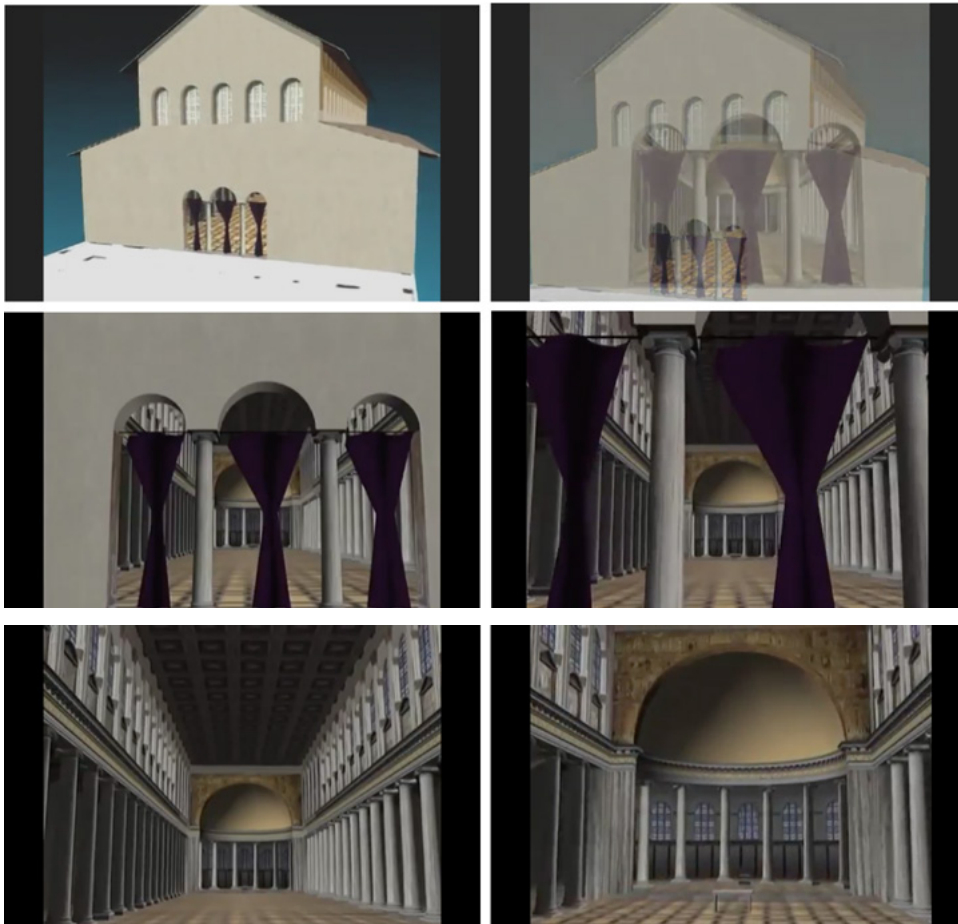
Anschließend erfolgt der erste virtuelle Flug um das Äußere der Basilika, die in ihrem Zustand im 5. Jahrhundert dargestellt ist [243]. Sie wird aus der Vogelperspektive gezeigt, wobei die virtuelle Kamera von der Südseite des Baus zur Westfassade gleitet und erst innehält, als auch die nun stark verkürzte Nordseite im Bild ist.



□ 243
Virtueller Rundflug um die Basilika Santa Maria Maggiore, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 1:21 – 1:36, UCLA u. a., 1998–2000.

Verortet ist die Kirche auf einer nicht näher spezifizierten, beigefarbenen Ebene, die im Hintergrund an einen azurblauen Himmel mit angedeuteten weißen Wolken anschließt. Der städtebauliche Kontext der Basilika wird hier nicht miteinbezogen. Der Sprecher erläutert anhand einer historischen Abbildung zur Fassadengestaltung von St. Peter wie auch Santa Maria Maggiore einst bemalt gewesen sein könnte.

Danach wird der virtuelle Rundgang fortgesetzt mit einer Überblendung zu einem Flug durch den mittleren Bogen des Eingangsportals hinein ins Innere der Kirche [244]. Die virtuelle Kamera bewegt sich mittig auf Augenhöhe eines Betrachters in den Raum fast bis zur Apsis [245]. Diese Strecke wird anhand eines Schnitts etwas verkürzt. Laut dem Sprecher hat sich das Kirchenschiff seit seiner Erbauung im 5. Jahrhundert bis heute kaum verändert. Das hier wiedergegebene Erscheinungsbild entspricht trotzdem nicht ganz dem ursprünglichen Zustand, da nicht ausreichend Quellen dafür vorliegen. Der Raum ist weitgehend ohne Mobiliar ausgestattet visualisiert. Lediglich vor dem Chor befindet sich ein kleiner, den Altar darstellenden Tisch und in der Apsis ein Stuhl, der für den Bischof bestimmt ist. Boden, Wände und sämtliche architektonischen Details sind mit Texturen versehen, die deren Dekor wiedergeben. Der Sprecher weist in der Folge des Videos auf deren Darstellung einzeln hin.



□ 244

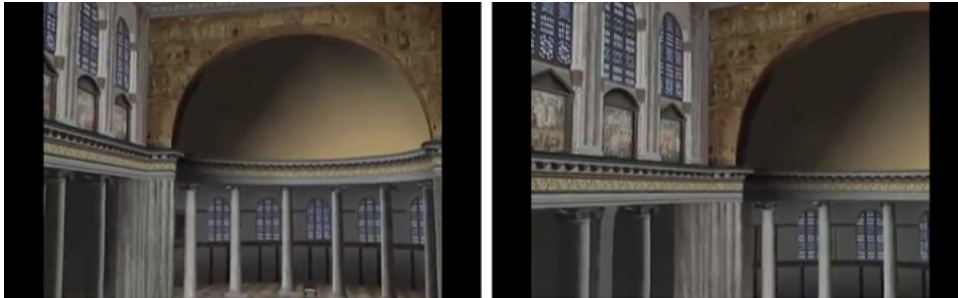
Darstellung der Fassade in der digitalen Rekonstruktion mit Überblendung zum virtuellen Flug durch das Portal ins Innere des Baus, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 1:49 – 2:15, UCLA u. a., 1998–2000.

□ 245

Blick in das Mittelschiff der Kirche (links) und Nahansicht der Apsis mit davor platziertem Altar und Bischofsthron (rechts), Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 2:15 – 2:51, UCLA u. a., 1998–2000.

Nach einem erneuten Schnitt, der der Verkürzung des Wegs zur Apsis dient, schwenkt die virtuelle Kamera nach links oben zum Obergaden [246]. Anschließend erfolgt eine Überblendung zu einer Ansicht des Chors aus der

Froschperspektive. Der Blick der Kamera gleitet nach oben, bis die Kalotte im Bild ist [247]. Gemäß der Intention des Videos, den Zustand der Kirche im 5. Jahrhundert darzustellen, ist das heute in der Apsis befindliche Mosaik, das im späten 13. Jahrhundert gearbeitet wurde, nicht als Textur eingebracht. Jedoch wird eine Fotografie davon gezeigt.



□ 246

Kameraschwenk zum Obergaden, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 2:54 – 3:08, UCLA u. a., 1998–2000.

□ 247

Schwenk zur Kalotte ohne Mosaik (links u. Mitte), Fotografie des heute in der Apsis befindlichen Kunstwerks (rechts), Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 3:09 – 3:29, UCLA u. a., 1998–2000.

Nach einer Überblendung ist der Triumphbogen im Bild, der im 3D-Modell mit einer Textur des heute beinahe noch vollständig erhaltenen Mosaiks besetzt ist [248]. Allerdings ist es relativ unscharf und daher nur andeutungsweise erkennbar. Deutlicher zu sehen sind die danach eingeblendeten Bildfelder des Mosaiks, die in einzelnen Fotografien gezeigt und deren Inhalt vom Sprecher beschrieben wird.



□ 248
Nahansicht des Triumphbogens mit Fototextur des noch heute erhaltenen Mosaiks, Still aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 3:38, UCLA u. a., 1998–2000.

Daran schließt sich eine Überblendung zu einer Ansicht des südlichen Obergadens im 3D-Modell an. Die virtuelle Kamera zoomt an das ganz rechts gelegene Bildfeld heran [249]. Eine Nahaufnahme des Mosaiks erfolgt dann in Form einer Fotografie. Danach bewegt sich die Kamera entlang des nördlichen Obergadens und verhart schließlich vor einem Mosaik [250], das sich daraufhin scheinbar von seinem Platz löst und vergrößert, bis es die komplette Bildfläche ausfüllt. Nachdem der Sprecher die darin dargestellte Szene erläutert hat, fadet die Musik aus.



□ 249
Nahansicht des südlichen Obergadens im 3D-Modell und Fotografie des entsprechenden Mosaikfelds, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 4:09 – 4:22, UCLA u. a., 1998–2000.



□ 250
Schwenk entlang des nördlichen Obergadens von Ost nach West mit Detail von Mosaik zu Moses, der das Volk Israel zum Roten Meer führt, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 4:38 – 4:43, UCLA u. a., 1998–2000.

An diese Sequenz schließt sich mit einer Überblendung der dritte Teil des Videos mit einer anderen Musikuntermalung an, der nur mehr Sequenzen der digitalen 3D-Rekonstruktion zeigt. Aus der Perspektive eines Besuchers ist der Blick auf die Apsis gerichtet ^[251]. Die virtuelle Kamera bewegt sich sogleich nach rechts und fährt in das nördliche Seitenschiff, in dem es wesentlich dunkler ist als im Hauptschiff. Der Sprecher weist sodann explizit daraufhin, dass hier weniger Beleuchtung vorhanden ist. Die Kamera fährt an planen, grauen Wänden entlang bis in den Apsisumgang hinein. Dessen Wand weist eine horizontale und vertikale Gliederung durch dunkle Streifen auf, die jedoch nicht erläutert wird ^[252]. Kurz nach Betreten des Umgangs erfolgt eine Überblendung auf eine Außenansicht der digital rekonstruierten Kirche, die den Teil der Apsis zeigt, der soeben im Inneren durchschritten wurde. Nach einer weiteren Überblendung erscheint wieder die Innenansicht des Umgangs. Der Sprecher weist daraufhin, dass dieser einzigartig ist in römischen Kirchen dieser Zeit und es sich hier um eine hypothetische Rekonstruktion handelt, die auf dem **Liber Pontificalis** sowie Überresten des Fundaments beruht. Währenddessen fährt die virtuelle Kamera den gesamten Umgang ab, bis der Blick in das südliche Seitenschiff frei ist.



□ 251

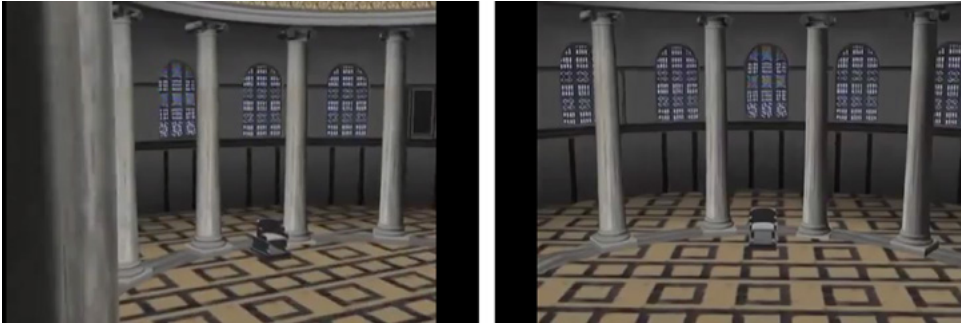
Virtueller Gang vom Hauptschiff in das nördliche Seitenschiff, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 4:52 – 5:01, UCLA u. a., 1998–2000.



□ 252

Virtueller Gang durch den Chorumgang mit dazwischen eingeblen-deter Außenansicht der Apsis, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 5:06 – 5:12, UCLA u. a., 1998–2000.

Es folgt eine Sequenz, die die Sicht von der Kolonnade in Richtung Apsis zeigt, sodass der dort befindliche Stuhl nun im Bildmittelpunkt ist [253](#). Die virtuelle Kamera bewegt sich von einem fiktiven, erhöhten Standpunkt aus in einem Bogen um ihn herum. Der Sprecher erläutert, dass der Chorumgang zum Schiff hin geöffnet war. Dies ist in der digitalen Rekonstruktion anhand einer Kombination von Säulenkolonnaden und Architraven wiedergegeben.



□ 253

Virtueller Gang vom südlichen Seitenschiff zum Bischofsthron mit Blick in den offenen Apsisumgang, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 5:41 – 5:44, UCLA u. a., 1998–2000.

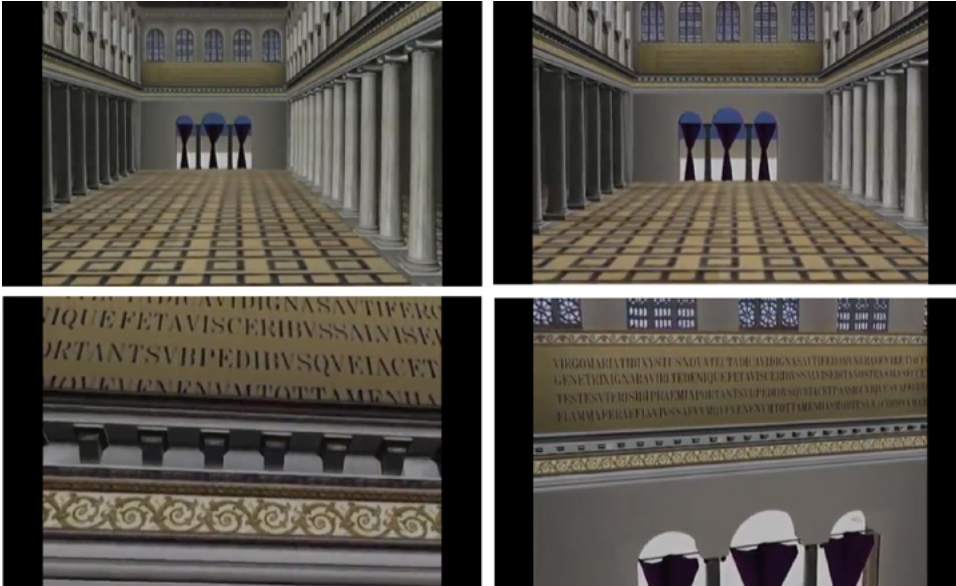
Mit einer Überblendung schließt sich daran ein virtueller Flug durch das nördliche Seitenschiff mit Blick in den Hauptraum an. In leicht wellenförmigen Bewegungen gleitet die Kamera etwa auf Höhe des unteren Säulenschafts vorüber [254](#). Aus dieser Perspektive sind die Mosaik des gegenüberliegenden Obergadens im Bild.



□ 254

Virtueller Gang entlang der Säulenschäfte des nördlichen Seitenschiffs mit Blick in den Hauptraum, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 5:55 – 5:59, UCLA u. a., 1998–2000.

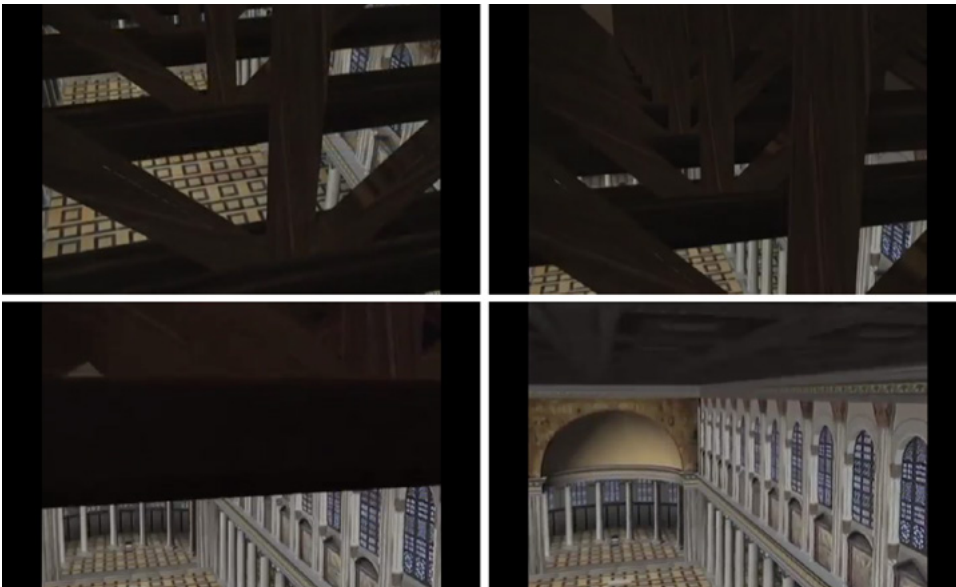
Es folgt eine Überblendung zu einer Ansicht des Hauptschiffs, wobei der Blick auf das Eingangsportal gerichtet ist. Nach einem kurzen Moment des Verharrens, bewegt sich die virtuelle Kamera nach vorne. Der Sprecher weist auf eine Inschrift hin, die über dem Portal angebracht war und hier in der digitalen Rekonstruktion simuliert ist. Eine Nahaufnahme zeigt zunächst einen Ausschnitt des Texts. Die Kamera zoomt daraufhin aus dieser Aufnahme heraus, bis der gesamte Textblock zu sehen ist [255](#). Die heute nicht mehr erhaltene Inschrift war als Mosaik gearbeitet und erzählt davon, dass Papst Sixtus III. die Kirche der Heiligen Maria weihen ließ.



□ 255

Blick zum Portal und Nahansicht der darüber rekonstruierten Inschrift, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 6:06 – 6:33, UCLA u. a., 1998–2000.

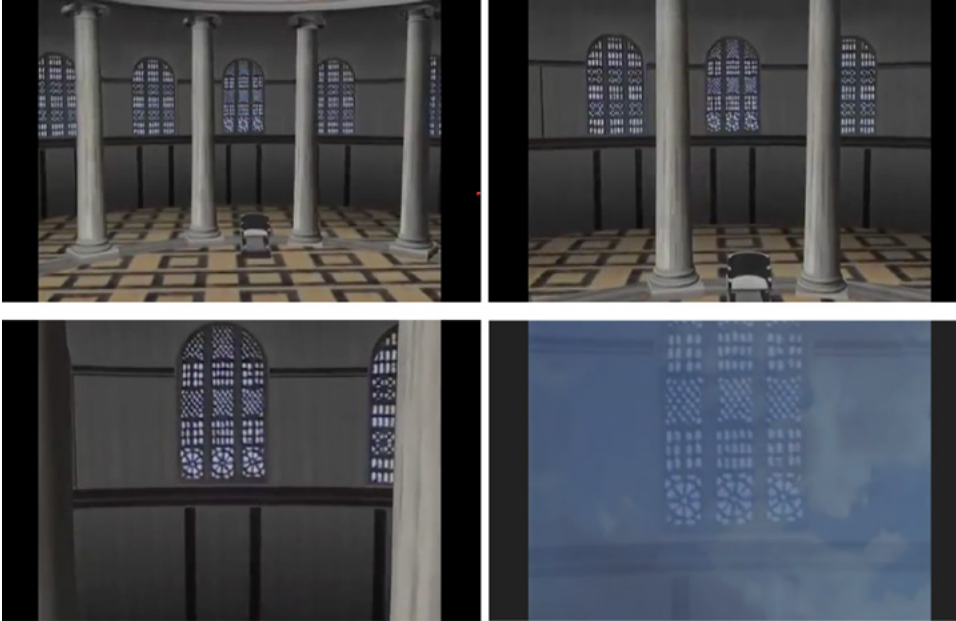
Nach einer Überblendung ist erstmals das Gebälk über dem Mittelschiff zu sehen, was einen extremen Kontrast zu den zuvor gezeigten Perspektiven darstellt, denn nun hat die virtuelle Kamera eine Position zwischen den dunkelbraunen Balken hoch über dem Kirchenraum eingenommen ^[256]. Sodann sinkt sie mit Blick zur Apsis in ihn hinab. Hierauf folgt mit einer Überblendung eingeleitet wieder eine Sequenz, in der die Kamera an den Säulen des nördlichen Seitenschiffs vorbeigleitet, diesmal jedoch in entgegengesetzter Richtung.



□ 256

Virtueller Flug vom Gebälk in das Hauptschiff hinab, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 6:37 – 6:51, UCLA u. a., 1998–2000.

Abschließend ist eine Szene zu sehen, in der die virtuelle Kamera frontal zur Apsis ausgerichtet ist und über den Stuhl hinweg zwischen den mittleren Säulen des Chors hindurch in den Umgang gleitet und auf das dahinterliegende Fenster zusteuert ^[257]. Hierauf beginnt der vierte Teil mit einer Überblendung zu einem Bild mit weißen Wolken vor blauem Himmel. Es bildet den Hintergrund für den in gelber Schrift gehaltenen Abspann, der nun von unten nach oben durch das Bild läuft.



□ 257

Virtueller Flug über den Bischofsstuhl hinweg und Überblendung zum Schlussbild, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 7:09 – 7:22, UCLA u. a., 1998–2000.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Verwendung von Farben und Texturen

Die Darstellung des Äußeren und des Inneren der Basilika unterscheidet sich stark in Hinblick der verwendeten Texturen. So weist die Fassade keine spezifischen Texturen auf, lediglich einheitliche Farbfleichen. Denn für ihre Erscheinungsweise liegen keine Quellen vor. **1023** So ist die Fassade komplett in Grau gehalten, die Wände der Nord- und Südseite im Erdgeschoss sind braun gefärbt. Zwar gibt es Vermutungen über eine Bilddekoration der Fassade, jedoch werden diese hier nicht visualisiert. Diese Entscheidung geht auf eines der Prinzipien von Frischer et al. zurück:

»We have always been very hesitant to restore missing elements on the basis of pure imagination. We rather use words to flag an area of a reconstruction [...] and to inform the user that there was data missing. It is not that the façade was grey, it was missing data that we have absolutely no information about.« **1024**

Sowohl das Dach des Mittelschiffs als auch die Dächer der Seitenschiffe weisen eine Textur mit schemenhaftem Muster in grau-braunen Tönen auf. Damit hebt sich die Kirche von seiner an Sand erinnernden Umgebung nicht sehr stark ab, jedoch von dem in kräftigem Azurblau erscheinenden Himmel. Dieser weist angedeutete weiße Wolken auf und schließt unmittelbar an die Horizontlinie an. Darüber hinaus ist der Raum um die Kirche nicht weiter spezifiziert, weder durch Geländemarkierungen noch durch weitere Bauwerke. In einzelnen Einstellungen ist sogar der braun gefärbte Boden um die Basilika nicht eingeblendet. Stattdessen umgibt sie dann nur ein dunkelblauer Himmel, der zum oberen Bildrand hin in Schwarz übergeht.

■ 1023

Vgl. [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit [Bernard Frischer](#), [Frage 3](#).

■ 1024

Ebd.

■ 1025

Zur Verwendung von Texturen vgl.
Frischer et al. 2000, S. 158.

Im Inneren der digital rekonstruierten Basilika finden sich dagegen einige Texturen: Die Mosaik im Obergaden des Hauptschiffs wurden anhand von digitalisierten großformatigen Farbdias von 18 auf 25 Zentimeter als Texturen in das 3D-Modell integriert. **1025** Zur Verfügung gestellt wurden sie von den für die Basilika zuständigen Behörden in Rom. Weitere Materialien sowie architektonische Details fotografierte Dean Abernathy bei seinen Besuchen vor Ort. So konnten mittels hochaufgelöster digitaler Fotografien auch Texturen für marmorne Oberflächen, Mauerwerk, Deckentragwerk und Säulen erstellt werden.

Das Erscheinungsbild des Fußbodens ist wie zuvor bereits beschrieben dem konstantinischen Fußbodenbelag der Kirche S. Giovanni in Laterano nachempfunden. Hierfür wurde keine Fototextur verwendet, sondern eigens ein Muster computertechnisch erstellt. Allerdings weist dieses eine relativ kräftige Farbgebung auf, die die Wirkung des Innenraums maßgeblich mitbestimmt **239**. Zwar fügen sich die Farben der Platten harmonisch in das Gesamtkonzept ein, jedoch wäre es angemessen gewesen, die hier dargestellte Hypothese zur Gestaltung des frühchristlichen Fußbodens entsprechend zurückhaltender einzufärben – entsprechend den Grundsätzen, die Frischer in dem zuvor wiedergegebenen Zitat anführte. Denn so dominieren die dunklen Umrandungen der Platten das Bild des Inneren der Kirche und vermitteln zu Unrecht den Eindruck gesicherten Wissens. Davon abgesehen wirkt das Farbkonzept der 3D-Visualisierung sehr harmonisch. Insgesamt scheint die Darstellung des Äußeren und des Inneren farblich aufeinander abgestimmt zu sein.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Die Integration von Texturen hängt eng mit der im 3D-Modell wiedergegebenen Detailgenauigkeit und Visualisierung von Hypothesen zusammen, wie im Folgenden gezeigt wird. Im Film zur 3D-Rekonstruktion der Basilika werden sämtliche historische Quellen, die für die digitale Rekonstruktion verwendet wurden, erwähnt beziehungsweise auch bildlich wiedergegeben: archäologische Überreste, renaissancezeitliche Zeichnungen, vergleichbare römische Basiliken aus der gleichen Zeit sowie historische Texte. So werden beispielsweise in einer Visualisierung des 3D-Modells die Grabungsbefunde dargestellt, die unter dem östlichen Teil des Hauptschiffs und der Nebenschiffe liegen. Denn die Ergebnisse der Ausgrabungen fanden auch Eingang in die digitale Rekonstruktion. Ein Foto eines Teils der Ausgrabungsstätte dient hier als zusätzlicher Beleg für die vorliegenden Forschungen zur Baugeschichte der Kirche **258**.



□ 258

Ausgrabungsstätte (links), 3D-Modell mit Visualisierung der Grabungsbefunde im Vordergrund (rechts), Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 0:55 – 1:01, UCLA u. a., 1998–2000.

Im 3D-Modell werden mehrere Hypothesen der Forschergruppe auf unterschiedliche Weise visualisiert. Beispielsweise wird die Fassade, deren

Gestaltung nicht bekannt ist, in der digitalen Rekonstruktion als plane graue Fläche dargestellt, ohne jeglichen Schmuck auch nur schemenhaft anzudeuten. Lediglich fünf Rundbogenfenster auf Höhe des Obergadens sind zu sehen, die mit in heller Farbe und nicht genauer spezifizierten Glasflächen ausgestattet sind. Gemäß dem von Frischer dargelegten Prinzip, Vermutungen verbal zu untermauern, weist der Sprecher darauf hin, dass die Fassade in Realität sicherlich nicht schmucklos, sondern wie bei anderen Kirchen dieser Zeit in Rom reich bemalt war. Zur Veranschaulichung dieser Hypothese wird eine historische Abbildung zur farblichen Gestaltung von St. Peter eingeblendet ^[259].



□ 259

Visualisierung der schmucklosen Fassade der Basilika Santa Maria Maggiore in der digitalen Rekonstruktion (links), historische Zeichnung der Fassade von Nicolaus van Aelst, 1600 (Mitte), historisches Gemälde der Fassade von St. Peter (rechts), Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 1:31 – 1:54, UCLA u. a., 1998–2000.

Anders verhält es sich – wie zuvor bereits angesprochen – mit dem von Säulenkolonnaden umgebenen Atrium, das sich möglicherweise vor dem Eingang von Santa Maria Maggiore befunden hat. Ein entsprechender in Schwarz-Weiß gehaltener Grundriss ist hierzu vor dem Portal am Boden eingeblendet ^[243]. Er ist als zweidimensionales Objekt eingebettet, ohne plastisch aus ihm hervortretende Säulen oder Mauern. Diese Optik bildet einen starken Gegensatz zur Darstellungsweise des Gebäudes, das dreidimensional modelliert und in einer Landschaft positioniert ist. Zudem sind der Bau und seine Umgebung mit Texturen versehen. Dies verdeutlicht, dass es sich bei dem Grundriss des Atriums nur um eine Annahme handelt, was der Kommentar des Sprechers auch verbal unterstreicht.

Bei folgender Sequenz handelt es sich ebenfalls um eine Hypothese, die im Film jedoch weder verbal noch visuell thematisiert wird: Das Portal ist hier anhand eines Durchgangs mit drei Bögen, die auf zwei schlanken Säulen ruhen, dargestellt ^[244]. Unter jedem Bogen ist je ein Vorhang installiert, der in der Mitte zusammengebunden ist und so den Blick in das Innere der Kirche freigibt, wobei der Sprecher im Video nicht näher auf die Vorhänge eingeht. Jedoch gab es während der digitalen Rekonstruktion dieses Details Diskussionen im Forscherteam über die Gestaltung des Portals. Die These zu einem offenen Eingang mit drei Interkolumnien geht auf Sible De Blaauw zurück. ¹⁰²⁶ Er hatte diese als wahrscheinlichste Rekonstruktion in seiner Publikation von 1994 vorgeschlagen, da auch andere Kirchen dieses Charakteristikum aufweisen. Im Video erfolgt jedoch kein Hinweis auf diese Hypothese. An dieser Stelle hätte man auch beide

■ 1026

Zur These des Kunsthistorikers vgl.: De Blaauw 1994, S. 348.

Möglichkeiten nacheinander einblenden und entsprechend kommentieren können, um die Hintergründe der Rekonstruktion zu erläutern. Denn eine solche visuelle Gegenüberstellung wurde sogar im Erstellungsprozess des 3D-Modells generiert [241]. Die Beweggründe, die zu der im Video zu sehenden Darstellung geführt haben, erläutert Bernard Frischer folgendermaßen:

»[...]the video was aimed at an exhibition for the general public so we did not want to burden them with the uncertainty. Also the storyboard for that video came from the Vatican and so we just read out what they wanted for the Aurea Roma exhibition. [...] After the London Charter and the Seville Charter we probably would have shown both versions and mentioned the fact that there is uncertainty about that.« [1027]

■ 1027

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 1.

Im Inneren der Kirche werden verschiedene Details, zu denen nicht genügend Quellen vorliegen, nicht visualisiert oder nur angedeutet. So sind beispielsweise die exakte Position sowie die Ausgestaltung von Altar und Bischofsthron nicht bekannt, auch ob es weiteres Mobiliar im Kirchenschiff gab ist nicht sicher. In der Rekonstruktion sind daher nur der Stuhl in der Apsis sowie ein einfacher Tisch, der den Altar andeuten soll, ohne jegliche Details dargestellt [253] [254]. Der Sprecher weist explizit auf die ehemalige Ausstattung der Kirche mit wertvollen Kandelabern aus Metall hin, die auf Papst Sixtus III. zurückgehen. Hierzu wird auch eine entsprechende Passage aus dem *Liber Pontificalis* einblendet. Allerdings sind in der 3D-Rekonstruktion keine derartigen Kerzenleuchter visualisiert. Im Video gibt es keinen Hinweis darauf, warum dieses Detail zwar erwähnt aber nicht modelliert wurde.

Da sich der ursprüngliche Fußboden nicht erhalten hat, wurde im 3D-Modell eine Textur verwendet, die auf dem historischen Bodenbelag der Kirche S. Giovanni in Laterano basiert. Wie bereits zuvor thematisiert geht die farbliche Gestaltung des Fußbodens auf archäologische Ausgrabungen der 1930er-Jahre in der Lateranbasilika zurück. Die Auswahl des letztendlichen Farbtöns und seiner Intensität für die Wiedergabe der Bodenplatten im 3D-Modell beruht wohl auf der Meinung der an der Rekonstruktion beteiligten Experten und entspricht damit einer Interpretation der historischen Quellen.

Noch heute existierende Elemente der Ausstattung der Kirche werden im 3D-Modell visualisiert: Nahaufnahmen des Obergadens zeigen beispielsweise die bis heute erhaltenen Mosaik aus dem 5. Jahrhundert. Die einzelnen Bildfelder sind als Foto-Texturen eingefügt und relativ gut erkennbar, sobald die virtuelle Kamera heranzoomt. Die darüber befindlichen Glasfenster wurden auf Basis von noch existierenden Überresten mit den sie einrahmenden Pilastern und Säulen visualisiert. Die einzelnen Segmente der Fensterscheiben weisen einfache geometrische Muster auf, erscheinen gleichsam als grafische Elemente, die jedoch nur aufgrund ihrer Form und ihres Aufbaus an Fenster erinnern. Denn sie scheinen kein Tageslicht durchzulassen. Als Textur wird ebenso das Mosaik auf dem Triumphbogen, das sich fast komplett erhalten hat, in das 3D-Modell integriert [248]. Leider verschwimmen die Farbtöne dieser Textur zu einer Fläche in Brauntönen, sodass das Kunstwerk nur zu erraten ist.

■ 1028

Beispielsweise bezieht die von Maria Andalaro et al. im Jahr 2004 publizierte digitale Rekonstruktion eben jene Hypothese zur Gestaltung der Apsiskalotte mit Mosaik visuell mit ein, vgl. Andalaro 2006, S. 275, Abb. I. Auf die digitale Rekonstruktion von Andalaro et al. wird in einem späteren Abschnitt des Kapitels eingegangen.

■ 1029

Vgl. Friedrichs 2015, S. 163–165.

■ 1030

Vgl. Frischer et al. 2000, S. 156.

Hingegen ist die Dekoration der Kalotte der ursprünglichen Apsis nicht überliefert. Dementsprechend ist sie im 3D-Modell in einem einheitlichen Branton gefärbt, ohne jegliche gestalterische Andeutungen [247]. So ist visuell eindeutig zu erkennen, dass für die Ausgestaltung dieser Stelle entsprechende Quellen nicht vorlagen. Jedoch existieren in der Forschung Vermutungen über die Gestaltung des frühchristlichen Mosaiks. [1028] So hat sich dort möglicherweise eine Darstellung von Maria mit dem Christuskind befunden. [1029]

Auf die Besonderheit der Darstellung des Chorumgangs, die auf der These von De Blaauw basiert, wird im Video nur knapp hingewiesen. So erläutert der Sprecher lediglich, dass aufgrund von Aussagen im *Liber Pontificalis* als auch von Grabungsergebnissen ein Umgang rekonstruiert wurde. In der Forschung handelt es sich hierbei um eine stark diskutierte Hypothese, die keineswegs von allen Wissenschaftlern akzeptiert wird. So zeigt beispielsweise ein anderes Forschungsprojekt wenige Jahre nach Frischer et al. keinen Apsisumgang im 3D-Modell der Kirche, wie an späterer Stelle noch ausführlich dargestellt wird. Das Video relativiert somit die Prägnanz der Darstellung. Im Hinblick auf Frischers zuvor erwähntes Anliegen, das Museumspublikum nicht zu stark mit Hypothesen zu belasten, ist dies nachvollziehbar – auch wenn es sich hierbei um eine Gratwanderung handelt. Für die Fachwelt wird die komplexe Thematik in der Publikation zum 3D-Projekt allerdings genau erläutert. [1030]

Ohne Dekoration wird die Innenseite der Eingangswand im 3D-Modell visualisiert, obwohl sich dort ursprünglich ein Mosaik mit Inschrift befand, das über eine Quelle aus dem 16. Jahrhundert überliefert ist [255]. Aufgrund dieser wenigen Anhaltspunkte entschlossen sich Frischer et al. wohl dazu, keine hypothetische Dekoration in die Rekonstruktion einzufügen. Sie zeigen lediglich die Inschrift auf goldenem Grund.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten

Bei der Darstellung des Außenraums der Basilika Santa Maria Maggiore ist keine eindeutige Lichtquelle erkennbar [243]. Vielmehr erscheinen sämtliche Elemente des Baus in der gleichen Helligkeit. Lediglich ein schmaler schattiger Streifen unterhalb des überstehenden Dachs des Mittelschiffs sowie der Seitenschiffe ist zu erkennen. Dieser ließe auf eine sich senkrecht über dem Gebäude befindende Lichtquelle schließen. Die plane Umgebung erscheint im Hintergrund etwas dunkler als in unmittelbarer Nähe zur Kirche. Somit wirkt die Beleuchtung relativ neutral, ohne eindeutig eine bestimmte Tageszeit wiederzugeben. Einzig in einer Nahansicht der Westfassade erscheint der Himmel am oberen Bildrand tiefschwarz und geht in Richtung Boden in ein intensives Türkis über, wodurch der Eindruck eines Nachthimmels evoziert wird [244]. Irritierenderweise bleibt die Farbigkeit der Kirche jedoch genauso hell wie zuvor beschrieben, was der Assoziation von Nacht widerspricht.

Im Inneren der Kirche weisen die Fenster im Obergaden sowie in der Apsis keine Spiegelungen oder Lichtreflexe auf, die Glasscheiben wirken opak [246]. Obwohl keine Sonnenstrahlen oder sonstigen Lichteffekte simuliert wurden, sind im 3D-Modell eindeutig Schatten dargestellt. Tageslicht scheint demnach durch die Fenster des südlichen Obergadens zu strömen, denn die Kolonnade darunter liegt im Schatten, während die Säulen an der gegenüberlie-

genden Seite hell erstrahlen ^[245]. In entsprechender Weise ist auch ein Schlag-
schatten in der Kuppel der Apsis auf der linken Seite angebracht. Die Dekoration
der Kassettendecke liegt in tiefem Schatten und ist daher kaum zu erkennen.

Die technischen Möglichkeiten der Lichtsimulation zur visuellen Gestal-
tung und Inszenierung der Kirche wurden in dieser digitalen Rekonstruktion
nicht ausgeschöpft. Dies steht beispielsweise dem vorher analysierten Projekt
zur Rekonstruktion eines spätgotischen Kirchenchors von 1992 konträr entge-
gen, in dem sämtliche damals technisch durchführbaren Lichtsimulationen
(punktuelle Beleuchtung, Dämmerung, Nachtstimmung) im 3D-Modell umge-
setzt wurden. ^[1031] Vor diesem Hintergrund ist die Präsentation der Basilika zwar
technisch simpler erstellt, bietet demgegenüber aber einen objektiveren Blick
auf das Bauwerk.

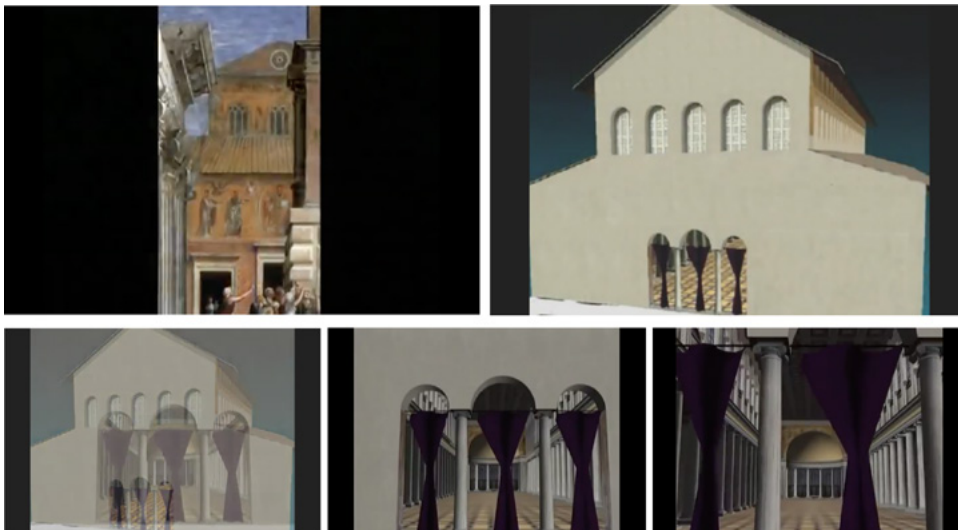
■ 1031

Vgl. Kapitel 4.2 (→ 193).

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität und Raum- eindruck

Im Film finden sich sowohl Einstellungen, die das Gebäude und architek-
tonische Details plastisch wirken lassen, aber auch solche, die dieser Wirkung
entgegenstehen. Das Äußere der digital rekonstruierten Basilika erscheint inso-
fern als räumliches Objekt, als eine virtuelle Kamerafahrt von der Nordseite über
das Portal im Osten hin zur Südseite um den Bau herumgleitet. Allerdings erfolgt
hier zu Anfang des Films kein kompletter Rundgang um die Kirche. Andere Be-
zugspunkte, wie Nachbargebäude, sind nicht visualisiert, wodurch ein Größen-
vergleich des Gotteshauses mit anderen Bauten nicht möglich ist. Eine stadt-
räumliche Einordnung erfolgt hier nicht.

Einzelne Standbilder des 3D-Modells mindern etwas das räumliche
Erlebnis des Betrachters. So wird beispielsweise, nachdem die Vermutungen
zur Fassadengestaltung erläutert worden sind, ein Standbild des Äußeren der
Basilika gezeigt mit einem schrägen Blickwinkel aus Nordosten. Hieran schließt
sich ein Schnitt auf eine Sequenz an, die eine Kamerafahrt durch das Portal
hinein in das Innere umfasst ^[260]. Hätte statt des Schnitts die Kamerafahrt
sogleich an die Perspektive angeschlossen, hätte dies die Visualisierung des
Äußeren mit der des Innenraums verbunden und die Kirche dreidimensionaler
erscheinen lassen.



□ 260

Zwei nacheinander eingeblendete
Standbilder (oben) und daran mit einer
Überblendung anschließende Kame-
rafahrt zum Kirchenportal (unten), Stills aus
dem Film »The Basilica of Santa Maria
Maggiore. The Virtual Reconstruction of a
Gem of Christian Art and Architecture of
the Fifth Century A. D.«, Min. 1:54 – 2:11,
UCLA u. a., 1998–2000.

Die Kamerafahrt durch das Portal für sich genommen lässt allerdings die digital rekonstruierte Basilika räumlich wirken, nicht zuletzt auch durch die plastisch modellierten Säulen und den Vorhang. Insbesondere die Dimensionen des Innenraums kommen in der Visualisierung gut zur Geltung. In verschiedenen Sequenzen gleitet die Kamera beispielsweise durch das Hauptschiff vom Portal zum Triumphbogen (Min. 02:03 – 02:30; Min. 02:40 – 03:07) beziehungsweise in entgegengesetzter Richtung (Min. 06:12 – 06:20), bewegt sich vom Hauptschiff in das rechte Seitenschiff hinein (ab Min. 04:45), fährt das Seitenschiff entlang Richtung Apsis (ab Min. 04:55) und folgt dem Umgang (Min. 05:04 – 05:27). Auch die Kamerafahrt durch eines der Seitenschiffe mit Blick in das Hauptschiff (Min. 5:54 – 06:02) erzeugt einen räumlichen Eindruck, wobei die scheinbar endlose, vorbeigleitende Säulenkolonnade die Länge des Kirchenbaus zusätzlich betont. Auch die Wahl der Perspektive trägt zu einem räumlichen Eindruck bei. So schwenkt die virtuelle Kamera beinahe von Bodenniveau hinauf in die Apsiskuppel (Min. 03:09 – 03:14) ^[261]. Die Höhe des Innenraums wird auch verdeutlicht, als sich die Kamera mitten im Gebälk des Hauptschiffs befindet und den Blick freigibt auf Teile des Fußbodens und der Seitenwand, bis sie zwischen den Balken hindurch nach unten taucht ^[256].



□ 261

Vertikaler Keraschwenk, Stills aus dem Film »The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.«, Min. 3:09 – 3:14, UCLA u. a., 1998–2000.

Einzelne architektonische Details sind nicht als räumliche Objekte modelliert, sondern nur als zweidimensionale Texturen angelegt. Dies ist beispielsweise im Obergaden zu beobachten: Die grau gefärbten Pilaster zwischen den Mosaikfeldern erscheinen flach. Da ihre farbliche Gestaltung relativ unscharf ist und sie nicht dreidimensional rekonstruiert sind, ist im Video nicht eindeutig erkennbar, ob es sich hier um Halbsäulen handelt ^[246]. Auch die unmittelbar zu beiden Seiten der Pilaster angrenzenden, gedrehten schmalen Halbsäulen in hellem Grauton sind nicht plastisch modelliert. Sie scheinen als Texturen flächig aufgesetzt zu sein.

Die Perspektiven, aus denen die virtuelle Kamera das Gebäude wiedergibt, wechseln sehr stark ab zwischen Frosch- und Vogelperspektive beziehungsweise Augenhöhe und »Flügen durch die Luft«. Dadurch, dass sämtliche Sequenzen, in denen die Kirche virtuell durchschritten wird, nicht aus der Perspektive eines Besuchers erfolgen, fällt es schwer, die Größendimensionen des Baus auf die Proportionen des Menschen zu beziehen, zumal auch keine Staffagefiguren einbezogen wurden. So erscheint zwar die Höhe des Innenraums der Kirche groß zu sein, aber wie groß im Verhältnis zu einem Mensch ist schwer nachvollziehbar.

Zwischenfazit der Analyse und Ausblick

Der digitalen Rekonstruktion wurde in dem knapp neunminütigen Film viel Raum gegeben. So umfasst sie insgesamt eine Länge von 4:40 Min., also die Hälfte des Videos. Dadurch, dass sie auch an dessen Ende steht erhält sie zusätzlich an Aussagekraft.

In der Forschung gibt es zu verschiedenen architektonischen Details unterschiedliche Hypothesen. Frischer et al. haben sich im Rahmen ihrer Rekonstruktion jeweils für eine These entschieden und diese im Video meist auch begründet. Alternative Theorien werden darin nicht erwähnt. Diese Diskussion fand unter den an der Rekonstruktion mitarbeitenden Experten im Vorfeld statt und wurde nicht visuell oder verbal in das Video integriert – beispielsweise im Falle der Gestaltung des Eingangsportals. Das vorliegende 3D-Modell stellt damit eine Gesamt-Hypothese dar. Dadurch, dass im Video keine alternativen Vermutungen geäußert werden, lädt es nicht unmittelbar zur Diskussion über die Ausformung einzelner Details ein. Vielmehr zeigt es sich als in sich geschlossene Einheit.

Der Film eröffnet dem Besucher die Möglichkeit die Mosaik des Obergadens und des Triumphbogens in der Nahansicht zu betrachten. Denn der virtuelle Flug zeigt Details, die ein Besucher der Kirche ansonsten nicht sehen kann, da sie sich hoch oben im Kirchenschiff befinden. Der Wechsel der Perspektiven bringt zwar auch eine gewisse Unruhe in den Film, jedoch eröffnet dies auch neue und unterschiedliche Blickwinkel auf architektonische Details und Gegebenheiten, die ein physischer Besuch vor Ort nicht bietet.

Im Rückblick auf das 1998 bis 2000 realisierte 3D-Modell der Basilika schlägt Sible De Blaauw 2015 vor, in einer aktualisierten Version der digitalen Rekonstruktion mehrere Bauphasen zu zeigen. **1032** So könnten die einzelnen Abschnitte der Baugeschichte besser verstanden und in 4D visualisiert werden. Hierzu wäre es allerdings notwendig einerseits die archäologische und geologische Situation außerhalb der heutigen Apsis zu untersuchen. Andererseits müsste auch der Frage nachgegangen werden, welches Verhältnis zwischen mittelalterlichen Überformungen und zuvor bestandenen Baufragmenten besteht. Diese Vorschläge wären in der Tat eine gewinnbringende inhaltliche Erweiterung des Projekts und hätten in Verbindung mit der Erstellung eines aktualisierten 3D-Modells das Potential neue Erkenntnisse über die Baugeschichte zu generieren. Bislang wurden diese Ideen aber noch nicht umgesetzt.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit des 3D-Projekts damals und heute

Das Video, das auf der Ausstellung **Aurea Roma** im Jahr 2000 präsentiert wurde, ist auf **YouTube** sowie **Vimeo** seit 2010 online zugänglich. **1033** Zudem ist es bis heute im Museum der Basilika zu sehen.

Um das Jahr 2000 wurde im Rahmen des Projekts eine CD-Rom erstellt, die viele Hintergrundinformationen beinhaltet. **1034** Sie bot Details zur Baugeschichte, Bibliografie, Abbildungen von früheren zeichnerischen Rekonstruktionen und Mosaiken, eine Online-Version des Aufsatzes von Frischer et al. 2000 mit Farbabbildungen sowie ein 30-sekündiges Video. Heute ist der Inhalt dieser CD-Rom weitgehend über eine Webseite des **CVRLab** zugänglich. Jedoch funktionieren die Verlinkungen auf das Video sowie die Fotos inzwischen nicht mehr.

■ 1032

Zu Sible De Blaauws Vorschlägen vgl.: De Blaauw 2015.

■ 1033

Vgl. Videos zum Rekonstruktionsprojekt aus dem Jahr 2000 auf den Videoplattformen »YouTube«: <https://www.youtube.com/watch?v=ciTZ-q8beKhA> u. »Vimeo«: <https://vimeo.com/9408030>.

■ 1034

Diese CD-Rom war nicht käuflich zu erwerben, erläuterte Bernard Frischer am Rande des Interviews am 10.08.2017. Für weitere Informationen zur CD-Rom vgl. Webseite des »CVRLab« der University of California, Los Angeles, die deren Inhalt abbildet, aber nur noch über die Wayback Machine des Internet Archive zugänglich ist unter: <https://web.archive.org/web/20180710013100/http://www.cvrlab.org/humnet/index.html> (letzte Version vom 10. Juli 2018).

■ 1035

Vgl. Webseite des Rekonstruktionsprojekts der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom im Rahmen des »CVRLab« an der UCLA, die nicht mehr existiert und nur noch über die »Wayback Machine« des »Internet Archive« zugänglich ist unter: https://web.archive.org/web/20180709220528/http://www.cvrlab.org/projects/real_time/santa_maria_maggiore/santa_maria_maggiore.html (letzte Version vom 02. Juli 2018). Auch für die im Folgenden genannten Informationen zur Webseite vgl. ebd.

■ 1036

Informationen zum 3D-Modell von Rom nennt Frischer im Interview: [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 5](#).

■ 1037

Für Informationen zu Sible De Blaauw Vortrag vgl.: De Blaauw 2015.

■ 1038

Vgl. Friedrichs 2015, insbes. S. 155 u. S. 156, Anm. 1218.

■ 1039

Vgl. Ebd., S. 321, Abb. 24. Die darin gezeigte Abbildung entspricht folgender Abbildung: Frischer et al. 2000, S. 159, Abb. 4.

■ 1040

Vgl. Friedrichs 2015, S. 321, Abb. 24.

Zwei Jahre später wurde auf der Webseite des CVRLab eine kurze Übersicht über das Rekonstruktionsprojekt zur Basilika Santa Maria Maggiore sowie Eckdaten zu deren Baugeschichte veröffentlicht. ¹⁰³⁵ Hier sind die Grundinformationen zum Rahmen der Arbeit und den daran beteiligten Personen in einer Tabelle aufgeführt. Zudem werden vier Ansichten des 3D-Modells präsentiert, die Details des Innenraums der digital rekonstruierten Kirche sowie eine Außenansicht zeigen. Allerdings weist letztere eine frühe Version der Visualisierung des Atriums auf, die nicht dem finalen 3D-Modell entspricht ^[240]. Auf der Webseite ist kein Hinweis hierauf zu finden.

Das 3D-Modell der Basilika Santa Maria Maggiore wurde nach seiner Erstellung nicht in das Projekt **Rome Reborn** integriert, in dessen Rahmen es entstand. Dies hat verschiedene Gründe: zum einen wurde die erste Version von **Rome Reborn** erst 2007 veröffentlicht, zum anderen zeigt es Rom im Jahr 320 n. Chr. ¹⁰³⁶ Dementsprechend müsste ein komplett neues 3D-Modell von Rom erarbeitet werden, das die Zeit der Entstehung der Basilika umfasst. Dafür fehlt bislang jedoch die nötige finanzielle Unterstützung sowie ausreichend Zeit, wie Bernard Frischer bedauert, der eine solche Rekonstruktion in der Zukunft realisieren würde.

Über 15 Jahre nach Beginn der 3D-Modellierung der Basilika stellte Sible De Blaauw dieses Projekt 2015 in den Fokus seines Vortrags **Anomalous architecture: the case of Santa Maria Maggiore, Rome**. ¹⁰³⁷ Im Rahmen des Workshops **Digitizing Visual Memories in Architecture: Rome and Amsterdam** am Netherlands Institute for Advanced Study (NIAS) in Wassenaar, Niederlande, erläuterte er rückblickend, dass seiner Meinung nach das 3D-Modell wissenschaftlich immer noch auf dem neuesten Stand sei. Zudem seien seines Wissens nach bis heute der Frage, ob die Apsis einen Umgang aufwies oder nicht, kaum neue Argumente hinzugefügt worden.

Demnach bleibt abzuwarten, wie sich die Diskussion um die hier genannte Frage und weitere Vermutungen um die Baugeschichte der Basilika in Zukunft weiterentwickeln und welche Rolle dabei das hier detailliert analysierte 3D-Modell einnehmen wird. Denn bislang wurde das Projekt in wissenschaftlichen Publikationen wenig rezipiert.

Ein Beispiel, in dem es zumindest am Rande erwähnt wird, findet sich in einer der jüngsten Arbeiten über die frühchristliche Architektur der Kirche, der 2015 veröffentlichten Dissertation der Kunsthistorikerin Kristina Friedrichs. Darin werden die von De Blaauw geäußerten Hypothesen insbesondere zum Apsisumgang anerkannt. Als Referenz verweist Friedrichs auf die visuelle Darstellung im hier analysierten 3D-Modell, das unter Mitarbeit von De Blaauw entstand. ¹⁰³⁸ Allerdings geht sie nicht darauf ein, dass es sich hierbei um eine digitale Rekonstruktion handelt. Auch deren Entstehungskontext und die Mitwirkung von Experten unterschiedlicher Disziplinen thematisiert sie nicht. Die Abbildung, die Friedrichs von der digital rekonstruierten Basilika in ihre Arbeit aufgenommen hat, zeigt eine frühe Version mit später verworfenen Hypothesen. ¹⁰³⁹ So ist hier noch der sehr großflächig gemusterte Bodenbelag zu sehen sowie das heute in der Apsis befindliche Mosaik, das sich nie in der Halbkuppel der Apsis aus dem 5. Jahrhundert befunden hat. ¹⁰⁴⁰ Diese Details sind in der finalen Version der digitalen Rekonstruktion von Frischer et al. überarbeitet, was Friedrichs in ihrer Arbeit jedoch nicht bespricht. Hingegen sei laut dem Kunsthistoriker Sible De

■ 1041

Dies erläuterte Sible De Blaauw der Autorin in einer E-Mail vom 26.06.2017.

■ 1042

Informationen zur Rezeption des 3D-Modells nannte Sible De Blaauw in einer E-Mail vom 06.07.2017 u. vgl. **Appendix 2.5** (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, **Frage 7**.

■ 1043

Zu dieser digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore vgl.: Andaloro 2006, insbes. S. 269–294. Informationen zum Forschungsprojekt »PRIN 2004« sind zu finden in: ebd., S. 5 u. S.7.

■ 1044

Informationen zu digitalen Rekonstruktionen im Projekt von Maria Andaloro et al. sind zu finden in: Visconti 2006, S. 15.

■ 1045

Ebd.

■ 1046

In der zugehörigen Publikation sind Ansichten der Apsis und des Obergadens sowie zwei auffaltbare, großformatige Ansichten, die je einen Längsschnitt durch das Mittelschiff zeigen, wiedergegeben, vgl. Andaloro 2006, S. 275, Abb. I, S. 277, Abb. II, S. 278–279, Abb. III u. S. 286–287, Abb. IV.

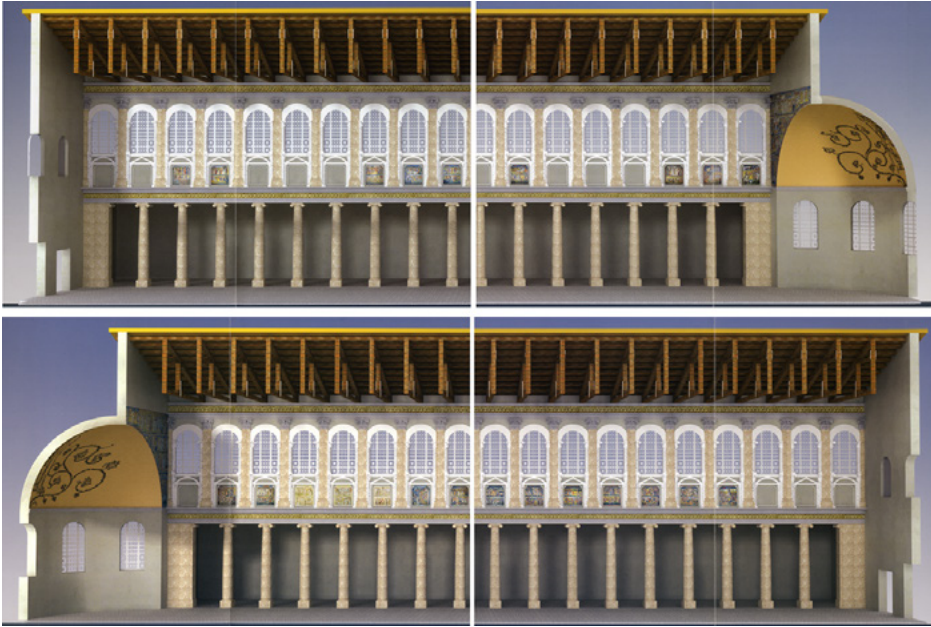
Blaauw die digitale Rekonstruktion der Basilika in der Christlichen Archäologie bis heute umstritten. **1041** Allerdings findet sich in den von Maria Andaloro et al. 2004 vorgelegten umfangreichen Bänden zur italienischen Wandmalerei, kein Hinweis auf die frühere digitale Rekonstruktion der Kirche – wie im folgenden Abschnitt genauer ausgeführt wird. Sowohl Sible De Blaauw als auch Bernard Frischer attestieren ihrem gemeinsamen Projekt eine geringe direkte Rezeption in der Wissenschaftscommunity. **1042**

Weitere digitale 3D-Modelle der Basilika Santa Maria Maggiore

Im Rahmen des Forschungsprojekts PRIN 2004 *Banche Dati e Sistemi Digitali di rappresentazione visiva. Pittura (dipinti murali, mosaici, tavole), arredi liturgici a contesto monumentale, in Italia e a Bisanzio (IV–XV secolo)* wurde unter anderem das Innere der Basilika Santa Maria Maggiore digital rekonstruiert. **1043** Durchgeführt wurde es an zwei Institutionen: der Fakultät für Architektur des Departments für Wissenschaft, Architekturgeschichte, Restaurierung und Darstellung an der Università degli Studi »G. d’Annunzio« Chieti unter wissenschaftlicher Verantwortung von Pasquale Tunzi sowie an der Fakultät für Konservierung von Kulturgütern der Università degli Studi della Tuscia Viterbo unter der wissenschaftlichen Leitung von Maria Andaloro. Ziel des Projekts zur digitalen Rekonstruktion verschiedener sakraler Bauten in Rom war es, die Wandmalereien und Mosaik in den digitalen Modellen räumlich zu verorten.

Die 3D-Modelle entstanden in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Kunsthistorikern und Architekten in folgenden drei Arbeitsschritten: Vermessung, Rekonstruktion und grafische Modellierung. Als Grundlage dienten eine umfangreiche kunstgeschichtliche Forschung, historische Dokumente sowie Bildmaterial. So basieren die erstellten 3D-Modelle teils auf Daten aus Vermessungen vor Ort und teils auf historischen Quellen. **1044** Da die Bauten in den historischen Zeichnungen nicht immer architektonisch und historisch korrekt dargestellt sind – was für eine digitale Rekonstruktion nötig wäre – wurden diese Quellen differenziert bewertet und dementsprechend verwendet. In einer eigenen Fotokampagne wurden zudem die noch vorhandenen Wandmalereien und Mosaik fotografisch festgehalten. Am Computer konnten die Fotografien entzerrt werden, um als Texturen in die 3D-Modelle integriert werden zu können. Für die technische Umsetzung der Rekonstruktion fand die Software **3D Studio Max** Verwendung. Laut der Projektbeteiligten war es damit möglich eine »ambienti virtuali »credibili« **1045** (dt. verlässliche virtuelle Umgebung) zu erstellen, und zwar anhand virtueller Beleuchtung: dem gezielten Einsatz von Licht und Schatten, dem Einfügen von simulierten Materialien und deren simulierter Eigenschaften wie Glanz und Reflexion sowie dem Arbeiten mit stumpf wirkenden Oberflächen. Wände ohne Dekoration wurden mit neutraler Textur visualisiert. In den digitalen Rekonstruktionen konnte der ursprüngliche Zustand des Inneren der Gebäude wieder hergestellt werden, auch wenn diese heute durch Überformungen vergangener Jahrhunderte ein anderes Erscheinungsbild haben.

Unter diesen Gesichtspunkten wurde das Innere der Basilika Santa Maria Maggiore digital rekonstruiert **[262]**. **1046** Die hiervon publizierten Ansichten geben einen Schnitt entlang der Mittelachse des Hauptschiffs wieder und ermöglichen damit einen Blick in den vertikalen Aufbau der Kirche. Auch eine virtuelle Lichtquelle wurde verwendet wie die daraus resultierenden Schatten zeigen.



□ 262

3D-Rekonstruktion der Südwand (oben) und der Nordwand (unten) des Mittelschiffs der Basilika Santa Maria Maggiore in ihrem Zustand im 5. Jahrhundert, Maria Andaloro et al., 2004.

Auffällig ist der Einsatz von Texturen im 3D-Modell. So wurden für die ionischen Säulen im Mittelschiff und die Pilaster im Obergaden fotorealistische Texturen verwendet, die einen beige gemaserten Stein wiedergeben [263]. Die Mosaikfelder sind mit aktuellen Fotos der noch existierenden Dekoration bestückt. Diejenigen Stellen, an denen die originalen Mosaik nicht mehr erhalten sind, wurden als graue Wandfelder belassen. Auch der Fries im Architrav über der Säulenstellung ist mit einer Fototextur der noch heute sichtbaren Ausschmückung versehen. Diese wurde auch für einen Fries unterhalb des Gebälks verwendet, allerdings in breiterer Ausformung und dadurch etwas verzerrt. Die gedrehten Halbsäulen zwischen den Fenstern im Obergaden und den Pilastern sind dreidimensional modelliert, aber komplett weiß gelassen. Hingegen ist die Aufteilung der Glasflächen der Fenster nicht plastisch wiedergegeben. Diese unterschiedlichen Darstellungsweisen scheinen bewusst eingesetzt zu sein, jedoch zerfällt dadurch das Gesamtbild in Einzelteile, auch hinsichtlich seiner unterschiedlichen Farbigkeit.



□ 263

Detail der 3D-Rekonstruktion des Obergadens der Basilika Santa Maria Maggiore in seinem Zustand im 5. Jahrhundert, Maria Andaloro et al., 2004.

■ 1047

Vgl. ebd., S. 277, Abb. II. Die Zeichnung von Spencer Corbett ist publiziert in: Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 51, Abb. 53.

■ 1048

Vgl. Andaloro 2006, S. 275, Abb. I. Zur Hypothese von Christa Belting-Ihm vgl.: Belting-Ihm 1992, S. 55, S. 56, Abb. 10 u. S. 133.

■ 1049

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 1.](#)

■ 1050

Vgl. Andaloro 2006, S. 275, Abb. I. Belting-Ihm nimmt an, dass das Mosaik einst Maria mit dem Christuskind inmitten einer Weinranke thronend zeigte, wie es für die in der ersten Hälfte des 5. Jahrhunderts erbaute Kirche Santa Maria Maggiore in der süditalienischen Stadt Santa Maria Capua Vetere überliefert ist. Dieses heute nicht mehr existierende Mosaik zählt zu den ersten Darstellungen dieser Art in christlichen Gotteshäusern im italienischen Raum. Vgl. Belting-Ihm 1992, S. 55, S. 56, Abb. 10 u. S. 133.

In der Publikation zur 3D-Rekonstruktion sind auch die spezifischen Quellen zur jeweiligen Visualisierung von architektonischen Details angegeben. So beruht die Rekonstruktion des Obergadens auf einer Zeichnung von Spencer Corbett. **1047** Die in der Apsiskalotte angedeutete Zeichnung geht auf eine Annahme von Christa Belting-Ihm aus dem Jahr 1992 zurück. **1048** Weitere Details, beispielsweise die Herkunft der Textur für den Fußboden, werden nicht erläutert. Auch wird die Darstellung der Apsis ohne Umgang nicht begründet. In der Forschung zur Basilika gibt es hierzu – wie zu Anfang des Kapitels dargelegt – gegensätzliche Hypothesen, auf die Andaloro et al. nicht eingehen **264**. Auf die von Frischer et al. nur wenige Jahre zuvor erstellte digitale Rekonstruktion wird weder Bezug genommen noch hingewiesen.



□ 264

3D-Rekonstruktion der Apsis der Basilika Santa Maria Maggiore in ihrem Zustand im 5. Jahrhundert, Maria Andaloro et al., 2004.

Aufgrund der zeitlichen Nähe der Entstehung der digitalen Rekonstruktionen von Frischer et al. und Andaloro et al. sowie der unterschiedlichen Herangehensweisen der Forschergruppen, lohnt es sich, die beiden Projekte gegenübergestellt genauer zu betrachten. Auf diese Weise können Erkenntnisse über die Erstellung von 3D-Modellen gewonnen werden. So zeigt ein Vergleich folgende Diskrepanzen auf: Zum einen wurde in der Arbeit von Andaloro et al. die Apsis ohne Umgang dargestellt, jedoch ohne diese Entscheidung im Text zum Projekt zu erläutern. Frischer et al. hingegen haben den Chorumgang rekonstruiert und die Gründe hierfür ausführlich dargelegt **265**. Die Apsiskalotte stellten sie in der finalen Version ohne Mosaik dar, wobei es im Vorfeld auch eine Version mit Mosaik gab **266**. **1049** In der Rekonstruktion von Andaloro et al. wurde die Kalotte hingegen mit einer möglichen bildlichen Darstellung ausgestattet, wie bereits erläutert wurde. **1050** Eine Begründung, warum diese Hypothese für die computergenerierte Visualisierung ausgewählt wurde, erfolgt nicht.



□ 265
Digitale Rekonstruktionen des Innenraums der Basilika Santa Maria Maggiore im 5. Jahrhundert: Visualisierung der Apsis mit Umgang, UCLA u. a., 1998–2000 (links); Visualisierung der Apsis ohne Umgang, Maria Andaloro et al., 2004 (rechts).



□ 266
Digitale Rekonstruktion des Innenraums der Basilika Santa Maria Maggiore im 5. Jahrhundert: nicht finale Visualisierung mit groben Fußbodenmuster und Mosaik in der Apsis, UCLA u. a., 1998–2000.

■ 1051

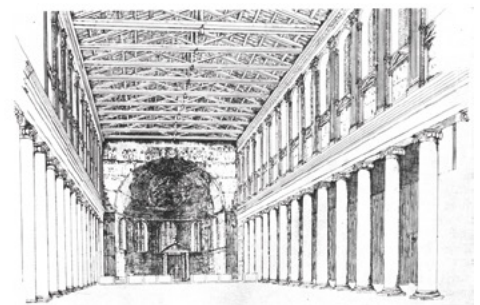
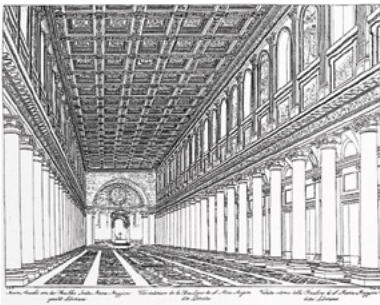
Vgl. Frischer et al. 2000, S. 159.

Ein weiterer Unterschied besteht in den Texturen für den Fußboden ²⁶⁵. In der Version von Andaloro ist ein relativ kleinteiliges Muster in gedeckten Brauntönen zu sehen. Auf welcher Grundlage dieser Bodenbelag basiert, wird nicht erläutert. Frischer et al. weisen darauf hin, dass sie als Textur den Fußboden von S. Giovanni in Laterano verwendeten, nachdem sie die Wirkung verschiedener anderer Fußböden im 3D-Modell getestet hatten. ¹⁰⁵¹ Die Darstellung des Obergadens der beiden digitalen Rekonstruktionen gestaltet sich hingegen relativ ähnlich, was daran liegt, dass dieser Bereich bis heute weitgehend gut erhalten geblieben ist.

Auffällig in diesem Vergleich ist, dass diverse Entscheidungen zu bestimmten Details in der Rekonstruktion von Andaloro et al. in der Publikation zu ihrem Forschungsprojekt nicht schriftlich festgehalten sind. Ein Entscheidungsprozess ging der Visualisierung ganz sicher voraus, zumal die 3D-Modelle in interdisziplinärer Zusammenarbeit entstanden sind. Leider lässt sich dies für den Leser nicht nachvollziehen. Einen gegenteiligen Ansatz verfolgten Bernard Frischer et al. mit ihrer Publikation, in der sie verschiedene Diskussionen des **Scientific Committee** wiedergeben sowie alternative Rekonstruktionsmöglichkeiten zeigen und damit Entscheidungsprozesse transparent darlegen. Diese Vorgehensweise macht es möglich, die fundierte Diskussion über die Wiedergabe bestimmter Details und die Argumente für oder gegen deren Darstellung nachzuvollziehen oder daran anzuknüpfen. So wird aufgezeigt, dass das 3D-Modell wissenschaftlich fundiert entstanden ist und als eigenständige Hypothese in die Fachdiskussion einbezogen werden kann.

Vergleichende Analyse – Die Basilika Santa Maria Maggiore in Bildern

Wie bereits zu Anfang des Kapitels dargelegt, existierten vor den archäologischen Ausgrabungen Ende des 19. Jahrhunderts beziehungsweise den späteren Ausgrabungen der 1930er-Jahre kaum zeichnerische Rekonstruktionen, die den Zustand von Santa Maria Maggiore zur Zeit ihrer Entstehung zeigen. Eines der wenigen Beispiele stellt die von Johann Gottfried Gutensohn 1824 angefertigte Rekonstruktion des Innenraums der frühmittelalterlichen Kirche dar. Über 100 Jahre später visualisierte Spencer Corbett ebenfalls das Innere der Kirche mit der vermuteten architektonischen Gestaltung im 5. Jahrhundert. Im Vergleich zu diesen beiden Ansichten liefert das Ende der 1990er-Jahre entstandene 3D-Modell von Frischer et al. in vielerlei Hinsicht zusätzliche Informationen ²⁶⁷.



□ 267

Rekonstruktionen des Innenraums der Basilika Santa Maria Maggiore im 5. Jahrhundert: Zeichnerische Visualisierung, Johann Gottfried Gutensohn, 1824 (links); digitale Visualisierung, UCLA u. a., 1998–2000 (Mitte); zeichnerische Visualisierung, Spencer Corbett, 1967 (rechts).

Die digitale Rekonstruktion bietet einen farbigen Einblick in das Raumgefüge im Gegensatz zu den schwarz-weiß gehaltenen früheren Visualisierungen. So sind die Mosaik im Obergaden und am Triumphbogen als Fototexturen in das 3D-Modell integriert, während sie in den zeichnerischen Rekonstruktionen nur skizzenhaft wiedergegeben werden, als wäre ihre Existenz nur eine Hypothese. Generell vermittelt das computergenerierte Bild einen realistischer anmutenden Eindruck der Kirche, da diverse Texturen verwendet wurden und Materialien wie Holzdecke oder Steinsäulen als solche wiedererkennbar sind. Die Darstellung des Raumes wirkt ebenso dreidimensional wie bereits in den beiden früheren Zeichnungen und auch die wiedergegebenen Perspektiven sind relativ ähnlich und wirken realistisch.

Ein deutlicher Unterschied liegt jedoch in der Lichtgestaltung. Im Bild des 3D-Modells ist anhand der Schatten- und Lichtfelder eindeutig zu erkennen, dass simuliertes Tageslicht von Süden durch die Fenster im Obergaden der Basilika einfällt. In den Zeichnungen ist kein Hinweis auf eine bestimmte Beleuchtung im Innenraum gegeben, um alle Details gleichwertig erscheinen zu lassen. Lediglich in Corbetts Rekonstruktion sind die Wände des nördlichen Seitenschiffs sowie die Apsis verschattet, was teils wohl auf ein zeichnerisches Stilmittel zurückzugehen scheint, um den hypothetischen Charakter der Gestal-

tung der Apsiskalotte zu unterstreichen. Die Lichtgestaltung trägt somit entscheidend dazu bei, dass das Bild des 3D-Modells realistischer wirkt.

Ein weiterer Unterschied besteht in der Ausschmückung der Apsiskalotte. Während Frischer et al. diesen Bereich frei lassen, da keine gesicherten Quellen zur Gestaltung vorliegen, deuten Gutensohn und Corbett jeweils eine Ausschmückung an, die in ihrer Form an das Mosaik aus dem 13. Jahrhundert erinnert und somit anachronistisch ist. Im 3D-Modell ist die Darstellung hingegen konsequent auf den frühmittelalterlichen Zustand ausgerichtet. **1052**

Im 3D-Modell werden zudem sämtliche architektonischen Elemente in ihrem räumlichen Kontext wiedergegeben. Dies ist in den Zeichnungen einzelner Details, die Corbett anfertigte, nicht gegeben. Beispielsweise erhält seine zeichnerische Rekonstruktion des Obergadens ihre räumliche Entsprechung in Farbe im 3D-Modell **268**. Die digitale Visualisierung verleiht der zweidimensionalen Zeichnung räumliche Tiefe und verortet sie innerhalb des Raumgefüges der Basilika. Weitere Details, wie die Fenster und die Mosaikfelder, ergänzen die Darstellung im 3D-Modell inhaltlich. Durch den Einfall des Lichts vermittelt die Visualisierung auch hier einen realistischen Eindruck. Ein entscheidender Mehrwert der digitalen Rekonstruktion ist schließlich noch die Darstellung des äußeren Erscheinungsbilds der Basilika. Denn bislang lag keine Außenansicht vor, die ihren baulichen Zustand im 5. Jahrhundert visualisierte.

■ 1052

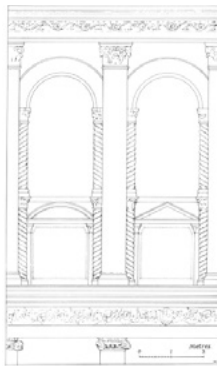
Einzige Ausnahme ist zumindest in akustischer Hinsicht die bereits erwähnte Musikuntermalung im Video mit Stücken aus dem 18. Jahrhundert, die sich zeitlich auf die noch heute existierende Fassadengestaltung beziehen.

■ 1053

Informationen zur topografischen Verortung der Basilika Santa Maria Maggiore sind zu finden in: Frischer et al. 2000, S. 161.

■ 1054

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 4.



□ 268

Rekonstruktionen des Obergadens der Basilika Santa Maria Maggiore im 5. Jahrhundert: zeichnerische Visualisierung, Spencer Corbett, 1967 (links); digitales Rendering, UCLA u. a., 1998–2000 (rechts).

Bernard Frischer et al. weisen in ihrer Publikation zum Projekt explizit daraufhin, dass sie durch die topografische Verortung des Gebäudes Sichtachsen visualisieren konnten. **1053** So war es möglich Rückschlüsse auf die Bedeutung der Kirche zur Zeit ihrer Erbauung zu ziehen. Ihre Errichtung an jener Stelle auf dem Hügel Esquilin bot eine Position, die es gewährleistete auch von anderen Hügeln aus einsehbar zu sein. Die Darstellung in einem digitalen 3D-Modell war hier maßgeblich entscheidend, die genannten Erkenntnisse zu gewinnen. Dennoch wurde diese Visualisierung in den für das Museum erstellten Film nicht einbezogen, da Bernard Frischer sich aus ästhetischen Gründen dagegen ausgesprochen hatte, wie bereits erwähnt wurde. **1054** Auf inhaltlicher Ebene hätte die Integration einer solchen Abbildung mit topografischem Kontext einen deutlichen Mehrwert bedeutet, zumal ein zeichnerischer Lageplan von Corbett bereits vorlag. Im 3D-Modell hätte die Kombination eines solchen Plans mit dreidimensional rekonstruierter Topografie und Gebäuden die in der Publikation von Frischer et al. beschriebenen Erkenntnisse anschaulich wiedergegeben.

■ 1055

Vgl. Friedrichs 2015, insbes. S. 149–180.

■ 1056

Vgl. ebd., S. 157–158 u. S. 300, Abb. 1.

■ 1057

Ebd., S. 158.

Allgemein ist festzustellen, dass die Visualisierungsmethode der 3D-Modellierung trotz ihrer offensichtlichen Vorteile in der kunsthistorischen Forschung noch relativ wenig eingesetzt wird. Beispielsweise erforschte die Kunsthistorikerin Kristina Friedrichs in ihrer 2015 erschienenen Dissertation die Repräsentation frühchristlicher Päpste, unter anderem am Beispiel der Basilika Santa Maria Maggiore. ¹⁰⁵⁵ Sie schildert ausführlich die bauliche Situation auf dem Esquilin im 5. Jahrhundert, als die Kirche errichtet wurde, und verweist auf einen von Richard Krautheimer gezeichneten Stadtplan, der die Anordnung sakraler Bauten in Rom um 500 n. Chr. darstellt. ¹⁰⁵⁶ An dieser Stelle wäre jedoch eine ergänzende räumliche, dreidimensionale Visualisierung der baulichen Situation hilfreich gewesen, zumal Friedrichs selbst von einer »Sakraltopographie des Esquilin« ¹⁰⁵⁷ spricht. Denn insbesondere ein 3D-Modell ermöglicht es, Sichtachsen zu visualisieren und dadurch räumliche Bezüge von Bauwerken festzustellen.

Gegenüber den zeichnerischen Rekonstruktionen des baulichen Zustands der Basilika im 5. Jahrhundert liefert das 3D-Modell von Frischer et al. demnach einen deutlichen visuellen Mehrwert, indem es den Innenraum in Farbe und realistischem Lichteinfall wiedergibt. Zudem verortet und kontextualisiert es architektonische Elemente, die zuvor isoliert dargestellt worden waren. Auch wurden Anachronismen wie die Darstellung des Mosaiks aus dem 13. Jahrhundert in der frühchristlichen Basilika gegenüber der Handhabe in früheren zeichnerischen Rekonstruktionen vermieden. Ein Alleinstellungsmerkmal der digitalen Rekonstruktion stellt die erstmalige Visualisierung der Außenansicht der Basilika zur Zeit ihrer Entstehung dar. Allerdings muss auch festgehalten werden, dass im 3D-Modell der topografische Kontext nicht visualisiert wurde, obwohl die Forschungsergebnisse dazu vorlagen. Insofern klafft in dieser Hinsicht ein Lücke im potentiellen Erkenntnisgewinn durch die digitale Rekonstruktion.

Fazit – Bedeutung und Einordnung des Projekts

Das im Rahmen von **Rome Reborn** entstandene 3D-Modell der Kirche hebt sich deutlich von vergleichbaren Projekten ab, da es sich hier um ein Gebäude handelt, das nicht nur für Archäologen forschungsrelevant ist, sondern auch für Kunsthistoriker. Dies zeigt schon die Einbindung von Wissenschaftlern aus der Kunstgeschichte, die wesentliche Impulse aus ihrer Forschung für die Arbeit an der Rekonstruktion des Bauwerks eingebracht haben. So wurde ein **Scientific Committee** eingesetzt, um den Erstellungsprozess der Modellierung wissenschaftlich fundiert zu begleiten. Experten verschiedener Fachdisziplinen bildeten ein Gremium, das in gemeinsamen Diskussionen Fragen zu Hypothesen und deren Darstellung im 3D-Modell erörterte. Mit dem auf diese Weise zusammengestellten heterogenen Fachwissen ist eine wichtige Grundlage zur Entscheidungsfindung gelegt. Dadurch, dass diese internen Prozesse auch in einem begleitenden Aufsatz publiziert wurden, öffnet sich das Projekt zudem der wissenschaftlichen Diskussion außerhalb des **Scientific Committee**. Somit avancieren die im 3D-Modell generierten Bilder zu visuellen Argumenten.

Zu hinterfragen ist allerdings die Tatsache, dass dieses Rekonstruktionsprojekt in der Wissenschaftscommunity kaum in Publikationen rezipiert wurde. Eine der wenigen Ausnahmen ist ein 2010 erschienener Aufsatz, in dem der

■ 1058

Vgl. D’Arcangelo/Della Schiava 2012, insbes. S. 3–4. Abbildungen der digitalen Rekonstruktion sind zu finden auf dem Blog von Mauro D’Arcangelo: <https://darcangelomauro.wordpress.com/2012/04/21/san-pietro-paris-sorbonne-conference/>.

■ 1059

Vgl. D’Arcangelo/Della Schiava 2012, S. 3–4. Dem Argument von D’Arcangelo und Della Schiava wäre entgegenzusetzen, dass das von Frischer et al. erarbeitete 3D-Modell von Rom die Stadt im Jahr 320 n. Chr. zeigt, Alt St. Peter jedoch erst vier Jahre später erbaut wurde. Vgl. Webseite von »Rome Reborn«: <https://www.romereborn.org/content/aboutcontact>. Die im 5. Jahrhundert erbaute Basilika Santa Maria Maggiore wurde aufgrund dessen auch nicht in das 3D-Modell von »Rome Reborn« integriert.

■ 1060

Vgl. D’Arcangelo/Della Schiava 2012, S. 3.

Computergrafiker Mauro D’Arcangelo und der Philologe Fabio Della Schiava ihr Pilotprojekt zur digitalen Rekonstruktion von Alt St. Peter an der Université Paris-Sorbonne präsentieren und es in den Kontext der hier vorgestellten 3D-Modellprojekte von Bernard Frischer et al. und Maria Andaloro et al. zur Basilika Santa Maria Maggiore stellen. ¹⁰⁵⁸ Beide Arbeiten beschreiben sie kurz anerkennend, bemängeln jedoch, dass Frischer et al. im Rahmen von Rome Reborn Alt St. Peter nicht digital rekonstruierten, obwohl es sich um eine sehr bedeutende Kirche im 4. Jahrhundert handelte. ¹⁰⁵⁹ Das Projekt von Andaloro et al. würdigen sie in Hinblick auf die räumliche Verortung der Wandmalereien, wobei ihrer Meinung nach die Architektur zu kurz gekommen sei. ¹⁰⁶⁰

Welche große Bedeutung dem 3D-Projekt für die Vermittlung von Wissen zur Baugeschichte der Kirche beigemessen wird, zeigt sich in der Tatsache, dass ein Film hiervon vor Ort im Museum der Basilika als Dauerinstallation bis heute präsentiert wird. Es werden sowohl eine italienische als auch eine englische Version gezeigt, um Einheimische und Touristen gleichermaßen anzusprechen.

Aber auch aus wissenschaftlicher Perspektive ist die von Frischer et al. realisierte digitale Rekonstruktion der Basilika äußerst relevant: Denn sie visualisierte erstmals die archäologischen Befunde und die daraus generierten Erkenntnisse in einem umfassenden Modell. Zudem ergab sich eine Vielzahl an Fragen während des Erstellungsprozesses, beispielsweise zum Fußboden oder der Wandgestaltung, die sich teilweise auch für die Experten, die sich jahrelang mit der Kirche beschäftigt hatten, bislang noch nicht gestellt hatten. Dementsprechend sollte dieses 3D-Projekt auch fast 20 Jahre nach seiner Realisierung in der Forschung wahrgenommen werden, da es einen substanziellen Beitrag zur Diskussion um die Baugeschichte der Kirche liefert.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

5.3 Synagoge in der Glockengasse, Köln (TU Darmstadt, um 1998)

An der Technischen Universität Darmstadt wurden unter Initiative der Architekten Manfred Koob und Marc Grellert erstmals Mitte der 1990er-Jahre in der NS-Zeit zerstörte jüdische Gotteshäuser in Deutschland digital rekonstruiert. In der Folge realisierten sie von 1998 bis 2000 das 3D-Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion**, das durch Ausstellungen im Inland (im Jahr 2000) und Ausland (erstmals 2004) weltweit bekannt wurde und bis heute einen wesentlichen Beitrag zur Erinnerungskultur leistet. Auch nach Ende dieses 3D-Projekts werden an der TU Darmstadt weiterhin Synagogenbauten digital rekonstruiert. Insgesamt stellen diese Arbeiten seit Mitte der 1990er-Jahre die umfangreichste Initiative dieser Art sowohl auf nationaler Ebene als auch in thematischer Hinsicht dar, die erstmals zerstörte Synagogen in Deutschland in den Fokus computertechnischer Rekonstruktion nimmt.

■ 1061

Einen grundsätzlichen Überblick über die Architektur jüdischer Gotteshäuser von der Antike bis ins 20. Jahrhundert bietet der Ausstellungskatalog: Schwarz 1988 (Die Architektur der Synagoge). In der Schriftenreihe der »Bet Tfila – Forschungsstelle für jüdische Architektur in Europa« erschienene Publikationen liefern neue Erkenntnisse zu verschiedenen Forschungsfeldern wie mittelalterliche Synagogenarchitektur, Synagogenbau in Europa, in Deutschland sowie synagogale Architektur im Wechselspiel von Riten und Regeln des jüdischen Glaubens: Paulus 2007; Cohen-Mushlin 2010; Cohen-Mushlin/Thies 2008; Keßler 2007.

■ 1062

Vgl. Künzl 1988, S. 61–62 u. Paulus 2007, S. 503.

■ 1063

Umfangreiche Informationen zur Architektur jüdischer Gotteshäuser im 19./20. Jahrhundert in Europa sind zu finden in: Krinsky 1997, insbes. S. 48, S. 70, S. 73–74, S. 76–77, S. 81, S. 89, S. 94.

Überblick zur Baugeschichte von Synagogen in Deutschland vor der NS-Zeit

Den Anfang der folgenden Untersuchung bildet ein kurzer Überblick über die baugeschichtliche Entwicklung jüdischer Gotteshäuser in Deutschland. ¹⁰⁶¹ Da die in dem 3D-Projekt realisierten Synagogen aus dem 19. und 20. Jahrhundert datieren, steht dieser Zeitabschnitt im Folgenden im Fokus, obschon Reste der frühesten Synagogenbauten in Köln, Worms, Mainz und Speyer bereits auf das 11. Jahrhundert zurück gehen. ¹⁰⁶²

In vielen Ländern Europas konnten Juden bis ins 20. Jahrhundert hinein aufgrund strenger Regelungen und Auflagen bezüglich ihrer beruflichen Tätigkeiten Synagogen nicht selbst projektieren oder errichten, sondern mussten damit Architekten und Handwerker christlichen Glaubens beauftragen. ¹⁰⁶³ Erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts war es zumindest in England Juden möglich, als Architekten zu arbeiten. Zu der Zeit war dieser Beruf in Deutschland unter Juden kaum verbreitet.

Bis etwa 1830 wiesen Fassaden jüdischer Gotteshäuser meist keine ausgesprochene Gestaltung auf, da sie hauptsächlich in von Straßen oder Plätzen kaum einsehbaren Hinterhöfen angesiedelt waren. Als im Laufe des 19. Jahrhunderts die Frage des Baustils zentraler Dreh- und Angelpunkt wurde, entstanden auch Synagogen in den unterschiedlichsten Bauformen, wobei nie ein

■ 1064

Die Synagogenarchitektur gestaltete sich insbesondere Ende des 19. Jahrhunderts in Europa sehr unterschiedlich. Einen Überblick hierzu liefert ebd., S. 87–89.

■ 1065

Weniger weit verbreitet waren der ägyptische und gotische Stil. Vgl. dazu ebd., S. 77–87.

■ 1066

Zu architektonischen Charakteristika im Synagogenbau in Mitteleuropa vgl.: KeBler 2007, S. 89.

einheitlicher jüdischer Architekturstil definiert wurde. 1064 Oft finden sich eklektizistisch errichtete Gotteshäuser, wobei sich der Stil des Außenbaus von dem des Inneren unterschied. Weit verbreitet waren der romanische Rundbogenstil, der byzantinische sowie der maurisch-islamische Stil 269. 1065



□ 269

Unterschiedliche Architekturstile im Synagogenbau des 19. Jahrhunderts: Synagoge im neoromanischen Stil, Hannover, 1862–1870, Fotografie um 1900 (links); Synagoge im byzantinischen Stil Florenz, 1874–1882, Fotografie 2006 (Mitte); Synagoge im maurischen Stil, Antwerpen (Bouwmeesterstraat), 1891–1893, Fotografie 2010 (rechts).

Insbesondere ab der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts kam es in Mode, jüdische Gotteshäuser vermehrt mit maurisch geprägten Elementen zu errichten, was vor allem auf die Tätigkeit berühmter Architekten der Zeit zurückzuführen war. So diente beispielsweise Gottfried Sempers Ende der 1830er-Jahre entstandener Entwurf für den Innenausbau der Synagoge in Dresden mit an die Alhambra erinnernden Elementen als Vorbild für nachfolgende jüdische Bauwerke. Zuvor hatte bereits Friedrich von Gärtner 1832 eine Synagoge in Ingenheim errichtet, die islamisch anmutende Charakteristika aufwies. In der Zeit der Weimarer Republik kamen zudem jüdische Gotteshäuser im Stil des Neuen Bauens zum Architekturspektrum hinzu 270.



□ 270

Synagoge in Žilina, Slowakei, erbaut nach einem Entwurf von Peter Behrens, 1928–1930, Postkarte von 1931.

Allen mitteleuropäischen Synagogenbauten gemein sind jedoch einige grundsätzliche Charakteristika wie das Ideal, als prächtig ausgestattetes, geostetes Gebäude über die umgebenden Häuser der jüdischen Gemeinde hinauszuragen und wenn möglich komplett frei zu stehen. 1066 Das Vorhandensein von Fenstern, oder zumindest zahlreichen Lichtquellen stellt zudem ein wichtiges Element des Innenraums dar, in dessen Mitte meist das um ein paar Stufen erhöht stehende Lesepult (Bima) und an dessen Ostwand der Thoraschrein

■ 1067

Die räumliche Trennung der Bereiche für Männer und Frauen hat sich über die Jahrhunderte hin erst entwickelt. Lediglich in orthodoxen Gemeinden wird diese Regel noch heute angewendet. Vgl. ebd., S. 58.

■ 1068

Vgl. Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 57.

■ 1069

Ebd.

■ 1070

Vgl. Mommsen 1988, S. 31; Grellert 2007, S. 57.

■ 1071

Baulich rekonstruiert wurde z. B. die Synagoge im Frankfurter Westend, die die Pogromnacht sowie den Zweiten Weltkrieg weitgehend unzerstört überstand und 1948–1950 rasch wiederaufgebaut wurde. Auch heute noch nutzt die jüdische Gemeinde Frankfurts die Anfang des 20. Jahrhunderts errichtete Synagoge als Gotteshaus. Vgl. Schwarz 1988 (Die Architektur der Synagoge in Deutschland), S. 22; Webseite »Jüdische Orte in Frankfurt am Main«: <http://www.juedisches-frankfurt.de/orte/die-westend-synagoge>.

■ 1072

Eine große Sammlung synagogaler Architekturmodelle befindet sich seit 1981 im Diaspora-Museum in Tel Aviv mit 18 haptischen Modellen unterschiedlicher Maßstäben. Vgl. Interview mit Chana Schütz vom Centrum Judaicum Berlin in: Grellert 2007, S. 575–577, hier: S. 577; Grellert 2007, S. 130.

■ 1073

Zur Rekonstruktion der Synagoge in Horb: Mühlinghaus 1988, S. 152–153.

■ 1074

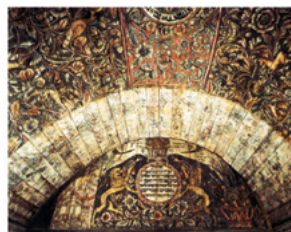
Im Jahr 1913 wurden die Paneele der Gemäldesammlung der Stadt Bamberg übergeben, um sie zu sichern. Vgl. Webseite des Israel-Museum in Jerusalem: <http://www.imj.org.il/imagine/collections/item.asp?item-Num=199707>; Webseite »Aus der Geschichte jüdischer Gemeinden im deutschen Sprachraum«: <http://www.juedische-gemeinden.de/index.php/gemeinden/h-j/948-horb-main-oberfranken-bayern>.

(Aron Hakodesch) anzutreffen sind. ¹⁰⁶⁷ Der Architekt Marc Grellert betont, dass eine Synagoge insbesondere durch ihren Innenraum definiert wird und weniger über die Gestaltung ihres Äußeren. ¹⁰⁶⁸ Jedoch gibt er zu bedenken, dass die äußere Erscheinung eines nicht in Israel stehenden jüdischen Gotteshauses eine große Aussagekraft hat über »die gesellschaftliche Situation der jüdischen Minderheit, ihr Selbstverständnis und die Toleranzfähigkeit der Mehrheitskultur. Die Synagogen waren so durch die Jahrhunderte hinweg architektonische Seismographen für gesellschaftliche Verhältnisse.« ¹⁰⁶⁹

Nach Ende des Zweiten Weltkriegs wurden die noch erhaltenen baulichen Reste zerstörter jüdischer Sakralbauten in Deutschland weitgehend entfernt. ¹⁰⁷⁰ So verschwand die einst so prächtige synagogale Architektur aus den Städten und damit auch aus dem Gedächtnis der Bevölkerung. Diesem Vergessen entgegenzuwirken war eines der Motive für die Initiierung des Projekts *Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion* Ende der 1990er-Jahre. Doch schon vorher wurden Synagogenbauten in verschiedener Form rekonstruiert. Dabei konnte es sich sowohl um den Wiederaufbau von in der NS-Zeit zerstörten jüdischen Gotteshäusern handeln, als auch um haptische Architekturmodelle. ¹⁰⁷¹

Haptische Rekonstruktionen von Synagogen

Rekonstruktionen zerstörter jüdischer Gotteshäuser in Deutschland waren in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts Gegenstand zahlreicher Ausstellungen. ¹⁰⁷² Ein besonderes Beispiel, wie etwa die Rekonstruktion eines jüdischen Gotteshaus als begehbare Raum mit erhaltenen originalen Einrichtungsgegenständen, findet sich in Oberfranken: Die Synagoge in Horb am Main, wurde 1735 als Fachwerkhaus mit Satteldach erbaut. ¹⁰⁷³ Von dem auf einem rechteckigen Grundriss basierenden Gebäude existieren heute nur noch das aus Holz gearbeitete Tonnengewölbe mit der zugehörigen Holzverkleidung der Stirnseiten sowie der Aron Hakodesch. Das Architekturbüro *Dudler Welbergen Architekten* rekonstruierte für eine museale Präsentation der noch erhaltenen Einrichtung den nicht mehr vorhandenen Raum in seiner ursprünglichen Größe. So ist die von dem Maler Elieser Sussmann im 18. Jahrhundert reich gestaltete und mit Inschriften versehene Holzvertäfelung seit 1968 im Israel-Museum in Jerusalem zu sehen. ¹⁰⁷⁴ Dort haben die Ausstellungsbesucher die Möglichkeit einen unmittelbaren räumlichen und ästhetischen Eindruck des ehemaligen Betraums zu erhalten ²⁷¹. Fehlende Wandtafeln wurden nicht rekonstruiert, weshalb der Synagogenraum durch die Leerstellen deutlich als Fragment zu erkennen ist.



□ 271

Ansichten des rekonstruierten Raums der Synagoge Horb mit originalen gefassten Holzvertäfelung, ausgestellt im Israel-Museum in Jerusalem, fotografiert von H. Ottenstein.

■ 1075

Vgl. Grellert 2007, S. 130. In den letzten Jahren entstanden auf regionaler Ebene zahlreiche Publikationen zum Thema Architektur von Synagogen in bestimmten Gebieten Deutschlands, z. B.: Fischbach/Westerhoff 2005; Kraus/Hamm/Schwarz 2007; Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz 2013.

■ 1076

Vgl. Synagogen in Berlin 1983; Grellert 2007, S. 137. Auch schon vorher fanden Ausstellungen zur jüdischen Kultur statt, jedoch gingen sie auf die Architektur der Synagogen nicht ein, z. B.: Ausstellung »Synagoga«, 1960/1961 in Recklinghausen bzw. 1961 in Frankfurt (vgl. Grellert 2007, S. 137 u. Reichling 2009), »Monumenta Judaica«, 15. Oktober 1963 – 15. März 1964 im Kölnischen Museum im Zeughaus in Kooperation mit dem Römisch-Germanischen Museum. Vgl. Alexander o. J.

■ 1077

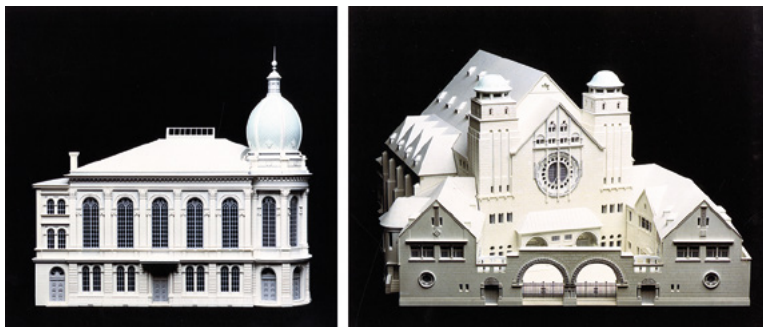
Vgl. Grellert 2007, S. 137; Synagogen in Berlin 1983.

■ 1078

Vgl. Grellert 2007, S. 130, S. 137–139, S. 532–539 (Interview mit Georg Haselberger, Direktor des JMF), S. 540–546 (Interview mit Fritz Backhaus, JMF).

In Deutschland wuchs in den 1980er-Jahren das Interesse, sich mit der jüdischen Geschichte und vor allem auch mit Synagogenbauten intensiver zu beschäftigen. 1075 Die erste Ausstellung, die sich speziell dem Thema synagogaler Architektur widmete, fand im Berlin Museum vom 26. Januar bis 20. März 1983 unter dem Titel **Synagogen in Berlin** statt. 1076 Hier wurden Fotografien und Zeichnungen von sämtlichen jüdischen Gotteshäusern, die einst in der Hauptstadt existierten oder dort geplant waren, aber nie gebaut wurden, der Öffentlichkeit präsentiert. 1077

Anders verhielt es sich nur gut fünf Jahre später. In der Ausstellung **Die Architektur der Synagoge** präsentierte das Deutsche Architekturmuseum (DAM) in Frankfurt am Main zusammen mit dem Jüdischen Museum Frankfurt (JMF) vom 11. November 1988 bis 12. Februar 1989 neben historischen Bild- und Textquellen sowie erhaltenen Objekten auch haptische Modelle zerstörter Synagogen. 1078 Eine Besonderheit lag in der fundierten wissenschaftlichen Aufarbeitung des Themas, die sich im Ausstellungskatalog widerspiegelt. 1079 Beispielsweise wurden von zwei Frankfurter Synagogen je ein Architekturmodell aus geätztem Kunststoff im Maßstab 1:200 mit der Größe von 70 × 70 cm angefertigt 272. 1080 Mauerflächen und sämtlicher Bauschmuck waren hell gefasst, lediglich Fenster und Türen wiesen als leichten Kontrast eine hellgraue Farbe auf. Da für den Bau an der Friedberger Anlage zahlreiche Schrift- und Bildquellen vorlagen, weist das Modell einen großen Detailreichtum auf. 1081 Der zugehörige Katalog fokussiert ganz auf die Entwicklung synagogaler Architektur im Kontext der kulturellen und politischen Bedingungen. 1082 Darin werden auch einige der Architekturmodelle abgebildet, allerdings spielen diese Modelle selbst, ihre spezifischen Eigenschaften, Grundlagen und Quellen oder der eventuell von der Forschung aus ihnen zu ziehende Erkenntnisgewinn keine Rolle, sie dienen einzig der Illustration.



□ 272

Haptische Modelle der Frankfurter Hauptsynagoge am Börneplatz (links) und der Synagoge an der Friedberger Anlage (rechts), Kunststoff geätzt, Maßstab 1:200, 70 × 70 cm, »Atelier Tschavgov«, um 1988.

■ 1079

Vgl. Schwarz 1988 (Die Architektur der Synagoge).

■ 1080

Für die Modelle verantwortlich zeichnet das »Atelier Tschavgov«. Vgl. dazu: Schwarz 1988 (Die Architektur der Synagoge in Deutschland), S. 20, S. 22; Schwarz 1988 (Die Architektur der Synagoge), S. 417, Nr. 394, S. 418, Nr. 403.

Ende der 1990er-Jahre startete die damals über Drittmittelprojekte geförderte Forschungsinstitution **Bet Tfila** in Braunschweig eine bis heute andauernde Initiative: 1083 die Anfertigung von Rekonstruktionen meist nicht mehr existierender Synagogen in Form von haptischen Architekturmodellen aus Holz im Maßstab von 1:50 und einheitlichem Abstraktionsgrad. 1084 Gegründet wurde die **Bet Tfila – Forschungsstelle für jüdische Architektur in Europa** 1993/1994 aus einer Kooperation des **Center for Jewish Art** der Hebrew University of Jerusalem mit dem Fachgebiet Baugeschichte an der TU Braunschweig. Seit April 2007 ist sie nun in Form von je einer Arbeitsgruppe an beiden Institutionen angesiedelt. Ihre Aufgabe ist »die Erfassung, Dokumentation und systematische Erforschung sakraler und säkularer Architekturen jüdischer

■ 1081

Sämtliche Pläne, Ansichten und historische Fotografien zur Synagoge Friedberger Anlage sind publiziert in: Korn 1988, S. 382–387.

■ 1082

Vgl. Hoffmann 1988, S. 8.

■ 1083

Zur Entstehungsgeschichte der »Bet Tfila«: Thies 2008 (Einleitung und Dank), S. 13; Thies 2008 (Zur Einführung), S. 15; Webseite der »Bet Tfila«: <http://www.bet-tfila.org/>; Webseite der TU Braunschweig: <https://www.tu-braunschweig.de/baugeschichte/bettfila>.

■ 1084

Für Abbildungen und Informationen zu sämtlichen Holzmodellen vgl. Webseite der »Bet Tfila«: <http://www.bet-tfila.org/>.

■ 1085

Vgl. ebd.

■ 1086

Einen Überblick zur Publikationsreihe bietet die Webseite der »Bet Tfila«: vgl. ebd.

■ 1087

Zudem waren je etwa 20 Studierende der TU Dresden und der Bauhaus-Universität Weimar beteiligt. Vgl. Thies 2008 (Zur Einführung), S. 17, Anm. 7.

■ 1088

Vgl. Grellert 2007, S. 132.

■ 1089

Vgl. ebd.

■ 1090

Vgl. Paulus 2008, S. 209, S. 211, Anm. 1.

■ 1091

Ausstellungsorte waren u. a.: TU Braunschweig (2000), Synagoge Oranienburger Straße – Centrum Judaicum Berlin (2003/2004), Felix-Nussbaum-Haus, Osnabrück, (2003). Vgl. Grellert 2007, S. 132 u. S. 139–140; Thies 2008 (Einleitung und Dank), S. 13. Für Abbildungen sämtlicher Synagogen-Modelle vgl.: Cohen-Mushlin/Thies 2008, S. 109–268

■ 1092

Vgl. Grellert 2007, S. 132; Thies 2008 (Einleitung und Dank) 2008, S. 12.

Gemeinschaften in Europa.« 1085 Ergebnisse der Zusammenarbeit werden unter anderem in der von Bet Tfila herausgegebenen wissenschaftlichen Publikationsreihe veröffentlicht. 1086 Unter den beiden Initiatoren, dem in Braunschweig lehrenden Kunsthistoriker Harmen H. Thies und der an der Hebrew University of Jerusalem lehrenden Kunsthistorikerin Aliza Cohen-Mushlin, waren seit 1994 bereits mehr als 400 Studierende der TU an dem Dokumentationsprojekt beteiligt. 1087

Verschiedene Dokumente wie historische und zeitgenössische Fotografien sowie Textquellen wie Bauakten und Zeichnungen wurden für das Projekt zusammengetragen. 1088 Die Studierenden fertigten etwa 1.100 Zeichnungen bestehender und rekonstruierter jüdischer Gotteshäuser an und nahmen Aufmaß von ungefähr 112 Gebäuden. 1089 So entstanden Architekturmodelle von Synagogen aus Städten überwiegend in Deutschland, aber auch in den Niederlanden und der Slowakei.

Exemplarisch sei hier auf das hölzerne Modell der Synagoge Glockengasse in Köln verwiesen, da später insbesondere auf die digitale Rekonstruktion dieses Sakralbaus eingegangen wird [273]. Gefertigt wurde es 1999/2000 am Fachgebiet Baugeschichte der TU Braunschweig. 1090 Holzlichtig belassen wurde es im Maßstab 1:50 ausgeführt. Es gibt nicht nur das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes wieder, sondern auch den Innenraum. Zahlreiche architektonische Details wie die Fensterrosette, Türmchen, Zinnen, Balustraden sind deutlich zu erkennen. Seit dem Jahr 2000 stehen die hölzernen Architekturmodelle im Fokus der zahlreichen gemeinsamen Ausstellungen der beiden Kooperationspartner und werden mit Erkenntnissen aus ihrem Forschungsprojekt ergänzt. 1091 Einige Kopien der Modelle befinden sich inzwischen auch in Dauerausstellungen, wie beispielsweise im Deutschen Historischen Museum Berlin, im Jüdischen Museum Berlin, in der Alten Synagoge Essen, in der Synagoge Wörlitz sowie im Kölnischen Stadtmuseum. 1092



□ 273

Hölzernes Modell der Synagoge Glockengasse in Köln, Maßstab 1:50, M. Albrecht, S. Grubba, H. Ebinger und M. Schuhr, Fachgebiet Baugeschichte der TU Braunschweig/»Bet Tfila«, 1999/2000.

All diese zuvor angesprochenen Projekte, in deren Zentrum die Rekonstruktion von Synagogen steht, zeigen wie komplett unterschiedlich mit der Erinnerung an die zerstörte jüdische Architektur in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts umgegangen wurde. Im Folgenden wird aufgezeigt welches Potential insbesondere in der digitalen Rekonstruktion jüdischer Gotteshäuser

■ 1093

Vgl. Grellert 2007, S. 286 sowie den Ausstellungskatalog aus dem Jahr 2000 sowie den 2004 neu aufgelegten Katalog zu den digitalen Rekonstruktionen von 13 Synagogen: Synagogen in Deutschland 2000; Synagogen in Deutschland 2004. Einen kurzen Überblick über das Projekt gibt Marc Grellert hier: Grellert 2001 (Computer Reconstruction of German Synagogues). Eine ausführliche Beschreibung des Projekts inklusive einer Erläuterung des Rekonstruktionsprozesses liefert Grellert in: Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 51–74.

■ 1094

Für Hintergrundinformationen zur Initiative, Präsentation u. medialen Resonanz vgl. Grellert 2007, S. 286/287.

■ 1095

Vgl. Synagogen in Deutschland 2004, S. 89, S. 93 u. S. 97.

liegt. Insbesondere wird das 3D-Modell der Synagoge Glockengasse in Köln exemplarisch untersucht, das als eines der ersten im Rahmen des Projekts Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion realisiert wurde.

Entstehungskontext der digitalen Rekonstruktionen von Synagogen an der TU Darmstadt

An der TU Darmstadt wurden unter den Architekten Manfred Koob und Marc Grellert – nach Koobs Tod im Jahr 2011 unter Grellerts Leitung – zahlreiche Synagogen digital rekonstruiert. Der Ursprung für diese Arbeiten beruht auf der Initiative von Grellert, der während seines Architekturstudiums im Jahr 1994, kurz nachdem ein Brandanschlag auf die Lübecker Synagoge verübt worden war, an Koob herantrat, mit der Idee zerstörte jüdische Gotteshäuser digital zu rekonstruieren. **1093** Hintergrund dafür war auch sein Interesse für synagogale Architektur sowie für Anwendungsmöglichkeiten von CAD. Aus Grellerts Initiative heraus entstand schließlich unter seiner Mitarbeit ein von Koob geleitetes Seminar mit dem Titel *Visualisierung des Zerstörten*, an dem insgesamt acht Studierende teilnahmen. **1094** Am Computer rekonstruierten sie drei Frankfurter Synagogen, die 1938 zerstört wurden: die Hauptsynagoge in der ehemaligen Judengasse sowie die jüdischen Gotteshäuser am Börneplatz und an der Friedberger Anlage **274**. **1095**



□ 274

Digital rekonstruierte Synagoge am Börneplatz in Frankfurt am Main, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, ca. 1995: Außenansicht (links); Blick von der Empore in den Hauptraum (rechts).

■ 1096

Vgl. Grellert 2007, S. 287. Weitere Unterstützung erhielt das Projekt zur Rekonstruktion der drei Synagogen in Frankfurt am Main von den Firmen: »asb baudat«, »Merck« und »Henschel Roberts«. Vgl. Synagogen in Deutschland 2000, S. 4.

■ 1097

Zur Entwicklung des Projekts vgl.: Grellert 2007, S. 286–288.

Aufgrund des breiten Interesses der Öffentlichkeit kam Mitte 1996 eine Ausstellung in der Börnegalerie, der Dependence des JMF, zustande. Nicht nur dort wurden Bilder der 3D-Modelle gezeigt, sondern auch über das Fernsehen und Printmedien. So unterstützte schließlich unter anderem der Hessische Rundfunk das Projekt finanziell, wodurch Anfang 1997 die Erstellung von Simulationsfilmen des inneren und äußeren Erscheinungsbilds der Synagogen in Frankfurt ermöglicht wurde. **1096**

Aufbauend auf die positiven öffentlichen Reaktionen entwickelte sich am Fachgebiet Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur (IKA, heute: Fachgebiet Digitales Gestalten) der TU Darmstadt 1998 aus der Initiative das 3D-Projekt *Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion*: **1097** Unter der Leitung von Koob und Grellert wurden insgesamt 15 Synagogen deutscher Großstädte aus dem 19. und 20. Jahrhundert ausgewählt, die einen Querschnitt durch die Baustile und liturgische Ausrichtung jüdischer Sakralbauten abbilden. **1098**

■ 1098

Diese Auswahl umfasste: Berlin, Dortmund, Dresden, Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Kaiserslautern, Köln, Leipzig, München, Nürnberg, Plauen sowie Stuttgart. Vgl. Grellert 2007, S. 287. Die Synagogen von Düsseldorf und Stuttgart wurden jedoch von der TU Darmstadt bis heute noch nicht digital rekonstruiert. Von der Hamburger Synagoge wurde nur die Außenfassade modelliert, worauf an späterer Stelle im Kapitel eingegangen wird. Die Informationen zu den Synagogen in Düsseldorf, Stuttgart und Hamburg nannte Marc Grellert in einem Gespräch mit der Autorin am 9. August 2016.

■ 1099

Vgl. Grellert 2001 (Computer Reconstruction of German Synagogues), S. 287; Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 51–52.

■ 1100

Vgl. ebd.

■ 1101

Vgl. [Appendix 2.6](#) (→ 675), Interview mit Marc Grellert, [Frage 2](#).

■ 1102

Vgl. Koob/Grellert 2001, S. 53.

■ 1103

Die zeitliche Abfolge und die finanziellen Förderungen des Projekts erläutert Grellert in: Grellert 2007, S. 287/288.

■ 1104

Vgl. Koob 2000, S. 1271; Grellert 2007, S. 342.

■ 1105

Vgl. Grellert 2007, S. 342.

■ 1106

Vgl. Kurzdokumentation »Computer-Rekonstruktion der Darmstädter Synagoge in der Bleichstraße«, 10:22 Min., erstellt im Auftrag der »Gesellschaft für Christlich-Jüdische Zusammenarbeit Darmstadt« anlässlich des 50-jährigen Bestehens der Gesellschaft im Jahr 2004, © 2004, »Architectura Virtualis GmbH«, Kooperationspartner der Technischen Universität Darmstadt. Für das Zurverfügungstellen des Films möchte ich mich ganz herzlich bei Marc Grellert bedanken.

Die Ziele des Projekts waren vielfältig: Neben dem Sichtbarmachen einer nicht mehr existierenden Architektur, die heute weitgehend aus dem Bewusstsein der Bevölkerung in Deutschland verschwunden ist, und dem Schaffen eines Überblicks über die Synagogenarchitektur des 19. und des 20. Jahrhunderts, war es ein wichtiges Anliegen, ein Mahnmal gegen Antisemitismus zu erschaffen und der Architektur jüdischer Gotteshäuser die ihnen zustehende Wertschätzung entgegenzubringen. ¹⁰⁹⁹ Die Auswahl fiel vor allem auf Bauwerke in größeren Städten, um von vornherein ein breiteres Interesse zu erreichen. ¹¹⁰⁰ Als Publikum sollte einerseits die Öffentlichkeit an sich gewonnen werden, vor allem aber auch Zeitzeugen oder Mitglieder der jeweiligen jüdischen Gemeinden und deren Nachkommen. ¹¹⁰¹ Auch sollte das Projekt diversen Bildungseinrichtungen wie Museen, Universitäten und Schulen Zugang zur Beschäftigung mit dem Themenkomplex jüdischer Geschichte in Deutschland bieten. ¹¹⁰²

Die Rekonstruktion der Synagogen wurde hauptsächlich durch außeruniversitäre finanzielle Förderungen ermöglicht und vollzog sich in folgender Reihenfolge: ¹¹⁰³ Zunächst wurden die jüdischen Gotteshäuser in Köln, Hannover und Plauen bearbeitet, ermöglicht durch finanzielle Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Anschließend konnten durch die jeweiligen Städte finanziell unterstützt die Synagogen in Kaiserslautern, München und Nürnberg rekonstruiert werden. Diese sechs Bauten sowie die darauf folgenden in Berlin, Dortmund, Dresden und Leipzig wurden von Studierenden innerhalb eines Seminars über drei Semester rekonstruiert. So konnten in nur eineinhalb Jahren insgesamt zehn jüdische Gotteshäuser an der TU Darmstadt digital rekonstruiert werden. Jeweils drei bis vier Studierende widmeten sich dabei jeweils einem Bauwerk.

Ein wesentlicher Teil dieses umfassenden Projekts war, wie angesprochen, die Beteiligung von Zeitzeugen. ¹¹⁰⁴ Grellert führte Interviews mit Mitgliedern jüdischer Gemeinden, um deren Erinnerungen zur Architektur und Ausstattung der zerstörten Gebäude zu erfahren. ¹¹⁰⁵ Beispielsweise sprach er für die Rekonstruktion der Synagoge in Darmstadt mit Asher Wasserteil, der sie als Kind regelmäßig besucht hatte und heute in Jerusalem lebt. ¹¹⁰⁶ Gemeinsam saßen sie vor Grellerts Laptop und besprachen die Farbgebung von Ausstattungsgegenständen des jüdischen Gotteshauses, das der Architekt in Form eines digitalen 3D-Modells am Bildschirm zeigte ²⁷⁵.



□ 275

Asher Wasserteil, Zeitzeuge, bespricht vor einem Computerbildschirm mit dem Architekten Marc Grellert die Farbgebung von Objekten der digital rekonstruierten Synagoge in Darmstadt, Filmstill aus der Kurzdokumentation »Computer-Rekonstruktion der Darmstädter Synagoge in der Bleichstraße«, Min. 5:14, »Architectura Virtualis«, 2004.

Das aktive Involvieren von Zeitzeugen ist auch ein wichtiges Element des an der TU Darmstadt initiierten **Synagogen-Internet-Archivs**, das mit Informationen zu jüdischer Geschichte, synagogaler Architektur und historischen Quellen

■ 1107

Vgl. Grellert 2007, S. 400, S. 408–411, S. 417; **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 2**; Webseite zum »Synagogen-Internet-Archiv«, die nur noch über die »Wayback Machine« des »Internet Archive« zugänglich ist unter: <https://web.archive.org/web/20170725161735/http://www.synagogen.info/> (Stand vom 25.07.2017).

■ 1108

Vgl. Webseite der TU Darmstadt zum Projekt »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.

■ 1109

Vgl. **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 5**.

■ 1110

Vgl. Synagogen in Deutschland 2004, S. 158.

■ 1111

Vgl. Koob 2004, S. 32; **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 5**.

■ 1112

Vgl. Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 68.

■ 1113

Vgl. **Abspann auf der CD-Rom zum Ausstellungskatalog: Synagogen in Deutschland 2004**.

■ 1114

Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 58.

■ 1115

Eine detaillierte Beschreibung des Erstellungsprozesses ist zu finden in: ebd., insbes. S. 58–68.

■ 1116

Vgl. Grellert 2001 (Computer Reconstruction of German Synagogues), S. 289.

aufwartet. **1107** Dieses Vorhaben ging am 9. November 2002 offiziell online und ist noch immer zugänglich. Es bietet Nutzern die Möglichkeit, Informationen in Form von Kommentaren, Bildern, Links und Zeitzeugenberichten zu den über 2.200 verzeichneten Synagogen in Deutschland und Österreich abzufragen und zu ergänzen. Verlinkt hierzu ist die davon unabhängige Webseite zum Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion**, die vom Fachgebiet IKA ins Leben gerufen wurde. Hierüber sind Informationen und Abbildungen zu den digital rekonstruierten Synagogen aus insgesamt elf Städten in Deutschland zugänglich, auf die an späterer Stelle noch genauer eingegangen wird. **1108**

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Im Folgenden werden die Arbeitsabläufe sowie die technischen Voraussetzungen für die Rekonstruktion von Synagogen innerhalb des 3D-Projekts der TU Darmstadt erläutert, die alle digitalen Modelle gleichermaßen betreffen. Zwar wurde laut Marc Grellert damals kein wissenschaftlicher Anspruch für die Umsetzung der Initiative von außen gefordert, aber dem eigenen Anspruch folgend arbeiteten sie mit Experten verschiedener Disziplinen zusammen: **1109** So begleitete Salomon Korn, Architekt und ehemaliger Vizepräsident des Zentralrats der Juden, dem auch die wissenschaftliche Beratung des Vorhabens oblag, das Projekt. **1110** Von kunsthistorischer Seite war der zu dieser Zeit an der TU Darmstadt lehrende Wolfgang Liebenwein für ein Seminar verantwortlich, das die an der Rekonstruktion beteiligten Studierenden in die Thematik einführte. **1111** Die technische Ausstattung umfasste Computer mit dem Betriebssystem Windows NT, die mit Pentium 500 Doppelprozessoren sowie 1 GB RAM ausgestattet waren. **1112** Die erforderliche Software lieferte Alias|Wavefront (heute Alias), wobei Livingston Electronic Services das Rendering unterstützte. **1113**

Den computergestützten Rekonstruktionsprozess von historischer Architektur im Allgemeinen und hier die Rekonstruktion von Synagogen im Speziellen charakterisieren laut Marc Grellert folgende sechs Phasen:

»Beschaffung und Sichtung von Quellenmaterial, Umsetzung der Quellen in zweidimensionale Computerzeichnungen als Hilfsgrundlagen, Erzeugung des dreidimensionalen geometrischen Modells, Zuweisung von Oberflächen, Erzeugung von Licht und Schatten sowie Erstellen von Einzelbildern und Filmsequenzen.« **1114**

Im ersten Schritt musste zunächst das Quellenmaterial gefunden und untersucht werden, was sich im Falle der Synagogenarchitektur als relativ kompliziert erwies. **1115** Denn sowohl durch Kriegsverlust, als auch durch die gezielte Zerstörung von Unterlagen waren nicht mehr viele relevante Dokumente vorhanden. Noch existierende Quellen fanden sich verstreut in unterschiedlichen Institutionen wie Archiven oder Museen, aber auch in jüdischen Gemeinden. Die Rekonstruktion der drei Frankfurter Synagogen beruhte beispielsweise auf Plänen, Baubeschreibungen, Zeichnungen sowie Fotografien. **1116** Bei den Synagogen von Hannover, Köln, Plauen, München und Nürnberg wurden auch Zeitzeugenberichte als Grundlagen einbezogen, die zwar subjektive Wahrneh-

■ 1117

Vgl. ebd. Zur Synagoge von Köln in der Glockengasse wurden zwar Zeitzeugen befragt, jedoch wurden die Gespräche nicht aufgezeichnet, wie Marc Grellert der Autorin in einem Gespräch am 9. August 2016 erläuterte.

■ 1118

Vgl. [Kapitel 3.3](#) (→ 125).

■ 1119

Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 64.

■ 1120

Vgl. [Kapitel 4.2](#) (→ 193).

■ 1121

Allerdings war es damals schon möglich anhand bestimmter Programme im 3D-Modell Licht zu simulieren, das den physikalischen Gesetzen folgte. Aufgrund der hierfür erforderlichen großen Rechenkapazität wurde dies im Projekt zu den Synagogen nicht angewendet, vgl. Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 66.

■ 1122

Die in den letzten Jahren realisierten Filme wurden als mp4-Dateien mit dem Kompressionsstandard H264 und einer Bildgröße von 1920 × 1080 Pixel erstellt. Diese Informationen zur Technik erläuterte Marc Grellert in einem Gespräch mit der Autorin am 19.10.2016.

mungen wiedergeben, aber dennoch einen Eindruck der Bauwerke vermitteln können. **1117** Laut Grellert lagen zu keinem der Sakralbauten aktuelle Ergebnisse aus der Forschung vor.

An die Sichtung der vorliegenden Materialien schloss sich die Erstellung von zweidimensionalen Zeichnungen mit Hilfe des Computers an, die auf den Quellen basierten. Sofern keine historischen Pläne vorlagen, war es erforderlich neue anzufertigen. In Form von digital erstellten Grundrissen, Ansichtsplänen sowie Schnitten erleichterten sie die Bestimmung von Größenverhältnissen einzelner Bauteile und deren Anordnung. In einem weiteren Schritt dienten diese Zeichnungen als Grundlage für die Erstellung von dreidimensionalen Körpern. Diese Objekte wurden anschließend mit Hilfe von Schnurgerüsten räumlich im 3D-Modell verortet, einem Vorgehen, das Koob auch schon bei der Rekonstruktion von Cluny III angewendet hatte. **1118** Einzelne Bauteile ergeben zusammengefasst sogenannte Bau-Gruppen, die wiederum zusammengenommen das Gesamtmodell darstellen.

Nun kann die weitere Spezifizierung der einzelnen Bauteile beginnen: So wird sämtlichen Flächen eine bestimmte Oberfläche zugeordnet, wobei einzelne Texturen hierfür eigens erzeugt werden indem, laut Grellert, »ein kleiner Ausschnitt der darzustellenden Struktur verwendet und über einen Zufallsgenerator so geschickt im Rechner vervielfältigt wird, dass eine beliebig große Fläche ohne störende Wiederholungen des Musters erzeugt werden kann.« **1119** Auf diese Weise erhalten die Objekte spezifische Oberflächencharakteristika wie Holzmaserung oder Steinquaderung, um den betreffenden Gegenstand realistisch anmuten zu lassen. Ein ähnliches Verfahren hatte auch Norbert Quien für die Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors herangezogen, wenn auch der Effekt 1992 noch nicht so ausgefeilt war wie nun Ende der 1990er-Jahre. **1120** Diese Zuordnung war trotz lückenhafter Quellenlage besser handhabbar als die Bestimmung der Farben einzelner Elemente. Teils konnte auf die Farbgebung aufgrund von Beschreibungen in Schriftquellen oder in kolorierten Zeichnungen zurückgegriffen werden, teils wurden Farben oder Oberflächen nach ihren ursprünglichen Materialien wie bestimmten Gesteinen nachempfunden. Als Vorlage dienten hier vergleichbare Gebäude. Um diese teilweise vagen Farbbestimmungen auf ihre Richtigkeit hin zu überprüfen, war ein Ziel, Zeitzeugen dahingehend zu befragen. Änderungen ließen sich rasch einfügen, sodass die Rekonstruktionen der Synagogen möglichst immer den neuesten Erkenntnissen entsprachen.

In einem nächsten Schritt wurden Lichtquellen in den virtuellen Raum eingefügt. Ziel war es, durch die Beleuchtung und daraus resultierende Schatten dem Raum eine Atmosphäre zu verleihen. **1121** Abschließend wurden Einzelbilder des 3D-Modells berechnet, die aneinander montiert in der Abfolge einen Animationsfilm ergaben. Dieser wurde als mpeg2-Datei mit einer Bildgröße von 720 × 576 Pixel erstellt. **1122** Perspektiven und Blickwinkel der virtuellen Kamera waren frei wählbar. Kamerafahrten konnten anhand hierfür angelegter Führungslinien generiert werden, sodass sich die Kamera unter bestimmten Blickwinkeln entlang der definierten Pfade bewegte. Allerdings war die Erstellung der Animationsfilme sehr rechen- und damit auch relativ zeitintensiv. Beispielsweise dauerte die Berechnung eines Einzelbildes teilweise bis zu 20 Minuten.

■ 1123

Erstellt wurde dieser Film am Fachgebiet CAD in der Architektur der TU Darmstadt. Zu weiteren Informationen zu Mitarbeitern vgl. Impressum des Katalogs: *Synagogen in Deutschland 2004*, S. 158–159.

■ 1124

Die Kapitel »Einführung« und »Abspann« bestehen aus nacheinander eingeblendeten Einzelbildern. In Ersterem werden kurz die Hintergründe zur Entstehung des Projekts sowie dessen Ziele erläutert, Letzteres beginnt mit einem kurzen Informationstext zur Pogromnacht, an den sich vier historische Fotografien von zerstörten Synagogen anschließen, die nacheinander gezeigt werden. Als Abschluss werden die Informationen zu den Projektbeteiligten in Textform eingeblendet.

■ 1125

Ein umfassender Überblick über die Geschichte der Kölner Synagoge in der Glockengasse ist zu finden in: Paulus 2008, S. 209–211.

■ 1126

Insbesondere zur Architektur der Synagoge vgl.: Hammer-Schenk 1988, S. 215. Die Baubeschreibung eines Zeitgenossen liefert zudem Hinweise zur Wirkung des Gebäudes: Deutsch 1885.

■ 1127

Vgl. Künzl 1984, S. 285.

■ 1128

Vgl. Deutsch 1885, S. 74.

Öffentlich präsentiert wurden diese Filme erstmals im Jahr 2000 in der Ausstellung *Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion* in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn. Dem 2004 herausgegebenen Katalog wurde eine DVD beigelegt, auf der ein 22-minütiger Film über das ausgestellte Projekt zu finden ist, der in einer deutschen und einer englischen Version hinterlegt ist. **1123** Er untergliedert sich in folgende Kapitel, die auch einzeln abgespielt werden können: Einführung/Introduction (57 Sek.), Köln/Cologne (03:42 Min.), Hannover/Hanover (03:30 Min.), Berlin/Berlin (03:07 Min.), Plauen/Plauen (04:17 Min.), München/Munich (04:14 Min.), Abspann/Credits (02:17 Min.). **1124**

Im Folgenden wird die digitale Rekonstruktion der Synagoge in der Glockengasse in Köln exemplarisch ausgewählt, um sie auf bestimmte Aspekte – Verwendung von Farben und Texturen, Detailgenauigkeit, Einsatz von Licht und Schatten sowie Raumeindruck – hin zu analysieren. Es handelt sich dabei um eines der ersten Bauwerke, das innerhalb des 3D-Projekts *Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion* an der TU Darmstadt computer-technisch modelliert wurde.

Baugeschichte der Synagoge Glockengasse, Köln

Der Dombaumeister Ernst Friedrich Zwirner, der bei Karl Friedrich Schinkel gelernt hatte, zeichnete für den Entwurf des Synagogenneubaus in der Glockengasse verantwortlich. **1125** Gestiftet von dem Bankier Abraham Freiherr von Oppenheim wurde er anstelle seines verfallenen Vorgängerbaus 1857 errichtet und 1861 eingeweiht. **1126** Nur wenige Jahre später, 1867, brannte die Synagoge, konnte aber anhand des vorhandenen Planmaterials bald wieder hergestellt werden. **1127**

Der Grundriss der als Zentralbau angelegten Synagoge beruht auf einem griechischen Kreuz, dessen Eingang sich aufgrund der städtebaulichen Situation an der Nord- statt an der Westseite befand **276**. Die im byzantinischen Stil gestaltete Hauptfassade ist gekennzeichnet durch einen vorspringenden Mittelrisalit **277**. Sie zieren vier Türme mit Zwiebdach. Die vorgesetzte, niedrigere Vorhalle akzentuieren sechs solcher Ziertürme in verkleinerter Form. Einen weiteren architektonischen Akzent bildet die mittig über der Vierung angeordnete, vergoldete Kuppel auf einem hohen Tambour. Bekrönt wird sie von einer Laterne mit Zwiebelhelm, der mit den Bedachungen der zahlreichen Türme korrespondiert. Insgesamt drei Türen boten an der Hauptfassade Zugang zur Synagoge, wobei die beiden äußeren für die Frauen bestimmt waren. **1128** Über dem mittleren Portal befand sich ein mehrteiliges Fenster, das nach oben mit einer Rosette abschloss. Eine horizontale Gliederung erfuhr die Fassade durch die Anordnung verschiedenfarbiger Steinbänder sowie Zinnenkränze.

Der Innenraum ist traditionell an der Ost-West-Achse ausgerichtet, mit dem Thoraschrein im östlichen Kreuzarm. Die drei weiteren beherbergen zweistöckig umlaufende Emporen. Zwirner gestaltete die Synagoge innen mit Arabesken und erinnerte damit an die Ornamentik der Alhambra. Dies traf den Zeitgeschmack und so diente das Gebäude in der Folgezeit häufig als Vorbild für andere Synagogenbauten. Bis zu ihrer kompletten Zerstörung in der Pogromnacht diente die Kölner Synagoge der jüdischen Gemeinde als Gotteshaus. Erst durch die digitale Rekonstruktion 1998 wurde das Bauwerk zumindest virtuell

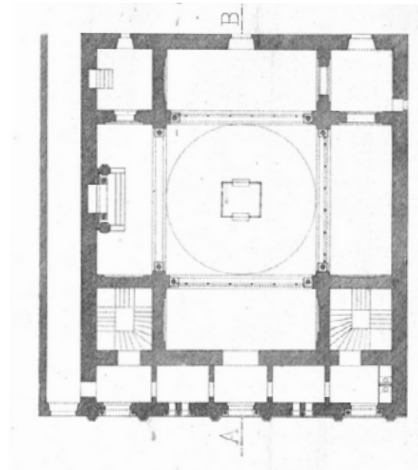
wieder zugänglich. Realisiert wurde das 3D-Modell von den Studierenden Constantin Ehrenstein, Astrid Fleckenstein, Daniel Weickenmeier und Zoé Zimmermann, die auch für das Recherchieren des Quellenmaterials verantwortlich zeichneten. **1129**

■ 1129

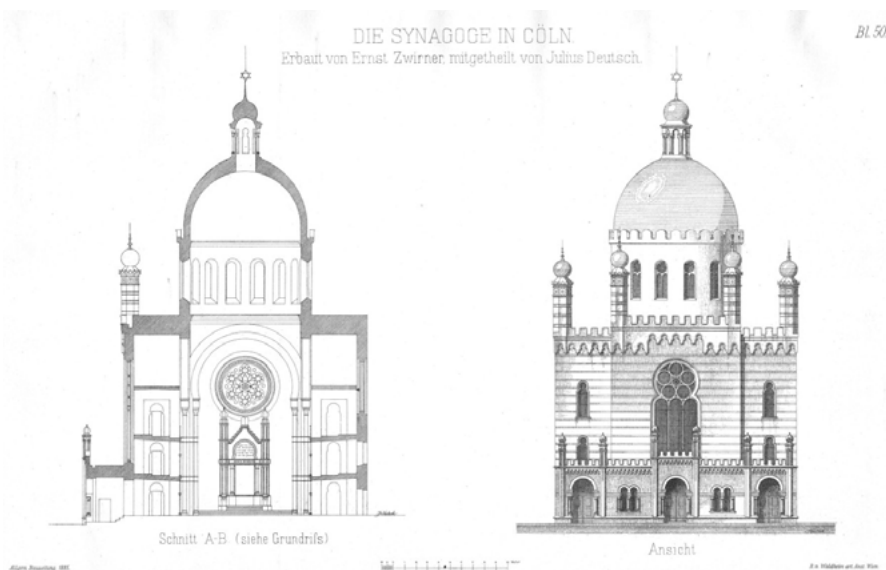
Vgl. Synagogen in Deutschland 2004, S. 158.

■ 1130

Der Informationstext lautet: »Köln 1861 – 10.11.1938 / Die Synagoge Köln, Glockengasse gehört zu / einer Gruppe von Synagogen, die orientalische Stilelemente aufwies und damit die Eigen- / ständigkeit der jüdischen Gemeinde betonte. // Synagogen mit orientalischen Stilelemente und / Synagogen, die im Stil der deutschen / Romanik errichtet worden sind, repräsentieren / die beiden Hauptströmungen in / der Architektur städtischer Synagogen.« Vgl. DVD zu: Synagogen in Deutschland 2004.



□ 276
Grundriss der 1861 eingeweihten Synagoge in der Glockengasse in Köln, vor 1885.



□ 277
Schnitt und Ansicht der Synagoge in der Glockengasse in Köln: Schnitt, vor 1885 (links) und Ansicht in Form einer schwarz-weißen Reproduktion einer Chromolithografie, Joseph Hoegg, um 1861 (rechts).

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Virtueller Rundgang

Der knapp vierminütige Film zur Kölner Synagoge, der von dem Gesang des Kantors Estrongo Nachama untermalt wird, gliedert sich in vier Abschnitte: Informationstext, Schwarz-Weiß-Fotografie der Synagoge vor ihrer Zerstörung sowie je eine Filmsequenz des Äußeren und des Inneren der digital rekonstruierten Synagoge. Der erste Abschnitt umfasst einen kurzen Text mit Informationen zum Baustil des jüdischen Gotteshauses und zu seiner Zerstörung 1938. **1130** Im Anschluss daran ist eine historische Schwarz-Weiß-Fotografie zu sehen, die die Synagoge aus dem Fenster eines schräg gegenüberliegenden Hauses zeigt. Hier wird die Enge der Gasse mit den nahe beieinanderstehenden Nachbargebäuden deutlich. Deren in barockem Stil erbaute Fassaden kontrastieren stark mit der an eine Festung mit orientalischen Türmchen erinnernden Synagoge.

Ein Zoom bringt schließlich die Kuppel des Gotteshauses in den Mittelpunkt des Bildes. Hier hinein wird nun eine Ansicht des digital rekonstruierten Sakralbaus eingeblendet, die nur den oberen Gebäudeteil zeigt [278]. Diese Überblendung erzeugt einen starken Kontrast zwischen der körnigen Schwarz-Weiß-Fotografie und der gestochen scharf und farbig inszenierten Rekonstruktion. Die virtuelle Kamera gleitet langsam zunächst an der linken Fassadenkante senkrecht hinab und dann in einem weichen Bogen zur Mitte des Baus [279]. Sie bewegt sich auf das Eingangsportal zu, dessen Türe im Schatten kaum erkennbar ist, und kommt in der dunklen Nische schließlich zum Halten. Wider Erwarten öffnet sich das Tor nicht, sondern es erfolgt die Überblendung mit einer Sequenz in das Innere der Synagoge.



□ 278

Überblendung einer historischen Fotografie mit der digital rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln, Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 1:20 – 1:31, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.



□ 279

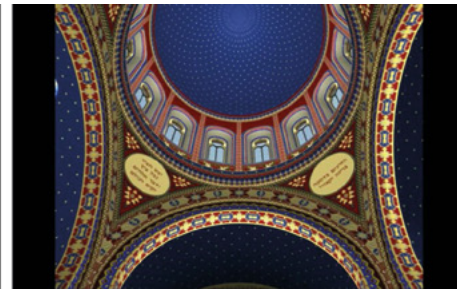
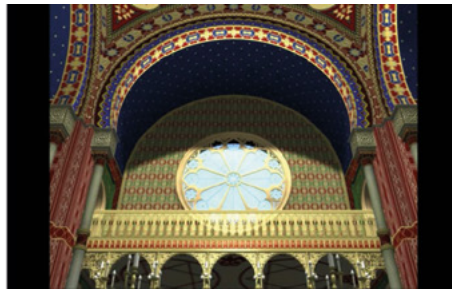
Schwenk entlang der Fassade der digital rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln, Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 1:39 – 2:00, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.

Dem Eindruck nach hat die virtuelle Kamera nun den Standpunkt eines Besuchers eingenommen, der soeben durch das Portal in das Gebäude eingetreten ist [280]. Sodann bewegt sie sich durch die mit grazilen Stützen gegliederten Arkaden, die die darüber liegenden Emporen tragen, hin zur Mitte des Raums. Der Blick wandert währenddessen langsam nach oben zur Kuppel [281].



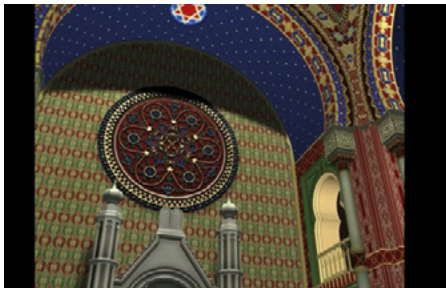
□ 280

Blick in das Innere der digital rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln nach dem Betreten durch das Portal, Still aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 2:19, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.



□ 281

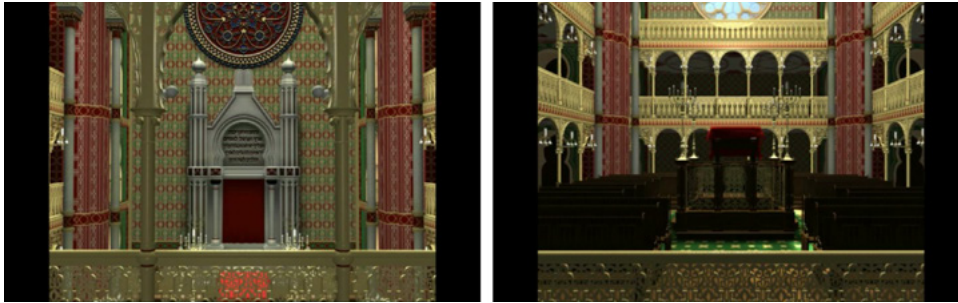
Schwenk hinauf zur Kuppel der digital rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln, Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 2:33 – 2:53, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.



□ 282

Schwenk hinab zum Aron Hakodesh der digital rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln, Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 3:10 – 3:19, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.

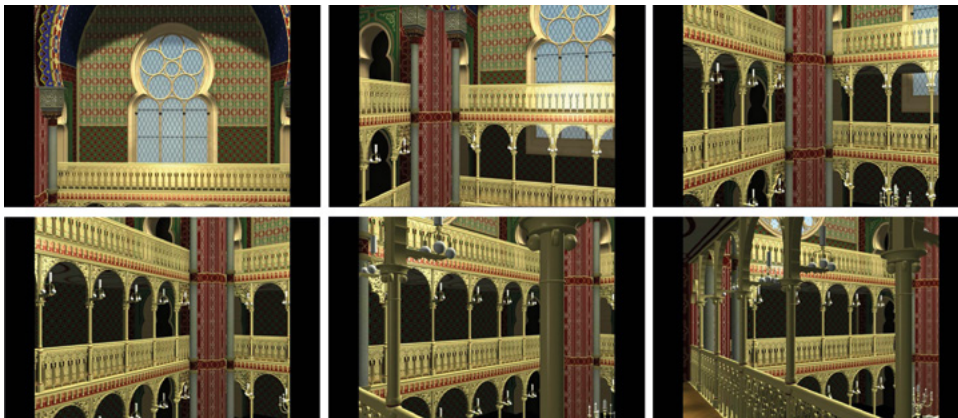
Dann dreht die Kamera leicht nach links und gleitet an der Ostwand hinab, wodurch der dort positionierte Aron Hakodesh sichtbar wird [282]. Das Bild wird zur Großaufnahme herausgezoomt. Dadurch befindet sich der imaginäre Betrachter nun auf der gegenüberliegenden Empore hinter der Brüstung. Hierauf erfolgt ein Schnitt auf eine Einstellung im Erdgeschoss, sodass der Betrachter dem Thoraschrein den Rücken zukehrt und zur Mitte des Raums in Richtung Westen blickt, wo er sich soeben noch befunden hatte [283].



□ 283

Blick von der Empore in den Hauptraum in Richtung Osten (links) und in Richtung Westen (rechts), Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 3:24 – 3:31, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.

Die virtuelle Kamera bewegt sich ein Stück weit nach rechts, bis nach einem erneuten Schnitt das im nördlichen Kreuzarm befindliche Rosettenfenster zu sehen ist. Daraufhin zoomt sie ein Stück aus diesem Bild hinaus und gleitet schließlich entlang der Empore nach links unten. Damit befindet sich der imaginäre Betrachter hinter der Emporenbrüstung an der Südseite [284]. Das nächste Bild, das nach einem Schnitt zu sehen ist, zeigt eine Sequenz im Erdgeschoss. Die Kamera hat den Standpunkt eines Besuchers eingenommen, der sich zwischen den Bankreihen auf der linken Seite befindet, und fährt zur Mitte des Raums, in der das Lesepult auf einem kleinen Podest mit Balustrade steht. Sobald sich die Bima in der Bildmitte befindet, ruht der Blick für ein paar Sekunden darauf, dann erfolgt eine Ablendung ins Schwarze, die das Ende des Films darstellt [285].



□ 284

Schwenk vom nördlichen Kreuzarm zur gegenüberliegenden Empore, Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 3:37 – 4:16, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.



□ 285

Blick in Richtung Osten auf die Bima im Vordergrund und den Aron Hakodesh im Hintergrund, Still aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 4:32, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich die virtuelle Kamera relativ langsam bewegt. Alle Schwenks und Zoomsequenzen erfolgen in fließenden Bewegungen. Dadurch strahlt die gesamte Visualisierung Ruhe und im Zusammenklang mit dem unterlegten Gesang auch eine gewisse Feierlichkeit aus.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Verwendung von Farben und Texturen

Die Synagoge hebt sich in ihrer überwiegend braunen Farbigkeit deutlich vom strahlend blauen Himmel ab, der mit wenigen weißen Wolkenschlieren versehen ist. Verkleidet ist sie mit matten, hellbraunen Steinquadern, deren Farbigkeit in Nuancen leicht variiert und die sich mit rötlichen dünneren Steinbändern abwechseln ^[279]. Die für das Gebäude verwendeten Materialien Steine, Holz und Glas sind visuell in der digitalen Rekonstruktion deutlich voneinander zu unterscheiden, da deren Charakteristika relativ realistisch wiedergegeben sind. So spiegeln sich der blaue Himmel und die steinernen Fensterrahmen auf den Glasscheiben wieder. Die dunkelbraun gestaltete Türe des Eingangsportals weist feine Längsstreifen auf, die an eine Holzmaserung denken lassen ^[286]. Allerdings sind die Streifen zu regelmäßig gesetzt, um Holz realitätsgetreu zu imitieren.



□ 286

Portal der digital rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln, Still aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 2:09, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004.

Der Innenraum der Synagoge ist geprägt von überwiegend roten und grünen Farbtönen an den Wänden, einem kräftigen Blau in den Gewölben und der Kuppel sowie einem gelblichen Farbton der Balustraden und Arkaden. Letzterer scheint in nicht vollständig überzeugender Weise Metall nachzuahmen. Die Sitzbänke in der Mitte des Raums sind dunkelbraun gestaltet und lassen auch ohne erkennbare Texturen an Holz denken. Demnach sind im Innenraum die Materialien nicht immer der Realität entsprechend wiedergegeben, da teils konkret zuordenbare Texturen wie Holzmaserung oder metallisches Schimmern fehlen. Die Wände weisen unterschiedlich gestaltete bunte Muster auf, wobei nicht klar ist, ob sie Mosaik oder Malereien darstellen. Für die digitale Rekonstruktion wurden historische Bildwerke als Vorlagen verwendet. ^[1131]

■ 1131

Sämtliche historische Vorlagen zur digitalen Rekonstruktion der Synagoge Glockengasse in Köln sind auf der Webseite zum Projekt »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« zu sehen: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.

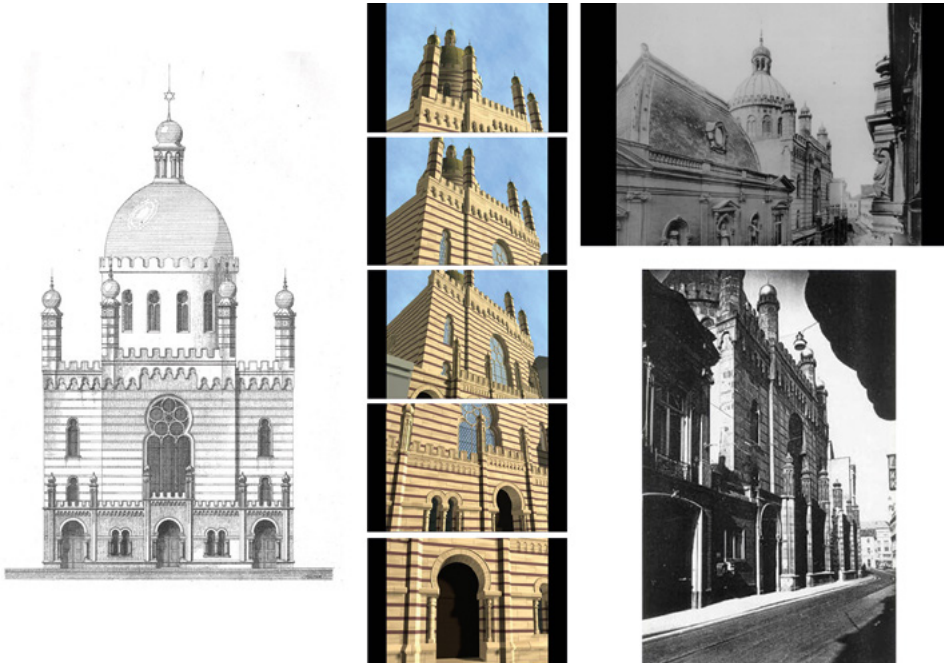
■ 1132

Die Chromolithografie liegt in der einschlägigen Literatur nur als Schwarz-Weiß-Reproduktion vor. Vgl. Hammer-Schenk 1988, S. 215, Abb. 238; Künzi 1980, S. 340, Abb. 2.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Zur Untersuchung der Fassade können beispielsweise eine Chromolithografie von Joseph Hoegg, die mit dem Jahr 1861 datiert wird, ^[1132] sowie historische Fotografien herangezogen werden ^[287]. Insbesondere der Vergleich mit der Chromolithografie zeigt, wie detailgetreu die Synagoge in der digitalen Rekonstruktion wiedergegeben ist. Sämtliche Elemente wie Form und Anzahl der Zinnen, Muster der Friese sowie die Gestaltung der Bekrönung der Türme stimmen überein. Auch die Proportionen der einzelnen Bauglieder sind relativ stimmig. Bei genauem Hinsehen fällt in diesem Zusammenhang jedoch auf, dass das über dem Eingang gelegene mehrteilige Fenster in der historischen Vorlage deutlich näher an dem darüber befindlichen Fries angeordnet ist als im

3D-Modell. In der digitalen Rekonstruktion erscheint die Fassade dadurch weniger gedrungen. Dabei handelt es sich eindeutig um einen künstlerischen Eingriff, denn das historische Foto bestätigt die Proportionen, wie sie in der Chromolithografie dargestellt sind.



□ 287

Ansicht der Nordfassade der Synagoge in der Glockengasse in Köln: schwarz-weiße Reproduktion einer Chromolithografie, Joseph Hoegg, um 1861 (links); Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 1:31 – 2:05, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004 (Mitte und oben rechts); undatierte historische Fotografie (unten rechts).

Auch bei der Gestaltung des Fassadenschmucks im Bereich des Erdgeschosses und am Tambour ist eine Abweichung festzustellen: In der digitalen Rekonstruktion findet sich das horizontal angeordnete Streifenmuster auf der gesamten Fassade wie es auch die historischen Fotos aufweisen. Hingegen sind in der historischen Abbildung die Wände des Erdgeschosses bis auf ein durchgehendes Gesims auf Höhe der Bogenansätze nicht durch Muster gegliedert, wie auch der Tambour ohne Schmuck wiedergegeben wurde. Somit wurde für die digitale Rekonstruktion das Erscheinungsbild übernommen wie es die tatsächlich erbaute Synagoge einst aufwies und nicht, wie es im Aufriss dargestellt war.

Ein weiterer Unterschied zwischen historischer Vorlage und Umsetzung im 3D-Modell ist die Form der Rundbögen im Erdgeschoss. In der Chromolithografie handelt es sich um halbkreisförmige Bögen, in der digitalen Rekonstruktion umfassen sie jedoch Dreiviertelkreise. Auf den Fotografien ist dieser Teil des Gebäudes nicht zu sehen beziehungsweise nur schwer zu erkennen. Da sich das 3D-Modell wohl stärker an der gebauten Architektur als an der zeichnerischen Vorlage orientierte, ist anzunehmen, dass die Synagoge im Erdgeschoss einst Bögen in der Form von Dreiviertelkreisen aufwies.

Zur Ausstattung des Innenraums liegt ebenfalls eine Chromolithografie von Joseph Hoegg vor. Sie wurde nach einem 1861 entstandenen Aquarell von Carl Emanuel Conrad angefertigt. **1133** Insbesondere aufgrund der farbigen Ausführung, bildet es eine wichtige Referenz für die Visualisierung im 3D-Modell **[288]**. Für einen Vergleich mit der Visualisierung des Innenraums im 3D-Modell sind mehrere Filmstills der digitalen Rekonstruktion nötig, die den gewünschten Bildausschnitt in verschiedenen Ansichten zeigen. Dies führt sogleich vor Augen,

■ 1133

Vgl. Hammer-Schenk 1988, S. 217, Abb. 238a, S. 410, Nr. 138; Deutsch 1885, Blatt 50.

dass die in der historischen Vorlage dargestellte Perspektive nicht realistisch ist. Ein Besucher der Synagoge könnte den Raum nicht in dieser Dimension auf einen Blick fassen. Demgegenüber bietet das 3D-Modell hinsichtlich der räumlichen Wahrnehmung einen der Realität entsprechenden Eindruck.



□ 288

Blick in den Innenraum der Synagoge in der Glockengasse in Köln: Chromolithografie von Joseph Hoegg nach Aquarell von Carl Emanuel Conrad, 1861, Kölnisches Stadtmuseum (links); Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 2:53 – 4:27, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004 (rechts).

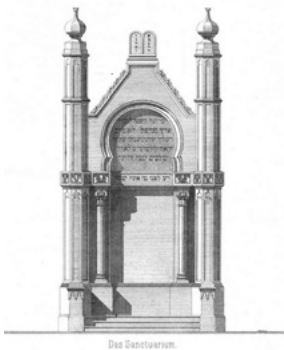
Auffällig sind in der Gegenüberstellung zudem die sich unterscheidenden Farben der Ausschmückung des Innenraums. In der Chromolithografie dominieren warme Farbtöne, vor allem Rot und Gold, sowie Blau. Die computergenerierte Darstellung gibt diese Farben allerdings in kühleren Nuancen wieder. Übereinstimmend sind die blau gefärbten Gewölbe mit kleinen goldenen Sternen in der historischen Vorlage und dem 3D-Modell. Ansonsten weicht die digitale Rekonstruktion in sämtlichen Details zur Wiedergabe der gestalterischen Ausschmückung des Innenraums stark von der Darstellung in der Chromolithografie ab. Besonders ist dies anhand des Musters an der Wand hinter dem Aron Hakodesh zu beobachten. Die roten und grünen Rauten des Wandschmucks sind im 3D-Modell nicht zu finden, stattdessen wird darin ein gänzlich anderes Muster mit grünen und roten Kreisen gezeigt. Die Rosette über dem Thoraschrein scheint auf den ersten Blick in der digitalen Rekonstruktion vollkommen anders als in der malerischen Ansicht dargestellt zu sein. Dieser irritierende Eindruck resultiert aus folgenden zwei Aspekten: Zum einen wurden im 3D-Modell viel dunkler anmutende Farben verwendet und zum anderen wurde das rahmende Blumenmuster um 45° gedreht. Ansonsten stimmen beide Visualisierungen überein. Gründe für die hier genannten Abweichungen werden in den Publikationen zum Projekt nicht genannt. Möglicherweise resultieren sie aus Rücksprachen mit Zeitzeugen.

Anders verhält es sich bei den Ornamenten, die die den Hauptraum einfassenden Bögen zieren. Zwar sind sie hinsichtlich der Formen im 3D-Modell exakt nachgebildet, jedoch unterscheiden sie sich anhand der Farbigkeit voll-

kommen von der Vorlage. In den Zwickeln unterhalb des Tambours befinden sich in der Chromolithografie runde, rot-goldene Medaillons mit hebräischen Inschriften. Diese Felder sind in der digitalen Rekonstruktion oval und in gelblichem Farbton dargestellt. Den in den Raum ragenden Ecken der Kreuzarme sind schlanke Säulen vorgelagert, die in der Chromolithografie mit einem rot-blauen Zickzackmuster versehen sind. Im 3D-Modell wurden sie hingegen grau belassen.

Wie hier aufgezeigt wurde, können zahlreiche Unterschiede zwischen der Vorlage und der Darstellung im 3D-Modell der Synagoge festgestellt werden. Diese können auf verschiedenen Gründen beruhen. Für die digitale Rekonstruktion des Gebäudes wurden Zeitzeugen befragt, die möglicherweise andere Eindrücke von der Ausschmückung der Synagoge wiedergegeben hatten. Zudem brannte das jüdische Gotteshaus 1867, sodass auch daraus Abweichungen in der Gestaltung des Innenraums entstanden.

Auch ein Blick auf einzelne architektonische Details der Ausstattung lohnt sich, da daran deutlich wird, wie genau die historischen Vorlagen in Augenschein genommen und computertechnisch modelliert wurden. Dies zeigt sich beispielsweise in der Darstellung des Aron Hakodesh: Eine um das Jahr 1861 angefertigte Zeichnung wurde offenbar sehr genau im 3D-Modell wiedergegeben [289]. Sämtliche Details stimmen hier überein. Unterschiede zeigen sich lediglich in der plastischen Wirkung des Thoraschreins. In der digitalen Rekonstruktion sind die Vertiefungen der rahmenden Säulen stark verschattet und lassen diese dadurch markanter erscheinen.

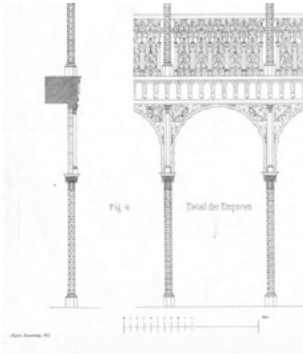


□ 289

Aron Hakodesh in der Synagoge Glockengasse, Köln: gezeichnete Ansicht, 1885 (links); digitale Rekonstruktion, Still aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 3:23, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004 (rechts).

Auch für die Balustrade der Emporen lagen historische Zeichnungen vor, deren Gestaltung im Wesentlichen in der digitalen Rekonstruktion wiedergegeben ist [290]. Kleine Unterschiede können nur in Details aufgezeigt werden. So sind die Säulen im 3D-Modell ohne ornamentale Verzierung wiedergegeben im Gegensatz zur Darstellung in der Zeichnung. Die Lampen, die sich in der digitalen Rekonstruktion finden, sind in der historischen Vorlage nicht visualisiert.

Entsprechend der zahlreichen Bildquellen und der Gespräche mit Zeitzeugen, auf die bei der computertechnischen Modellierung der Synagoge zurückgegriffen werden konnte, war es möglich die hier beschriebene Fülle an Details darzustellen. Dies verleiht der Visualisierung einen realistisch anmutenden Eindruck.



□ 290

Die Emporen der Synagoge Glockengasse, Köln: gezeichnete Ansicht und Schnitt, 1885 (links); digitale Rekonstruktion, Still aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 4:14, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004 (rechts).

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten sowie Raumeindruck

In der digitalen Rekonstruktion der Synagoge in der Glockengasse, Köln, existiert eine klare Beleuchtungssituation. Virtuelles Sonnenlicht fällt beinahe frontal auf die Fassade an der Straßenseite, sodass nur relativ kurze Schatten entstehen. Der Sonne abgewandte Mauerflächen liegen im Schatten [279]. Im Bereich des Erdgeschosses befinden sich einige Fenster- und Türöffnungen, die im Gegensatz zu den Fenstern im oberen Fassadenteil scheinbar nicht verglast sind. So scheinen ihre dunklen Öffnungen tief im Inneren des Gebäudes zu liegen. Durch diese starke Lichtquelle wirken die Fassadenelemente insgesamt sehr plastisch. Da die Synagoge nicht frontal, sondern leicht schräg im Bild ist und dadurch auch ihre östliche Fassade kurz zu sehen ist, wird sie als dreidimensionaler Baukörper wahrgenommen.

Im Inneren ist diese eindeutige Lichtsituation nicht gegeben, sodass die Farbintensität sämtlicher architektonischer Details relativ gleichmäßig wirkt. So scheint das Licht vor allem über die Fenster im Tambour und über die südliche Fensterrose einzufallen, denn der hintere Emporenbereich liegt beispielsweise in dunklem Schatten und auf dem Boden finden sich helle Lichtflecken, die auf einen Lichteinfall aus Süden hinweisen [281] [285]. Insbesondere Holzelemente wie die Bänke oder die Balustrade um die Bima erscheinen sehr dunkel sofern das Licht nicht direkt auf sie fällt. Andere Details, wie sämtlicher Wandschmuck, Emporenbalustraden, Lampen und Leuchter sind durchweg klar zu erkennen und relativ gut beleuchtet. Diese gleichmäßige Beleuchtung macht es in einigen Einstellungen etwas schwierig, die räumliche Disposition bestimmter Elemente einzuschätzen, wie beispielsweise beim Blick in die Kuppel. Die Plastizität der Architektur ist hier nicht eindeutig erkennbar. Ein weiteres Beispiel für dieses Phänomen sind die zwischen den Emporen befindlichen Pfeiler mit vorgelagerten Säulen, die eine relativ matte Farbigkeit aufweisen und so im Schatten zu liegen scheinen [284]. Die Verkleidungen der Emporen zu beiden Seiten leuchten hingegen relativ stark, als würden sie direkt von dem einfallenden Licht bestrahlt werden. Dadurch wirken die Pfeiler wie Fremdkörper im Raum, deren tatsächliche Position im Verhältnis zu den Emporen teilweise nicht zuzuordnen ist.

Trotz dieser Einschränkungen ist der Innenraum der Synagoge innerhalb der virtuellen Kamerafahrt als dreidimensional erfahrbar. Diese Wirkung unterstützen vor allem Sequenzen mit längerem Heraus- bzw. Hineinzoomen. Auf diese Weise erscheinen bestimmte architektonische Elemente besonders groß im Vordergrund im Kontrast zu weiter dahinter liegenden Objekten [284].

So entsteht eine Staffelung verschiedener Ebenen im Raum, die die dreidimensionale Wirkung unterstützen.

Ausblick: Neues 3D-Modell der Synagoge in der Glockengasse – Ein Vergleich

Die digitale Rekonstruktion der Synagoge in der Glockengasse wurde 2013 von Architectura Virtualis aktualisiert. ¹¹³⁴ Das 3D-Modell wurde auf den neuesten technischen Stand gebracht, wie Grellert erklärt: »Wir haben an einigen Stellen die Texturen bearbeitet und wir haben hauptsächlich die Lichtberechnung mit aktueller Software neu erstellt. Dadurch wirkt das Modell, das eigentlich das gleiche war, realistischer und für die Betrachterinnen und Betrachter dadurch auch zeitgemäßer.« ¹¹³⁵ Welche Bedeutung die Anpassung älterer 3D-Modelle an die jeweiligen Sehgewohnheiten hat, wird in **Kapitel 7.2** (→ 573) näher erläutert. Gezeigt wurde diese aktualisierte Rekonstruktion in dem 2013 vom WDR produzierten Film **Synagogen – Monumente gegen das Vergessen** von Martin Papirowski. ¹¹³⁶ Der Präsentationsweise aktueller Dokumentarfilme entsprechend wechseln sich darin Spielfilmszenen, die historische Gegebenheiten nachstellen, mit Sequenzen aus 3D-Modellen der mittelalterlichen Synagoge in Köln, dem Bau in der Glockengasse und des jüdischen Gotteshauses in Dortmund sowie historischen Fotografien und Interviews mit Experten ab.

Im Filmabschnitt **Aufbruch in eine neue Zeit 1801** wird unter anderem die Entstehungsgeschichte des von Zwirner entworfenen Sakralbaus erläutert. Visuell unterstützt wird dies durch einen virtuellen Flug zunächst um das digital rekonstruierte Gebäude herum sowie anschließend durch dessen Hauptraum, der insgesamt eine Minute dauert und damit nur ein Viertel der Länge des ersten Films umfasst. Im Unterschied zur früheren Version ist das jüdische Gotteshaus von außen frontal im Bild, sodass die Nachbargebäude sowie die Straße zu sehen sind ²⁹¹. Durch diese Wahl des Bildausschnitts wird die Enge der Gasse nicht mehr so deutlich wie zuvor. Der Ablauf des Flugs durch das Innere ist ebenfalls anders gestaltet, denn nach einem Schnitt folgt sogleich ein Blick in das reich verzierte Kuppelgewölbe. Sodann bewegt sich die virtuelle Kamera hinab zum Lesepult mit dem dahinter befindlichen Thoraschrein ²⁹².

■ 1134

Vgl. Webseite der »Architectura Virtualis«: <http://www.architectura-virtualis.de/rekonstruktion/synakoeln-dortmund.php?lang=de&img=0>.

■ 1135

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, [Frage 7](#).

■ 1136

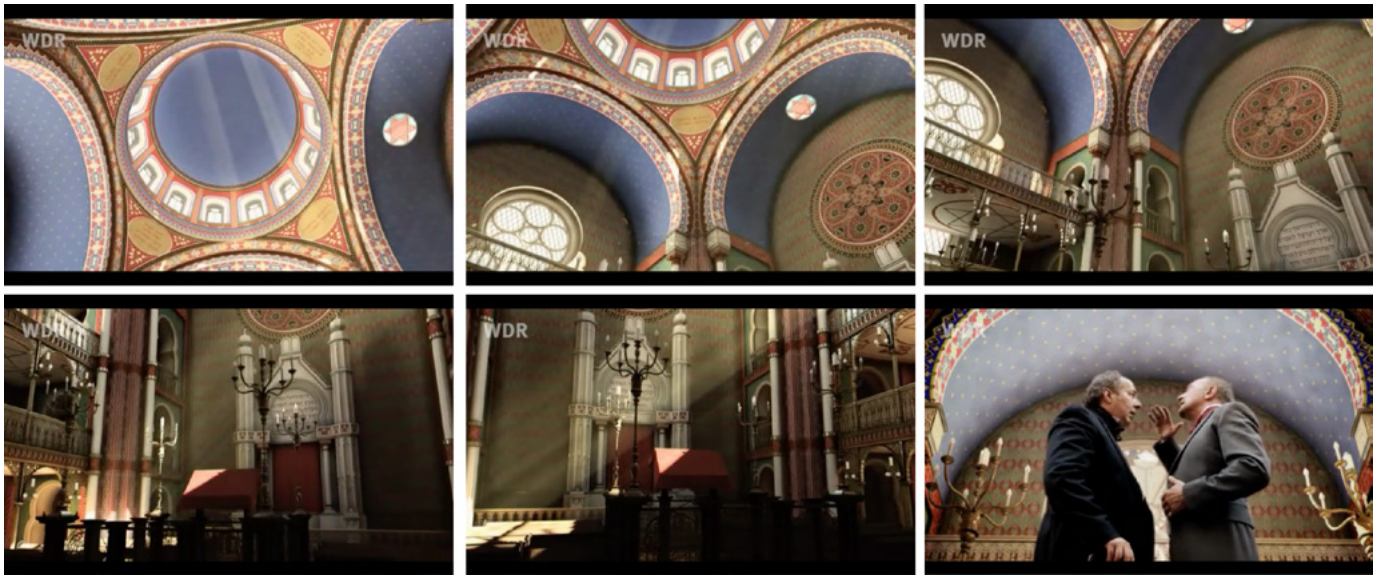
Der vom WDR 2013 produzierte Film »Synagogen – Monumente gegen das Vergessen« von Martin Papirowski, 28:31 Min., war bis 8. November 2018 online abrufbar über die Webseite von »Planet Schule«: <https://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=9179>.



□ 291

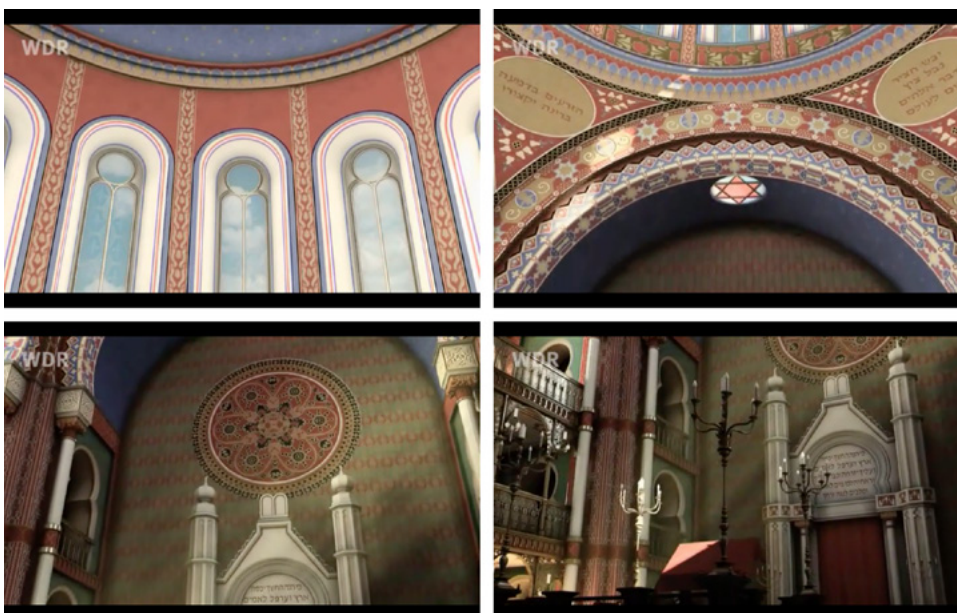
Darstellung der Synagoge in der Glockengasse, Köln, im Vergleich: im Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Min. 1:48, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 2004 (links) und im Film »Synagogen – Monumente gegen das Vergessen« von Martin Papirowski, Min. 15:27, WDR, 2013).

Gänzlich neu ist das darauf folgende Bild, das Zwirner und Oppenheim durch Schauspieler verkörpert inmitten der digitalen Rekonstruktion zeigt. In starker Untersicht gefilmt, befinden sie sich gestikulierend vor der Fensterrosette im südlichen Kreuzarm in ein Gespräch vertieft. Danach sind die Fenster der Kuppel in Nahansicht zu sehen, wobei die virtuelle Kamera sodann die Wand hinabgleitet, am Thoraschrein entlang, bis abermals die Bima im Bild ist ^[293]. Damit endet die Sequenz mit der digitalen Rekonstruktion der Synagoge, die insgesamt eine schnellere Abfolge der Szenen aufweist als der frühere Film.



□ 292

Virtuelle Kamerafahrt durch den Innenraum der Kuppel, entlang des Aron Hakodesh und um die Bima herum sowie Szene mit Zwirner und Oppenheim, verkörpert durch Schauspieler, Stills aus dem Film »Synagogen – Monumente gegen das Vergessen« von Martin Papirowski, Min. 15:28 – 15:42, WDR, 2013).



□ 293

Kameraschwenk von der Kuppel zur Bima, Stills aus dem Film »Synagogen – Monumente gegen das Vergessen« von Martin Papirowski, Min. 15:49 – 16:11, WDR, 2013.

Die Überarbeitung der Lichtsimulation ist deutlich erkennbar, denn nun scheint warmes Sonnenlicht durch die Fenster, das sich teilweise in Form von schräg einfallenden Strahlen gleichsam materialisiert. Dies erzeugt warme Farben, wodurch eine heimelige Atmosphäre geschaffen wird. Zwar sind die grundlegenden Modelldaten gleich, aber durch die Erneuerung der Beleuchtung verändert sich insbesondere im Inneren die Wirkung des Raums vollkommen. Zudem werden in der neuen Version andere Bildabfolgen gezeigt, sodass das Gebäude eine andere Inszenierung erhält. Im neuen Film ist beispielsweise die Ausschmückung des Innenraums anhand von Schwenks entlang der Wände besser zu erkennen. Allerdings wird der Raum aus weniger Blickwinkeln gezeigt, wodurch das Raumgefüge nicht so anschaulich präsentiert wird wie in der älteren Visualisierung.

Dieses Projekt ist ein Beispiel dafür, wie ein älteres 3D-Modell erneut herangezogen und mit moderner Technik aktualisiert werden kann. Somit zeigt sich, dass es wichtig war, die ursprüngliche Version aufzubewahren, da sie als Basis für die Überarbeitung verwendet werden konnte, um in einem neuen Kontext präsentiert zu werden. Sofern neue Erkenntnisse aus der Forschung vorgelegen hätten, wäre es möglich gewesen diese auch zu integrieren. In diesem Fall aber bezog sich die Bearbeitung vor allem auf die technische Komponente, wodurch die Optik grundlegend verändert wurde. Dies lässt das erneuerte 3D-Modell realistischer erscheinen, obwohl sich an der Informationsgrundlage nichts geändert hat. Diese Diskrepanz fällt allerdings nur dann auf, wenn die frühere Rekonstruktion bekannt ist.

Der Dokumentarfilm endet mit dem Abschnitt **Virtueller Wiederaufbau der Synagogen**, der sich in einer etwa dreiminütigen Sequenz dem 1994 an der TU Darmstadt begonnenen Projekt zur Rekonstruktion von zerstörten jüdischen Gotteshäusern in Deutschland widmet, dessen Entstehung Marc Grellert kurz erläutert. Die Kamera blickt über die Schulter der Darmstädter Studierenden, wie sie am Computer Synagogen modellieren. Eine Sprecherin weist explizit darauf hin, dass eine komplette Rekonstruktion der Sakralbauten am Computer niemals möglich ist, eine Illusion bleibt. Am Ende formuliert sie ein Fazit, das für das gesamte Projekt gleichermaßen gültig ist: »Was am Ende steht ist eine Annäherung, ein Bild, das der Mensch von allen Seiten betrachten kann. Es ist nicht Trost, sondern eine stumme Mahnung, eine Erinnerung an das, was für immer verloren ist – gegen das Vergessen.«

Während diese Worte zu hören sind, wird die fertiggestellte digitale Rekonstruktion der Synagoge in Dortmund vor einem grauen Wolkenhimmel gezeigt. Die virtuelle Kamera gleitet von der Spitze der Kuppel in einer halbkreisförmigen Bewegung an der Außenfassade herab. Details, wie dunkel gedeckte Dächer, die hellen steinernen Mauern sowie spiegelnde Glasfenster werden sichtbar. Bevor die Kamera auf Höhe des Erdgeschosses landet, wird das Bild unscharf, tritt in den Hintergrund, und der Kantor, dessen Gesang nun hörbar ist, wird eingeblendet. Nun ist die Fassade der digital rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse im Hintergrund zu sehen. Damit endet der Film, der der Darmstädter Initiative viel Raum gab, um sich der Öffentlichkeit zu präsentieren. Seit Mitte der 1990er-Jahre sind die Synagogenrekonstruktionen von Koob und Grellert in den Medien und verschiedenen Ausstellungshäusern präsent.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit

Die erste öffentliche Präsentation der an der TU Darmstadt erstellten 3D-Modelle von Synagogen in einem Museum in Deutschland fand im Sommer 1996 in der Dependence des Jüdischen Museums am Börneplatz in Frankfurt statt. ¹¹³⁷ In der Ausstellung mit dem Titel **Rekonstruktion und Fragment** erfolgte eine Gegenüberstellung von historischen originalen Objekten und digital rekonstruierten jüdischen Gotteshäusern. Gezeigt wurden ausgegrabene Fundstücke der 1938 zerstörten Synagoge Börneplatz in Frankfurt, die einen kleinen Einblick in die Ausstattung des einstigen jüdischen Gotteshauses gewährten. Einen starken Kontrast hierzu stellten die von Studierenden an der TU Darmstadt computergenerierten Rekonstruktionen von dieser und zwei weiteren nicht mehr existierenden Synagogen Frankfurts dar. Präsentiert wurden diese sowohl als gerahmte Abbildungen auf Papier mit den Maßen 70 × 50 Zentimeter als auch in Form von stereoskopischen Einzelbildern von jedem Bauwerk. ¹¹³⁸

Eine Besonderheit der Ausstellung war, dass hier erstmals aufgezeigt wurde, welches Potential digitale Rekonstruktionen und deren öffentliche Präsentation für die Erinnerungskultur im Bereich zerstörter Synagogen haben. Denn das Medium der Computerrekonstruktion war zu dieser Zeit zumindest im musealen Kontext noch relativ neu. ¹¹³⁹ Zudem waren die Synagogen seit Jahrzehnten aus dem zeitgenössischen Stadtbild verschwunden und im Bewusstsein großer Teile der Bevölkerung nicht präsent, wie überhaupt jüdisches Leben in Deutschland. Umso wichtiger war es, diese in Vergessenheit geratenen Gebäude wieder sichtbar zu machen. Die Ausstellung generierte ein breites Medienecho, sowohl national als auch international, und trug entscheidend dazu bei, dass das digitale Rekonstruieren von Synagogen an der TU Darmstadt intensiv weitergeführt wurde. ¹¹⁴⁰

Dem 3D-Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** widmete die Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn im Jahr 2000 eine große Ausstellung. ¹¹⁴¹ Eine Premiere hierbei war der explizite Fokus auf computergenerierten Rekonstruktionen. Weitere Exponate wie noch erhaltene historische Objekte aus zerstörten jüdischen Gotteshäusern sowie eine Collage aus Fotografien von in Brand gesteckten Sakralbauten waren zwar auch zu sehen, aber nur im Sinne einer Unterstützung der digitalen Modelle. Für Manfred Koob standen sogar mehr noch die Prozesse im Vordergrund, die zu den ausgestellten digitalen Objekten geführt hatten.

Der längs ausgerichtete Hauptraum der Ausstellung war den 3D-Modellen gewidmet und veranschaulichte in einer Gegenüberstellung auf der einen Raumseite den Rekonstruktionsprozess und auf der anderen das Ergebnis. So wurden die Wände an den Längsseiten in jeweils 13 Abschnitte mit je zwei Metern Länge unterteilt, wobei je Abschnitt eine Stadt mit den darin rekonstruierten Synagogen ihren Platz fand. An der Längswand, die den Arbeitsprozess dokumentierte, befanden sich pro Abschnitt jeweils ein Tisch und ein Monitor sowie Bücher über das dargestellte Gebäude im Speziellen und Publikationen über jüdische Gotteshäuser allgemein. Für die Besucher bestand die Möglichkeit, sich an einem Computer über sämtliche Schritte des Rekonstruktionsprozesses eigenständig zu informieren. Zudem dokumentierten Pinnwände die Arbeit der Studierenden, auf denen verschiedene Dokumente, Notizen, Zeichnungen und Abbildungen zusammengestellt waren.

■ 1137

Eine Beschreibung der Ausstellung von 1996 ist zu finden in: Grellert 2007, insbes. S. 289–290.

■ 1138

Die stereoskopischen Bilder wurden auf je etwa einen Meter hohen Stelen folgendermaßen präsentiert: »Auf der oberen Stirnseite waren zwei Betrachtungseinheiten eingelassen, die je eine Perspektive einer Synagoge zeigten. Die Besucher schauten durch zwei nebeneinander liegende Linsen, ähnlich einem Fernglas, um das jeweilige Bild wahrzunehmen.« Zit. aus: Grellert 2007, S. 289, Anm. 450.

■ 1139

In der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland (Bundeskunsthalle) fand 1998/1999 die Ausstellung »Hochrenaissance im Vatikan statt, bei der erstmals eine digitale Rekonstruktion eines Gebäudes live im Museum gezeigt wurde, vgl. Interview mit Lothar Altringer, Kurator der Bundeskunsthalle, in: ebd., S. 501–505, hier insbes. S. 501.

■ 1140

Ein Pressespiegel zum Medienecho des Projekts »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« in den Jahren 1995 bis 2004 findet sich auf der Webseite des »IKA« der TU Darmstadt: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/g_publicated/index.html.

■ 1141

Vgl. insbes. den zugehörigen Ausstellungskatalog: **Synagogen in Deutschland 2004. Ausführliche Informationen zur Konzeption der Ausstellung** sind zu finden in: Grellert 2007, S. 292–296 u. S. 547–555 (Interview mit Agnieszka Lulinska, Bundeskunsthalle Bonn); **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 3 u. Frage 4**.

■ 1142

Vgl. Grellert 2007, S. 288.

■ 1143

Diese Information entstammt einem Gespräch mit Marc Grellert am 09.08.2016.

■ 1144

Informationen zur Ausstellung sind zu finden in der Pressemeldung vom 20.02.2004 von Sabine Gerbaulet (TU Darmstadt): <https://idw-online.de/de/news?print=1&id=76212>.

■ 1145

Vgl. ebd. und Webseite des »Instituts für Auslandsbeziehungen (ifa)«: <https://www.ifa.de/synagogen-in-deutschland/>. Ein Überblick über Ausstellungen im Ausland ist zusammengestellt in: [Appendix 1.7](#) (→ 629), Synagoge in der Glockengasse, Köln (um 1998).

■ 1146

Vgl. Medieninformation der TU Darmstadt zur Ausstellung: Feuck 2010 u. vgl. Facebook-Auftritt des Holocaust Memorial Center in Farmington Hills, Beitrag vom 30.07.2010: <https://www.facebook.com/hmczfc/videos/136815303025184/>.

■ 1147

Vgl. ebd.

■ 1148

Vgl. folgende drei Videoclips mit dem Titel »Synagogues in Germany: A Virtual Reconstruction«, online gestellt am 17.10.2013. Clip 1 of 3: <https://www.youtube.com/watch?v=vGnZZH-8kcvQ&nohtml5=False>; Clip 2 of 3: <https://www.youtube.com/watch?v=qluy6FCrrC8&nohtml5=False>; Clip 3 of 3: <https://www.youtube.com/watch?v=9nq5pzEjQPE>.

■ 1149

Vgl. Zeilig 2017.

■ 1150

Vgl. Webseite zum Projekt Synagogen in Deutschland - Eine virtuelle Rekonstruktion: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/intermenu.html>.

Die Ausstellung war in mehrfacher Hinsicht auf den Dialog hin ausgerichtet: So stellten beispielsweise die vor Ort anwesenden Studierenden, die an dem Projekt aktiv beteiligt waren, eine wichtige Vermittlungsinstanz gegenüber den Besuchern dar. Sie konnten Erläuterungen zu den rekonstruierten Bauten liefern sowie Hilfe beim Umgang mit den technischen Geräten bieten. Zudem arbeiteten sie auch innerhalb der Ausstellung an 3D-Modellen von drei Innenräumen und ließen sich dabei über die Schulter schauen, womit die ausdrückliche Arbeitsatmosphäre der Ausstellung unterstrichen wurde. Die interaktive Herangehensweise an ein komplexes Thema hat laut der zuständigen Kuratorin, der Kunsthistorikerin Agnieszka Lulinska, den Umgang der Besucher damit maßgeblich erleichtert.

Auf das große Medienecho folgten einige Anfragen von Museen im In- und Ausland nach einer Wanderausstellung. **1142** Eine weitere Ausstellung im deutschsprachigen Raum wurde bis heute nicht realisiert. **1143** Allerdings konnte das Konzept schließlich an die Anforderungen einer internationalen Wanderausstellung angepasst und erstmals im Beth Hatefutsoth-Museum of the Jewish Diaspora in Tel Aviv, Israel, unter dem Titel *Synagogues in Germany – A Virtual Reconstruction* (24.02.2004 – 30.06.2004) präsentiert werden. **1144** Im Mittelpunkt der Präsentation standen die digitalen Modelle von während der NS-Zeit zerstörten Synagogen in Deutschland aus den Städten Bad Kissingen, Berlin, Darmstadt, Dortmund, Dresden, Frankfurt, Hannover, Kaiserslautern, Köln, Langen, Leipzig, Mannheim, München, Nürnberg und Plauen. Diese wurden als 3D-CAD-Bilder auf Wände im Ausstellungsraum projiziert. Die Schau gewährte außerdem auf unterschiedliche Weise Einblick in den vorangegangenen Rekonstruktionsprozess, denn wie bereits bei der Ausstellung 2000 wurden Arbeitsplätze eingerichtet und Studierende waren präsent.

Das Institut für Auslandsbeziehungen (ifa) zeichnet für die Realisierung sowie die Organisierung der Ausstellung *Synagogen in Deutschland* verantwortlich, die inzwischen weitere Orte auf der Welt bereist hat. **1145** So konnte die Schau 2010 erstmals in den USA gezeigt werden. **1146** Gastgebende Institution war das Holocaust Memorial Center in Farmington Hills, Michigan, USA. **1147** Im Rahmen dieser Ausstellung wurden zudem drei etwa einminütige Videoclips erstellt, die seit 2013 über den YouTube-Kanal der Gedenkstätte online zugänglich sind. **1148** Im ersten Video erläutert Grellert die Hintergründe zur Entstehung der digitalen Rekonstruktionen an der TU Darmstadt. Zu sehen sind darin auch Sequenzen, die unter anderem einen virtuellen Flug durch das 3D-Modell des Sakralbaus in der Glockengasse zeigen. Es handelt sich dabei sowohl um Ansichten des Außen- als auch des Innenraums. Die beiden anderen Clips geben weitere Bilder der digital rekonstruierten Gebäude wieder sowie ein Interview mit einem Zeitzeugen. Zuletzt machte die Wanderausstellung Anfang 2017 in der Mennonite Heritage Centre Gallery in Winnipeg, Kanada, Station. **1149**

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Projekts *Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion* war die Veröffentlichung einer zugehörigen Internetseite. Diese ist auch heute noch zugänglich, wenn auch das Erscheinungsbild und die Navigationsmöglichkeiten nicht mehr den aktuellen Standards entsprechen. **1150** Sie ist Teil des Internetauftritts des Fachgebiets IKA der TU Darmstadt und hat somit das Potential auch in Zukunft online auffindbar zu sein. Darin sind Links zu den digital rekonstruierten Synagogen nach Städte-

■ 1151

Lediglich die Unterseite zu den Synagogen in Frankfurt ist abweichend aufgebaut. Hier finden sich die Abschnitte »Börneplatz«, »Friedberger Anlage« und »Hauptsynagoge«, geschuldet der Tatsache, dass drei Synagogen der Stadt rekonstruiert wurden. Vgl. Unterseite »Frankfurt« auf der Webseite zum Projekt »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.

■ 1152

Vgl. Webseite der »Architectura Virtualis«: <http://www.architectura-virtualis.de/projekte/index.php?lang=de>.

■ 1153

Vgl. Synagogen in Deutschland 2004.

namen alphabetisch aufgelistet. Die jeweiligen Unterseiten sind mit Abbildungen und zum Teil Informationstexten ausgestattet und gliedern sich in folgende Aspekte: Geschichte, Grundlagen, Modellierung, Visualisierung außen, Visualisierung innen, Impressum. **1151** Allerdings sind auf dieser Webseite keine Videos hinterlegt, die einen räumlichen Eindruck von den rekonstruierten Bauten wiedergeben könnten.

Auch die Webseite der **Architectura Virtualis** gibt einen Einblick in und Überblick über die von ihnen realisierten Arbeiten zu digitalen Rekonstruktionen von jüdischen Sakralbauten, insbesondere diejenigen, die nach dem Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** realisiert worden sind. **1152** Zu jedem dieser neuen Arbeiten finden sich einige Farbbildungen und teilweise auch kurze Ausschnitte aus Animationsfilmen, sodass die Betrachter eine räumliche Vorstellung von den einst existierenden jüdischen Gotteshäusern erhalten. Fraglich ist hier aber, wie lange diese Firmen-Webseite in der Zukunft vorgehalten werden kann.

Schließlich stellt der 2004 veröffentlichte Katalog zur Ausstellung in der Bundeskunsthalle noch heute ein wichtiges Medium zur Dokumentation der Synagogen-Rekonstruktionen dar. **1153** Reich bebildert mit historischen Fotografien und insbesondere auch mit Abbildungen der computergenerierten Rekonstruktionen gibt er einen Eindruck davon, wie jüdische Gotteshäuser in Deutschland einst ausgesehen haben. Kurze Texte zu den einzelnen Gebäuden erläutern den Hintergrund zur jeweiligen Baugeschichte und zu besonderen Einzelheiten. Auf der dem Katalog beiliegenden CD sind wie bereits erläutert drei- bis vierminütige Videos mit virtuellen Flügen um und innerhalb von fünf digital modellierten Synagogen zu finden. Die Hinterlegung der Videos bedeutet vor allem dahingehend einen Mehrwert, dass die Sakralbauten virtuell begehbar sind und eine eindrücklichere Wirkung haben, als zweidimensionale Abbildungen.

Da die Ausstellung wie zuvor beschrieben, noch heute durch Museen auf der ganzen Welt wandert, ist sie somit – zumindest punktuell – für Besucher weiterhin zugänglich. Durch diese stete Aktivität und Präsenz der Synagogen-Rekonstruktionen im internationalen Kontext bleibt das Thema im Gespräch. So wendet sich ihm immer wieder die mediale Aufmerksamkeit zu, eine Tatsache, die bei weitem nicht auf viele Projekte zutrifft, die historische Architektur digital rekonstruieren, was bei vorangegangenen Analysen von 3D-Modellen bereits deutlich wurde.

Weitere Projekte zur digitalen Rekonstruktion von zerstörten Synagogen

Insbesondere im Bereich der digitalen Rekonstruktion von jüdischen Gotteshäusern stellt das umfassende Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** der TU Darmstadt eine Besonderheit dar wie nun gezeigt wird. Zwar gab es zur gleichen Zeit wie auch nachfolgend digitale 3D-Modelle von synagogaler Architektur, jedoch entstanden diese in gänzlich anderem Kontext und meist in kleinerem Umfang. Eine Ausnahme bildet hier die von Bob Martens an der TU Wien 1998 gestartete Initiative zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen. Auch hierbei handelt es sich um ein Langzeitprojekt, an dem bis heute aktiv gearbeitet wird und innerhalb dessen zahlreiche jüdische Gotteshäuser computertechnisch modelliert wurden. Auch diesem ist ein eigenes Kapitel

in der vorliegenden Arbeit gewidmet, um darzustellen, wie sich die technische Umsetzung und Präsentation der erarbeiteten 3D-Modelle von Synagogen auch auf gänzlich andere Art und Weise vollziehen kann. Detaillierte Informationen sowie eine Analyse der in diesem Projekt entstandenen 3D-Modelle, die synagogale Architektur in Wien zeigen, erfolgt in **Kapitel 5.4** (→ 403).

Marc Grellert stellte bereits 2007 fest, dass neben den an der TU Darmstadt und TU Wien realisierten digitalen Rekonstruktionen von Synagogen spätere Projekte jeweils nur einzelne 3D-Modelle von jüdischen Gotteshäusern umfassten. **1154** Diese entstanden meist aufgrund regionaler Bezugspunkte zum Thema. Als herausragendes Beispiel kann hier das akademische Projekt **memo 38** genannt werden, innerhalb dessen die 1869 eingeweihte und 1938 zerstörte Synagoge Wiesbaden digital rekonstruiert wurde. **1155** Lehrende und Studierende des Fachbereichs Innenarchitektur an der Fachhochschule Wiesbaden erstellten zwischen 1998 und 1999 eine digitale Rekonstruktion von sowohl Außen- wie auch Innenraum des jüdischen Gotteshauses. **1156** Die Basis hierfür bildeten wenige noch erhaltene Quellen, wie beispielsweise eine vom Architekten Philipp Hoffmann angefertigte Grundrisszeichnung und eine Entwurfsskizze einer Ansicht, Schwarz-Weiß-Fotografien des Innenraums vor der Zerstörung und der Ruine sowie Berichte von Zeitzeugen. In Gesprächen mit beispielsweise der letzten Organistin konnte das Team von **memo 38** zusätzliche Informationen sammeln und Rekonstruktionseurwürfe verifizieren. Insbesondere zur farblichen Ausgestaltung der Synagoge gaben Erinnerungen von Zeitzeugen sowie zeitgenössische farbige Aquarelle Aufschluss.

Die Visualisierung der Synagoge erfolgte mit Hilfe der Software **3DStudioMax**. Für eine möglichst realistische Erscheinung, erhielten sämtliche zuvor modellierte Bauglieder fotorealistische Oberflächen **294**. Auch kleinste architektonische Details wurden plastisch gearbeitet wie beispielsweise das Dekor auf den kugelförmigen Bedachungen, die Fensterrosetten, das Relief über dem Portal und Säulenkapitelle. Darauf erfolgte die Simulation der Lichtverhältnisse **295**. So erleuchteten scheinbar nur Kerzen den Innenraum, was eine besondere Atmosphäre erzeugt.

■ 1154

Einen Überblick über einzelne Initiativen bietet Grellert in seiner Dissertation: Grellert 2007, S. 322–325.

■ 1155

Umfassende Informationen zum Projekt »memo 38« sind zu finden in: Brück 2002; Krebs/Brück 2004; Webseite des Projekts »memo 38«: http://www.memo38.de/root_IE/mainframe.htm. Abbildungen und Informationen zur digitalen Rekonstruktion der Synagoge Wiesbaden sind zu finden unter: <http://www.ca-wallau.com/synagoge-wiesbaden.htm>.

■ 1156

Eine Auflistung sämtlicher Mitarbeiter des Projekts »memo 38« sind online zu finden unter: <http://www.ca-wallau.com/memo38.htm>. Die Fachhochschule Wiesbaden realisierte zudem eine weitere digitale Rekonstruktion jüdischer Architektur und zwar das Jüdische Viertel in Regensburg. Dieses Projekt führten sie im Auftrag der Stadt Regensburg und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege durch. Vgl. Krebs/Brück 2004, S. 5–6.



□ 294

Außenansicht der im Projekt »memo 38« digital rekonstruierten Synagoge von Wiesbaden, FH Wiesbaden, 1998-1999.



□ 295

Blick in den Innenraum der im Projekt »memo 38« digital rekonstruierten Synagoge von Wiesbaden, FH Wiesbaden, 1998-1999.

Abschließend wurden die im VideofORMAT PAL gerenderten Einzelbilder mit Unterstützung der Firma **post-productionhouse**, Frankfurt, in höchster Qualität bearbeitet und als etwa zehnminütiges Video ausgegeben. Der Arbeitsaufwand war dabei immens und umfasste mehr als 12.000 Arbeitsstunden. Je 25 Einzelbilder ergaben eine Sekunde Film, wobei etwa 60 Stunden an Rechenzeit für das Rendering einer einzigen Filmminute anfielen. Die insgesamt komplexe Architektur der Synagoge sowie die schwierige Quellenlage waren weitere Gründe dafür, dass das gesamte Vorhaben in zwei Teilen umgesetzt wurde. So wurde zunächst das Äußere des jüdischen Gotteshauses bearbeitet und am 9. November 1998 der Öffentlichkeit bei einer Gedenkveranstaltung in Wiesbaden vorgestellt. Auf den Tag genau ein Jahr später erfolgte dann die öffentliche Präsentation des rekonstruierten Innenraums. Der gesamte Film zeigt die Synagoge Wiesbaden im Jahr 1869 sowohl anhand einer Animation von Schwarz-Weiß-Bildern als auch in Form einer digitalen Rekonstruktion, die den Ablauf eines Tages vom Morgenrauen bis zum Sonnenuntergang visualisiert:

»Im Morgenrot erhebt sich die strahlend blaue Kuppel vor der Silhouette der Wiesbadener Marktkirche. Über die kachelgeschmückten Außenwände führt die Kamerafahrt zum goldenen Kuppelstern [...]. Hier beginnt mit einer Überblendung die virtuelle Besichtigung des Innenraumes. Beim architektonischen Rundgang durch das Gebäude wird der Blick des Zuschauers auf Details gelenkt [...]. Inzwischen ist es Abend geworden, und der Innenraum erstrahlt in feierlicher Atmosphäre [...]. Am Ende des Filmes erlöschen die Kerzen, Scheinwerfer kommen näher, Verkehrslärm wird hörbar, entgegenkommende Autos bringen uns wieder in die Gegenwart zurück.« 1157

■ 1157

Brück 2002, S. 64.

Musikalisch untermalt wurden die historischen Bilder durch das Stück **Different Trains** von Steve Reich, den virtuellen Rundgang begleiteten die Synagogengesänge **Ma Towu** sowie **Unessane Tokéf** des Kantors Estrongo Nachama. Das Ende des Films nimmt Bezug auf die damalige Gestaltung des

■ 1158

Informationen zur Synagoge am Michelsberg finden sich auf der Webseite der Stadt Wiesbaden: <http://www.wiesbaden.de/kultur/stadtgeschichte/gedenkorte/synagoge-michelsberg.php>.

■ 1159

Vgl. Webseite des Projekts »memo 38«, unter den Menüpunkt »Summary: http://www.memo38.de/root_IE/mainframe.htm.

■ 1160

Vgl. Krebs/Brück 2004, S. 5; Webseite der Stadt Wiesbaden: <http://www.wiesbaden.de/kultur/museen/spiegelgasse/content/und-dann-waren-sie-weg.php>.

■ 1161

Vgl. Krebs/Brück 2004, S. 3.

■ 1162

Ebd.

■ 1163

Für Informationen zur digitalen Rekonstruktion der Synagoge in Halberstadt vgl. Grellert 2007, S. 140 u. S. 322–323; zur Ausstellung »Synagogenarchitektur in Deutschland« im Jahr 2003 vgl. Webseite des Centrum Judaicum: https://www.centrumjudaicum.de/cjudaicum_wp/category/ausstellungen/vergangene-ausstellungen/page/6/.

ehemaligen Standorts der Synagoge. Denn an deren Stelle befanden sich bis 2001 eine Straße mit darüber hinwegführender Hochbrücke. ¹¹⁵⁸ Zwischen 2010 und 2011 wurde dort nach dem Abriss der Brücke die **Gedenkstätte für die ermordeten Wiesbadener Juden** errichtet. Das Projekt erhielt 1999 den **animago 3D award**, der es im Bereich Education / Animation / Architektur für seine 3D-Stills und -Animationen mit dem ersten Platz auszeichnete. ¹¹⁵⁹ Der Film wurde im Sommer 2002 im Rathaus Wiesbaden öffentlich zugänglich ausgestellt und ist noch heute im Rahmen der Dauerausstellung des Gedenkraums im Foyer zu sehen. ¹¹⁶⁰ Die weitreichende Bedeutung digitaler Rekonstruktionen von synagogaler Architektur stellten die Projektbeteiligten Prof. Dr. Falk Krebs, Architekt, und Dipl. Designer Edgar Brück auf der Konferenz **The Future of Jewish Heritage in Europe 2004** in Prag dar. ¹¹⁶¹ Zwar bezogen sie sich bei folgender Aussage auf das Projekt **memo 38**, jedoch gilt dies für jegliche 3D-Projekte in diesem Bereich: »Computer technology and the Internet may prove to be an effective tool in communicating and commemorating historical events, buildings, and artifacts. Out of the shards of history this CAD animation revives and recreates memory.« ¹¹⁶²

Am Anfang des Kapitels wurde die Forschungsarbeit am Fachgebiet Baugeschichte an der TU Braunschweig vorgestellt. Hier sei nun darauf hingewiesen, dass in Zusammenarbeit mit dem Center for Jewish Art an der Hebrew University of Jerusalem neben aus Holz gefertigten Architekturmodellen jüdischer Gotteshäuser um das Jahr 2003 erstmals auch ein digitales 3D-Modell entstand. ¹¹⁶³ Gegenstand der Visualisierung ist die Synagoge in Halberstadt ²⁹⁶. Der Innenraum wurde mit sämtlichen plastisch modellierten architektonischen Details dargestellt. Allerdings geben die verwendeten Texturen die Materialien der jeweiligen Gegenstände nicht ganz realistisch wieder.



□ 296

Blick in den Innenraum der digital rekonstruierten Synagoge in Halberstadt, Fachgebiet Baugeschichte, TU Braunschweig und Center for Jewish Art, Hebrew University of Jerusalem, um 2003.

Gezeigt wurde die Visualisierung in der Ausstellung **Synagogenarchitektur in Deutschland – Vom Barock zum Neuen Bauen** im Centrum Judaicum. Das 3D-Modell, dessen Ziel es war die Funktion des Bauwerks zu erläutern, ist Teil eines Films, der sich der Entwicklung synagogaler Architektur seit der Antike widmet.

Von dem bereits erwähnten rekonstruierten Innenraum der Synagoge Horb existiert seit 2013 auch eine digitale Rekonstruktion. Denn für die Ausstellung **Jüdisches Bamberg** in der Villa Dessauer in Bamberg hat die Firma Archi-

tectura Virtualis diesen Betraum virtuell nachgebaut ²⁹⁷. ¹¹⁶⁴ Als Grundlage hierfür dienten sowohl Fotografien der erhaltenen Holzverkleidung als auch überlieferte Beschreibungen zum Eingang und den Fenstern. Andere Elemente wie die Sitzbänke und die Bima wurden in Anlehnung an andere Synagogen gestaltet und hinzugefügt.



□ 297

Digitale Rekonstruktion des Innenraums der Synagoge Horb, »Architectura Virtualis«, 2013.

■ 1164

Für Hintergründe zur Ausstellung »Jüdisches Bamberg« vgl. Webseite des Historischen Museums Bamberg: <http://museum.bamberg.de/ausstellungen/ausstellungsdetail/news/juedisches-in-bamberg.html>. Informationen zur virtuellen Rekonstruktion der Synagoge in Horb bietet die Webseite der Firma: <http://www.architectura-virtualis.de/rekonstruktion/synagogehorb.php?lang=de&img=v&file=0>.

■ 1165

Eine ausführliche Erläuterung der Unterschiede liefert Grellert im Interview mit der Autorin, vgl. [Appendix 2.6](#) (→ 675), Interview mit Marc Grellert, [Frage 6](#).

■ 1166

Ebd.

Dieser Überblick macht die Vielfalt an Projekten deutlich, die sich der digitalen Rekonstruktion von jüdischen Gotteshäusern widmen. Marc Grellert weist darauf hin, dass allgemein zwischen in der NS-Zeit zerstörten Synagogen und mittelalterlichen Bauten differenziert werden muss, da sich hinsichtlich der jeweiligen Quellenlage große Unterschiede für die computertechnische Visualisierung ergeben. ¹¹⁶⁵ Zudem gestaltet sich – zumindest bei den Arbeiten an der TU Darmstadt – diesbezüglich auch der Entstehungskontext der einzelnen 3D-Modelle unterschiedlich. Während die in der Pogromnacht vernichteten Bauten eine politische Konnotation aufweisen, werden Synagogen, die schon lange vorher nicht mehr existiert haben, meist aus archäologischen oder kunsthistorischen Erkenntnisinteressen heraus rekonstruiert. In diesen Fällen ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit essentiell, während bei gut dokumentierten Gebäuden dies nicht unbedingt erforderlich sei, wie Grellert beschreibt:

»Wenn aber beispielsweise viele Fotografien des Innen- und Außenraums vorliegen, dann lässt sich ohne kunsthistorischen oder archäologischen oder bauhistorischen Beistand, mit den Mitteln der eigenen Disziplin, der Architektur, zu sehr konkreten und korrekten Ergebnissen in der Rekonstruktion kommen.« ¹¹⁶⁶

Möglich ist eine 3D-Modellierung allein von Architekten sicherlich, jedoch bedeutet die Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen immer einen Mehrwert an Erkenntnissen und Fragen, die sonst nicht gestellt würden. Dies wurde bereits in Analysen anderer 3D-Projekte, wie beispielsweise zur Basilika Santa Maria Maggiore oder Old Minster, in dieser Arbeit deutlich.

Vergleichende Analyse – Die Synagoge in der Glockengasse, Köln, im Bild

Im Film zu dieser digitalen Rekonstruktion ist keine Ansicht zu sehen, die die komplette Fassade des Baus zeigt. Der hier wiedergegebene Ausschnitt entspricht wohl dem Abstand zum Gebäude, den ein Fußgänger in der engen Gasse einnehmen konnte. Dies bestätigt die von Julius Deutsch in seiner 1885 in der **Allgemeinen Bauzeitung** erschienenen Beschreibung der Architektur des jüdischen Gotteshauses:

»Das Gebäude hat leider, wie meist bei den früheren Synagogen der gegenwärtigen Epoche der Fall, eine ungünstige Lage in einer ziemlich engen Gasse, welchem Umstände Rechnung tragend, der Architekt die Façade einfach gehalten hat, da dieselbe ohnehin nicht vollständig übersehen werden kann.« ¹¹⁶⁷

■ 1167

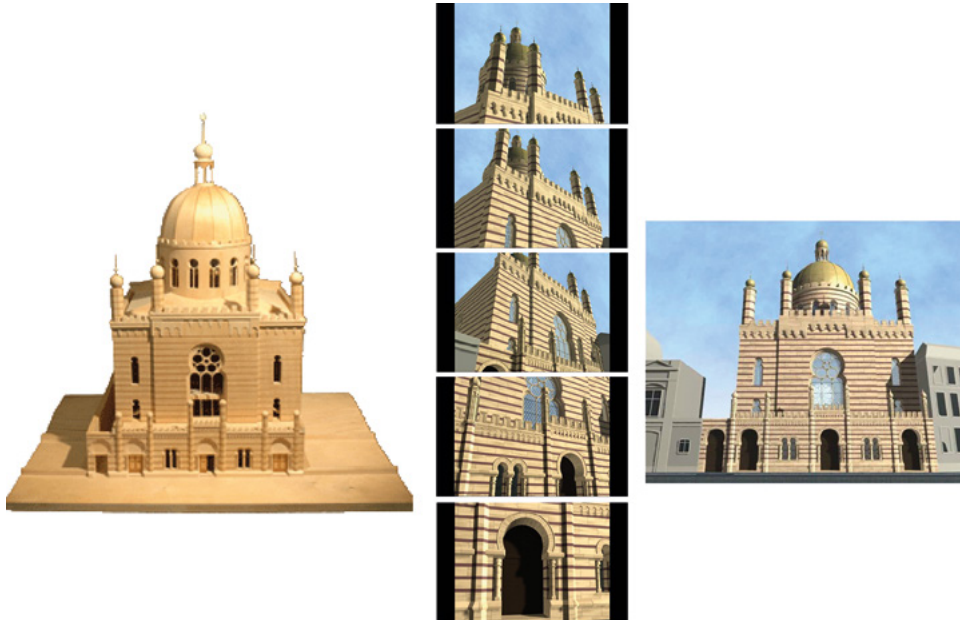
Deutsch 1885, S. 74.

■ 1168

Zur Besprechung des Projekts der TU Braunschweig vgl. Paulus 2008, S. 209–211; Grellert 2007, S. 132–133.

Demzufolge wird im 3D-Modell ein realistischer Eindruck der Synagoge vermittelt, da keine Totale gezeigt wird, die den Bau in den Mittelpunkt stellen würde, wie es allerdings in der aktualisierten Version der Fall ist. Durch den Schwenk der Kamera entlang der Fassade erhält der Betrachter dennoch einen Überblick über deren Ausgestaltung. Ein solcher Eindruck lässt sich mit einem haptischen Modell schwer realisieren, es sei denn, das Gebäude würde gemeinsam mit benachbarten und gegenüberliegenden Bauten dargestellt werden. Dies führt ein Vergleich von Abbildungen vor Augen, die das 3D-Modell sowie ein haptisches Modell der Synagoge zeigen. Das hierfür herangezogene Holzmodell wurde 1999/2000 von Studierenden des Fachgebiets Baugeschichte an der TU Braunschweig realisiert, wie bereits an früherer Stelle dargelegt wurde. ¹¹⁶⁸ Aufgrund der zeitlichen Nähe der Entstehung dieses Objekts und der digitalen Rekonstruktion an der TU Darmstadt, bietet sich hier ein Vergleich der beiden Darstellungsweisen an.

Insgesamt können verschiedene Aspekte festgestellt werden, die dem 3D-Modell einen Mehrwert gegenüber der Rekonstruktion der Synagoge in Form eines haptischen Modells verleihen ^[298]. So sind in der computertechnischen Darstellung im Film die Nachbargebäude zumindest angeschnitten im Bild. Auf diese Weise wird deutlich, dass das Bauwerk nicht als Solitär – wie es im Holzmodell gezeigt wird – existierte, sondern in die Architektur einer schmalen Gasse eingefügt war. Diese architektonische Situation wird im Film deutlich, jedoch existiert auch ein Rendering, das das Gebäude frontal zeigt. Darin ist die gesamte Fassade im Bild, auch wenn dies keiner realistischen Perspektive entspricht. Da das haptische Modell holzsichtig belassen ist, wurden hier keine spezifischen Materialoberflächen wie Stein, Glas oder Vergoldung dargestellt. Auf diese Weise kommen die architektonische Grundform sowie der allgemeine Fassadenaufbau gut zur Geltung. Demgegenüber weist das 3D-Modell Texturen verschiedener Materialien auf, die somit ein realistischeres Bild der Synagoge vermitteln.



□ 298

Blick auf die Fassade der rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln: Modell aus Holz, M. Albrecht, S. Grubba, H. Ebinger und M. Schuhr, Fachgebiet Baugeschichte der TU Braunschweig/»Bet Tfila«, 1999/2000 (links); Stills aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, 2004, Min. 1:31 – 2:05, TU Darmstadt, Fachgebiet Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur (Mitte); Rendering, digitale Rekonstruktion, TU Darmstadt, 1998–2000 (rechts).

Anhand des Kameraschwenks kann hier der Fassadenaufbau anschaulich nachvollzogen werden. Die Nahaufnahmen ermöglichen zudem einen Blick auf verschiedene architektonische Details, die in dem Modell aufgrund des Maßstabs nicht wiedergegeben werden konnten.

Ein Vergleich der Rekonstruktion des Innenraums der Synagoge im haptischen Modell und im 3D-Modell ergibt ähnliche Erkenntnisse [299]. So wird schnell deutlich, dass im Holzmodell der generelle Aufbau des Raums wiedergegeben wird, jedoch aufgrund des Maßstabs nicht sämtliche Details eingefügt werden konnten. Dies zeigt beispielsweise die Gestaltung der Balustrade der Emporen, die in Holz nur in vereinfachter Form zu sehen ist, im 3D-Modell hingegen sehr elaboriert visualisiert ist. Das haptische Modell wurde auch im Inneren holzsichtig belassen, wodurch die farbenprächtige Ausschmückung der Synagoge fehlt. Der Vergleich der beiden Abbildungen zeigt zudem, dass mit der Beleuchtung der jeweiligen Modelle sehr unterschiedlich verfahren wurde. In der digitalen Rekonstruktion wurde Tageslicht relativ realistisch simuliert, im Holzmodell existiert keine eigene Vorrichtung zur Beleuchtung. Dadurch kann in letzterem die Architektur weniger gut in Szene gesetzt werden. Denn eine umfangreiche Ausleuchtung hätte einen besseren Einblick in den Innenraum ermöglicht.



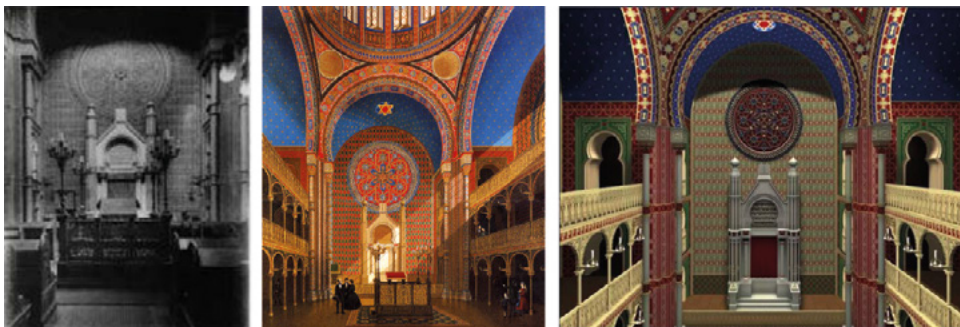
□ 299

Blick auf die Emporen im Innenraum der rekonstruierten Synagoge in der Glockengasse in Köln: Modell aus Holz, M. Albrecht, S. Grubba, H. Ebinger und M. Schuhr, Fachgebiet Baugeschichte der TU Braunschweig/»Bet Tfila«, 1999/2000 (links); Still aus dem Film »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, 2004, Min. 4:09, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA (rechts).

Wie bereits bei dem Vergleich der in der Chromolithografie dargestellten Ansicht des Innenraums mit den in der digitalen Rekonstruktion entstandenen Bildern klar wurde, bietet das 3D-Modell Ansichten, die den Raum aus realistischen Blickwinkeln zeigen [288]. Die Perspektive auf den Hauptraum der Synagoge, die in der Chromolithografie zu sehen ist, kann in Realität von einem Besucher des Gebäudes nicht eingenommen werden. Es handelt sich hierbei um eine Idealansicht. Sie kommt durch die Kombination zweier Bilder zustande: zum einen eine Ansicht aus der Perspektive eines Besuchers im Hauptraum und zum anderen aus einer Ansicht, die den Blick von der oberen Empore zeigt [300]. Das hier wiedergegebene Bild der digitalen Rekonstruktion ist nicht Teil des Films zum 3D-Modell, jedoch hätte es die Größendimensionen der Synagoge darin noch eindrücklicher darstellen können. 1169 Der Betrachter der Animation erlebt den Raum anhand eines Kameraschwenks [281] [282].

■ 1169

Das Rendering wird im Rahmen der Vorstellung der digital rekonstruierten Kölner Synagoge online gezeigt: vgl. Webseite zum Projekt »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«, Köln, Grundlagen: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.



□ 300

Visualisierung des Innenraums der Synagoge Glockengasse, Köln, mit Blick nach Osten: Historische Fotografie (links); Chromolithografie von Joseph Hoegg nach Aquarell von Carl Emanuel Conrad, 1861, Kölnisches Stadtmuseum (Mitte); Rendering der digitalen Rekonstruktion der Synagoge Glockengasse, TU Darmstadt, Fachgebiet IKA, 1998–2000 (rechts).

In den hier vorgestellten Abbildungen, wird die sowohl malerisch visualisierte als auch haptisch und digital rekonstruierte Synagoge in der Glockengasse in Köln aus unterschiedlichen Perspektiven dargestellt. Die Vergleiche der Bilder haben gezeigt, welche Unterschiede in der Darstellungsweise des Bauwerks liegen und wie durch deren Auswahl die Wirkung des Gebäudes variiert. So hat sich beispielsweise herausgestellt, dass es einen großen Unterschied bedeutet, die Fassade im Ganzen zu zeigen oder mittels eines Kameraschwenks. Letzteres vermittelt einen anschaulichen Eindruck der Enge der Gasse, in der sich der Bau einst befunden hat. Wäre diese Sequenz nicht Teil des Films, wäre diese Information nicht vermittelt worden. Zudem konnten anhand dieser Vergleiche verschiedene Mehrwerte des digitalen Modells gegenüber einem haptischen Objekt herausgearbeitet werden.

Fazit – Bedeutung und Einordnung des Projekts

Im Hinblick auf seinen Umfang und sein Vorläuferprojekt – 3D-Modelle von Frankfurter Synagogen – stellt das 3D-Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** das erste seiner Art dar, innerhalb dessen in der NS-Zeit zerstörte, jüdische Gotteshäuser in Deutschland auf wissenschaftlicher Grundlage digital rekonstruiert wurden. Aus der 1994 entwickelten Idee des damaligen Studenten Marc Grellert ging im Laufe der Jahre ein vielschichtiges und wegweisendes Forschungsprojekt an der TU Darmstadt hervor, über das hinaus der Architekturprofessor Manfred Koob bis zu seinem Tod 2011 weitere 3D-Modelle von Synagogen realisierte. Bis heute erstellen Grellert und sein Team von der **Architectura Virtualis** digitale Rekonstruktionen von Synagogen für unterschiedliche Auftraggeber.

■ 1170

Die Hintergründe zum geplanten Projekt in Köln erläuterte Marc Grellert in einem Gespräch am 19.10.2016. Für Informationen zum Museum im Archäologischen Quartier Köln vgl. Webseite des LVR: http://www.lvr.de/de/nav_main/kultur/museen/miqua/miqua.jsp.

■ 1171

Vgl. dazu auch die Webseite der Museen Köln, auf der anstelle von Archäologischem Quartier von 'Archäologischer Zone' gesprochen wird: <http://www.museenkoeln.de/archaeologische-zone/default.asp?s=2745&schrift>.

■ 1172

In Marc Grellerts Dissertation zu digitalen Rekonstruktionen von Synagogen ist das Thema Erinnerungskultur zentraler Dreh- und Angelpunkt seiner Überlegungen zum Umgang mit immateriellen Überlieferungen, vgl. Grellert 2007.

■ 1173

Vgl. Koob/Grellert 2001, S. 54. Dabei handelt es sich um folgende Filme: »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« (ca. 22 Min.) realisiert von der TU Darmstadt, Fachgebiet CAD in der Architektur, Manfred Koob; Dokumentarfilm »Synagogues destroyed in Germany. Computerized Memories« (ca. 29 Min.), realisiert von Bernhard Pfletschinger, produziert von der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn. Für weitere Informationen vgl. [Appendix 1.7](#) (→ 629), Synagoge in der Glockengasse, Köln (um 1998).

■ 1174

Eine Beschreibung des Projekts »3.000 Synagogen – 3.000 Schulen« ist zu finden in: Koob/Grellert 2001, S. 53.

■ 1175

Vgl. Film »Shalom Hamburg« von Nicole Rinza (37:20 Min.), 2005, online abrufbar auf der Webseite der Stadt Hamburg: <http://www.hamburg.de/politische-bildung-video-audio/3980810/shalom-hamburg/>. Für weitere Informationen zur gleichnamigen Ausstellung vgl. Webseite des Informationsdienst Wissenschaft: <https://idw-online.de/de/news172340> [24.08.2006].

Ein aktuelles Projekt entsteht beispielsweise in Zusammenarbeit mit der Stadt Köln, die derzeit mit dem Landschaftsverband Rheinland (LVR) im sogenannten Archäologischen Quartier Köln ein Jüdisches Museum plant, das 2021 eröffnet werden soll. **1170** Für die Ausstellung entwickelt der Architekt eine digitale Rekonstruktion der Synagoge aus dem 11. Jahrhundert, die einst dort stand und zu den ältesten jüdischen Gotteshäusern des Mittelalters zählt. **1171** Die Rekonstruktion erfolgt in enger wissenschaftlicher Zusammenarbeit mit Archäologen und dem künftigen Museumsträger, dem LVR. So diskutieren sie zum Beispiel gemeinsam die Plausibilität von bestimmten Architekturdetails.

Die Rekonstruktionen von Synagogen an der TU Darmstadt nehmen in vielerlei Hinsicht eine herausragende Stellung ein: Sie rücken nicht mehr existierende Architektur, die einst das Bild vieler Städte in Deutschland prägte, in den Fokus. Damit leisten sie einen wesentlichen Beitrag für die Architekturgeschichte im Allgemeinen, indem sie den heutigen Bewohnern die historische Gestalt ihrer Städte vor Augen führen. Eine Besonderheit beruht vor allem auf der Befragung von Zeitzeugen zu ihren Erinnerungen bezüglich der Bauwerke und der Veröffentlichung dieser Gespräche. Auf diese Weise können vielschichtige Informationen über die historischen Bauwerke zusammengetragen und mit persönlichen Eindrücken und Erlebnissen angereichert werden. In Ausstellungen und Filmen werden diese mit weiteren umfangreichen Informationen zur NS-Zeit, zeitgenössischen Fotografien und historischen Objekten ergänzt. So tragen die digitalen Rekonstruktionen wesentlich zu einer lebendigen Erinnerungskultur bei. **1172**

Die Vermittlung von Wissen im Sinne eines Bildungsauftrags war und ist integraler Bestandteil der Arbeit von Koob und Grellert. Neben der regen Ausstellungstätigkeit kommt insbesondere auch die Zusammenarbeit mit Bildungsinstitutionen zum Tragen, um das Wissen zu Synagogenarchitektur aktiv wiederzubeleben und auch junge Menschen für dieses Thema ebenso zu interessieren wie zu sensibilisieren. So wurden die im Jahr 2000 in der Bundeskunsthalle gezeigten Filme damals auch sämtlichen Landesbildstellen und Akademien für Lehrerfortbildungen in Deutschland zur Verfügung gestellt, um explizit an Schulen als Materialien für den Unterricht eingesetzt zu werden. **1173** Zudem hatte Grellert im Rahmen seiner Dissertation im Jahr 2001 die Idee zu dem Projekt 3.000 Synagogen – 3.000 Schulen entwickelt, das er gemeinsam mit Koob in Kooperation mit Schulen durchführen wollte, wobei es letztendlich nicht zur Umsetzung kam. **1174** Das Ziel wäre gewesen, dass sich die am Projekt teilnehmenden Schulen mit der Geschichte der Synagoge ihrer Stadt unter verschiedenen Fragestellungen befassen. Die von den Schülern erarbeiteten Ergebnisse sollten im Internet publiziert und schließlich der Öffentlichkeit über eine dafür eingerichtete zentrale Webseite zugänglich gemacht werden. Diese Initiative hätte einen entscheidenden Beitrag zum Umgang mit Geschichte und kulturellem Erbe in der Vermittlung an Schulen geleistet.

Für verschiedene Filme, die insbesondere als Materialien für den Unterricht produziert wurden, stellte die *Architectura Virtualis* digitale Rekonstruktionen von Synagogen zur Verfügung bzw. realisierte diese speziell zu diesem Anlass. So erarbeitete sie im Jahr 2005 beispielsweise für den Film *Shalom Hamburg* der Landeszentrale für Politische Bildung, der die Geschichte jüdischer Gotteshäuser in Hamburg thematisiert, eine digitale Rekonstruktion der Außenfassade der Hamburger Synagoge am Bornplatz. **1175** Der bereits vorge-

stellte Film **Synagogen – Monumente gegen das Vergessen** von Martin Papirowski aus dem Jahr 2012, der digitale Rekonstruktionen der Kölner Synagogen aus dem 19. Jahrhundert (Glockengasse) und dem Mittelalter sowie der Dortmunder Synagoge zeigt, wird explizit in der Sparte Schulfernsehen von SWR und WDR gelistet. ¹¹⁷⁶ Auch das Fernsehen sah im Bereich des Kinderprogramms in den Synagogen-Rekonstruktionen der TU Darmstadt großes Potential zur Vermittlung von Hintergrundwissen zu in der NS-Zeit zerstörten Synagogen. In einer im Jahr 2000 ausgestrahlten Folge der **Sendung mit der Maus** stand in einem fünfminütigen Beitrag die Rekonstruktion der Synagoge in der Glockengasse im Mittelpunkt. ¹¹⁷⁷ Kindgerecht wurde hier anlässlich des Gedenkens an die Pogromnacht 1938 die Geschichte des Bauwerks anhand des 3D-Modells anschaulich erläutert.

Wie gezeigt wurde, erreichte das Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** große internationale Sichtbarkeit und Medienresonanz. Wanderausstellungen präsentierten es in verschiedenen Museen weltweit. Hierfür konnten Fördergelder akquiriert werden, was im deutschsprachigen Raum nach der erfolgreichen Ausstellung in der Bundeskunsthalle im Jahr 2000 noch nicht möglich war. Dies verdeutlicht einmal mehr das immense internationale Interesse an der Thematik rekonstruierter Synagogen.

Auch aus wissenschaftlicher Perspektive stellen die zahlreichen 3D-Modelle einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der zerstörten Bauwerke dar. Denn hier wurden Informationen aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen und in den Rekonstruktionen verdichtet, sodass diese eine Gesamthypothese zur ehemaligen architektonischen Erscheinungsweise wiedergeben. Damit machen sie die jüdischen Gotteshäuser räumlich und ästhetisch wieder erfahrbar. Da in der gesamten Initiative der Fokus bislang auf der Vermittlungsarbeit lag, wäre es denkbar, in Zukunft stärker auch die Erforschung der Bauwerke in den Blick zu nehmen und mögliche Erkenntnisse aus dem Prozess der 3D-Modellierung entsprechend zu publizieren und damit auch in der Wissenschaftscommunity zur Diskussion zu stellen. Ein solcher Schritt wäre zudem wichtig, um die Computertechnologie als ernsthaftes Werkzeug der Erforschung historischer Architektur zu etablieren.

Abschließend sei noch auf die Dokumentation der einzelnen 3D-Rekonstruktionen der jüdischen Gotteshäuser auf der zugehörigen Projektwebseite hingewiesen. ¹¹⁷⁸ Diese gewährt mit umfassenden Informationen Einblick in die Arbeit an der TU Darmstadt und macht den Erstellungsprozess für den Betrachter transparent. Einzig die Filme mit den virtuellen Flügen durch die 3D-Modelle, die die Präsentation des 3D-Projekts abrunden würden, fehlen hier.

Für den Erfolg der digitalen Rekonstruktionen von Synagogen an der TU Darmstadt nennt Marc Grellert in seiner Dissertation insbesondere folgende Gründe: ¹¹⁷⁹ Zum einen bieten sich digitale 3D-Modelle gegenüber haptischen Modellen besser zur medialen Verbreitung an – sei es im Fernsehen oder auch im Internet. Zum anderen befassen sie sich mit einem äußerst virulenten Thema, der Zeit des Nationalsozialismus. All dies mag dazu beitragen, dass das Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** national und international wahrgenommen wird und breite Anerkennung erfährt. Bis heute stellt es eine außerordentliche Initiative mit gesellschaftspolitischer Bedeutung dar.

■ 1176

Vgl. Webseite von »Planet Schule«: <https://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=9179>.

■ 1177

Vgl. Grellert 2007, S. 303 u. S. 307.

■ 1178

Vgl. Webseite zum Projekt »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion«: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.

■ 1179

Vgl. Grellert 2007, S. 345.

Denn es bietet eine neue Art und Weise sich mit synagogaler Architektur zu befassen, da es die in den 1980er-Jahren veranstalteten Ausstellungen mit haptischen Modellen weiterentwickelte und mit der Erstellung von Filmen darüber hinausging.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

5.4 Synagoge Neudeggergasse, Wien (TU Wien, 1998)

■ 1180

Eine Ausnahme bildete die Synagoge in der Holzmeistergasse 12, die einer Zerstörung während der Pogromnacht entging, aber im Jahr 1945 Fliegerbomben zum Opfer fiel, vgl. Martens/Peter 2010, S. 222.

■ 1181

Bereits 2010 wurde eine zweite Auflage veröffentlicht, die für die vorliegende Arbeit herangezogen wurde.

■ 1182

Vgl. Bäumler 2010, S. 15.

■ 1183

Vgl. Genée 2014, S. 63 und Feurstein, Feurstein/Milchram 2001, S. 71.

■ 1184

Vgl. Bäumler 2010, S. 15 und Genée 2014, S. 63.

■ 1185

Vgl. Feurstein/Milchram 2001, S. 71–72.

■ 1186

Vgl. Genée 2014, S. 63.

■ 1187

Ausführliche Informationen zur Synagoge in der Seitenstettengasse sind zu finden in: Feurstein/Milchram 2001, S. 71–72.

■ 1188

Vgl. auch Genée 2014, S. 66.

■ 1189

Vgl. ebd., S. 63.

Zwischen 1998 und 2009 wurden insgesamt 21 Wiener Synagogen digital rekonstruiert. Initiiert hatte dieses 3D-Projekt der Architekt Bob Martens, der seit 1997 an der TU Wien lehrt. Die ausgewählten jüdischen Gotteshäuser wurden während der Pogromnacht vom 9. auf den 10. November 1938 zum Teil komplett zerstört und größtenteils kurze Zeit später ganz abgerissen. ¹¹⁸⁰ Um diese nicht mehr existierenden Bauten wieder im Stadtkontext sichtbar zu machen, erarbeitete Martens zusammen mit dem Architekten Herbert Peter den 2009 als Buch erschienenen Stadtführer *Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtspaziergänge*. ¹¹⁸¹ Die Besonderheit, die dieses Rekonstruktionsprojekt auszeichnet, ist die Tatsache, dass keine virtuellen Flüge durch 3D-Modelle erstellt wurden, sondern digitale Panoramabilder, durch die sich ein Nutzer eigenständig navigieren kann.

Überblick zur Baugeschichte der Synagogen in Wien (1823–1938)

Das Jahr 1823 markiert einen wichtigen Wendepunkt für den Synagogenbau in Wien und damit auch für die dortige jüdische Gemeinde: ¹¹⁸² Seit dem Jahr 1670, als die Wiener Juden vertrieben und ihr Ghetto aufgelöst worden war, war es der verbliebenen jüdischen Bevölkerung nicht erlaubt, Synagogen zu erbauen. ¹¹⁸³ Erst 150 Jahre später wurde am 29. Dezember 1823 erstmals wieder die Errichtung eines Tempels in der Seitenstettengasse nach den Plänen des Architekten Josef Kornhäusel genehmigt. ¹¹⁸⁴ Das 1826 eingeweihte Gebäude wurde einer damals gültigen Bauvorschrift gemäß in zweiter Reihe, hinter einem Stadthaus errichtet. ¹¹⁸⁵ Trotz der Verbindung zum Vorderhaus zeichnet das eigene Dach die Synagoge als eigenständigen Bau aus. ¹¹⁸⁶ Von der Straße war sie jedoch nicht als solche erkennbar, weil sie sich inmitten von Wohnhäusern befand. ¹¹⁸⁷ Aufgrund dieses baulichen Umstands hat sich das Gebäude allerdings bis heute erhalten. Denn in der Pogromnacht 1938 wurde zwar die Inneneinrichtung zerstört, jedoch entging das Gotteshaus einer Brandlegung, die zu gefährlich für die angrenzende Bebauung gewesen wäre. ¹¹⁸⁸

Die Synagoge weist einen elliptischen Grundriss auf, über dem sich eine Kuppel mit zwei übereinander angeordneten Laternen erhebt. ¹¹⁸⁹ Ihre ovale Grundform entsprach damit nicht einem typischen jüdischen Gotteshaus und

■ 1190

Ihr baulicher Zustand heute hat sich jedoch gegenüber dem ursprünglichen stark verändert, denn bereits um 1900 erfolgte eine Generalsanierung. Diese umfasste vor allem Veränderungen der Beleuchtung, aber auch eine Erweiterung der Frauengalerie sowie der neuen Gestaltung des Bauschmucks an der Kuppel. Im Jahr 1963 wurde die Synagoge dann mit wenigen Veränderungen komplett renoviert, vgl. dazu ebd., S. 65–66.

■ 1191

Vgl. ebd., S. 69 u. S. 86; Martens/Peter 2010, S. 15.

■ 1192

Zum Synagogenbau in Wien vgl.: Martens/Peter 2010, S. 9, S. 11 u. S. 15.

■ 1193

Vgl. Überblick über Architekten und die von ihnen entworfenen Synagogen auf dem Stadtplan, der dem Stadtführer von Martens und Peter beiliegt.

■ 1194

Vgl. Umfangreiche Informationen zur Baugeschichte bzw. der Architektur der Synagoge Neudeggergasse in einem Beitrag des Architekten selbst: Fleischer 1904, insbes. S. 495–499. Eine Zusammenfassung der Baugeschichte und architektonischen Details bietet: Martens/Peter 2010, S. 94–96.

deutet gemeinsam mit der hier seitlich statt mittig platzierten Bima auf den damals schwelenden Konflikt zwischen Juden mit assimilierter und traditioneller Haltung hin. Heute ist sie die älteste Synagoge der Stadt und bildet das Zentrum der jüdischen Gemeinde Wiens. ¹¹⁹⁰

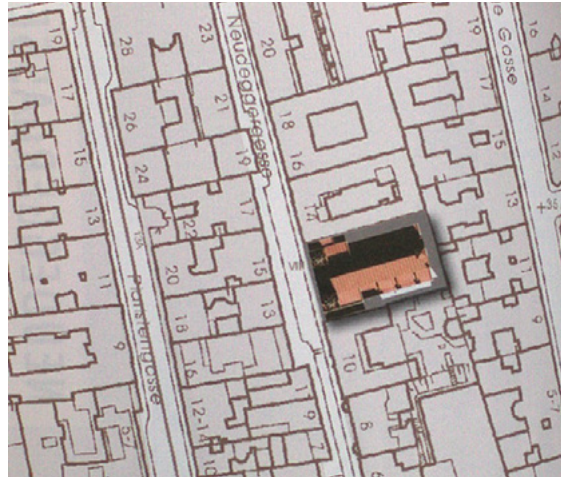
Ihre Errichtung war der Auftakt für den Bau von etwa 22 weiteren Synagogen in der Hauptstadt, die in unterschiedlichen Stilformen – mit Rückgriffen auf renaissancezeitliche, romanische, gotische und byzantinische Architektur – erbaut wurden. ¹¹⁹¹ Diese Bautätigkeit fand mit der gewaltsamen Zerstörung jüdischer Einrichtungen in der Pogromnacht 1938 ein jähes Ende. ¹¹⁹² Bis auf das Gebäude in der Seitenstettengasse wurden alle jüdischen Gotteshäuser zerstört, an deren Stelle heute meist Wohnhäuser zu finden sind. Namhafte Architekten wie Ludwig von Förster, Josef Kornhäusel und Richard Neutra zeichneten im Zeitraum von 1823 bis 1938 für zahlreiche Synagogen verantwortlich sowie auch jüdische Baumeister, die jeweils mehrere Gotteshäuser entwarfen, wie beispielsweise Max Fleischer (Synagogen in der Schmalzhofgasse, erbaut 1883–1884; Müllnergasse, 1888–1889; Neudeggergasse, 1903) oder Jakob Gartner (Synagogen in der Humboldtgasse, erbaut 1895–1896; Braunhubergasse, 1898–1899; Kluckygasse, 1899–1900; Siebenbrunnengasse, 1907/1908). ¹¹⁹³

Die in der Neudeggergasse des 8. Bezirks in Wien erbaute Synagoge, steht im Folgenden im Fokus, da sie als erstes jüdisches Gotteshaus an der TU Wien digital rekonstruiert wurde. Hintergründe zum Bau der Synagoge Neudeggergasse sowie Details zur Bauausführung und der Ausstattung des Innenraums sind durch einen Vortrag überliefert. Gehalten hatte ihn der für die Planung und den Bau verantwortliche Architekt Max Fleischer am 16. Februar 1904. ¹¹⁹⁴ In schriftlicher Form wurde er noch im selben Jahr in der Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekturvereins mit umfangreichem Bild- und Planmaterial publiziert.

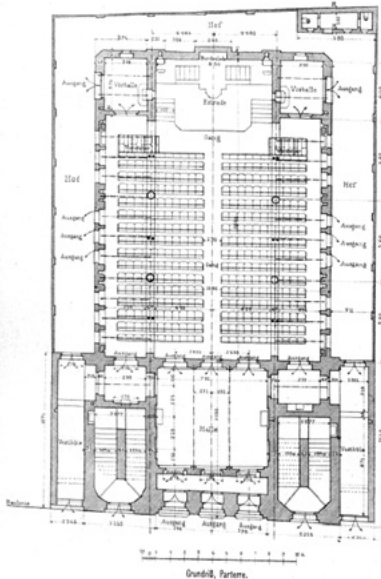
Im Jahr 1897 beauftragte der Vorstand des Tempelbauvereins für den 8. Bezirk Fleischer eine Synagoge zu planen, wobei ihm bei der Wahl des Baustils freie Hand gelassen wurde. Die Suche nach einem zentral gelegenen Bauplatz innerhalb des Stadtteils gestaltete sich relativ schwierig, da das Gebiet bereits dicht bebaut war. Schließlich wurde ein mit einem Haus bebautes Grundstück ausfindig gemacht, das für den Synagogenbau abgerissen werden konnte ³⁰¹. Der vorliegende Katasterplan, auf den hier ein digitales Modell des Gotteshauses montiert wurde, zeigt eindrücklich die dichte Bebauung und Enge der Gassen in diesem Stadtteil. Der Magistrat gewährte seine Zustimmung zu Fleischers Plänen, jedoch erteilte der Stadtrat eine Absage, die einen mehrjährigen Rechtsstreit zur Folge hatte. Erst sechs Jahre später konnte am 10. Februar 1903 mit dem Bau begonnen werden. Die nur sechs monatige Bauzeit gestaltete sich dann relativ kurz.

Angelegt als dreischiffige Basilika im neogotischen Stil wurde sie mit relativ günstig zu erwerbenden Ziegeln erbaut und verfügte über einen sie umgebenden, drei Meter breiten Hof. Dieser war von der Straße aus allerdings nicht einsehbar, da er sich hinter dem Gebäudeteil befand, das die Vorhalle und Treppenhäuser umfasste, wie der Grundriss zeigt ³⁰². Deutlich wird daran auch, wie klein die Freifläche um den Synagogenbau war. Insgesamt wies das Gebäude eine Höhe von 40 Metern und eine Breite von etwa 23 Metern auf. Zwei schmale Turm-

bauten, die mit Fialen bekrönt waren, prägten die straßenseitige Fassade ³⁰². Ein zwischen den Türmen mittig situierter Dreiecksgiebel umschloss eine Fensterrosette. Die Hauptfassade war geschlänmt und durch einen Rücksprung etwas zurückgesetzt angeordnet. Aus Kostengründen wurden die zum Hof gelegenen Außenwände in Sichtziegelbauweise belassen und bis auf den Sockel wurden keine (Stein-)Bildhauerarbeiten in Auftrag gegeben.



□ 301
3D-Modell der digital rekonstruierten Synagoge in der Neudeggergasse 12 in Wien auf Katasterplan montiert, TU Wien, 2010.



□ 302
Grundriss und Aufriss der Hauptfassade der Synagoge Neudeggergasse in Wien, Max Fleischer, um 1904.

Hinter dem im Westen gelegenen Portal schloss sich die Vorhalle der Synagoge an, durch die man in den dreischiffigen Hauptraum gelangte. Im Osten wurde er ohne die sonst übliche Apsis abgeschlossen. Um der Bundeslade dennoch eine angemessene Präsentation zu geben, ließ Fleischer einen Holzbau einfügen, der sich über die gesamte Breite des Mittelschiffs erstreckte und sechs Stufen hoch gelegen war ³⁰³. In gotischer Manier ornamental gestaltet gliederte er sich in fünf Spitzbögen, deren mittlere drei von gestaffelt angeordneten Dreiecksgiebeln bekrönt waren. Ein vergoldetes schmiedeeisernes Gitter bildete die Abgrenzung zum Betraum. Zu beiden Seiten des Mittelgangs befanden sich Holzbänke wie auch auf der von Säulen getragenen Frauenempore, die sich über der Vorhalle und die beiden Seitenschiffe erstreckte.



□ 303
Innenansicht der Synagoge Neudeggasse vor der Ausmalung, Blick zum Thoraschrein, historische Fotografie, um 1904.

Der gesamte Raum war durch die zahlreichen Fenster in allen Geschossen lichtdurchflutet. Aus Kostengründen und aufgrund der schnellen Bauzeit erfolgte zunächst keine Ausmalung. Jedoch wurden später Verzierungen und Schriftzüge auf der Wandfläche über dem Holzaufbau angebracht, wie eine historische Fotografie, die während einer Zeremonie 1935 aufgenommen wurde, zeigt ³⁰⁴. Diese verdeutlicht auch die Lichtstimmung, die durch die zahlreichen Leuchten erzeugt werden konnte.



□ 304
Fotografie eines Trauergottesdiensts im Rahmen der Enthüllung einer Gedenktafel für im Ersten Weltkrieg gefallene Juden, Synagoge Neudeggasse in Wien, 13.01.1935.

Nachdem Österreich im März 1938 an das Deutsche Reich angeschlossen wurde, erfolgten zahlreiche folgenschwere Einschnitte in das jüdische Gemeindeleben. ¹¹⁹⁵ Die Synagoge wurde schließlich in der Pogromnacht vom 9. auf den 10. November 1938 angezündet und ihre Inneneinrichtung zerstört. ¹¹⁹⁶ Die Türme sowie weitere Gebäudereste wurden 1940 von einem Bauunternehmer abgerissen. Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs erwarb die Stadt Wien 1953 das Grundstück und ließ in den Jahren 1955 bis 1956 einen Gemeindebau errichten, der bis heute an dieser Stelle steht. An der Straßenseite ist eine Gedenktafel angebracht, die an die einst dort beheimatete Synagoge erinnert.

Heute existiert noch ein großes, wenn auch nicht vollständiges, Konvolut an historischen Plänen zu sämtlichen jüdischen Gotteshäusern in Wien. Zudem

■ 1195
Vgl. Faber 1999, S. 218.

■ 1196
Für Hintergrundinformationen vgl. ebd. und Martens/Peter 2010, S. 100.

■ 1197

Bei den Monografien handelt es sich um folgende Publikationen: Genée 1987 (zweite Auflage: 2014 unter dem Titel »Wiener Synagogen«) und Genée 1992.

■ 1198

Vgl. Genée 1987, S. 117 u. Baubeschreibung von Max Fleischer zur Synagoge Neudeggasse in: Fleischer 1904.

■ 1199

Vgl. Genée 2014, insbes. S. 83ff.

■ 1200

Vgl. ebd., S. 137; Martens/Peter 2009.

■ 1201

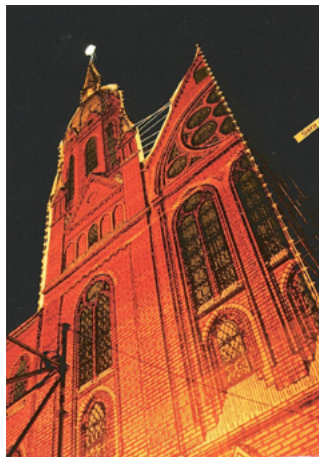
Zur Rekonstruktion von Wiener Synagogen an der TU Wien vgl. Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, Frage 1. Für Informationen zum Projekt »Verlorene Nachbarschaft« vgl.: Kratz et al. 1999, insbes. S. 150–153 u. S. 160–161; Webseite zum Projekt »Verlorene Nachbarschaft«: <https://www.verlorene-nachbarschaft.at>.

liegen auch historische Fotografien der Bauten aus verschiedenen Zeiten vor sowie historische Baubeschreibungen, Zeichnungen, Gemälde oder auch Aquarelle. Einen umfassenden Überblick über Synagogen in Wien beziehungsweise Österreich erstellte erstmals der Historiker Pierre Genée in seinen Monografien von 1987 und 1992. ¹¹⁹⁷ In seinen Publikationen erläutert er die Architektur der Gebäude, wobei er sich auf die noch erhaltenen Bild- und Schriftquellen bezieht. So liegen beispielsweise von Max Fleischer umfangreiche Erläuterungen zu den von ihm erbauten jüdischen Gotteshäusern vor, die teils die einzige Quelle für Informationen über die Inneneinrichtung von Synagogen in Wien überhaupt darstellen. ¹¹⁹⁸

In der 2014 erschienenen Neuauflage der Publikation von Genée zu den Bauten in Wien ergänzen zahlreiche Abbildungen von digitalen Rekonstruktionen der jeweiligen Gebäude seine Ausführungen. ¹¹⁹⁹ Diese computergenerierten 3D-Modelle wurden allesamt unter der Leitung des Architekten Bob Martens an der TU Wien erstellt und größtenteils in dem bereits erwähnten 2009 erstmals erschienenen Stadtführer veröffentlicht. ¹²⁰⁰ Es handelt sich dabei um die erstmalige digitale Rekonstruktion von zwischen 1823 und 1938 erbauten Wiener Synagogen.

Entstehungskontext der digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse in Wien und des 3D-Projekts

Der Ursprung der Initiative zur digitalen Rekonstruktion von Wiener Synagogen an der TU Wien liegt in dem Projekt **Verlorene Nachbarschaft** begründet, das 1996 angestoßen und schließlich am 1. Oktober 1998 feierlich eröffnet wurde. ¹²⁰¹ Im Sommer 1996 fanden sich mehrere Anwohner der Neudeggasse mit der Idee zusammen, die Fassade der Synagoge, die einst in dieser Straße stand, zu rekonstruieren. Ihr Ziel war es, der verlorenen Nachbarschaft mit den einst dort lebenden jüdischen Mitbürgern zu gedenken und damit ein sichtbares Zeichen zu setzen. Im Rahmen des Projekts, für das der Architekt Georg Schönfeld gewonnen werden konnte, wurde die Fassade des jüdischen Gotteshauses in ihrer originalen Größe auf Folie gedruckt. Vor den Nachbarhäusern links und rechts der heutigen Neudeggasse 12 wurden im September 1998 Gerüste aufgestellt, um daran die in zwei Hälften geteilte Fassade zu montieren. Eine in der Dunkelheit aufgenommene Fotografie vermittelt die Größe und Farbigkeit der einstigen Fassade ³⁰⁵.



□ 305

Fotografie des Projekts »Verlorene Nachbarschaft« mit der auf Folie gedruckten Fassade der ehemaligen Synagoge Neudeggasse in Wien, Oktober/November 1998.

Nach dem Auftakt mit einer Eröffnungsfeier am 1. Oktober, fanden in einem davor aufgebauten Zelt verschiedene kulturelle Veranstaltungen wie Konzerte, Vorträge, Videopräsentationen, Gesprächsrunden und Lesungen statt. An der abschließenden Gedenkveranstaltung am 9. November 1998 wurde die Fassade verdunkelt und kurze Zeit später abgebaut.

Im Laufe dieses Projekts trat Georg Schönfeld an den Architekten Bob Martens vom Institut für Räumliche Interaktion und Simulation (IRIS) der TU Wien heran mit der Frage nach der Erstellung eines computergenerierten Modells der Synagoge. ¹²⁰² Martens willigte ein und so arbeiteten unter seiner Leitung und in Zusammenarbeit mit Matthias Uhl von **MEDIATECTURE** etwa 15 Personen insgesamt fünf Tage an der computertechnischen Modellierung. ¹²⁰³ Mit Hilfe von **ArchiCAD**, **QuickTime VR Authoring Studio** und **Macro-media** erstellten sie im Herbst 1998 eine digitale Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse, eingebettet in **QuickTime-VR-Panoramabilder (QTVR)**. ¹²⁰⁴ Finanziell unterstützt wurde das Vorhaben von der Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien. ¹²⁰⁵

Im Rahmen dieser Zusammenarbeit entstand auch eine CD-Rom, die zwar nur als Prototyp erstellt wurde und daher nur intern zirkulierte, aber deren Inhalt auf der Webseite des **IRIS** bis heute hinterlegt ist. ¹²⁰⁶ In einer deutschen und englischen Sprachversion kann sich der Nutzer dort umfassend informieren zu Prinzipien der **QTVR**-Technik, Erstellung von Panoramafotografien in der Neudeggasse, Navigation durch **QTVR**-Panoramen, historischen Quellen zur Synagoge Neudeggasse, zur Kurzbiografie von Max Fleischer, der 3D-Modellierung, Texturierung und Einbettung des 3D-Modells der Synagoge in ein **QTVR**-Panorama.

Diese einzelne Rekonstruktion stellte den Beginn eines weit umfangreicheren Projekts dar, das sich der digitalen Rekonstruktion jüdischer Gotteshäuser in Wien unter der Leitung von Bob Martens an der TU Wien widmete. ¹²⁰⁷ Das anfängliche Ziel war, zehn Bauwerke computertechnisch zu modellieren. ¹²⁰⁸ Jedoch entstanden schließlich zwischen 1998 und 2009 3D-Modelle von insgesamt 21 Wiener Synagogen. ¹²⁰⁹ Im Rahmen von Diplom- bzw. Masterarbeiten rekonstruierten Studierende der Architektur meist je ein Bauwerk. ¹²¹⁰ Hierfür standen sie zudem in engem Austausch mit Dozenten ihrer Wahlfächer wie Kunstgeschichte oder Denkmalpflege, um Anregungen auch aus diesen Bereichen zu erhalten. ¹²¹¹

Dokumentiert sind sämtliche der auf diese Weise erstellten digitalen Rekonstruktionen in dem 2009 in erster Auflage erschienenen Stadtführer **Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtspaziergänge**. ¹²¹² Darin stellen Bob Martens und Herbert Peter die Synagogen einzeln vor und erläutern deren Baugeschichte, die mit zahlreichen Abbildungen von historischen Ansichten, Plänen und Fotografien, aber auch mit Fotografien der heutigen stadträumlichen Situation angereichert ist. Den Kern der Erläuterungen zu jedem jüdischen Gotteshaus bildet eine Vielzahl an digital erstellten Rekonstruktionen des jeweiligen Baus. In Form von Schnitten, Axonometrien, Überblendungen ³³⁵, Fotomontagen und anderem illustrieren sie das einstige Aussehen der Synagogen und ihre Verortung im Stadtraum ³⁰¹. So bietet beispielsweise ein vertikaler Schnitt durch eine digital rekonstruierte Synagoge Einblick in die Gestaltung und Dimension der einzelnen Stockwerke und Gebäudeteile ³⁰⁶. Der Lichteinfall

■ 1202

Vgl. **Appendix 2.7** (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 1**.

■ 1203

Vgl. ebd. u. **Übersicht zum Projekt auf der Webseite des »IRIS« der TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/neudeggasse/>**.

■ 1204

Vgl. ebd.

■ 1205

Zur finanziellen Unterstützung äußerte sich Bob Martens am Rande des Interviews am 08.11.2016.

■ 1206

Inwiefern es sich bei der CD-Rom um einen Prototyp handelte, erläuterte Bob Martens in einer E-Mail an die Autorin am 17.11.2016. Der Inhalt der CD-Rom ist auf der Webseite des »IRIS« der TU Wien zu finden: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/synagogue/>.

■ 1207

Vgl. Martens/Peter 2010, S. 9.

■ 1208

Vgl. Martens/Peter 2002, S. 512.

■ 1209

Vgl. Martens/Peter 2010.

■ 1210

Vgl. **Appendix 2.7** (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 3**.

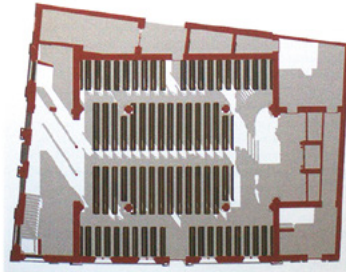
■ 1211

Vgl. ebd., **Frage 4**.

■ 1212

Inzwischen ist eine zweite Auflage des Stadtführers erschienen, vgl. Martens/Peter 2010.

wurde nicht nur in den Innenräumen sehr real anmutend simuliert, sondern auch im Grundriss, der dadurch eine räumliche Wirkung erhält.



□ 306

Schnitt durch Axonometrie der digital rekonstruierten Synagoge in der Humboldtgasse 27 in Wien entlang der West-Ost-Achse (links) und Simulation des Lichteinfalls in zugehörigem Grundriss (oben) sowie im Innenraum (rechts unten), Renderings, TU Wien, 2010.

■ 1213

Vgl. Ausschreibung der TU Wien:

<https://tiss.tuwien.ac.at/thesis/thesisDetails.xhtml?windowId=8d5&-backUrl=admin%2FadminTheses&thesisId=1672>.

■ 1214

Den Grund für den Osteuropaschwerpunkt erläuterte Bob Martens am Rande des Interviews am 08.11.2016.

■ 1215

Vgl. Martens 1995.

■ 1216

Vgl. Martens 2001, S. 14–15; Martens et al. 2000, S. 214.

■ 1217

Zu Martens Konzept, verwendeter Soft- und Hardware sowie Entscheidungsprozessen am Projektbeginn vgl.: Martens 2001, S. 14; [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 1](#) u. [Frage 15](#); Übersicht zum Projekt auf der Webseite des »IRIS« der TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/neudeggasse/>; Martens et al. 2000, S. 214.

Darüber hinaus wurden an der TU Wien auch Synagogen, die außerhalb der Hauptstadt errichtet worden waren, im Rahmen von Diplomarbeiten rekonstruiert: Seit 2001 bietet Martens das Thema **Virtuelle Rekonstruktion einer Synagoge** für Abschlussarbeiten an der **Fakultät für Raumplanung und Entwerfen** an. **1213** Bislang sind insgesamt über fünfzig studentische Arbeiten dazu verfasst worden. Rekonstruiert wurden jüdische Gotteshäuser beispielsweise in verschiedenen Städten in Österreich, Kroatien, Polen, der Slowakei und Tschechien. Der auf Osteuropa gelegte Schwerpunkt rührt daher, dass viele Architekten, die in Wien lebten, Synagogen nicht nur dort sondern auch in den österreichischen Kronländern bauten. **1214**

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Bob Martens hat sich bereits in seiner 1995 veröffentlichten Habilitationsschrift **Räumliche Simulationstechniken in der Architektur** mit computergestützter Raumsimulation beschäftigt. **1215** Darin legt er die Prinzipien der Modellierung von Architektur am Computer im Allgemeinen dar. Bezogen auf die digitale Rekonstruktion von nicht mehr existierenden jüdischen Gotteshäusern spezifiziert er diesen Prozess in seinen Publikationen zum Synagogen-Projekt. **1216**

Den Rekonstruktionsvorgang eines räumlichen Gebildes ganz allgemein und Synagogen im Speziellen unterteilt Martens in die zwei Bereiche **Modellierung** und **Visualisierung**. **1217** Für ersteres wurde die Software **ArchiCAD** ausgewählt, für die Visualisierung mittels Panoramabildern wurde **QuickTime VR Authoring Studio** verwendet. Die komplette Realisierung erfolgte vornehmlich auf Computern der Firma **Apple** und teils auf **Windows-PCs**. Nach der Entscheidung für die Software musste laut Martens zudem geklärt werden, wie detailliert die Rekonstruktion gestaltet werden soll. Sodann wurden im Rahmen der Modellierung zunächst einzelne bauliche Elemente definiert und erstellt sowie in einer sogenannten Bauteil-Bibliothek abgelegt. Auch ein Maßstab wurde im

■ 1218

Vgl. Martens 2001, S. 14.

■ 1219

Erläuterungen zur konkreten Umsetzung der Visualisierung im Hinblick auf »Hidden-Lines-Representation«, Texturierung und Lichtsimulation vgl.: ebd., S. 14–15; Martens/Peter 2010, S. 235–236; Martens et al. 2000, S. 214.

■ 1220

Informationen zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen an der TU Wien und der Quellenlage vgl.: Martens/Peter 2010, S. 237 u. S. 239; Martens/Peter 2002, insbes.: S. 512–514; [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 3](#).

Zuge dessen festgelegt. Martens bezeichnet diesen Prozess als »geometrische [...] Informationsmodellierung« [1218](#).

Darauf aufbauend erfolgte die Visualisierung des abstrakten Modells, die sich in mehreren Schritten vollzog. [1219](#) Die einfachste und am schnellsten zu generierende Darstellung war in Form eines Drahtgittermodells umsetzbar. Um ein für den Betrachter verwirrendes Liniengewirr zu vermeiden, konnte mittels der sogenannten **Hidden-Lines-Representation** eine Reduzierung der Linien erreicht werden. Im nächsten Schritt wurden mittels des Schattierungsverfahrens die von einzelnen Linien begrenzten Flächen gefüllt. Hierfür konnten Scans von Abbildungen oder auch eigens in Malprogrammen generierte Dateien verwendet werden, die verschiedene Farben und Materialien wiedergaben. Als Texturen kamen sie beim sogenannten **texture mapping** auf die Oberflächen des digitalen Modells. Das Einfügen von Lichtquellen unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Richtung, Winkel, Intensität und damit einhergehendem Schattenwurf vervollständigte die Visualisierung. Sodann konnten einzelne Ansichten des digital generierten Gebäudes erstellt werden.

Wesentliche Grundlage für die Rekonstruktion der Synagogen in Wien waren wie bereits genannt historische Quellen unterschiedlicher Art. [1220](#) Zwar sind die Synagogen fast vollständig aus dem Stadtbild Wiens verschwunden, jedoch haben sich beispielsweise Unterlagen aus dem baupolizeilichen und baubehördlichen Kontext weitgehend komplett erhalten. Die Synagoge Neudeggasse sowie die meisten anderen jüdischen Bauten, die im Stadtführer vorgestellt werden, stammen aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Da die Baubehörde der Hauptstadt bestimmte Vorgaben für Einreichungs- und Auswechslungspläne von Gebäuden erlassen hatte, können diese als relativ verlässliche Quellen angesehen werden. Neben diesen noch umfangreich erhaltenen Plänen bilden auch in Fachzeitschriften publizierte Baubeschreibungen aus der Zeit der Erbauung der Synagogen eine wichtige Informationsgrundlage. Historische Fotografien liegen hingegen nur spärlich und meist in Schwarz-Weiß vor. Daher ist beispielsweise die Farbigkeit der Innenräume nur in begrenztem Maße nachvollziehbar. Zwar existieren auch Kunstwerke, die Synagogen in Form von Aquarellen und Ölbildern darstellen, jedoch können diese nur eingeschränkt Aufschluss über die Gestaltung der Synagogen geben und müssen kritisch betrachtet werden. Um mögliche Widersprüchlichkeiten in den Quellen zu finden, wurden Einreich- und Ausführungspläne mit Fotografien genau verglichen. Bei fehlenden Informationen zu Bauwerken, wurden ähnliche Bauten als Referenzen herangezogen. Durch die Zusammenarbeit mit Kunsthistorikern und die Weiterentwicklung der Technik konnte zudem die 3D-Modellierung verbessert werden.

Für die Synagoge Neudeggasse war die Informationslage zur farblichen Gestaltung des Innenraums nicht ergiebig und führte daher zu einer abstrahierten Darstellungsweise im digitalen Modell wie Martens und sein Team anführten:

»Zur Synagoge in der Neudeggasse konnten keine zuverlässigen Aussagen über Innenraumfarbe und -material erhoben werden. Aus diesem Grund wird die Texturierung

des Innenraums einer Abstraktion unterworfen, welche sämtliche Bauteile grau beläßt, den heiligen Kasten (Aron Hakodesch) allerdings, in einem Goldüberzug erscheinen läßt.« **1221**

■ 1221

Zit. aus: online gestellter Inhalt der Prototyp-CD-Rom auf der Webseite des »IRIS« der TU Wien, Abschnitt »Texturierung«: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/synagoge/>.

■ 1222

Zur Strukturierung vgl. auch **Appendix 2.7** (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 12**.

■ 1223

Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 11**.

■ 1224

Zur Erstellung der »QTVR«-Panoramabilder und der Einbettung der 3D-Modelle vgl. Ausführungen im online verfügbaren Inhalt der Prototyp-CD-Rom auf der Webseite des »IRIS« der TU Wien im Abschnitt »Rekonstruktion«: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/synagoge/>.

In welchem Verhältnis die visuelle Gestaltung des Innenraums in der 3D-Rekonstruktion zu historischen Quellen steht wird in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels genauer untersucht.

Dem Rekonstruktionsvorgang im 3D-Projekt lag eine klare Strukturierung der vorhandenen Daten sowie der Objekte im digitalen Modell zugrunde. **1222** Diese strikte Organisation war notwendig, da verschiedene Gruppen von Bearbeitern an dem Projekt beteiligt waren und so ein Überblick über die Daten gewährleistet werden konnte. Sowohl für die digitale Rekonstruktion wie auch für die weitere Bearbeitung im Hinblick auf Lichtsimulation oder die Darstellung von Materialien wurde ArchiCAD verwendet. Um die 3D-Modelle der Synagogen zu präsentieren, wurden QTVR-Panoramabilder erstellt, keine virtuellen Flüge, wie es in vielen anderen Projekten in diesem Kontext üblich ist. Diese Entscheidung begründet Bob Martens folgendermaßen:

»Wir kommen nicht aus der Silikon-Graphics-Wavefront- usw.-Umgebung, daher haben wir uns technologisch in die Richtung von Panoramen bewegt und sind einfach dabei geblieben. Wenn ich filmisch etwas mache, will der Zuschauer vom ersten Augenblick an einen entsprechenden Ablauf haben. Wir finden es spannender, sich selbstständig durch das Modell zu bewegen. Die Panoramabilder mit Hotspots bilden eine Bewegungsfreiheit, die die Straße sehr gut darstellen. Ich persönlich glaube nicht an diese 3D-Aufsätze, denn das geht oft nicht weiter als dieser Aha-Effekt [...]. Ich finde es beispielsweise gut, dass man einstellen kann auf Augenhöhe unterwegs zu sein. Man nimmt eine realistische Perspektive ein.« **1223**

Insofern führten verschiedene Gründe zur Entscheidung für 360°-Panoramen, bei der die Projektbeteiligten bislang auch geblieben sind. So wurden mit einer Kleinbildspiegelreflexkamera und einer 15 Millimeter Weitwinkeloptik sechs bis acht Fotografien für jeden einzelnen Standpunkt vor Ort in der Neudeggergasse aufgenommen. **1224** Mit der Software QuickTime VR Authoring Studio konnten diese Einzelbilder mittels der Funktion Panorama Stitcher zu 360°-Aufnahmen verbunden werden. In ArchiCAD wurden sodann Panoramen auf Basis des 3D-Modells generiert, für die die zuvor eingenommenen Kamerapositionen, Blickwinkel und Brennweite simuliert werden mussten, um mit den Panoramafotos überlagert zu werden. Diese Datei konnte sodann mittels QuickTime VR Authoring Studio über die Funktion Panorama Maker als QTVR-Panoramadatei ausgegeben werden.

■ 1225

Eine Auflistung der Hotspots und eine der darüber zugänglichen Panoramen findet sich in: [Appendix 1.8](#) (→ 633), Synagoge Neudeggasse, Wien (1998).

■ 1226

Vgl. [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 14](#).

■ 1227

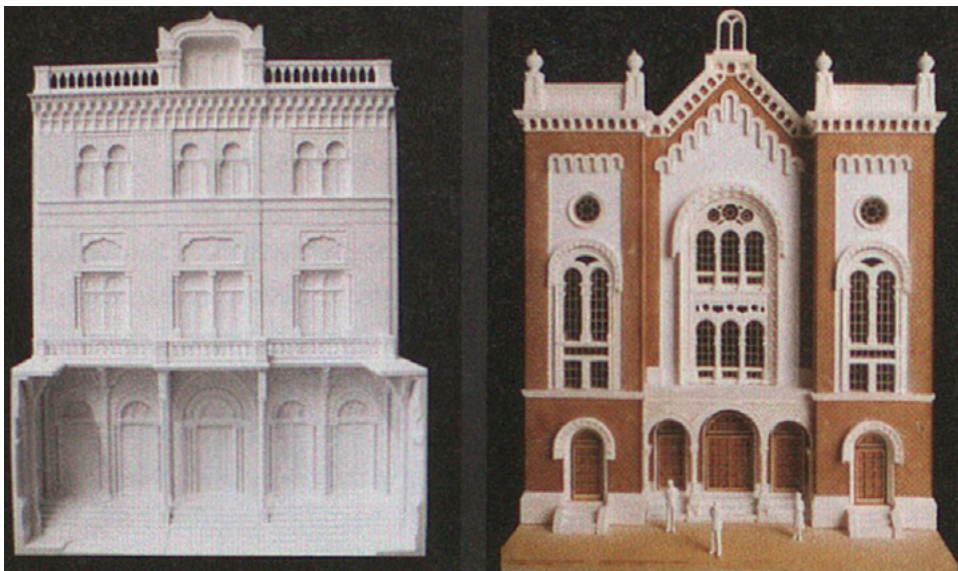
Vgl. Martens/Peter 2010, S. 236–237. Für Informationen zu »Rapid-Prototyping«-Verfahren und deren Umsetzung vgl.: [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 14](#).

■ 1228

Vgl. Martens/Peter 2010, S. 240.

Im Falle der Synagoge Neudeggasse waren insgesamt acht Hotspots festgelegt, anhand derer sich ein Nutzer durch den Raum bewegen konnte. [1225](#) Auf diese Weise war die Bewegungsfreiheit entsprechend begrenzt. In den aktuellen digitalen Rekonstruktionen jüdischer Gotteshäuser, die an der TU Wien realisiert werden, ist diese Einschränkung aufgehoben, sodass sich der Nutzer vollkommen frei durch das Gebäude navigieren kann. [1226](#)

Neben digitalen Rekonstruktionen wurden im Rahmen des Projekts auch haptische Modelle von Synagogen angefertigt. Dies erfolgte auf Basis des 3D-Modell-Datensatzes im Rapid Prototyping-Verfahren. [1227](#) Allerdings ist damit ein erheblicher Aufwand an Zeit und auch Kosten verbunden. Nach der Entscheidung für ein bestimmtes Druckverfahren – Laserschnitt, Pulverdruck, Spritzguss – muss der vorliegende Datensatz zunächst einmal umgeschrieben werden, um mit dem jeweiligen Drucker kompatibel zu sein. So können beispielsweise nur Objekte mit mindestens einer Millimeter Dicke gedruckt werden. Zudem hängt die Größe des Modells von der zur Verfügung stehenden Druckkammer ab und muss dahingehend entsprechend angepasst sein. Aus diesen Gründen wurden im Rahmen des Synagogenprojekts bislang nur wenige haptische Modelle im Rapid Prototyping-Verfahren erstellt. Eine Auswahl von drei Modellen, deren Erscheinungsweisen sich unterscheiden, ist im Stadtführer zu sehen. [1228](#) So ist das Modell der Synagoge Zirkusgasse beispielsweise ganz in weiß gehalten und zeigt die Hauptfassade [307](#). Dadurch, dass der dem Eingangsbereich vorgelagerte und ummauerte Hof hier nur angeschnitten wiedergegeben ist, mutet dieser wie ein Innenraum an. Das Modell der Synagoge Schopenhauerstraße wurde hingegen mit brauner Fassade und weißen Elementen gestaltet [307](#). Vor dem Eingang positionierte Staffagefiguren ermöglichen es die Größenverhältnisse leicht nachzuvollziehen.



□ 307

Im »Rapid Prototyping«-Verfahren erstellte haptische Modelle der Synagoge Zirkusgasse (links) und Schopenhauerstraße (rechts) in Wien, TU Wien.

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Virtueller Rundgang

Die im Rahmen des Synagogenprojekts an der TU Wien erstellten digitalen Rekonstruktionen werden von Beginn an bis heute mit QTVR wiedergegeben. Die nun folgende Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung der Rekon-

■ 1229

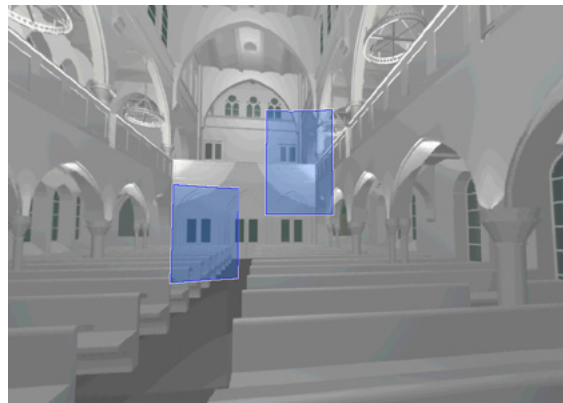
Vgl. Webseite des »IRIS« der TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/neudeggasse/synagoge.mov>. Informationen zum Projekt sind zu finden auf der Webseite ebd. unter: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/neudeggasse/>.

■ 1230

Zur Übersicht über die einzelnen Panoramabilder und die zugehörigen Hotspots vgl. [Appendix 1.8](#) (→ 633), Synagoge Neudeggasse, Wien (1998).

Struktur der Synagoge Neudeggasse in Wien basiert auf der MOV-Datei, die auf der Projektwebseite des IRIS online zugänglich ist. ¹²²⁹ Bei dieser Datei handelt es sich nicht um einen Film, sondern um Panoramabilder, durch die sich der Benutzer am Computer eigenständig hindurchklicken kann. Sogenannte Hotspots stellen dabei die Verbindungspunkte zwischen den virtuell übereinander gelagerten Panoramen dar. ¹²³⁰

Die Navigation innerhalb eines Panoramas erfolgt mit der Maus durch das Klicken auf das Bild. Sodann werden statt des üblichen Mauspeils andere Pfeilsymbole angezeigt. Diese ermöglichen das Verschieben des Bildausschnitts in alle vier Himmelsrichtungen und in die Diagonalen. So kann das Bild ausgehend von einem festgelegten Standpunkt auf dieser Ebene eigenständig erkundet werden. Zoomen erfolgt mittels der Symbole + und - in der Bedienleiste des QuickTime-Player, sodass auch eine Bewegung in die Tiefe des virtuellen Raumes möglich ist. Durch Klicken auf das dort hinterlegte mit einem Fragezeichen versehene Pfeilsymbol können Hotspots angezeigt werden. Sodann erscheinen alle in dem jeweiligen Bildausschnitt hinterlegten Hotspots jeweils in Form einer blauen rechteckigen und durchscheinenden Fläche ³⁰⁸. Beim Klick auf diese Markierung wird das damit verknüpfte Panorama angezeigt. Über das nach links weisende Pfeilsymbol in der Bedienleiste ist ein schrittweises Zurückkommen in die jeweils zuvor besuchte Ebene möglich. Im Folgenden wird ein virtueller Rundgang anhand der insgesamt acht Hotspots unternommen.



□ 308

Blick in den Hauptraum der digital rekonstruierten Synagoge in der Neudeggasse in Wien mit zwei Hotspots in Form von blauen Rechtecken: Hotspot zu Standpunkt im westlichen Teil des Hauptraums mit Blick auf die Türen zur Vorhalle (links); Hotspot zu Standpunkt auf Höhe der Empore (rechts), Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Den Ausgangspunkt der VR-Anwendung bildet ein Panorama, das eine Fotografie der Straßenansicht von 1998 zeigt. Der Standpunkt des virtuellen Betrachters befindet sich auf der Fahrbahn, mittig vor dem Gebäude der Neudeggasse 12. Davon ausgehend kann sich der Benutzer um die eigene Achse drehen, um die Nachbargebäude und die Straßenflucht zu betrachten ³⁰⁹. Durch jeweils einen Hotspot in Richtung Süden bzw. Norden kann er sich auch entlang der Straße um einige Gebäude fortbewegen.



□ 309

Blick in die Neudeggasse in Wien mit Hotspots, die auf Ansichten nördlich (links) und südlich (rechts) des ehemaligen Standorts der Synagoge und in das Innere des Baus verweisen (Mitte), Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Über den Hotspot in Form der Gedenktafel am heutigen Gebäude der Neudeggasse 12 wird die digital rekonstruierte Außenfassade der Synagoge an ihrem einstigen Standort in die Straßenansicht von 1998 eingebettet ^[310]. So hat der Benutzer die Möglichkeit sich das heute nicht mehr existierende jüdische Gotteshaus im Kontext der aktuellen Bebauungssituation zu vergegenwärtigen. In diesem Panoramabild ist ein Schwenk hinauf zu den oberen Geschossen der Synagoge nicht möglich. Um die obere Gebäudehälfte zu sehen, muss der Nutzer über den Hotspot in einem gegenüberliegenden Gebäude in ein anderes Panoramabild wechseln ^[311]. Hier nimmt der Benutzer den Standpunkt eines Anwohners ein, der aus dem oberen Stockwerk eines gegenüber befindlichen Hauses blickt. Durch das Klicken auf den Hotspot wechselt die Ansicht zur digital rekonstruierten Synagoge. In diesem Bild ist allerdings nur die obere Hälfte der Fassade zu sehen. Nachdem der Benutzer in die Ansicht hineingezoomt hat, kann er die gesamte Fassade des jüdischen Gotteshauses von der Turmspitze bis zum Straßenniveau in einem vertikalen Schwenk mit Hilfe der Maus betrachten ^[312]. Ein horizontales Schwenken hin zu den Nachbarhäusern ist jedoch nicht möglich.



□ 310

Blick auf die Fassade des Wohnhauses in der Neudeggasse 12 mit Hotspot (links), der zur Ansicht der Fassade der digital rekonstruierten Synagoge führt (rechts), Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.



□ 311

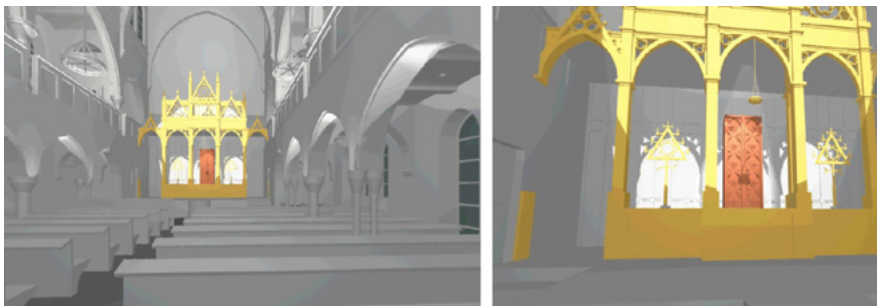
Blick von einem schräg gegenüberliegenden Haus auf den ehemaligen Standort der Synagoge: Foto des Wohnhauses mit Hotspot (links) und digital rekonstruierte Synagoge (rechts), Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

In das Innere der digital rekonstruierten Synagoge gelangt der Benutzer über einen Hotspot in Form des mittleren Portaltors. Sein Standpunkt befindet sich sodann zwischen den hinteren Bankreihen der rechten Seite im Mittelschiff mit Blick in Richtung Osten ^[313]. Über den Hotspot in Form des Aron Hakodesh gelangt der Benutzer vor das Podest des Thoraschreins und kann diesen genauer betrachten. Er kann das Objekt zwar heranzoomen, jedoch ist ein Schwenk bis zu dessen Spitze nicht möglich. Auf horizontaler Ebene kann der Nutzer auch von diesem Standpunkt aus eine 360°-Drehung vollziehen. Der Hotspot auf der Empore über dem Portal lässt ihn eine Position eben dort einnehmen ^[314]. Hier ist es möglich, leicht nach oben bzw. unten zu schwenken, um auch einen Teil der Decke beziehungsweise den Fußboden in das Blickfeld

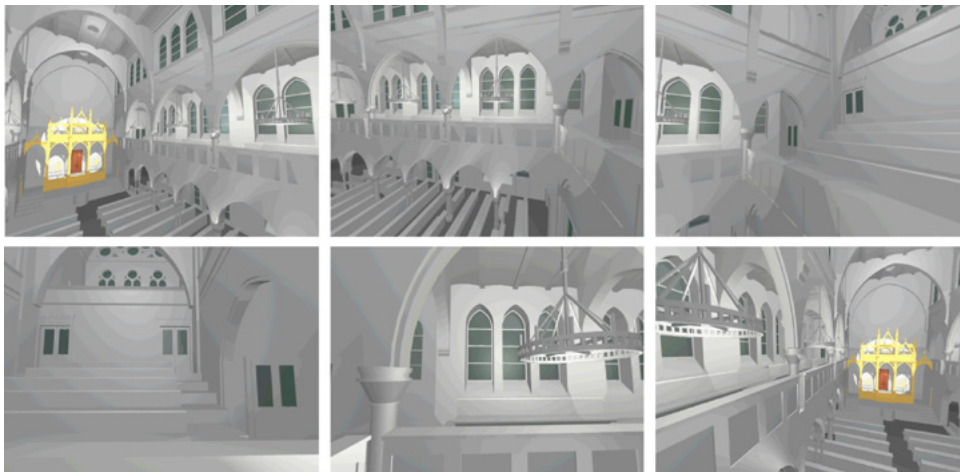
zu rücken. Zwar kann kein vollständiger vertikaler Schwenk vollzogen werden, jedoch ein horizontaler. Dabei fällt auf, dass sich der Standpunkt des virtuellen Betrachters genaugenommen im Luftraum knapp vor der Brüstung der Empore befindet und er damit eine in der Realität unmögliche Position einnimmt.



□ 312
Bildfolge eines Schwenks entlang der Fassade der digital rekonstruierten Synagoge, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.



□ 313
Blick zum Aron Hakodesh von den hinteren Sitzbänken aus (links) und von unmittelbar vor dem Podest (rechts), Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.



□ 314
Rundumblick von der Empore, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Verwendung von Farben und Texturen

Die Gestaltung des Innen- und Außenraums unterscheidet sich stark hinsichtlich der Verwendung von Farben und Texturen. So ist die Fassade durchwegs mit einer Textur versehen, die Ziegelsteine zeigt ^[312]. Fenster sind mit Glas darstellenden, opaken Oberflächen versehen, die in einem grau-grünen Farbton gehalten sind. In den Fenstern über den Türen des Portals sind sogar kleine Unterteilungen der Glasscheiben dargestellt. Der Materialcharakter zeigt sich daran, dass sich scheinbar Licht darauf spiegelt, im Gegensatz zur mit Klinker verkleideten Fassade. Aus welchem Material die jeweils zweiflügeligen Eingangstüren bestehen, wird indes nicht deutlich ^[315]. Hingegen scheinen die glatten und hellgrau gefärbten Oberflächen der Turmdächer eindeutig einen metallischen Baustoff wiederzugeben. Die Farbe des Himmels wurde offensichtlich computertechnisch bearbeitet. Denn der hier dargestellte lila Farbton stellt keineswegs eine natürliche Erscheinungsweise dar.



□ 315

Portal der digital rekonstruierten Synagoge, Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Der möglichen Erwartung des Rezipienten, im Inneren der digital rekonstruierten Synagoge einen ebenso mit Texturen gestalteten Bau aufzufinden, wird nicht entsprochen. Zwar ist das Innere des Gebäudes relativ detailreich dargestellt mit beispielsweise Sitzbänken, Lüstern, Fenstersprossen, jedoch sind all diese Objekte sowie sämtliche Flächen von Mauern, Decken und Fußböden in Grautönen eingefärbt. Materialeigenschaften werden hier nicht dargestellt, da alle Oberflächen unifarben und glatt visualisiert sowie weder durch Texturen noch eine bestimmte Musterung oder dergleichen spezifiziert werden.

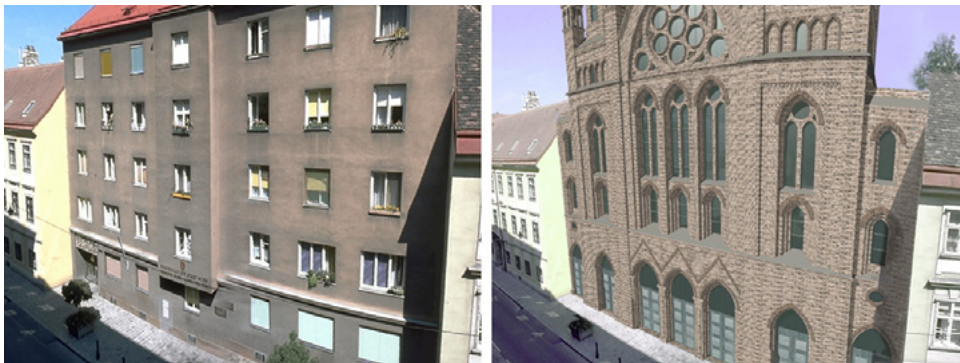
Eine Ausnahme hiervon stellen der Aron Hakodesch sowie die ihn einrahmende Architektur dar, die farbig gehalten sind ^[313]. Der zweiflügelige Thorschrein ist braun gefärbt. Seine Türen sind mit einem scheinbar plastisch modellierten Relief mit Rautenmuster versehen. Die vorgelagerte architektonische Rahmenkonstruktion, dort aufgestellte Leuchter und das ewige Licht weisen einen gelben Farbton auf, der eine Vergoldung darstellen soll ^[316]. Verschattete Partien haben einen etwas dunkleren Gelbton. Die Materialeigenschaften einer Vergoldung wurden allerdings nicht wiedergegeben, denn es ist kein metallisches Schimmern zu erkennen. Aufgrund ihrer Farbigkeit stellen diese Flächen einen starken Kontrast zu dem in Grautönen gehaltenen Raum dar und erscheinen darin wie Fremdkörper.



□ 316
Detailansicht des Aron Hakodesh der digital rekonstruierten Synagoge, Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien 1998.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten

Wie die Gestaltung des Innen- und Außenraums, unterscheidet sich auch die Beleuchtungssituation. Die Lichtsituation im Außenraum wurde in dem computertechnisch erstellten Panoramabild relativ realistisch wiedergegeben, wie ein Vergleich mit dem Foto der Straßensituation zeigt ^[317]. Sowohl der Schlagschatten des rechts neben der Synagoge befindlichen Hauses als auch die kurzen verschatteten Partien unterhalb der Gesimse wurden der Fotografie entsprechend visualisiert. Das Tageslicht kommt hier aus Südwesten.



□ 317
Ansicht der Straßenfassade des Wohnhauses in der Neudegggasse 12 (links) sowie der digital rekonstruierten Synagoge (rechts), Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Im Innenraum ist die Beleuchtungssituation hingegen nicht eindeutig zu klären. Eine bestimmte Lichtquelle kann hier nicht ausgemacht werden. Durch die Fenster im Mittelschiff, in den Emporen sowie im Erdgeschoss scheint kein Tageslicht von außen einzudringen, denn die Glasscheiben sind dunkel dargestellt. So entsteht der Eindruck, draußen wäre Nacht, obwohl die Ansicht des Äußeren der Synagoge bei Tag visualisiert wurde. Eine besondere Konstellation zeigt sich auf Höhe der Empore: Hier entsteht der Eindruck, als ob ein Scheinwerfer einen großen runden Spot auf die Ostwand der Synagoge werfe, der in Form eines weißen Kreises erscheint ^[318]. Sämtliche hier beleuchtete Objekte werfen einen harten Schatten, beispielsweise das vor dem Thoraschrein hängende ewige Licht ^[316].

Der 360°-Rundumblick offenbart jedoch, dass weder ein physischer Scheinwerfer im Innenraum aufgebaut ist, noch durch die Fensterrose an der Westseite diese punktuelle Beleuchtung verursacht wird. Demnach wurde hier wohl bewusst eine künstliche Lichtquelle generiert, um den Thoraschrein explizit in den Fokus der Aufmerksamkeit zu rücken. Eine vergleichbare Beleuchtungs-

situation ist in historischen Fotografien nicht zu finden ³⁰³ ³⁰⁴. Insofern handelt es sich hier also um einen künstlerischen Eingriff in die Darstellungsweise und vor allem in die Inszenierung des Innenraums.



□ 318

Blick von der Empore zum Aron Hakodesh der digital rekonstruierten Synagoge, Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Abgesehen von dieser Ausnahme ist der restliche Innenraum relativ gleichmäßig beleuchtet. Es existieren kaum eindeutige Schlagschatten oder stark verschattete Winkel. Von den in den Bögen der Empore aufgehängten Lüstern scheint Licht auszugehen, wie die hellen Wandpartien dahinter nahelegen ³¹⁴. Ähnliches gilt für die Wandfelder der Arkaden im Erdgeschoss. Über den Kapitellen der Stützen sind helle Bereiche visualisiert, obwohl hier keine Lampen oder dergleichen dargestellt sind. Auch in der historischen Fotografie, die die Synagoge nach ihrer Fertigstellung zeigt, sind an dieser Stelle keine Leuchten zu sehen.

Die Beleuchtung des Innenraums in der digitalen Rekonstruktion ist demnach weder vollkommen realistisch wiedergegeben, noch basiert sie auf historischen Fotografien. Vielmehr wurde die Lichtsimulation so gewählt, um bestimmte Details wie den Aron Hakodesh in Szene zu setzen und die Aufmerksamkeit des Benutzers bewusst zu lenken.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Ein genauer Blick auf die Bild- und Textquellen, auf denen das 3D-Modell beruht, kann weitere Erkenntnisse zu dessen Gestaltung liefern. Wie bereits vorgestellt, existieren unterschiedliche Bildquellen der Synagoge in der Neudegggasse, deren Aussagekraft je nach Medium variiert. Als Referenzen für die Gestaltung der Westfassade können exemplarisch die im Folgenden erläuterten Ansichten herangezogen werden sowie eine kurze Beschreibung des Architekten Max Fleischer, der die Arbeiten am Außenbau der Synagoge in seinem 1904 erschienenen Aufsatz folgendermaßen wiedergibt: »Die Gassenfassade konnte noch geschlammte Ziegel für die Verkleidung erhalten, die drei Hoffassaden mußten, wie schon früher erwähnt, mit gewöhnlichen Mauerziegeln fürlieb nehmen.« ¹²³¹ Um eine sogenannte geschlammte Fassade zu erhalten, wird ein Backsteinbau in einem speziellen Verfahren geschlammmt, sodass eine Schicht die Klinker überlagert, jedoch die Anordnung der zugrundeliegenden Steine noch sichtbar ist. Eine dahingehende Betrachtung der in der digitalen Rekonstruktion dargestellten Westfassade offenbart eindeutig, dass darin keine geschlammten Ziegel visualisiert wurden. Vielmehr sind die einzelnen Backsteine in ihrer Farbigkeit so differenziert dargestellt, dass deren optische Material-

■ 1231

Fleischer 1904, S. 499.

■ 1232

Auf Möglichkeiten der Dokumentation des Erstellungsprozess wird in Kapitel 6.2 (→ 469) genauer eingegangen.

Charakteristika hier relativ realistisch wiedergegeben werden ^[319]. Insofern wurde dieses wesentliche Detail, das immerhin das äußere Erscheinungsbild der 3D-modellierten Synagoge bestimmt, nicht auf Basis der Aussage des Architekten umgesetzt. Eine Begründung für diese Entscheidung liegt in den einschlägigen Publikationen von Martens und seinen Kollegen nicht vor. An dieser Stelle wird deutlich, welche wesentliche Bedeutung eine Dokumentation des Erstellungsprozess hat, die hier nicht vorgenommen wurde. **1232**



□ 319

Textur in Backsteinoptik (links) für die Fassade der digital rekonstruierten Synagoge Neudeggasse (rechts), Rendering und Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Insgesamt erinnert die farbliche Gestaltung der Fassade in der digitalen Rekonstruktion an die Bemalung des heute an ihrer Stelle stehenden Wohnhauses ^[317]. Aber möglicherweise wurde die Wandfarbe des in den 1950er-Jahren errichteten Gebäudes in Bezugnahme auf das ehemalige jüdische Gotteshaus entsprechend ausgewählt. Ein Vergleich sämtlicher Ansichten, die die Westfassade des jüdischen Gotteshauses in Farbe wiedergeben, legt nahe, dass die Mauern wohl einen Rotton aufwiesen ^[320].

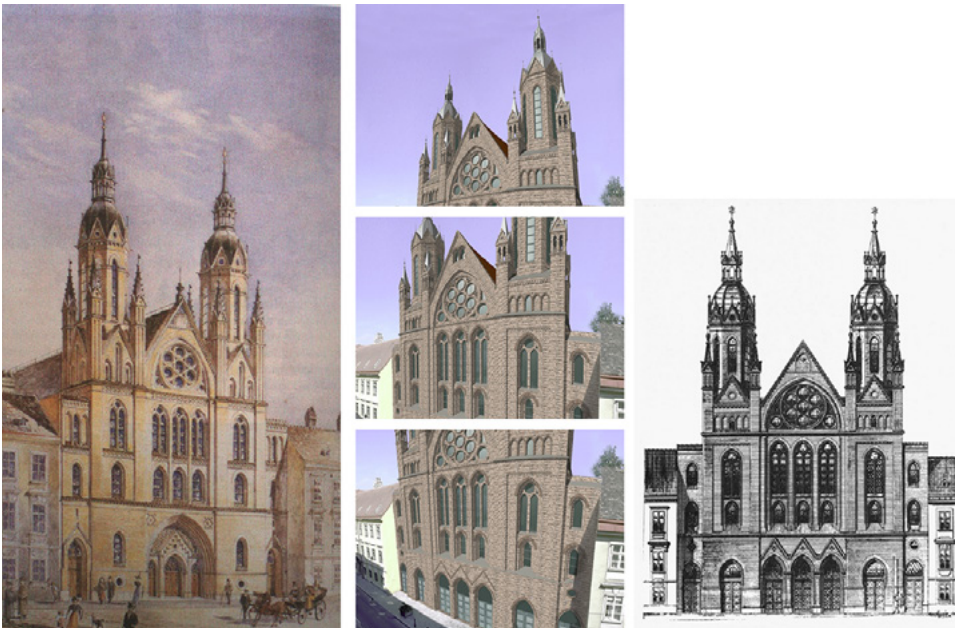


□ 320

Visualisierung der Synagoge Neudeggasse in Wien: zeitgenössisches Aquarell des Architekten Max Fleischer (links); Bildfolge aus einem Panorama der digitalen Rekonstruktion, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998 (Mitte); Aquarell von Ella Rothe, um 1912 (rechts).

Die Detailgenauigkeit bei der Wiedergabe des äußeren Erscheinungsbilds ist in der digitalen Rekonstruktion relativ hoch, wie ein Vergleich mit einer historischen Zeichnung oder auch dem Fassadenaufriß des Architekten Max

Fleischer zeigt ^[321]. Zwar wurde die Variante des Portals, die in dem Aquarell abgebildet ist, nicht umgesetzt, jedoch stimmen weitere Details mit dem Plan überein. Die relativ schlicht geschmückte Fassade wurde in dieser Form in die digitale Rekonstruktion übernommen. Jedoch fällt ein markanter Unterschied auf: Zwischen den schmalen Türmchen, die jeweils den beiden großen Türmen vorgelagert sind, fehlt in der computergenerierten Ansicht je ein Spitzgiebel. Stattdessen ist ein traufseitiges Dach dargestellt. Bemerkenswert ist dies auch deshalb, da das Bild, das 1998 im Rahmen des Projekts **Verlorene Nachbarschaft** vor die Fassade der Nachbargebäude der Synagoge gehängt wurde, auch jene Spitzgiebel zeigt, die in den späteren digitalen Rekonstruktionen der Synagoge, die an der TU Wien 2004, 2009 und 2016 realisiert wurden, ebenso visualisiert sind ^[305] ^[331].



□ 321

Visualisierung der Westfassade der Synagoge: zeitgenössisches Aquarell des Architekten Max Fleischer (links); Bildfolge aus einem Panorama der digitalen Rekonstruktion, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998 (Mitte); Fassadenaufriss, Max Fleischer, 1904 (rechts).

All dies führt zu der Frage, warum im 3D-Modell aus dem Jahr 1998 einer anderen Variante der Vorzug gegeben wurde. Im Stadtführer von Martens und Peter ist eine Montage einer Ansicht der digitalen Rekonstruktion von 2009 und einer historischen Zeichnung – mit traufseitigem Dach – zu finden ^[322]. Allerdings findet sich in dieser Publikation kein Hinweis darauf, wer diese Zeichnung wann angefertigt hat. ¹²³³ Eine Abbildung dieses Aufrisses ist hingegen in der 2004 an der TU Wien entstandenen Diplomarbeit von Georg Niessner und Peter Schilling zu finden. Demnach handelt es sich offenbar um einen Auszug eines 1897 angefertigten Auswechslungsplans, der wohl als Vorlage für das 3D-Modell von 1998 verwendete wurde. Warum diese Zeichnung herangezogen wurde, obwohl sie offensichtlich nicht die finale architektonische Fassadengestaltung wiedergibt, wird in keiner Publikation zur Synagoge Neudeggasse erwähnt. Auch die Entscheidungsgrundlagen für die jüngeren digitalen Rekonstruktionen werden in den zugehörigen Publikationen nicht explizit erläutert. Hier zeigt sich wieder das Desiderat zur Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses. ¹²³⁴

Aufschluss über die Inneneinrichtung gibt insbesondere eine historische Fotografie, die den Neubau vor der Ausmalung zeigt. Um diese Abbildung mit dem 3D-Modell vergleichen zu können, sind zwei verschiedene Ansichten

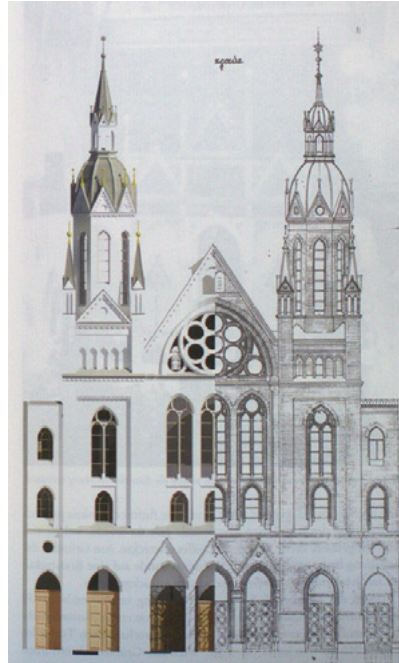
■ 1233

Vgl.: Niessner/Schilling 2004, S. 58, Abb. 4.52 u. S. 148.

■ 1234

In Kapitel 6.2 (→ 469) werden Möglichkeiten zur Dokumentation des Erstellungsprozesses eingehend vorgestellt.

desselben notwendig. Denn der Bildausschnitt, der eine ähnliche Perspektive wie die Fotografie wiedergibt, umfasst nicht die Deckenkonstruktion [323]. Die Gegenüberstellung der einzelnen Ansichten zeigt überwiegend Übereinstimmungen zwischen historischem Vorbild und digitaler Rekonstruktion. Der Innenraum wird sowohl hinsichtlich seiner Proportionen als auch der architektonischen Ausgestaltung weitestgehend der fotografischen Vorlage gemäß wiedergegeben. Eine leichte Irritation bildet hier aber der Abstand zwischen dem Bogenscheitel der Arkaden und der Oberkante der Brüstung der Emporen. Dieser ist im 3D-Modell weit größer dargestellt als in der Fotografie zu erkennen ist.



□ 322

Visualisierung der Westfassade der Synagoge im direkten Vergleich: digitale Rekonstruktion der TU Wien, 2009/2010 (links), und historische Zeichnung ohne Quellenangabe (rechts), Bildmontage, TU Wien, 2009/2010.



□ 323

Blick in den Hauptraum der Synagoge: digitale Rekonstruktion, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998 (links und rechts); historische Fotografie, um 1904 (Mitte).

Zudem wurden in der computertechnischen Visualisierung verschiedene Details vereinfacht. Dies trifft beispielsweise auf die Verkleidung der Emporenbrüstung zu. Diese weist dem Foto gemäß eine Relieffierung auf. Im 3D-Modell ist diese Ausschmückung nicht zu sehen, lediglich einzelne Felder sind hier grob dargestellt. Auch die Kapitelle sämtlicher Stützen im Bereich der Arkaden und

der Empore sind in der digitalen Rekonstruktion nur in geometrischen Grundformen visualisiert, während sie hingegen wohl unterschiedlich geschmückt waren, wie das Foto nahelegt.

Ein Blick auf die Wiedergabe des Aron Hakodesch sowie der ihn umgebenden Architektur im 3D-Modell ist vielversprechend, da es sich schließlich um ein wichtiges Objekt der Synagoge handelt. In der digitalen Rekonstruktion sticht es schon aufgrund seiner Farbigkeit hervor. Denn im Gegensatz zu allen übrigen Elementen des Innenraums ist es nicht in Grautönen sondern in hellem Gelb dargestellt, wie zuvor bereits erwähnt. Dass es sich hierbei um eine angedeutete Vergoldung handelt, zeigt folgende Passage aus Max Fleischers Beschreibung der Synagoge von 1904, die zudem den architektonischen Aufbau der Holzkonstruktion an der Ostwand wiedergibt:

»Um einen feierlichen Effekt zu erzielen, habe ich daher für die Bundeslade einen über die ganze Breite des Mittelschiffes ausgedehnten Holzbau aufgeführt. [...] Im Mittelfelde desselben ist in der östlichen Abschlußmauer eine Wandnische vertieft ausgespart worden, welche daher als Wandschrank ausgebildet die Rollen enthält. Vor den Türen dieses Schrankes sind die üblichen Vorhänge angebracht; hier so, daß sie, auf Rahmen gespannt, mittels Zugvorrichtung leicht hin- und hergeschoben werden können [...]. [...] Über sieben Stufen gelangt man auf ein Plateau zur Bundeslade. Vor der Bundeslade, dem Betraum zugewendet, ist die Kanzel mit schmiedeisernem Brüstungsgitter angebracht, rechts und links im Bogenfelde je ein achtflammiger Kandelaber. Der ganze Holzbau erhebt sich über der Estrade, welche sechs Stufen erhöht über dem Mittelschiffußboden den absidialen Raum einnimmt und nach dem Betraume mit einem ganz vergoldeten schmiedeisernen Gitter abgegrenzt ist.« 1235

■ 1235

Fleischer 1904, S. 498.

Der Architekt legt nicht nur die räumliche Disposition dar, sondern erwähnt auch die einzelnen Materialien – eine wichtige Quelle für die digitale Rekonstruktion. Allerdings wurden im digitalen Modell die Texturen für das Gitter und die Holzkonstruktion nicht entsprechend differenziert visualisiert. Hier wurde eine starke Vereinfachung in der Darstellung vorgenommen, die den Informationsgehalt der 3D-Rekonstruktion schmälert. Ferner beschreibt Fleischer in seinem Text eine Nische für einen Wandschrank zum Verwahren der Thorarollen. In der digitalen Rekonstruktion findet sich an eben jener Stelle zwar ein Schrank, jedoch ist dieser nicht in eine Nische eingelassen, sondern befindet sich vor der Wand. Zudem wurde der vom Architekten erwähnte Vorhang hier nicht dargestellt und anstatt der sechs Stufen zum Podest sind im 3D-Modell nur fünf zu erkennen.

Weiteren Aufschluss über die Detailgenauigkeit der Darstellung liefert der Vergleich von zwei historischen Fotografien mit Ansichten aus der digitalen

Rekonstruktion 324. Aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten hinsichtlich der Standortwahl und des Zoomens innerhalb des QTVR-Panoramabilds, kann keine Abbildung herangezogen werden, in der die gesamte Holzkonstruktion in Nahansicht zu sehen ist. Der Bildvergleich zeigt eine relativ genaue Wiedergabe der Grundstruktur sowie der Proportionen der Holzkonstruktion im 3D-Modell. Abweichungen sind aber auch hier hinsichtlich verschiedener Details zu bemerken. Die geschnitzten Muster in den Giebeln entsprechen teils nicht ganz der Vorlage, aber geben deren allgemeine Form wieder. Die Lüster sind deutlich kleiner modelliert als sie auf den Fotos festgehalten sind. Hingegen wurde das ewige Licht, das am Scheitel des mittleren Bogens aufgehängt ist – wie das Foto von 1935 zeigt – in die digitale Rekonstruktion integriert.



□ 324

Aron Hakodesch und rahmende Holzkonstruktion an der östlichen Wand der Synagoge in der Neudeggasse in Wien: Fotografie eines Trauergottesdiensts im Rahmen der Enthüllung einer Gedenktafel für im 1. Weltkrieg gefallene Juden, Synagoge Neudeggasse in Wien, 13.01.1935 (oben links); historische Fotografie, um 1904 (oben rechts); digitale Rekonstruktion, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998 (unten).

Im 3D-Modell wurde demnach die Holzkonstruktion als ein Gesamtkunstwerk betrachtet und durch ihre Farbigkeit visuell hervorgehoben. Um ihre Wiedererkennbarkeit zu gewährleisten, wurde sie in ihrem charakteristischen Aufbau wiedergegeben und nur mit den wesentlichen Merkmalen ausgestattet, den gotischen Verzierungen, den Kandelabern, dem ewigen Licht sowie dem Schrein. Diese Reduzierung der Detailgenauigkeit war möglicherweise dem hohen technischen Aufwand und der Kürze der Zeit für die Modellierung geschuldet. Denn Informationen zu den in der Synagoge verwendeten Materialien lagen vor, wie hier gezeigt wurde.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität und Raumeindruck

Die Bildanalyse abschließend, sei noch auf den in der digitalen Rekonstruktion erzeugten Raumeindruck und die Plastizität der Darstellung eingegangen. Das Gebäude ist in dem Panorama nicht vollständig einsehbar. Der Benutzer hat lediglich die Möglichkeit die der Straße zugewandte Westfassade aus leicht schrägem Blickwinkel in einem Schwenk zu betrachten [312]. Frontal zu sehen ist lediglich das Portal [315]. Ansichten der übrigen Seiten des Baus sind nicht Teil der Anwendung. Dies schränkt den räumlichen Eindruck der Architektur etwas ein. Allerdings ist die Einbettung der digital rekonstruierten Fassade in eine Fotografie der Straßenflucht ein Mehrwert hinsichtlich der inhaltlichen Information über das Bauwerk. Denn auf diese Weise wird die Synagoge in ihren ursprünglichen Kontext verortet, wodurch deutlich wird, wie die Neudeggergasse möglicherweise wirken würde, wenn das jüdische Gotteshaus heute noch existieren würde.

Der gesamte Baukörper ist plastisch modelliert, sodass sämtliche baulichen Details nicht bloß durch Texturen dargestellt, sondern dreidimensional herausgearbeitet sind. So ragen beispielsweise Gesimse, Lisenen und verschiedene Mauerflächen deutlich hervor. Glasscheiben befinden sich gegenüber dem Mauerwerk leicht nach innen versetzt. Die vier schmalen Türmchen, die den beiden Türmen vorgelagert sind, weisen unterhalb ihrer Bedachung fensterartige Öffnungen ohne Glasscheiben auf. Auf diese Weise lassen sie Durchblicke auf die dahinterliegende Architektur sowie den Himmel zu. Diese Details unterstützen den dreidimensionalen Charakter der digital rekonstruierten Synagoge.

In der QTVR-Anwendung sind verschiedene Standpunkte des Benutzers festgelegt. Diese entsprechen realistischen Positionen, die ein Besucher der Neudeggergasse 12 und der Synagoge einnehmen könnte. Dadurch entsteht der Eindruck, er blicke sich in der jeweiligen Situation um, indem er sich sozusagen um die eigene Achse dreht beziehungsweise den Blick nach oben und unten gleiten lässt [325].

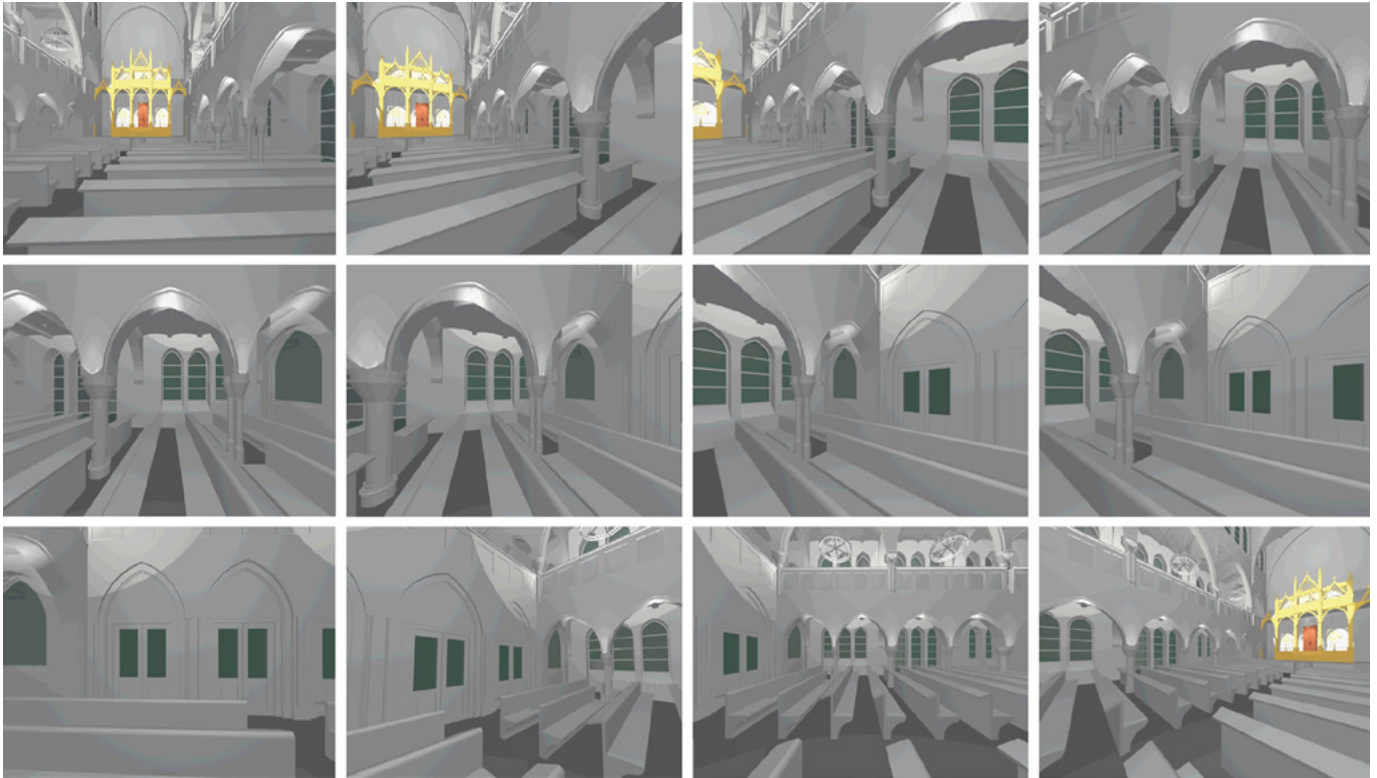
Wie die Einzelbilder eines exemplarisch ausgewählten 360°-Schwenks zeigen, verzerren sich die abgebildeten Gegenstände, sobald das Bildfeld nicht parallel zu den rechtwinklig angelegten Wänden des Innenraums ausgerichtet ist. Dieser Effekt könnte dadurch zustande kommen, dass für ein Panorama Standbilder zusammengefügt werden, die sich entsprechend den sechs Seiten eines Würfels zu einem virtuellen Raum zusammenschließen. [1236] In den so entstandenen »Ecken« ergeben sich dann diese leichten Verzerrungen, die die räumliche Wirkung des Rundumblicks etwas schmälern. Ansonsten entspricht die Navigation von einem Standpunkt aus durchaus menschlichen Sehgewohnheiten: Der Benutzer steht an einem Ort und blickt sich um. Gestört wird diese Wahrnehmung lediglich durch die Tatsache, dass die einzelnen Standpunkte nicht frei wählbar, sondern bereits festgelegt sind. Das Hin- und Herspringen zwischen ihnen lässt die Gebäude und Räume nicht vollkommen dreidimensional wirken. Es entsteht der Eindruck sich in hinter- und übereinander gestaffelten Ebenen zu befinden.

Insbesondere eine Position – der Standpunkt auf der Empore im Inneren der Synagoge – ist nicht realistisch wiedergegeben. Denn bei der Drehung um

■ 1236

Das Würfelprinzip für die Panoramenerstellung erläuterte Bob Martens am Rande des Interviews am 08.11.2016.

die eigene Achse wird deutlich, dass der virtuelle Betrachter im Luftraum vor der Empore schwebt ³¹⁴. Bis auf diese Ausnahme sind alle Standpunkte auch in Realität einnehmbar. Daher ist diese Art der Darstellung über festgelegte Positionen dennoch realistischer als ein virtueller Flug durch ein Gebäude beziehungsweise um es herum, da ein historischer Betrachter diese Perspektive nicht hätte einnehmen können.



□ 325
Blick in den Hauptraum der digital rekonstruierten Synagoge, Bildfolge aus einer 360°-Drehung des virtuellen Besuchers, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

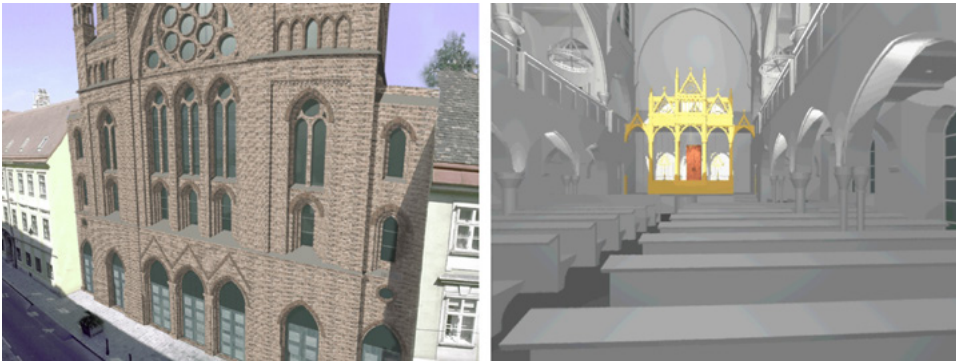
Festzuhalten bleibt demnach, dass anhand der festgelegten Betrachterstandpunkte nicht alle erdenklichen Perspektiven inner- und außerhalb der digital rekonstruierten Synagoge eingenommen werden können. Die Bewegungsfreiheit des Benutzers ist insofern zwar größer als bei einem in Form eines Films festgehaltenen virtuellen Flugs um oder durch das Gebäude, aber dennoch eingeschränkt.

Zwischenfazit zur Analyse und Ausblick

Wie die umfassende Analyse zeigen konnte, gibt die digitale Rekonstruktion der Synagoge in der Neudeggergasse die Architektur relativ gut wieder, wenn auch an einigen Stellen Vereinfachungen vorgenommen wurden. Dies geht wohl auf den Zeitdruck – in nur fünf Tagen erfolgte die Realisierung – und die damals verfügbare Technik zurück.

Festzuhalten ist, dass sich die visuelle Darstellung des Innen- und Außenraums der Synagoge in verschiedener Hinsicht unterscheidet: Beispielsweise

wurde das Äußere des Gebäudes mit Texturen versehen, die bestimmte Baumaterialien wiedergeben. Im Inneren hingegen sind fast alle darin befindlichen Gegenstände sowie die Architektur selbst in Grautönen ohne nähere Spezifikation der Oberfläche abstrahiert dargestellt [326]. Die vorangegangene Analyse identifizierte hier bewusste Auslassungen von Details zur Vereinfachung der Visualisierung. Ein weiterer Unterschied in der Gestaltung des Äußeren und des Inneren der Synagoge konnte in Bezug auf die Lichtsituation festgestellt werden. Im Außenraum ist Tageslicht mit relativ kurzen Schatten visualisiert, was auf die Mittagszeit schließen lässt. Das Innere hingegen ist komplett künstlich virtuell beleuchtet, denn durch die dunkel dargestellten Fensterscheiben fällt offensichtlich kein Licht. Somit scheint es sich um eine Nachtszenarie zu handeln. Zudem lassen sich einzelne Lichtquellen nicht eindeutig zu ihrem Ursprung zurückverfolgen. Demnach gestaltet sich die Inszenierung der Synagoge hinsichtlich der Beleuchtung nur bedingt realistisch und nicht ganz konsistent.

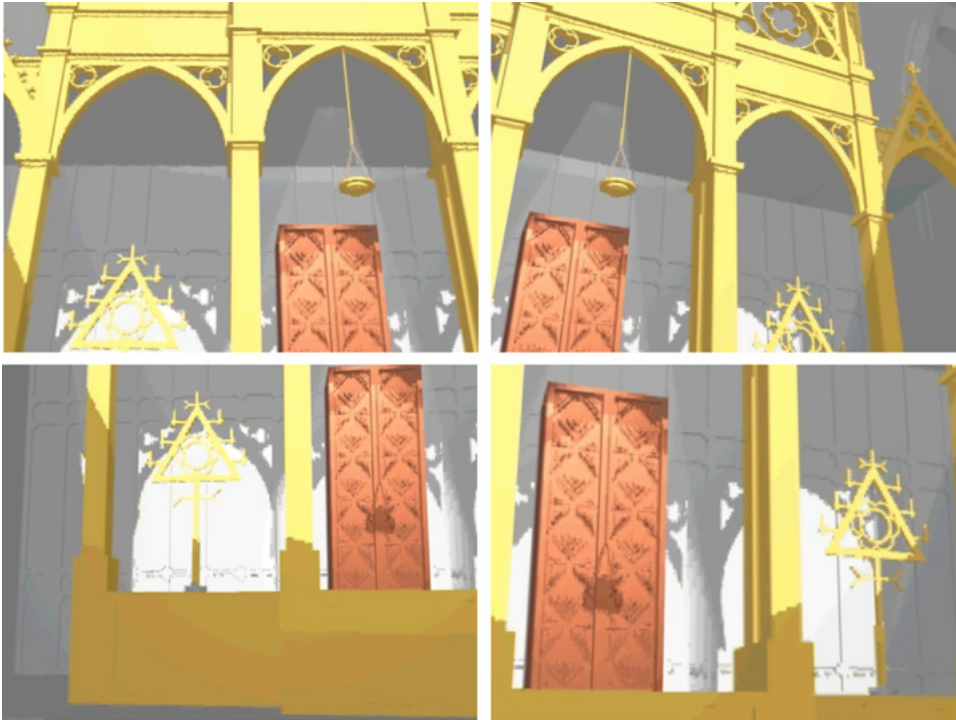


□ 326

Ansicht der Westfassade und des Innenraums der digital rekonstruierten Synagoge Neudeggergasse in Wien, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Einen wiederum der Realität entsprechenden Eindruck erhält der Betrachter der digitalen Rekonstruktion insofern, als das Gebäude in ein Foto der heutigen Straßensituation integriert wurde. So wird deutlich, wie das jüdische Gotteshaus einst in Bezug auf die umgebende Bebauung gewirkt haben muss, wenn auch unter Vorbehalt, da die Nachbargebäude teilweise erst nach dem Zweiten Weltkrieg errichtet wurden. Obwohl die Synagoge nicht von allen Seiten einsehbar ist, wirkt sie dennoch plastisch, da sie in den urbanen Kontext eingebettet ist. Die Panoramen, die das Innere des Bauwerks wiedergeben, vermitteln dem Benutzer ein realistisches Bild, indem sie ihn den Raum auf Augenhöhe und mit 360°-Rundumblicken erkunden lassen. Allerdings ist es nicht möglich die gesamte Decke im Innenraum zu betrachten.

Eingeschränkt wird die räumliche Wahrnehmung zudem durch die begrenzte Anzahl an Standpunkten, die nicht alle erdenklichen Perspektiven zulassen, und durch die teils verzerrten Bilder, die sich bei Schwenks ergeben [327]. Insbesondere bei einem horizontalen Schwenk verzerren sich die Objekte, die sich schräg im Bild befinden. Gegenstände, die entlang der Ost-West-Achse oder Nord-Süd-Achse ausgerichtet sind, sind davon ausgenommen [325] [314]. Dieser Effekt ist der damaligen Technik geschuldet.



□ 327
Detailansichten des Aron Hakodesh der digital rekonstruierten Synagoge, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998.

Auch im Außenraum kann sich der Benutzer nicht komplett frei durch die Straßenszenarie von 1998 bewegen, da ihm jeweils bestimmte Ansichten vorgegeben sind, in die er zwar hineinzoomen kann, jedoch sind vertikale Schwenks nur begrenzt möglich. Der sich auf Augenhöhe eines Spaziergängers in den Panoramen bewegende Benutzer trifft sowohl im Außen- als auch im Innenraum keine Personen an, die die Räume beleben würden. Bob Martens erklärt dies folgendermaßen:

»Man kann hier natürlich sagen, das ist ein Feld, das wir ausgeklammert haben: Wo sind die Nutzer der Synagogen, die Personen? Es sind immer leere Modelle. Aber man bewegt sich dann auch schnell auf glitschigem Boden. Natürlich haben historische Aquarelle Personen im Bild, aber wir haben das bis jetzt einmal ausgelassen, es sei denn wir würden interessante Geschichten finden.« 1237

■ 1237

Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, Frage 13.

■ 1238

Informationen zur Aktualisierung der digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse liefert Bob Martens im Interview: ebd., Frage 10.

■ 1239

Zur digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse im Rahmen der Diplomarbeit aus dem Jahr 2004 vgl.: Niessner/Schilling 2004, S. 53-83; Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, Frage 8.

Nach dieser ersten digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse wurde das 3D-Modell später mehrmals aktualisiert. 1238 Schon 2004 entstand unter der Betreuung von Bob Martens eine überarbeitete Version: 1239 Im Rahmen ihrer Diplomarbeit *Virtuelle Rekonstruktion dreier Synagogen von Max Fleischer in Wien* erstellten Georg Niessner und Peter Schilling ein 3D-Modell des jüdischen Gotteshauses in der Neudeggasse, das auf der Version von 1998 basiert 328. Allerdings visualisierten sie hier die Nachbargebäude transparent, sodass auch ein Blick auf die Längsseite der Synagoge ermöglicht wird. Bei der Modellierung des Innenraums haben sie die Detailgenauigkeit in der Darstellung der Objekte, die sich nicht unmittelbar im Blickfeld befinden, bewusst

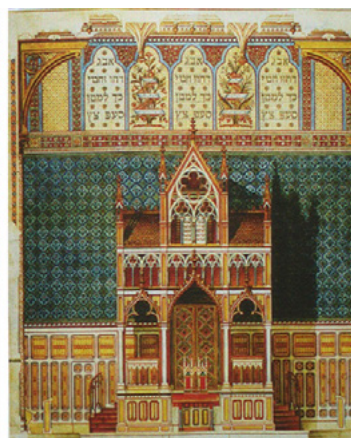
reduziert. Der Thoraschrein hingegen wurde relativ detailliert moduliert, da er im Mittelpunkt des Interesses der Besucher steht.



□ 328

Außenansicht (links) und Innenansicht (rechts) der digital rekonstruierten Synagoge Neudeggasse in Wien, Georg Niessner und Peter Schilling, Renderings, TU Wien, 2004.

Zwar konnten seit 1998 keine neuen Unterlagen zu dem Gebäude gefunden werden, jedoch stellte Martens im Zuge weiterer Forschung zu den jüdischen Gotteshäusern in Wien fest, dass dieses Bauwerk große Ähnlichkeit mit der Synagoge in der Müllnergasse, dem sogenannte Müllnertempel aufweist ^[329]. Dies bezieht sich vor allem auf die Gliederung der Hauptfassade und architektonische Details wie die Anordnung, Anzahl und Form der Fenster. Im Innenraum findet sich ein ähnlicher Holzaufbau um den Aron Hakodesh.



□ 329

Der sogenannte Müllnertempel, errichtet nach Plänen von Max Fleischer 1888–1889 in der Müllnergasse 21 in Wien: Aufriss der Westfassade (links), Wandabwicklungen einer Seitenwand (Mitte) und der östlichen Wand mit Holzaufbau um den Aron Hakodesh (rechts).

Auch das jüdische Gotteshaus in der Müllnergasse wurde von dem Architekten Max Fleischer errichtet, allerdings bereits 1888/1889, also etwa 15 Jahre früher. Da zu diesem Bau neue Unterlagen entdeckt wurden, konnten diese Informationen zur Weiterentwicklung der digitalen Rekonstruktion der Synagoge in der Neudeggasse beitragen. Diese wurde zuletzt im Jahr 2016 3D-modelliert: Der Innenraum erhielt einen weitaus größeren Detailreichtum, als noch in der ersten Version des digitalen Modells oder in der Fassung von 2009/2010 ^[330]. Die Erscheinungsweise von Materialien wie Metall, Vergol-

dungen und Holz ist sehr überzeugend wiedergegeben. Die Lichtsimulation ist nun komplexer und realistischer ausgearbeitet.



□ 330

Blick in den Hauptraum der digital rekonstruierten Synagoge Neudeggasse in Wien: erste Version aus dem Jahr 1998, Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien (links); Version von 2010, Rendering, TU Wien (Mitte); Version von 2016, Rendering, TU Wien (rechts).

Auch in Bezug auf die Hauptfassade können in den einzelnen Versionen Unterschiede festgestellt werden [331]. Dies betrifft vor allem die Gestaltung der Maueroberflächen, die in drei Versionen mit Ziegeln in jeweils unterschiedlicher Farbigkeit bestückt ist. Hier bleibt der einzelne Ziegel immer erkennbar – die von Fleischer beschriebene geschlämmte Fassade wurde also nicht wiedergegeben. Nur in der Fassung von 2010 weist die Außenwand eine plane weiße Oberfläche auf, vermutlich der Aussage des Architekten nachempfunden, allerdings liefern die jeweiligen Publikationen zu den einzelnen 3D-Modellversionen keine Erklärung dazu. [1240]

Der jeweilige Entstehungskontext dieser einzelnen Versionen der Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse zeigt, dass deren grafische Gestaltung eng mit der Datenlage zum Bauwerk verknüpft ist. Dementsprechend erhöht sich der dargestellte Detailreichtum mit einem Mehr an verfügbaren Informationen. Bob Martens begründet die unterschiedlichen Visualisierungen folgendermaßen:

»Was – im Volksmund gesagt – aus dem Computer kommt, hat einen Echtheits-, und Wahrheitsanspruch. Deshalb haben wir uns zu Beginn weitaus mehr zurückgehalten als wir es heutzutage machen. Wenn wir es nicht wissen – graue Modelle, einfach weglassen, bevor man irgendeine Textur verwendet, die auch wir nicht belegen können. Inzwischen ist natürlich auch die Wissensbasis deutlich breiter geworden, das heißt man kann auch anhand von Analogien durchaus zu Annahmen kommen.« [1241]

■ 1240

Vgl. Martens/Peter 2010, S. 93–102; Webseite »IRIS«, Abschnitt »Texturierung«: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/synagogue/>.

■ 1241

Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, Frage 5.



□ 331
Die Fassade der digital rekonstruierten Synagoge Neudeggergasse in Wien: erste Version aus dem Jahr 1998, Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien (oben links); Version aus dem Jahr 2004, Georg Niessner und Peter Schilling, Rendering 2004/TU Wien (oben rechts); Version von 2010, Rendering, TU Wien (unten links); Version von 2016, Rendering, TU Wien (unten rechts).

Im Jahr 1998 lagen zwar Fotografien des Innenraums vor, jedoch wurden Details wie beispielsweise die Holzbänke nicht mit einer Textur mit Holzmaserung versehen – wie es dann schließlich in der Visualisierung von 2004 erfolgte ³²⁸. Stattdessen entschloss sich Martens dazu, alle architektonischen Details in Grautönen wiederzugeben mit Ausnahme der Holzkonstruktion mit Aron Hakodesh und den zugehörigen Objekten, die gleichsam in gelber Farbe markiert sind. Insofern handelte es sich um eine bewusste Entscheidung zu einer abstrakten visuellen Gestaltung, die den Betrachter darauf schließen lässt, es handle sich hier um Hypothesen.

Im aktuellen 3D-Modell findet sich allerdings kein visueller Hinweis darauf, dass es sich hier um Hypothesen handelt, was beispielsweise die Rekonstruktion der farbigen Ausgestaltung des Innenraums betrifft. Es gibt darin zudem keine gestalterischen Abstufungen, die den jeweiligen Stand des Wissens – von gesichert über Analogien bis hin zur bloßen Hypothese – repräsentieren. Eine solche visuelle Differenzierung würde einen großen Mehrwert hinsichtlich des Informationsgehalts des 3D-Modells liefern. ¹²⁴²

Für die 2016 realisierte Ausstellung der digitalen Rekonstruktionen von Synagogen in Wien wurden sämtliche in Diplomarbeiten erstellte 3D-Modelle überarbeitet. ¹²⁴³ Dabei ging es hauptsächlich darum, eine technisch verbes-

■ 1242

Möglichkeiten zur visuellen Unterscheidung des Wahrscheinlichkeitsgrads digital rekonstruierter Architektur werden in [Kapitel 6.2](#) (→ 469) vorgestellt.

■ 1243

Zur Ausstellung »Wiener Synagogen. Ein Memory« im Museum Judenplatz, Wien, im Jahr 2016 und der dafür unternommenen Überarbeitung der 3D-Modelle vgl.: [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 9](#) u. [Frage 11](#).

serte Visualisierung zu präsentieren. So ist beispielsweise die Bewegungsfreiheit des Nutzers für das Erkunden der Bauwerke in den Panoramabildern deutlich ausgeweitet. Nach Martens Auffassung wäre ein Bild wie eines, das den Innenraum der 1998 realisierten digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse zeigt, für einen zeitgenössischen Besucher der Ausstellung nicht verständlich. **1244** Möglicherweise nimmt Martens an, dass der heutige Betrachter von 3D-Modellen fotorealistische Visualisierungen erwartet und daher die computergenerierte Darstellung des Bauwerks von 1998 in seiner reduzierten Farbigkeit und geringen Detailreichtums als schwer lesbar empfinden würde.

■ 1244

Vgl. ebd., Frage 7.

■ 1245

Vgl. ebd., Frage 2.

■ 1246

Zur Internetpräsenz der digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse vgl.: Webseite »IRIS«: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/neudeggasse/>.

■ 1247

Vgl. Inhalt des CD-Rom-Prototyps auf der Webseite des »IRIS« der TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/synagogue/>.

■ 1248

Vgl. Martens/Peter 2010.

■ 1249

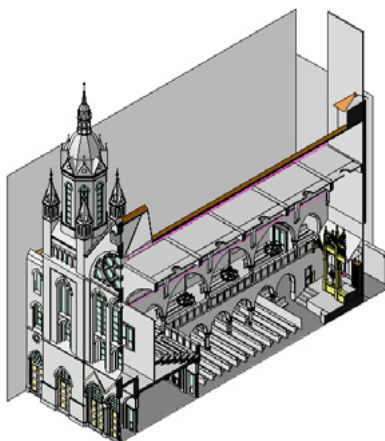
Vgl. [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 7](#).

■ 1250

Vgl. Martens/Peter 2011.

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit damals und heute

Im Rahmen der Initiative *Verlorene Nachbarschaft*, in deren Kontext 1998 das Teilprojekt zur Synagoge Neudeggasse entstand, wurde es nicht öffentlich präsentiert. **1245** Jedoch ist das 3D-Modell bis heute als QTVR-Datei über die Webseite des IRIS an der TU Wien online zugänglich. **1246** Dort wird das Projekt kurz beschrieben und die wichtigsten Kerninformationen zu Mitarbeitern, Projektlaufzeit und technischen Werkzeugen vorgestellt. Zudem finden sich drei Abbildungen der digital rekonstruierten Synagoge: eine Außen- und Innenansicht sowie eine Axonometrie **332**. Letzteres bietet einen besonderen Einblick in den architektonischen Aufbau der Synagoge. Denn hier ist der Bau vertikal entlang der Längsachse aufgeschnitten und gibt somit den Blick in die einzelnen Geschosse und ihre Ausstattung frei. Der bereits erwähnte CD-Rom-Prototyp bietet darüberhinausgehende Informationen zum Erstellungsprozess der QTVR-Panoramen und des 3D-Modells. **1247**



□ 332

Axonometrie der digital rekonstruierten Synagoge Neudeggasse, Rendering, TU Wien, 1998.

Eine wichtige Publikation im Rahmen des Projekts zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen an der TU Wien stellt der bereits erwähnte 2009 von Martens und Peter herausgegebene Stadtführer dar. **1248** Darin finden sich zu insgesamt 21 jüdischen Gotteshäusern verschiedene Ansichten der 3D-Modelle. Bob Martens war es wichtig, eine Publikation zum Projekt zu veröffentlichen, die ein möglichst breites Publikum erreicht. **1249** Mit diesem Buch hat der Leser die Möglichkeit sich zu den ehemaligen Standorten der jüdischen Gotteshäuser in Wien zu begeben und vor Ort Bilder und Karten zu den Bauwerken mit der heutigen urbanen Situation zu vergleichen, ein weiterer Aspekt, auf den der Architekt großen Wert legte. 2011 erschien der Stadtführer auch in einer englischsprachigen Ausgabe. **1250** Allerdings gibt es in keiner der Publikationen eine Beilage,

beispielsweise in Form einer CD-Rom mit der **MOV**-Datei, über die auch eine virtuelle Erkundung der Bauwerke möglich wäre. Hier hätte eine dem heutigen Stand der Technik angepasste interaktive Anwendung mit Hintergrundinformationen zu dem 3D-Projekt eine wichtige Ergänzung dargestellt.

Wie bereits erwähnt, werden einzelne Bilder der digital rekonstruierten Synagogen Wiens in der 2014 erschienenen Publikation von Pierre Genée gezeigt. **1251** Dies verdeutlicht die Wertschätzung der Arbeit von Bob Martens und seinem Team sowie letztendlich auch die Anerkennung der Wissenschaftlichkeit des Projekts. Denn die Abbildungen der 3D-Modelle werden gleichwertig zu historischen Plänen und Ansichten als Referenzen zu den Beschreibungen einzelner Synagogen eingefügt.

Der Architekt Marc Grellert erwähnt das von Martens initiierte Projekt in seiner 2007 erschienenen Dissertation nur kurz. **1252** Er liefert Informationen zu dessen Entstehung und zeigt Ansichten von drei verschiedenen digital rekonstruierten Synagogen.

In Ausstellungen wird das Projekt zudem immer wieder der Öffentlichkeit präsentiert. Beispielsweise fanden zwei kleinere Schauen in den Gebietsbetreuungen im zweiten und zwanzigsten Bezirk in Wien statt, wodurch die Initiative bekannt wurde und der Kontakt zum Jüdischen Museum Wien zustande kam. **1253** So fand zuletzt vom 19. Mai bis 17. November 2016 im Museum Judenplatz in Wien die Ausstellung **Wiener Synagogen. Ein Memory** statt, bei der aktualisierte digitale Rekonstruktionen von Synagogen in Wien – nicht aber das Gotteshaus in der Neudeggergasse – zu sehen waren: **1254** In einem von drei Seiten geschlossenen Raum befanden sich auf kleinen Tischen Tablet-Computer, mit denen sich die Besucher eigenständig durch 3D-Modelle bewegen konnten. Dabei handelte es sich nicht um **QTVR**-Panoramen, sondern um dreidimensionale Visualisierungen der Gebäude, durch die eine freie Navigation möglich war. Parallel dazu wurden die Ansichten großflächig auf die hinter den Tischen liegenden Wände projiziert. Während die Tablet-Computer über eine sehr hohe Auflösung verfügten, wirkten die Projektionen weniger hoch aufgelöst. Dies war möglicherweise auch der Tatsache geschuldet, dass der Raum nicht sehr groß war und somit der nötige Abstand vom Bild nicht gegeben war. Allerdings konnten durch die Projektionen auch andere Besucher, die keine Tablet-Computer bedienten, einen Einblick in die digital rekonstruierten Synagogen erhalten. Die Ausstellung soll zukünftig auch an anderen Orten gezeigt werden. **1255** Ende 2016 gab es bereits Gespräche hierzu mit ausländischen Institutionen.

Mehrere digitale Rekonstruktionen von Synagogen – darunter auch das Gotteshaus in der Neudeggergasse – werden in einer Dauerinstallation im Jüdischen Museum Wien seit Ende 2016 gezeigt. **1256** Diese Präsentation ist insbesondere für Schulklassen gedacht. An Touchscreens haben die Besucher die Möglichkeit sich durch die Panoramen der jüdischen Gotteshäuser zu navigieren. Ergänzend dazu sind auch historische Fotografien, Pläne, Beschreibungen sowie ein virtuell begehbare Stadtmodell zu sehen.

■ 1251

Vgl. Genée 2014.

■ 1252

Zur Besprechung des Projekts in Marc Grellerts Dissertation vgl.: Grellert 2007, S. 323 u. S. 328.

■ 1253

Hinweise auf frühere Ausstellungen gab Bob Martens am Rande des Interviews am 08.11.2016.

■ 1254

Vgl. Webseite des Museum Judenplatz: <http://www.jmw.at/de/exhibitions/wiener-synagogen-ein-memory>.

■ 1255

Vgl. Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, Frage 9.

■ 1256

Informationen zur Dauerinstallation im Jüdischen Museum in Wien nannte Bob Martens im Interview, vgl. ebd.

Vergleichende Analyse – Die Synagoge Neudeggasse im Bild

Bereits bei der Auswahl der Bildausschnitte der 3D-Rekonstruktionen fällt Folgendes auf: Bestimmte Perspektiven können im Rahmen der Panoramen nicht ausgewählt werden, da der Standpunkt des virtuellen Besuchers im Vorhinein festgelegt ist. Zudem sind teils vertikale Schwenks nicht in vollem Umfang möglich, sodass bestimmte Bereiche des Innenraums nicht einsehbar sind. Dies zeigt deutlich die Einschränkungen des QTVR-Panoramas zum Zeitpunkt seiner Entstehung Ende der 1990er-Jahre. In der aktuellen Version des 3D-Modells der Synagoge Neudeggasse hat der Nutzer alle Freiheiten, die Räumlichkeiten in ihrer Gänze zu betrachten. Das bedeutet, dass der Nutzer des Panoramas aus dem Jahr 1998 von der Perspektivenauswahl der Ersteller der Rekonstruktion abhängig war. Im Umkehrschluss mussten die erzeugten Bilder auch einer gewissen Erwartungshaltung der Rezipienten entsprechen. Der intendierte Betrachter stellt insofern schon im Erstellungsprozess einen einflussreichen Faktor im Hinblick auf die Ästhetik und Anlage der Panoramabilder und Hotspots dar.

Bei einem Film, der einen virtuellen Flug durch eine digitale Rekonstruktion zeigt, wird zwar auch im Vorfeld eine Route und damit die Einzelbilder festgelegt, jedoch hat der Betrachter keinerlei Möglichkeiten in den Verlauf dieser Flüge inhaltlich (ändern des Standpunkts, Rundumblick und Ähnliches) einzugreifen. In einem Panoramabild hingegen kann der Nutzer eben jene Eingriffe vornehmen. Er möchte dementsprechend idealerweise den gesamten Raum erkunden und ist möglicherweise enttäuscht, falls das Bild dies nicht zulässt. Hieran zeigen sich bereits einige Vor- und Nachteile von Panoramabildern gegenüber Filmen im Bereich der Präsentation von digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur.

Ein sozusagen neues Bild stellt die fotografische Ansicht der Neudeggasse dar, in die das 3D-Modell des jüdischen Gotteshauses montiert wurde [317]. Nach Jahrzehnten wurde dieser Blick auf das Bauwerk erstmals wieder möglich. So können sich Anwohner wie auch Besucher der Straße die ehemalige bauliche Situation vergegenwärtigen.

Die Westfassade der Synagoge ist in ganz unterschiedlichen historischen Bildquellen zu finden: als Zeichnung auf einer Ansichtskarte und in Form einer Bauzeichnung des Architekten Max Fleischer, von dem auch ein zeitgenössisches Aquarell stammt [333]. Diese zeigen die gesamte Westfassade aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Im Vergleich dazu existiert zumindest in der QTVR-Anwendung keine Ansicht, die die gesamte Fassade des Gebäudes wiedergibt. Nur in einer zusammengestellten Abfolge an Ausschnitten aus zwei verschiedenen Panoramabildern ist ein vollständiger Überblick über die Fassade möglich. Jedoch vereint die Ansicht der digitalen Rekonstruktion verschiedene Einzelaspekte aus mehreren historischen Bildquellen. So stellt sie die Synagoge in Farbe dar, zeigt den letztendlich ausgeführten baulichen Zustand und kontextualisiert sie in den Stadtraum. [1257] Auf diese Weise bilden die Ansichten der digital rekonstruierten Fassade auf inhaltlicher und visueller Ebene einen Mehrwert gegenüber den zuvor existierenden Abbildungen des äußeren Erscheinungsbilds der Synagoge.

■ 1257

Allerdings handelt es sich hierbei nicht um den historischen Stadtraum, sondern die bauliche Situation des Jahres 1998. Eine mögliche Weiterentwicklung des 3D-Modells wäre, die historischen Verhältnisse zu rekonstruieren.



□ 333

Blick auf die Westfassade der Synagoge Neudeggergasse in Wien: Ansichtskarte, um 1903 (oben links); Fassadenaufriß, Max Fleischer, 1904 (unten links); Bildschirmfotos des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998 (Mitte); zeitgenössisches Aquarell, Max Fleischer (rechts).

Vom Hauptraum des Sakralbaus sind zwei historische Fotografien überliefert, die unterschiedliche bauliche Situationen dokumentieren. Im 3D-Modell wurde offenbar der Zustand kurz nach Fertigstellung des Gebäudes dargestellt, da keine Hinweise auf eine malerische Ausschmückung gegeben werden, wie sie in einem der Fotos zu sehen ist [324]. Der für die Panoramabilder festgelegte Standpunkt stimmt nicht ganz mit den Standorten der Fotografen überein. Es wäre wünschenswert gewesen insbesondere im Erdgeschoss der digital rekonstruierten Synagoge im Mittelgang stehend in Richtung Aron Hakodesch blicken zu können, jedoch lässt dies das Panoramabild nicht zu. So bietet es aber eine neue Perspektive auf den Innenraum und gibt Sichtachsen frei, die in den fotografischen Aufnahmen nicht gegeben sind. Insbesondere die Möglichkeit zu einem 360°-Rundumblick bedeutet hier einen immensen Mehrwert gegenüber den historischen Fotografien. Denn damit kann der Nutzer auch einen Blick auf die westliche Wand sowie die Empore werfen [325] [314].

Insgesamt liefert die digitale Rekonstruktion der Synagoge Neudeggergasse mit der Erzeugung von zahlreichen Panoramen einen visuellen Mehrwert und eine inhaltliche Ergänzung gegenüber den zuvor vorhandenen Abbildungen. Denn nun existieren weit mehr Ansichten des Gebäudes als vorher. Die QTVR-Panoramen ermöglichen es dem Benutzer von einem Standpunkt aus die Szenerie eigenständig zu erkunden anhand von einem horizontal ausgerichteten Rundumblick, vertikalen Schwenks und Zoomen. Auf diese Weise wird das Bauwerk räumlich erfahrbar und im Falle der Außenansicht auch im urbanen Umfeld kontextualisiert. Zwar hatte die verwendete Panoramatechnik 1998 noch ihre Grenzen, wie in vorhergehenden Abschnitten bereits besprochen wurde, jedoch stellte dies zu der Zeit den Stand des damals technisch Möglichen dar und muss daher als visuelle Innovation in der Darstellung der Synagoge Neudeggergasse gelten.

Weitere Projekte zur digitalen Rekonstruktion von Wiener Synagogen

Wie in dem historischen Überblick zur Baugeschichte von jüdischen Gotteshäusern in Wien ersichtlich wurde, war es Juden erst ab 1823 möglich, entsprechende Gebäude zu errichten beziehungsweise deren Erbauung in Auftrag zu geben. Dementsprechend existierten nur zwischen 1823 und 1938 repräsentative Synagogenbauten, zu denen auch Planmaterial und weitere Bild- und Textquellen vorliegen. Sämtliche dieser Bauwerke wurden bereits im Rahmen der Initiative des Architekten Bob Martens an der TU Wien digital rekonstruiert.

Im Folgenden wird ein Projekt kurz vorgestellt, das sich der einzigen mittelalterlichen Synagoge Wiens widmet und nur zwei Jahre nach dem 3D-Modell der Synagoge Neudeggergasse entstand, aber in einem gänzlich anderen Kontext: Für das im Jahr 2000 neu eröffnete Museum Judenplatz in Wien (eine Zweigstelle des Jüdischen Museums Wien) wurde eine digitale Rekonstruktion der mittelalterlichen Synagoge Wiens unter dem Titel **1421 – Jüdisches Viertel und Synagoge** erstellt. ¹²⁵⁸ Das Mitte des 13. Jahrhunderts am heutigen Judenplatz erbaute jüdische Gotteshaus wurde bereits während des Pogroms 1420/1421 zerstört und im Laufe der Zeit geschliffen. ¹²⁵⁹ Die noch existierenden Fundamente konnte die Stadtarchäologie Wien in den Jahren 1995 bis 1998 freilegen. Sie bilden den Kern des Museums, das sich in mehreren Ausstellungsräumen vor allem der mittelalterlichen Geschichte des Wiener Judentums widmet.

Innerhalb des EU-Projekts **Digitale Rekonstruktion mittelalterlicher Synagogen** wurde neben der Regensburger Synagoge am Neupfarrplatz und der Prager Synagoge Altneuschul auch die Synagoge am Judenplatz in Wien von Juli 1999 bis Juni 2000 digital rekonstruiert. Das EU-Programm **Raphael** förderte die Wiener Rekonstruktion mit rund 125.000 Euro, wobei die Gesamtkosten des Wiener Projekts bei etwa drei Millionen damals noch Schilling lagen (rund 218.000 Euro). Dem Historischen Museum der Stadt Wien oblag das Projektmanagement, die Wiener Designagentur **Nofrontiere** zeichnete für die digitale Rekonstruktion verantwortlich. Sie arbeiteten mit Wissenschaftlern des Instituts für Geschichte der Juden in Österreich sowie der Stadtarchäologie Wien zusammen. ¹²⁶⁰

Für die 3D-Rekonstruktion wurden mehr als 30.000 Einzelbilder mit 30 Hochleistungsrechnern erstellt und am Ende in einem etwa zehnminütigen Film kombiniert. ¹²⁶¹ Die Rechenzeit betrug insgesamt ein halbes Jahr. ¹²⁶² Aufbaue auf den Ausgrabungsplänen sowie verschiedenen Zeichnungen und Skizzen von Stadtplänen sowie Materialvorgaben erarbeitete **Nofrontiere** das 3D-Modell. Auf das zunächst erstellte Drahtgittermodell applizierten die Mitarbeiter der Agentur die jeweiligen Oberflächen, denen sie materialspezifische Eigenschaften zuwies, beispielsweise hinsichtlich Farbigkeit und Reflexion. So entstanden 320 digital erstellte Objekte, darunter 38 Gebäude, mit insgesamt 1050 Oberflächen. Ziel war es »dem Betrachter die Möglichkeit eines emotionalen Erlebens [zu] geben« ¹²⁶³, weshalb besonderer Wert auf die Ausgestaltung der Lichtsimulation gelegt wurde. Der Film führt den Zuschauer in einem virtuellen Rundgang durch das mittelalterliche jüdische Viertel Wiens im Jahr 1401, an dessen Ende die Synagoge im Fokus steht ³³⁴.

■ 1258

Vgl. Presseinformation des Museums Judenplatz Wien vom 25.10.2000, unter: <http://archive.li/OFruF> u. Pressemeldung der Stadt Wien: »Auszeichnung für Nofrontiere und das Jüdische Museum Wien« vom 16.05.2002, unter: https://www.ots.at/presseaus-sendung/OTS_20020516_OTS0140/auszeichnung-fuer-nofrontiere-und-das-juedische-museum-wien.

■ 1259

Für Informationen zum Projekt »1421 – Jüdisches Viertel und Synagoge« vgl.: Presseinformation des Museums Judenplatz Wien vom 25.10.2000, unter: <http://archive.li/OFruF>.

■ 1260

Vgl. Huber 2000, S. 8

■ 1261

Vgl. auch Pressemeldung der Stadt Wien: »Auszeichnung für Nofrontiere und das Jüdische Museum Wien« vom 16.05.2002, unter: https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20020516_OTS0140/auszeichnung-fuer-nofrontiere-und-das-juedische-museum-wien.

■ 1262

Vgl. Informationen zum Rekonstruktionsprozess in: Huber 2000, insbes.: S. 10–11; Cyberarts international compendium Prix Ars Electronica 2000, S. 186–187.

■ 1263

Huber 2000, S. 11.



□ 334

Jüdisches Viertel Wiens im Mittelalter (links) und Innenansicht der im 13. Jahrhundert erbauten Synagoge (rechts), Renderings der digitalen Rekonstruktion »1421 – Jüdisches Viertel und Synagoge«, »Nofrontiere«, 1999/2000.

■ 1264

Vgl. Pressemeldung der Stadt Wien:
»Auszeichnung für Nofrontiere und das Jüdische Museum Wien« vom 16.05.2002, online abrufbar unter:
https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20020516_OTS0140/auszeichnung-fuer-nofrontiere-und-das-juedische-museum-wien.

Nach insgesamt zehnmonatiger Arbeit wurde die Rekonstruktion als Projektion im Museumsraum mit einer Fläche von etwa drei auf zwei Metern der Öffentlichkeit präsentiert. Die Animation wurde 2002 auf dem **World Media Festival 2002** in Hamburg mit einem **Finalist Diploma** ausgezeichnet. **1264** Wie die Ersteller der digitalen Rekonstruktion darlegen, ging es hier darum, das jüdische Viertel Wiens wiedererstehen zu lassen und in eine emotionalisierende Atmosphäre einzubetten. Die Bilder sprechen für das Erreichen dieses Ziels. Es waren zwar Wissenschaftler aktiv an dem Projekt beteiligt, jedoch ist das visuelle Ergebnis ein vollkommen anderes als das der Arbeit von Bob Martens et al. an der TU Wien, insbesondere im Hinblick auf die digitale Rekonstruktion der Synagoge Neudeggergasse von 1998. Denn diese gab den Innenraum des Bauwerks stark abstrahiert wieder. Zu beachten ist natürlich, dass das von **Nofrontiere** realisierte 3D-Modell zwei Jahre nach dem universitären Projekt entstand und somit auch auf weiterentwickelte Technologien zurückgreifen konnte. Zudem verwendeten sie Großrechner, im Gegensatz zur TU Wien, und hatten mehrere Monate für die Realisierung Zeit. Insofern ist ein qualitativer Vergleich der beiden Projekte schwierig. Es bleibt festzuhalten, dass die jeweiligen Ziele der Initiativen der zur Verfügung stehenden Technik und dem Zeitrahmen entsprechend umgesetzt wurden und zu daraus folgenden unterschiedlichen visuellen Ergebnissen führten.

Bedeutung und Einordnung des 3D-Projekts an der TU Wien sowie Vergleich mit der Initiative der TU Darmstadt

Eine grundsätzliche Leistung der von Bob Martens und seinem Team durchgeführten Arbeit zur digitalen Rekonstruktion von Wiener Synagogen stellt die stadträumliche Kontextualisierung der Bauwerke dar. Dies wurde an dem Beispiel der Synagoge in der Neudeggergasse in Wien zuvor umfassend dargelegt. So ist das jüdische Gotteshaus anhand des 3D-Modells erstmals wieder an seinem ehemaligen Standort zu sehen. Diese Ansicht existierte seit 1940, als die letzten baulichen Reste des Gebäudes abgerissen wurden, nicht mehr – auch wenn im QTVR-Panorama die heutige Bebauung abgebildet ist.

Auch für die anderen Synagogen, die einst in Wien standen, wurden Visualisierungen geschaffen, um sie in ihren möglichen heutigen urbanen Kontext einzubetten. Im Stadtführer finden sich hierzu zahlreiche unterschiedliche Bilder. Beispielsweise wurden die Synagogen in Katasterpläne integriert ^[301], in Fotos der aktuellen baulichen Situation als Überblendung eingefügt bzw. als gleichwertiges Gebäude anstelle der heutigen Bebauung montiert ^[312]. Zudem sind diverse Bilder der 3D-Modelle der jüdischen Gotteshäuser zu sehen, die einen Schnitt durch den Bau zeigen ^[306], eine bestimmte Lichtsituation im Raum wiedergeben ^[306], den Lichteinfall in einem verräumlichten Grundriss simulieren ^[306] oder ausgewählte Details darstellen ^[316]. Diese Bandbreite an publizierten Visualisierungen zeichnet das an der TU Wien durchgeführte Langzeitprojekt zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen in Wien insbesondere aus. Denn jedes dieser Bilder birgt einen inhaltlichen sowie visuellen Mehrwert, indem Informationen aus historischen Text- und Bildquellen vereint in deren Erstellung einfließen.

Aber auch die Rekonstruktionen der Innenräume der zerstörten Synagogen in Wien stellen eine Besonderheit dar, denn nicht jedes jüdische Gotteshaus ist im Hinblick auf seinen Innenraum bildlich gut dokumentiert. **1265** Deren erstmalige Visualisierung hat somit eine große Bedeutung für die Erinnerungskultur in Wien. Denn nun können die einst nicht mehr existierenden Räume wieder betrachtet und virtuell erkundet werden.

Einen wichtigen Beitrag liefert hierzu der 2009 erstmals publizierte Stadtführer **Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtspaziergänge**, der sämtliche Bilder der digital rekonstruierten jüdischen Gotteshäuser der breiten Öffentlichkeit zugänglich machte. So können Besucher der ehemaligen Standorte der Synagogen die computertechnisch erzeugten Visualisierungen der Bauwerke, die einst dort existierten, in direktem Zusammenhang mit dem historischen Ort betrachten. Einzig ein QR-Code oder dergleichen wäre ein wünschenswerter Zusatz für das Buch, um vor Ort direkt auf das jeweilige 3D-Modell zugreifen und es auch virtuell erkunden zu können.

Das gesamte Projekt an der TU Wien wird seit seiner Entstehung kontinuierlich weiterentwickelt, wie die 2016 realisierte Ausstellung im Museum Judenplatz und die seit Ende des gleichen Jahres installierte Dauerausstellung im Jüdischen Museum Wien zeigen ^[330]. Denn für beide wurden die 3D-Modelle komplett überarbeitet. Neue Forschungserkenntnisse konnten hier einfließen, sodass sich das Erscheinungsbild der einzelnen Bauten seit deren erster Rekonstruktion verändert hat. Es ist als großer Mehrwert zu erachten, dass die frühen 3D-Modelle hier als Grundlage für die Überarbeitung dienten und somit nachhaltig weiter genutzt wurden. Denn oftmals geraten diese älteren Datensätze in Vergessenheit und verlieren ihre Kompatibilität. An der TU Wien ist Bob Martens darum bemüht, dies aktiv zu verhindern, indem sogenannte IFC-Schnittstellen in die 3D-Modelle eingebaut werden:

»Langzeitarchivierung ist sicherlich ein Thema. Es ist zwar unwahrscheinlich, dass es ArchiCAD oder AutoCAD in fünf Jahren vielleicht nicht geben könnte, aber niemand kann ausschließen, dass das einmal anders sein wird. Wir finden

■ 1265

Vgl. Genée 2014, S. 9; Einen Überblick über noch vorhandene Abbildungen von Innenräumen Wiener Synagogen bietet: Martens/Peter Wien 2010.

deshalb auch die IFC-Schnittstelle bei den Modellen interessant. [...] Wir können immer zum ursprünglichen Modell zurück und archivieren das auf mehreren Medien. Das heißt wir halten auch die Daten in verschiedenen Formaten vor. IFC ist hier eine durchaus nützliche Schnittstelle, weil es nicht nur Geometrie transportiert, sondern auch andere Properties.« ¹²⁶⁶

■ 1266

Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit **Bob Martens, Frage 18**. Unter »IFC, Industry Foundation Classes«, versteht man »ein[en] offene[n] Standard im Bauwesen zur Beschreibung von Gebäudemodellen (Building Information Modeling). [...] IFC wird von zahlreicher Software zum Austausch von Gebäudedaten unterstützt.«, zit. aus: Webseite BIM Welt: <http://www.bimwelt.de/bim/bimkonzepte/ifc/>.

■ 1267

Vgl. Grellert 2001 (Visualisierung des Zerstörten), S. 68. Die meisten Synagogen in der Ausstellung »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« wurden laut Marc Grellert mit der Software »Maya« von »Alias« erstellt. Die drei Frankfurter Synagogen von 1995 wurden mit »speedikon« rekonstruiert, die Synagoge von Frankfurt Höchst mit »3D Studio Max«. Die Informationen zur Verwendung der Software hat Marc Grellert der Verfasserin in einem Gespräch am 9. August 2016 erläutert.

■ 1268

Vgl. **Appendix 1.8** (→ 633), Synagoge Neudeggergasse, Wien (1998).

■ 1269

Vgl. **Synagogen in Deutschland 2004**; Martens/Peter 2010.

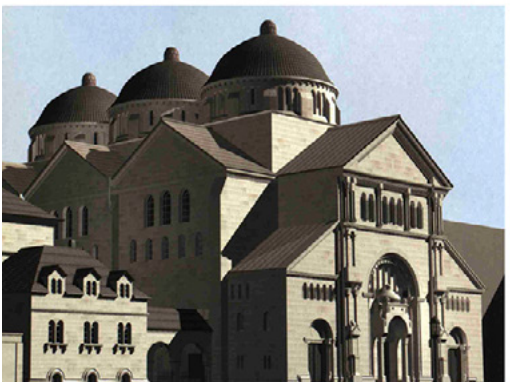
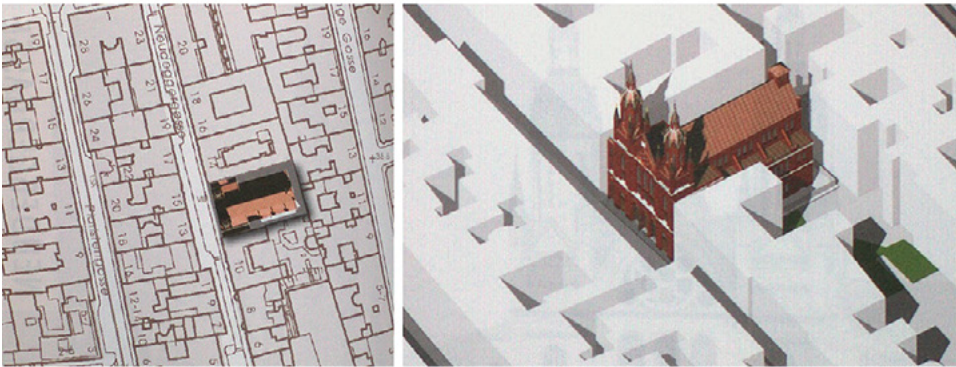
Auf diese Weise ist gewährleistet, dass das 3D-Modell zugänglich und auch als Basis für darauf aufbauende Rekonstruktionen erhalten bleibt. Dies ist bei Weitem nicht selbstverständlich für den Umgang mit Daten im Kontext von digitalen Rekonstruktionen von historischer Architektur, wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) zu Langzeitarchivierung und Aspekten der Nachhaltigkeit noch erläutert wird.

Abschließend erfolgt nun eine kurze Gegenüberstellung des hier analysierten Projekts mit der von Manfred Koob und Marc Grellert durchgeführten Initiative an der TU Darmstadt. Denn beide bis heute andauernden Langzeitprojekte widmen sich der digitalen Rekonstruktion von nicht mehr existierender synagogaler Architektur und begannen jeweils 1998. In beiden Projekten werden sämtliche verfügbaren, historischen Bild- und Textquellen als Grundlage für die digitalen Rekonstruktionen herangezogen, die jeweils von Studierenden unter der Anleitung von Experten erarbeitet werden. Bemerkenswerterweise unterscheiden sich die realisierten Visualisierungen der 3D-Modelle jedoch stark, sowohl auf visueller als auch technischer Ebene.

Von Seiten der Technik ist festzuhalten, dass die TU Darmstadt innerhalb des Projekts **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** Windows-Rechner mit Doppelprozessoren verwendete und die 3D-Modelle überwiegend mit Maya erstellte. ¹²⁶⁷ Hingegen arbeitete die TU Wien mit der Software ArchiCAD überwiegend an Apple-Computern und nur wenig an Windows-PCs. ¹²⁶⁸ Während die digitalen Rekonstruktionen von Koob und Grellert als Filme veröffentlicht werden, präsentiert Bob Martens seine Arbeit in Form von QTVR-Panoramabildern. Beide Medien geben in gewisser Weise Perspektiven auf die visualisierte Architektur vor, jedoch verleihen die Panoramen den Nutzern eine zusätzliche Bewegungsfreiheit. Denn sie bieten die Möglichkeit selbst gewählte Ansichten des Bauwerks zu betrachten. Diese interaktive Komponente ist bei einem zuvor festgelegten virtuellen Flug innerhalb eines 3D-Modells nicht möglich.

Beide Projekte veröffentlichten Bücher, die den Status Quo ihrer Arbeit dokumentieren. ¹²⁶⁹ Ein Vergleich der auf diese Weise publizierten Bilder dient dazu grundsätzliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufzuzeigen. So lässt sich feststellen, dass in beiden Arbeiten Bilder entstanden, die die digital rekonstruierten Synagogen in ihrem jeweiligen urbanen Kontext zeigen ³³⁵. Unterschiede zeigen sich hier hinsichtlich verschiedener Aspekte: In den Ansichten der Synagogen in Wien werden verschiedene Perspektiven wie Normalsicht, Aufsicht und Vogelperspektive gewählt, um ein Gebäude zu präsentieren. Zudem findet sich in einer Ansicht meist eine Zusammenstellung verschiedener Bildmedien wie Fotografie, Plan und Rendering. So handelt es sich bei Ansichten der Fassaden der jüdischen Gotteshäuser oft um Überblendungen und Montagen, die auf Fotografien und Plänen beruhen. Nachbargebäude wurden vorwie-

gend in Form von Fotografien oder im Falle von dreidimensional modellierten, urbanen Situationen als schematisch, kaum differenzierte weiße Kuben dargestellt. Auf diese Weise entsteht eine ganz eigene Ästhetik, zwar keine Bilder, die sozusagen aus einem Guss sind, jedoch eine große Vielfalt an Visualisierungsmöglichkeiten.



□ 335

Bildmontagen, TU Wien, 2010: Überblendung eines Fotos der aktuellen Straßensituation an der Turnergasse 22 in Wien mit einer Ansicht der digital rekonstruierten Synagoge (1. Z. v. o., links) und Integration der Fassadenansicht der Synagoge Siebenbrunnengasse in Wien in ein Foto der aktuellen Straßensituation (1. Z. v. o., rechts); 3D-Modell der digital rekonstruierten Synagoge in der Neudeggasse 12 in Wien montiert auf Katasterplan (2. Z. v. o., links) und im dreidimensional modellierten urbanen Kontext (2. Z. v. o., rechts); Renderings, TU Darmstadt, 2004: mit urbanem Kontext dargestellte digitale Rekonstruktionen der Synagogen in Mannheim (3. Z. v. o., links), Hannover (3. Z. v. o., rechts), Berlin (4. Z. v. o., links) und Nürnberg (4. Z. v. o., rechts).

Diese Herangehensweise an die Inszenierung der 3D-Modelle steht im Kontrast zu den Bildern, die im Rahmen der Arbeit an der TU Darmstadt entstehen. Denn hier zeigen sich gänzlich andere Ansichten der rekonstruierten Synagogen. So nehmen die immer in Normalsicht gezeigten jüdischen Gotteshäuser darin meist mindestens zwei Drittel der gesamten Bildfläche ein. Sie weisen einen relativ hohen Detailreichtum in fotorealistischer Anmutung auf. Zudem sind auch die Nachbargebäude dreidimensional modelliert und mit Texturen versehen. Allerdings sind diese überwiegend nur angeschnitten im Bild, meist weniger differenziert gestaltet und mit dunkleren Farben versehen, sodass sie im Verhältnis zur Synagoge relativ unscheinbar inszeniert werden. All dies führt dazu, dass in diesen Ansichten die Synagogen beinahe wie Solitäre wirken, obwohl dies historisch nicht immer der Fall war. Hier entstehen in sich homogene Bilder des äußeren Erscheinungsbilds der Synagogen sowie ihres unmittelbaren städtebaulichen Umfelds, deren Ästhetik nicht durch Elemente anderer Medien – Fotografien, Pläne und Ähnliches – gebrochen wird. Die Architektur der jüdischen Gotteshäuser steht eindeutig im Zentrum der Arbeit, dem urbanen Kontext wird in visueller Hinsicht eine geringere Bedeutung beigemessen.

Somit transportieren die in den beiden Projekten entstandenen Bilder unterschiedliche Botschaften: Die Ansichten der TU Wien vermitteln dem Betrachter vor allem Informationen zur einstigen Position und ästhetischen Wirkung der Synagogen im Stadtbild. Hingegen sind die an der TU Darmstadt realisierten Ansichten der jüdischen Gotteshäuser fokussiert auf eine detailreiche Darstellung der Architektur der Bauwerke. Letztendlich steht hinter diesen beiden Varianten nicht nur ein bestimmtes Ziel der Bildaussage, sondern auch der Anspruch einen bestimmten Stil zu erzeugen. Auf die Frage nach visueller Vielfalt von digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur wird in **Kapitel 7.3 (→ 589)** genauer eingegangen.

Generell lässt sich feststellen, dass insbesondere diejenigen Darstellungen, die eine stadträumliche Kontextualisierung von heute nicht mehr existierenden Bauwerken ermöglichen, einen großen Mehrwert für die Forschung aufweisen, da hieran weitere Fragestellungen angeknüpft werden können, beispielsweise im Hinblick auf den gesellschaftlichen Stellenwert jüdischer Bauwerke in europäischen Städten. So kann anhand von 3D-Stadtmodellen die Sichtbarkeit von Synagogen im urbanen Raum über die Visualisierung von Blickachsen analysiert werden.

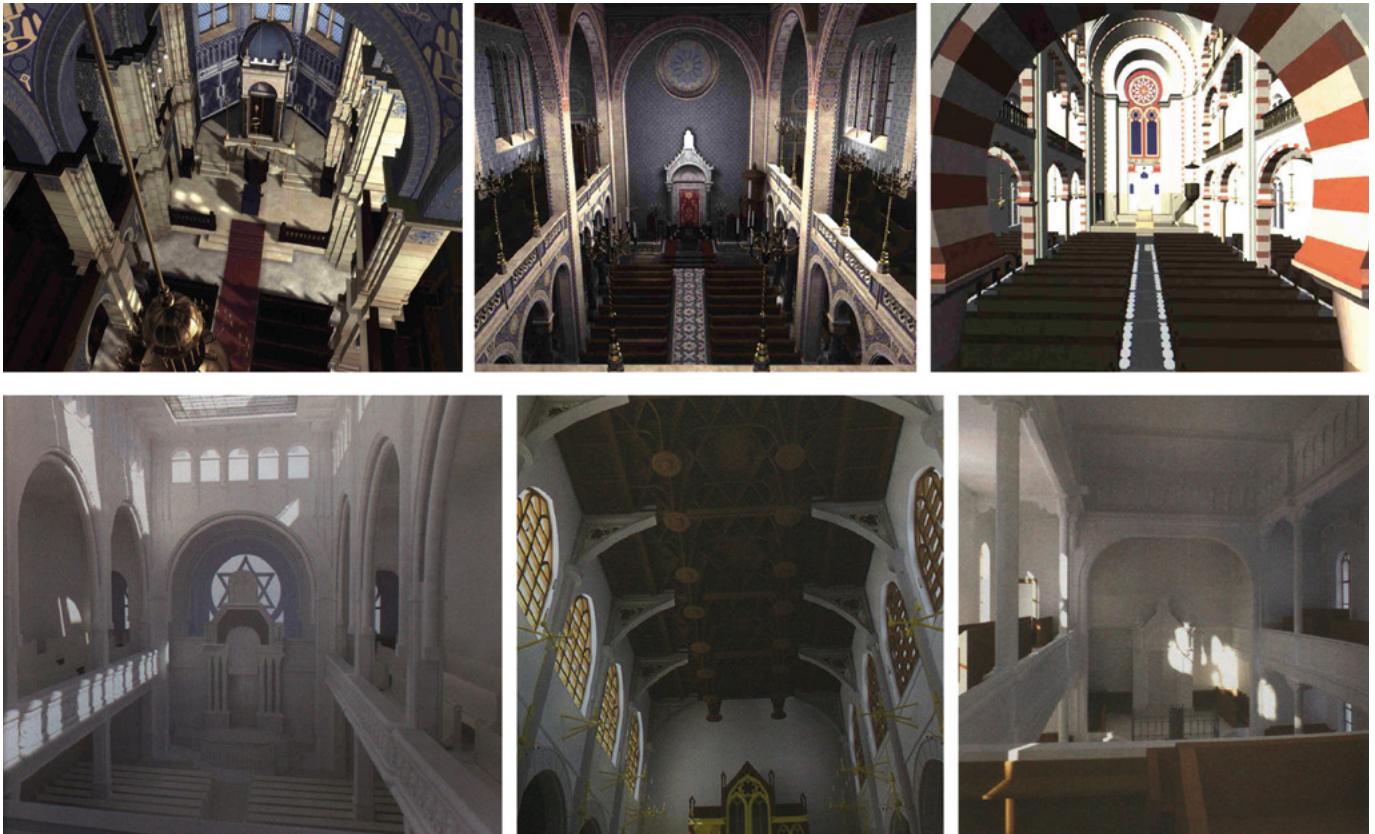
Auch bei den in den beiden Büchern publizierten Innenansichten von Synagogen zeigen sich Unterschiede in mehrfacher Hinsicht: auf formaler Ebene bezüglich der Wahl der Perspektive und auf inhaltlicher wie auch auf ästhetischer Ebene in Bezug auf den dargestellten Detailreichtum [336]. Die an der TU Wien erstellten QTVR-Panoramabilder geben den Innenraum immer aus der Perspektive eines virtuellen Besuchers, also aus Augenhöhe wieder. 1270 Die horizontalen und vertikalen Schwenks gehen immer von einem Standort aus, den ein Mensch innerhalb des Raums tatsächlich einnehmen kann. Im Gegensatz dazu ist in den Visualisierungen an der TU Darmstadt immer auch ein virtueller Flug durch den Innenraum der Synagoge Teil des finalen Films zu jeder einzelnen Rekonstruktion. Dementsprechend werden hier Ansichten generiert, die von einem Standpunkt aus aufgenommen sind, den ein Besucher des Bauwerks in Realität unter Umständen nicht einnehmen kann. So weisen Bilder, die beispiels-

■ 1270

Die für die Ausstellungen 2016 überarbeiteten 3D-Modelle von Wiener Synagogen lassen hingegen eine vollkommen freie Navigation zu.

weise einen Blick vom mittig im Hauptraum aufgehängten Lüster bieten, daraufhin, dass sie Teil eines virtuellen Flugs sind.

In den an der TU Darmstadt generierten Bildern der Innenräume von Synagogen ist zudem ein hoher Detailreichtum zu bemerken. Dies betrifft beispielsweise die ornamentale Ausschmückung von Wänden und Gewölben. Es finden sich keine schematischen Darstellungen von Einrichtungsgenständen oder Architekturelementen. Jedes Element wirkt so, als ob es nach einem bestimmten Vorbild gestaltet wurde, es gibt keine expliziten Leerstellen.



□ 336

Renderings, TU Darmstadt, 2004 (oben): Blick vom Lüster in den Hauptraum der digital rekonstruierten Synagoge in Kaiserslautern (links), Blick über die Empore hinweg in den Hauptraum der Synagoge in Mannheim (Mitte), Standort der virtuellen Kamera auf Höhe eines Arkadenbogens der Synagoge in der Judengasse in Frankfurt am Main (rechts); Renderings, TU Wien, 2010 (unten): Blick von der Empore in den Hauptraum der Synagoge in der Pazmanitengasse 6 in Wien (links), Blick zur Decke in der Synagoge in der Müllnergasse 21 in Wien (Mitte), Blick von der Empore in den Hauptraum der Synagoge in der Braunhubergasse 7 in Wien (rechts).

Anders verhält es sich in dieser Hinsicht bei den im Projekt an der TU Wien erarbeiteten Bildern. Denn hier sind Innenräume teils in Grautönen dargestellt, um auf visuelle Weise zu zeigen, dass hier keine entsprechenden Quellen vorlagen, um gesicherte Aussagen über die farbliche Ausschmückung zu machen. In der ersten Version des 3D-Modells der Synagoge Neudegggasse aus dem Jahr 1998 wurden zudem architektonische Elemente wie Kapitelle teils nur schematisch dargestellt, obwohl historische Fotografien Aufschluss über die bildhauerische Arbeit gegeben hätten [323]. In diesem Fall hatte die Abstraktion möglicherweise auch technische Gründe oder war wohl dem Zeitdruck geschuldet. Im

Gegensatz dazu wurde das 2016 realisierte 3D-Modell der Synagoge Neudeggasse mit einer Fülle an Details ausgestattet, die aufgrund von Analogien zum Müllnertempel dargestellt wurden ^[329] ^[330]. Seine Ästhetik ähnelt damit den an der TU Darmstadt entstandenen Visualisierungen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass innerhalb des Projekts an der TU Wien der Variantenreichtum an Bildern insgesamt größer ist als bei den Arbeiten an der TU Darmstadt. Demgegenüber weisen die Ansichten der digital rekonstruierten Synagogen von Koob und Grellert eine in sich geschlossene stilistische Homogenität auf. Beide Ansätze haben ihre Qualitäten und können nebeneinander bestehen, da sie verschiedene ästhetische Konzepte aufweisen und diese konsequent verfolgen. Nur durch unterschiedliche Herangehensweisen lassen sich Best Practice-Beispiele für 3D-Modellprojekte herausarbeiten.

Zur Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen eignen sich beide Herangehensweisen. Allerdings muss dazu jeweils sichergestellt sein, dass die Entscheidungen, die zur jeweiligen Visualisierung beitragen, auch erläutert werden. Denn erst durch diese Hintergrundinformationen werden die digitalen Rekonstruktionen für Wissenschaftler tatsächlich nachvollziehbar und können interpretiert werden – ein Desiderat, das für sämtliche weitere 3D-Projekte gilt, die in der vorliegenden Arbeit vorgestellt werden.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

5.5 Auftakt zur Diskussion

Beginnend in den 1990er-Jahren steigen die Aktivitäten im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur signifikant an, sei es in der stark zunehmenden Anzahl an 3D-Projekten, in der Gründung von Konferenzen oder spezialisierten Firmen. Diese Entwicklung abbildend, wurde der Zeitraum um die Jahrtausendwende besonders in den Blick genommen, um die Verstetigung der Entwicklungen in den 1990er-Jahren zu verfolgen. So zeichnet sich um das Jahr 2000 im Bereich der wissenschaftlichen Erstellung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur eine zunehmende Professionalisierung ab, die in unterschiedlichen Kontexten zu beobachten ist: Es eröffnet sich ein neuer Tätigkeitsbereich für Experten verschiedener Profession, den sie mit der Gründung kleinerer hochspezialisierter Unternehmen für sich erschließen. Dass es sich hierbei um einen zukunftsfähigen Markt handelt zeigt, dass diese bis heute existieren und ihre Anzahl weiterhin zunimmt. Im Verbund mit Universitäten bietet sich auch ein attraktives Arbeitsfeld in EU-Projekten, wie es **Visual Dimension** nutzte oder sich bei der **Theatron Initiative** zeigte.

Zur verstetigenden Entwicklung trug auch das Internet bei, das ab Mitte der 1990er-Jahre zunehmend für Privathaushalte zugänglich wurde. Gegen Ende des Jahrzehnts entstanden schließlich vermehrt 3D-Rekonstruktionsprojekte, die dessen Potential als Medium zur weltweiten Wissensvermittlung erkannten und nutzten. Hier konnten neue didaktische Konzepte für die universitäre Lehre erprobt werden, ein Bereich, dessen Potential bis heute nicht vollkommen ausgeschöpft ist, aber zunehmend an Wichtigkeit gewinnt – man denke an mobile Endgeräte und ein gut erschlossenes WLAN-Netz.

Nun wurden zunehmend 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge genutzt, auch in kunsthistorisch ausgerichteten Projekten. Jedoch besteht hier bis heute noch weiterer Handlungsbedarf im Hinblick auf die Einrichtung spezialisierter Institute wie es in der Archäologie oder Architektur bereits der Fall ist. So entwickelten sich vor allem in diesen Fachbereichen Ende der 1990er-Jahre Langzeitprojekte, die teilweise bis heute weitergeführt werden. In einzelnen Kapiteln wurden hier wesentliche Initiativen untersucht:

In einem Teilprojekt zu **Rome Reborn**, der digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore, fand erstmals das Konzept des **Scientific Committee** seine Anwendung, das sich darin bewährte und auch in zukünftigen Initiativen anderer Fachbereiche umgesetzt werden könnte. Es fördert explizit die Diskussion mehrerer beteiligter Experten unterschiedlicher Disziplinen, um

zu einer gemeinsamen Lösung zu gelangen. Allerdings wurde das im Projekt erarbeitete 3D-Modell der Kirche, das eine bestimmte These zur architektonischen Gestaltung wiedergab, in der Fachcommunity kaum wahrgenommen. An dieser Stelle scheinen vor allem die Orte der wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu 3D-Projekten kritisch hinterfragt werden zu müssen, auch im Hinblick auf zukünftige Arbeiten.

Zudem wurden zwei thematisch verwandte Initiativen – digitale Rekonstruktionen von Synagogen in Deutschland und Wien – genauer untersucht, die aufgrund unterschiedlicher Zielsetzungen, Technologien und Präsentationsformen eine große Bandbreite an konkreten Umsetzungsmöglichkeiten boten. So zeichnet sich die an der TU Darmstadt zu jüdischen Gotteshäusern in Deutschland unternommene Arbeit durch elaborierte virtuelle Flüge um und innerhalb der 3D-modellierten und texturierten Bauwerke aus, die im In- und Ausland großen Anklang fand. Das an der TU Wien durchgeführte Projekt setzt hingegen auf die Verwendung von Panoramen, um dem Nutzer die Architektur näher zu bringen. Hier ist auch eine starke Fokussierung auf den urbanen Kontext festzustellen, der die Bauwerke verortet und mittels eines Stadtführers auch vor Ort erlebbar werden lässt. Beide Initiativen erstellten in den letzten Jahren überarbeitete Versionen der 3D-Modelle, die jeweils aufgrund technischer Fortschritte deutliche Verbesserungen vorweisen (glattere Kanten, realistische Lichtsimulation, Fototexturen). Von inhaltlicher Seite konnten teils auch neue Informationen eingearbeitet werden. Jedoch bleibt insbesondere die Frage nach der Kennzeichnung von Hypothesen in beiden Fällen offen.

Diese wesentliche Frage sowie weitere – kritische Visualisierung, Grad des dargestellten Realismus, Authentifizierung wissenschaftlicher 3D-Modelle – wurden auch in anderen Kontexten angesprochen, wie der vorangegangene Überblick zeigte, aber konnten sich zu dieser Zeit noch nicht als gebündelte Diskurse in der Community vollständig verfestigen. In den 2000er-Jahren werden diese Themen aufgegriffen und ergänzt, wie in den nachfolgenden Kapiteln gezeigt wird.

Kapitel 6

→ Die 2000er-Jahre bis heute – Etablierung

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

6.1 Tendenzen – Gegenwärtig und zukünftig

Die Jahre von der Jahrtausendwende bis heute sind geprägt von einer wachsenden Vielfalt in unterschiedlichen Bereichen. Sei es in der Gründung und Etablierung von universitären Institutionen, einschlägigen Konferenzen, spezialisierten Firmen, Fachzeitschriften, Sammelbänden oder in der exponentiell steigenden Anzahl an 3D-Projekten zu historischer Architektur, basierend auf der technischen Weiterentwicklung von Soft- und Hardware sowie der Rechenleistung von Computern. Einige Tendenzen, die sich in den 1990er-Jahren anbahnten, werden fortgeführt und verstärkt. Hierzu zählen vor allem die zunehmende international geprägte Reflexion über das Medium des digitalen Modells und damit zusammenhängende Diskurse – Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses, Langzeitarchivierung. Allen voran finden sich Initiativen zur Einführung verbindlicher Richtlinien für die Erstellung von 3D-Modellen historischer Artefakte. Diese internationalen Bemühungen sind letztendlich ein Grundpfeiler für die sich in den letzten 15 Jahren vollziehende Etablierung des Felds der digitalen Rekonstruktion im wissenschaftlichen Bereich.

Ziel des hier folgenden Überblicks zu den 2000er-Jahren bis heute ist es, wesentliche Tendenzen im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur zu identifizieren und vorzustellen. Er kann damit künftigen 3D-Projekten als Inspirationsquelle dienen und Anknüpfungspunkte bieten. Entsprechend soll der Fokus dieses Kapitels weniger auf bestimmte Fachdisziplinen gerichtet sein, als vielmehr auf disziplinunabhängige und übergeordnete Strukturen sowie Technologien.

Wie zuvor angesprochen lässt sich insbesondere seit der Jahrtausendwende eine zunehmende Internationalisierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur wahrnehmen. Dies betrifft sowohl internationale Projektkooperationen als auch die Diskussion übergreifender Themen. Zudem sind 3D-Projekte nun multidisziplinär, über die in den 1980er- und 1990er-Jahren oftmals anzutreffende duale Kombination von Geisteswissenschaftler/Naturwissenschaftler oder Archäologe/Naturwissenschaftler hinaus, sodass nun vermehrt Experten aus mehreren geisteswissenschaftlichen Disziplinen beteiligt sind.

In den letzten Jahren erschienen zahlreiche Sammelbände, meist basierend auf vorangegangenen Veranstaltungen, die sich dem Komplex der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur aus unterschiedlichen Perspektiven

■ 1271

Vgl. Martens 2016; Hoppe/Breitling 2016.

■ 1272

Vgl. Weferling/Heine/Wulf 2001; Riedel/Heine/Henze 2011; Heine et al. 2011.

■ 1273

Vgl. Ioannides/Quak 2014 (3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap); Münster et al. 2016 (3D Research Challenges in Cultural Heritage II).

■ 1274

Vgl. Münster et al. 2016 (3D Research Challenges in Cultural Heritage II).

■ 1275

Vgl. Favro 2006 (In the eyes of the beholder).

■ 1276

Münster 2014, S. 327.

■ 1277

Ebd.

widmen, so beispielsweise aus thematischem, disziplinübergreifendem Blickwinkel wie die beiden Publikationen **Virtual Palaces** zu Workshops des **Research Networking Programme PALATIUM**, die 2012 und 2013 von dem Architekten Pieter Martens, dem Kunsthistoriker Stephan Hoppe und dem Bauforscher Stefan Breitling herausgegeben wurden. **1271** Sie versammeln Projektbeispiele zur 3D-Rekonstruktion von Palastarchitektur weltweit und aus unterschiedlichen Epochen.

Im Bereich der Bauforschung wurden beispielsweise zwischen 2001 und 2011 drei fachspezifisch ausgerichtete Bände mit dem übergeordneten Titel **Von Handaufmaß bis High Tech** herausgegeben. Darin wurden jeweils aktuelle Arbeiten vorgestellt, die auf zuvor stattgefundenen Kolloquia präsentiert wurden. **1272**

Über diese exemplarisch genannten Sammelbände hinaus, finden sich zahlreiche Beiträge in Publikationen zu einschlägigen Konferenzen wie **CAA**, **VSM**, **SIGGRAPH** oder **VAST**, die vor allem den aktuellen Stand zu Technologien und deren Anwendung wiedergeben. In diesen Sammel- und Konferenzbänden finden sich zumeist Berichte über 3D-Projekte. Eine Auseinandersetzung mit übergeordneten Themen wie Hypothesendarstellung oder Langzeitarchivierung sowie Überlegungen zum Umgang mit und Bedeutung von 3D-Rekonstruktionen für die Forschung sind weitaus seltener anzutreffen. Hier sind beispielsweise die beiden Sammelbände **3D Research Challenges in Cultural Heritage** zu nennen, die 2014 und 2016 erschienen. **1273** Der erste Band, herausgegeben von Marinos Ioannides und Ewald Quak, widmet sich Möglichkeiten der Präsentation von 3D-Modellen für die breite Öffentlichkeit – ob in Ausstellungen, für mobile Endgeräte oder im Internet – und die damit zusammenhängenden technischen Voraussetzungen, Anwendungen von 3D-Technologien als Werkzeuge von Forschern, Bedeutung von 3D-Drucktechnologien für Forschung und Präsentation.

Der zweite, 2016 von Sander Münster, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński und Marinos Ioannides herausgegebene Band ist ein noch umfangreicheres Werk. **1274** Er nimmt Strategien zum Daten- und Wissensmanagement sowie Konzepte zum Umgang, Austausch, Publikation und Datenvisualisierung im Bereich der Rekonstruktion von Kulturerbe in den Blick.

Wie in **Kapitel 1.3** (→ **029**) bereits dargelegt, erfolgten in den 2000er- und 2010er-Jahren nun auch einzelne analytische Auseinandersetzungen mit 3D-Rekonstruktionen und deren Entstehungskontexten. So beschäftigte sich Diane Favro 2006 eingehend mit dem Dilemma zwischen wissenschaftlichem Anspruch einerseits und der Erwartungshaltung des Publikums andererseits und möglichen Lösungsstrategien in Bezug auf Darstellungsmethoden und Einbindung von Metadaten. **1275** Sander Münster untersuchte in seiner 2014 erschienenen Dissertation interdisziplinäre Kooperationen, die in gemeinsamen Projekten 3D-Rekonstruktionen in dem Zeitraum von 2000 bis 2010 erarbeiteten, unter anderem im Hinblick auf ihren strukturellen Aufbau. So identifizierte er Projektteams, die vorwiegend aus »Geschichtswissenschaftlern und Modelleuren« **1276** zusammengesetzt waren und deren Mitglieder wiederum jeweils »gleichzeitig in die Projektstruktur und Strukturen der entsendenden Institutionen eingebunden« **1277** waren. Strategien zur Kooperation in den Teams wurden seiner Analyse zufolge meist nicht zu Beginn vordefiniert, sondern im Verlauf

■ 1278
Ebd.

des Projekts entwickelt. Das Einrichten von »Kooperationsschnittstellen«¹²⁷⁸ erachtete Münster dabei als essentiell.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist auch im Folgenden Abschnitt von Relevanz. Darin stehen EU-Projekte im Fokus, die auf eben jenem Prinzip basieren und im Bereich des digitalen Kulturerbes anzusiedeln sind. Ziel ist es, einen Überblick über bereits geförderte Arbeiten zu geben und darzulegen welchen Mehrwert sie zur Forschung im Bereich der 3D-Rekonstruktionen historischer Artefakte beitragen und wo es noch offene Forschungsfragen gibt.

EU-Projekte

Auf EU-Ebene wurden beginnend in den 2000er-Jahren Projekte im Bereich des digitalen kulturellen Erbes gefördert mit dem Ziel, Standards zu entwickeln, die Vernetzung und Kollaboration von Experten zu forcieren, neue Technologien in die Anwendung zu überführen und weltweit öffentlich zugänglich zu machen.¹²⁷⁹

Den Anfang dieser Bemühungen stellt **EPOCH – European Network of Excellence in Open Cultural Heritage** dar, das von 2004 bis 2008 im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms (FRP) der EU gefördert wurde.¹²⁸⁰ Über 100 Institutionen (Universitäten, Museen, Ministerien, Unternehmen) mit unterschiedlichen fachlichen und thematischen Hintergründen waren daran beteiligt, um Informations- und Kommunikationstechnologien im Kulturerbesektor zu verbessern und vor allem deren Einsatz effektiver und nachhaltiger zu gestalten. Es wurden verschiedene Werkzeuge entwickelt, die beispielsweise auf die prozedurale Erstellung von 3D-Modellen historischer Artefakte ausgerichtet waren (**CityEngine**), aus Einzelfotos ein 3D-Modell automatisch kreierten (**Arc3D**), Objekte einfach und kostengünstig scannten (**Minidome**) oder eine Anwendung zur Archivierung und Kuratierung von semantisch kodierten archäologischen Datensätzen umfassten (**MAD**). Insgesamt konnten durch die entwickelten Anwendungen Fortschritte in Bezug auf Kostenminimierung und Nutzerfreundlichkeit erzielt werden.¹²⁸¹ Ein weiterer Mehrwert entstand vor allem durch die Vernetzung von Experten auf Konferenzen und gemeinsamen Publikationen, die auf der bis heute online zugänglichen Webseite abrufbar sind.

Das zwischen 2011 und 2015 im 7. FRP geförderte Projekt **V-MusT.net** zielte darauf ab, Forschung und Strategien zur Einrichtung von **Virtual Museums** zu bündeln und weiterzuentwickeln.¹²⁸² Unter **Virtual Museum** wurde im Rahmen des Projekts folgendes verstanden:

»A virtual museum, in a real or virtual space, exists if there is a focus on tangible or intangible heritage, real or virtual, linked by a communication system, and it's used in various forms of interactivity and immersion, by a public for the purpose of education, research, enjoyment, enhancement of visitor experience or promotion.«¹²⁸³

Zwar existiert das Konzept des **Virtual Museum** bereits seit den 1990er-Jahren, jedoch erkannten es Museen in Europa bislang noch nicht als Vermittlungs- und Präsentationswerkzeug und so entstanden nur vereinzelte

■ 1279

In **Kapitel 1.1** (→ 017) wurde bereits auf einige Projekte hingewiesen, in deren Fokus primär die Erstellung und Präsentation von 3D-Modellen stand, die mit Laserscantechniken erfasst wurden.

■ 1280

Zu Zielen, Umsetzung und Ergebnissen von »EPOCH« vgl. Webseite von »EPOCH«: <http://epoch-net.org/>.

■ 1281

Vgl. Münster/Hegel/Kröber 2016, S. 7.

■ 1282

Informationen zu Zielen, Beteiligten und Umsetzung des Projekts sind zu finden auf »Cordis«, Webportal der EU-Kommission: http://cordis.europa.eu/project/rcn/101496_en.html.

■ 1283

Ferdani 2013, S. 7.

■ 1284

Zur Geschichte des Konzepts »Virtual Museum« vgl.: »Virtual Museums Transnational Network«, Proposal Part B, 2009, online abrufbar unter: https://web.archive.org/web/20160507105704/http://www.v-must.net/sites/default/files/V-Must_introduction_0.pdf.

■ 1285

Vgl. Pletinckx 2012, S. 108.

■ 1286

Zu Zielen, Inhalt und Umsetzung der Ausstellung vgl.: V-MUST.NET: How museums will look in the future, in: Cordis, online abrufbar unter: https://cordis.europa.eu/result/rcn/148258_en.html, erstellt am 23.09.2014; Webseite der Ausstellung »Keys to Rome«: <http://keys2rome.eu/eng/>.

■ 1287

Vgl. Video zum Thema »Exhibition technologies« auf der Webseite zu »Keys to Rome«: <http://keys2rome.eu/eng/technologies.html>; Übersicht »Virtual Museums and Keys To Rome Technologies« auf der Webseite zu »Keys to Rome«: http://keys2rome.eu/downloads/K2R-technologies-presentation_EN.pdf. Unter »Augmented Objects« ist eine AR-Anwendung zu verstehen, die es z. B. ermöglicht, die einst farbige Gestaltung einer mit Hieroglyphen beschriebenen Steinplatte auf das in Realität unifarbene Objekt zu projizieren, vgl. ebd. Inwiefern z. B. bei den Computeranimationen bedeutender Bauwerke in Rom auf bereits bestehende Arbeiten wie »Rome Reborn« zurückgegriffen oder zumindest darauf Bezug genommen wurde, wird nicht erläutert. Im Abspann des Videos wird zumindest weder das 3D-Projekt noch dessen Leiter Bernard Frischer genannt. Mit »Serious Games« sind Spiele gemeint, die generell einen Zweck haben, der über die reine Unterhaltung hinaus geht, und die damit oftmals im Zusammenhang mit Wissensvermittlung und Lernen stehen. Zu »Serious Games« vgl.: Stone 2014, S. 890.

■ 1288

Archivierte Webseite von »V-MUST.NET«: <https://web.archive.org/web/20161113120523/http://www.v-must.net/>.

Anwendungen, die nicht nachhaltig genutzt wurden. ¹²⁸⁴ Daher war ein weiteres Ziel von V-MusT.net die Nachnutzung digitaler Objekte aus Virtual Museums zu unterstützen und damit auch zur Nachhaltigkeit des Präsentationskonzepts beizutragen. ¹²⁸⁵ Innerhalb des Netzwerks entwickelten vier Institutionen – Bibliotheca Alexandria in Alexandria, Allard Pierson Museum in Amsterdam, City Hall in Sarajevo und Imperial Fora Museum in Rom – die gemeinsame Ausstellung Keys to Rome anlässlich des 2000. Todestags von Augustus, die an allen vier Orten gleichzeitig stattfand. ¹²⁸⁶ Ziel der beteiligten Archäologen, Architekten, Kunsthistoriker, Informatiker und Kommunikationsexperten war es, diese Ausstellung mit Hilfe neuer Technologien durchzuführen, um die Potentiale eines Virtual Museum der Zukunft zu zeigen. So konnten Besucher und Interessierte die vom Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung in Darmstadt entwickelte App Matrix auf mobile Endgeräte herunterladen. Diese ermöglichte es den Besuchern der Ausstellungsorte sich mittels einer in der App ausgewählten virtuellen Figur vor Ort durch die Schau führen zu lassen, Objekte zu identifizieren und die anderen Ausstellungsorte virtuell zu besuchen. Mit der Augmented Reality-App Nisar des französischen Forschungsinstituts INRIA konnten sich Besucher Details zu Objekten anzeigen zu lassen, indem sie mit dem Finger darauf deuteten.

Weitere Präsentationsmöglichkeiten, die teils interaktiv ausgerichtet waren, umfassten Computeranimationen historischer Bauwerke, Holografische Displays, Augmented Objects, Tangible Storytelling durch Rapid Prototyping und Serious Games. ¹²⁸⁷ Hier zeigte sich das Potential von digitalen Technologien für die Wissensvermittlung, die auch für Forscher, Institutionen und Firmen im Bereich der 3D-Rekonstruktion von historischer Architektur relevant sein können. Beispielsweise bietet sich mit dem Konzept des Tangible Storytelling die Möglichkeit, architektonische Details von nicht mehr existierenden Bauwerken mittels Rapid Prototyping-Verfahren auszudrucken und den Ausstellungsbesuchern zum Anfassen bereitzustellen. Mit Holografischen Displays kann zerstörte Architektur visuell wieder zugänglich und interaktiv erfahrbar gemacht werden.

Im Gegensatz zur Webseite zu Keys to Rome ist der Internetauftritt von V-MusT.net heute nicht mehr online verfügbar und kann nur über web.archive.org in archivierter Form abgerufen werden. ¹²⁸⁸ Hier zeigt sich ein wichtiges Desiderat: das nachhaltige Zurverfügungstellen von Ergebnissen und der Dokumentation von Forschungsprojekten, um Anschlussmöglichkeiten zu zukünftigen Projekten zu gewähren und das Verschwinden von Arbeiten, die über Jahre hinweg entwickelt wurden, zu verhindern. In Kapitel 6.2 (→ 469) steht daher das Thema der Langzeitarchivierung im Fokus der Untersuchung.

Im Kontext der EU-Projekte sei diesbezüglich auf die Plattform Europeana verwiesen, deren Ziel es ist, kulturelles Erbe online dauerhaft frei zugänglich zu machen zum Zweck von »enjoyment, education and research.« ¹²⁸⁹ Bislang bezieht sich dies hauptsächlich auf Fotografien und Bilder sowie das Bereitstellen von Metadaten und einer Verlinkung zu der Institution, die das jeweilige Text- und Bildmaterial zur Verfügung stellt.

Um explizit 3D-Datensätze einzuspeisen, wurden in den letzten Jahren EU-Projekte wie CARARE und 3D-ICONS realisiert, auf die im Folgenden genauer Bezug genommen wird. ¹²⁹⁰ So ist es verwunderlich, dass in Europeana

■ 1289

Für Informationen zu »Europeana« vgl. die zugehörige Webseite: <https://www.europeana.eu/portal/en/about.html>.

■ 1290

Weitere EU-Projekte, die Inhalte an »Europeana« lieferten waren: »3D-COFORM«, »Athena«, »Linked Heritage«. Vgl. D'Andrea et al. 2012.

■ 1291

Für die Bereitstellung von 3D-Modellen in »Europeana« plädieren beispielsweise Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst, vgl. Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 44. Die Autoren folgender Publikation sehen zudem ein großes Desiderat darin, Konzepte zu erarbeiten, um die 3D-Inhalte, die in »Europeana« vorgehalten werden, nachnutzen zu können: Linaza/Juaristi/Garcia 2014, S. 116.

■ 1292

Zum EU-Projekt »CARARE« vgl. zugehörige Webseite: <http://www.carare.eu/about/>.

■ 1293

Hintergrundinformationen zu Inhalt, Zielen und Umsetzung von »3D-ICONS« sind zu finden in: Webseite »Cordis« der EU-Kommission: http://cordis.europa.eu/project/rcn/191908_en.html; D'Andrea et al. 2012.

bislang keine Kategorie zu digitalen 3D-Modellen von historischen Artefakten existiert. Über die Suchfunktion lassen sich diese Objekte zwar finden, aber die Filteroptionen sind hier unzureichend. So können nach Eingabe eines Stichworts die Ergebnisse nicht nach Themen (zum Beispiel Kunstgeschichte, Archäologie, Architektur), dargestellten Objekttypen (Gebrauchsgegenstand, Architektur, Bauwerkstyp, architektonisches Detail und Ähnliches) oder zeitlicher Eingrenzung (betrifft sowohl Erstellungszeitraum des dargestellten Gegenstands als auch den Zeitpunkt für die Einstellung des Datensatzes) gefiltert werden.

Zudem bleibt die Logik zur Sortierung der Ergebnisse unklar, die im Übrigen durch den Nutzer nicht eigenständig verändert werden kann (beispielsweise nach Datum der Einstellung des Datensatzes, Standort des dargestellten Gegenstands oder dem Alphabet). Dem Nutzer bleiben lediglich folgende Filter, um seine Suchergebnisse einzugrenzen: thematische Sammlungen (Kunst, Mode, Musik, Migration, Fotografie, Karten, Geografie, Erster Weltkrieg und weitere), Medien (3D, Text, Bild, Video, Ton), Nutzungsbedingungen (freie oder eingeschränkte Verwendung, keine Wiederverwendung), zur Verfügung stehendes Land, Sprache, Aggregator und Institution. Hierunter finden sich zwar essentielle Informationen wie Nutzungsbedingungen, aber eine ergebnisorientierte Suche mit einer wissenschaftlichen Fragestellung – beispielsweise, wann ein bestimmtes Bauwerk in welchem thematischen Kontext rekonstruiert wurde – lässt sich bislang leider nicht durchführen. Dies verwundert insofern, als die Plattform auch der Forschung dienen will. Insofern scheint hier in vielerlei Hinsicht Handlungsbedarf, denn **Europeana** hätte durchaus das Potential als ein zentraler Vernetzungsort zu dienen und Verweise auf wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle bereitzuhalten. ¹²⁹¹

Inhalte in umfangreicher Form für diese Plattform lieferte das EU-Projekt **CARARE** (2010–2013). ¹²⁹² Es wurde ins Leben gerufen, um explizit **Europeana** weiter zu entwickeln und umfasste folgende Ziele: Unterstützung und Einbezug von Organisationen, Institutionen, Museen und digitalen Archiven in den Bereichen der Erstellung von digitalen Inhalten für die Plattform, Zugänglichmachung von 3D- und VR-Inhalten in **Europeana**, Sammlung von Inhalten sowie Dienstleistungsangebote. Thematisch umfasste die Initiative archäologische Monumente, bedeutende Architektur, historische Stadtzentren sowie Industriemonumente.

Hierauf baute das 2012 gestartete und 2015 abgeschlossene EU-Projekt **3D-ICONS** (3D Digitisation of Icons of European Architectural and Archaeological Heritage) auf. ¹²⁹³ Ziel war es, von der UNESCO als bedeutend ausgezeichnete architektonische und archäologische Stätten des kulturellen Erbes in Europa zu digitalisieren und in Form von 3D-Modellen in **Europeana** zur Verfügung zu stellen. Damit sollte der Inhalt, den **CARARE** bereits überführt hatte, bedeutend erweitert werden. Hierfür wurden bestehende Werkzeuge und Methoden evaluiert, um sie in einen bestimmten Arbeitsablauf zu überführen. Im Fokus standen auch hier allerdings nur existierende Bauwerke und Monumente, nicht aber zerstörte – ein Desiderat, das in einem nächsten EU-Projekt bearbeitet werden könnte.

Wie dieser Überblick über in den letzten Jahren durchgeführte EU-Projekte zeigt, wurden verschiedene Initiativen ergriffen, Forschungsfelder im Kontext des digitalen Kulturerbes weiter zu etablieren. Zukünftige 3D-Projekte können

auf die darin entwickelten technischen Werkzeuge und Best Practice Beispiele aufbauen beziehungsweise sie weiter nutzen.

Technologien

Von den 2000er-Jahren bis heute lässt sich eine rasante Entwicklung an Technologien feststellen, die im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur Verwendung finden. Hier sei auf wichtige Tendenzen eingegangen, die für zukünftige 3D-Projekte in diesem Kontext relevant sein können.

So existiert zwar das Konzept der Virtuellen Realität (VR) bereits seit den 1990er-Jahren, jedoch kann nun insbesondere mit der Weiterentwicklung der Rechenleistung von Computern und neuer Hardware eine weitaus realistischere Wirkung der Visualisierungen erzielt werden als es zuvor jemals möglich war. ¹²⁹⁴ Generell treibt die Spieleindustrie die Weiterentwicklung von VR stark voran. Hier kann von einer »democratization of VR« ¹²⁹⁵ gesprochen werden, vorangetrieben durch erschwingliche, hochleistungsfähige Massenprodukte und anspruchsvolle Game Engine-Software. Innovationen aus diesem kommerziellen Bereich wie gesteigerter Realismus in der Darstellung, intuitive Interaktion oder verbesserte Bedienbarkeit finden sich in der Folge auch in wissenschaftlichen Kontexten, wie in diesem Abschnitt gezeigt wird.

Head-Mounted-Displays (HMD), die bereits in den 1990er-Jahren vereinzelt Verwendung fanden, wurden in den letzten Jahren in ihrer Funktionsleistung substantiell verbessert. ¹²⁹⁶ Hierzu zählen beispielsweise VR-Brillen, die im Wesentlichen auf zwei verschiedenen Technologien basieren. ¹²⁹⁷ So kann in Geräte wie die 2015 veröffentlichte **Samsung Gear VR** ein **Galaxy-Smartphone** eingeklinkt werden, das sodann sowohl als Bildschirm als auch als Prozessor dient. ¹²⁹⁸ Oder aber die VR-Brille besitzt ein eigenes Display und weist damit eine weitaus komplexere Technologie auf, wie die bereits 2012 auf den Markt gekommene **Oculus Rift**. ¹²⁹⁹ Diese ist mit einem leistungsfähigen Rechner verbunden und kann durch spezielle Bewegungssensoren (Touch Controller) ergänzt werden, über die ein Nutzer Gesten und Bewegungen während der Anwendung ausführen kann. Die inzwischen stark nachgefragten Geräte können Inhalte in HD-Qualität abspielen und stellen auch durch ihre Größe und das Design eine deutliche Verbesserung zu den VR-Brillen der 1990er-Jahre dar.

Für den Einsatz ebensolcher HMD wurden im Rahmen von Bernard Frischers Projekt **Rome Reborn VR** 3D-Rekonstruktionen der Maxentius Basilika und des Pantheon erstellt. ¹³⁰⁰ Als Apps sind sie über verschiedene Anbieter und Technologien online erhältlich und bieten den Nutzern die Möglichkeit, die historischen Bauwerke eigenständig zu erkunden.

Da HMD auf den individuellen Gebrauch eines einzelnen Nutzers ausgelegt sind, eignen sie sich nur bedingt für die Anwendung im Museum. So kommen im Ausstellungskontext vermehrt großflächige Projektionen zur Visualisierung von 3D-Modellen zum Einsatz. Als innovatives Anwendungsbeispiel sei hier das Projekt **Etruscanning** vorgestellt, das im Rahmen des **Culture 2007 framework** von 2011 bis 2013 von der EU-Kommission gefördert wurde. ¹³⁰¹ Mit innovativen VR-Anwendungen wurde hier im Ausstellungsbereich Wissen zu etruskischen Gräbern vermittelt. Um beispielsweise das Grab Tomba Regolini-

■ 1294

Zur Entwicklung von VR vgl.: Bertol 1997, S. 69–70; Blade et al. 2014; **Kapitel 4.1** (→ 165). Einen Überblick über aktuelle Anwendungsfelder von VR in unterschiedlichen Bereichen bietet beispielsweise: Blade et al. 2014, S. 1331–1333.

■ 1295

Blade et al. 2014, S. 1330. Zum Einfluss und Potential der Spieleindustrie vgl. ebd; Stanney/Hale/Zyda 2014, S. 4 u. S. 6.

■ 1296

Vgl. Hua/Brown/Zhang 2011.

■ 1297

Vgl. Stanney/Hale/Zyda 2014, S. 6–7; Blade et al. 2014, S. 1329–1331.

■ 1298

Vgl. Webseite der »Samsung Gear VR«: <http://www.samsung.com/de/wearables/gear-vr-r325/>.

■ 1299

Vgl. Webseite zur »Oculus Rift«: <https://www.oculus.com/>.

■ 1300

Vgl. Webseite zu »Rome Reborn VR« mit Informationen und Links zu den VR-Apps zur Maxentius Basilika: <https://www.romereborn.org/content/basilica-maxentius> u. zum Pantheon: <https://www.romereborn.org/content/pantheon>; Messemer 2018; **Kapitel 6.2** (→ 469).

■ 1301

Informationen zu Inhalt, Zielen, Umsetzung und Präsentation des Projekts sind zu finden in: Pietroni 2013.

Galassi in Cerveteri, Italien, das nicht immer öffentlich zugänglich ist, für die Öffentlichkeit erfahrbar zu machen, wurde es 3D-rekonstruiert. Ziel war es, im digitalen Modell auch die einst in der Grabstätte befindlichen und heute im Museum ausgestellten Objekte sozusagen wieder in ihrem ursprünglichen Kontext zu verorten. Mittels Laserscanner wurde die Grabstätte zunächst als Punktwolke aufgenommen, bearbeitet und texturiert. Die Grabbeigaben wurden im Vatikanischen Museum fotografisch mit etwa 36 Aufnahmen je Gegenstand erfasst und digital zusammengesetzt mit der Computergrafik-Software **3D Studio Max** im Falle von komplexen Objekten oder automatisiert mit **Agisoft Photoscan**. Nach der finalen Bearbeitung der 3D-Modelle wurden sie in die Game Engine **Unity3D** importiert, um in einer VR-Umgebung visualisiert zu werden.

■ 1302

Neben der hier erläuterten Präsentationsmöglichkeit wurde noch eine weitere, einfacher gehaltene entwickelt. Diese erlaubte es dem Nutzer durch Betreten eines Grundrisses des Grabs, der auf dem Boden vor der Präsentationswand installiert war, bestimmte Funktionen auszulösen. Hier waren festgelegte Kamerafahrten und Abfolgen von Audiokomentaren zu Objekten hinterlegt, sodass die Interaktivität gegenüber der anderen Anwendung etwas eingeschränkter war. Vgl. ebd., S. 240–241.

Für die Präsentation wurde auf weitere Technologien aus dem Computerspielbereich zurückgegriffen. So fand hier der **Kinect**-Sensor für Bewegungserfassung erstmalig in einer VR-Umgebung im Kontext des Kulturerbes Verwendung. Dieser ermöglicht es, dass sich der Nutzer frei vor der Präsentationswand bewegen und über sogenannte Hotspots auf dem Boden bestimmte Funktionen auslösen kann ³³⁷. **1302** Über den Hotspot **Exploration** hat er die Möglichkeit den virtuellen Raum vollkommen frei zu erkunden und ihn mittels Armbewegungen zu rotieren. Hingegen erlaubt der Punkt **Selection and Storytelling** einzelne Objekte mit der Hand auszuwählen, zu denen sodann Informationen in Audioformat gegeben werden. Während eine Person vor der Installation agiert, können Zuschauer an dem Geschehen teilhaben, ohne selbst aktiv zu werden.



□ 337

Installation »Virtual Exploration of the Regolini-Galassi tomb« des Projekts »Etruscanning« in Zusammenarbeit mit »Encoded Visions on Canvas (E.V.O.CA.)« in den Vatikanischen Museen, 2013.

Die innovative Umsetzung moderner Technologien in dieser VR-Anwendung wurde 2012 mit zwei Preisen ausgezeichnet: Im Rahmen der internationalen und von **V-MusT.net** organisierten Ausstellung **Archeovirtual** gewann sie in der Kategorie **New Interaction** den **Public Appreciation Award**. Seit April 2013 ist sie im Vatikanischen Museum sowie im Allard Pierson Museum in Amsterdam

■ 1303

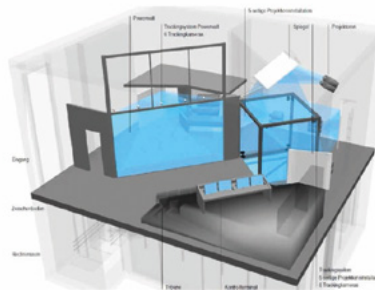
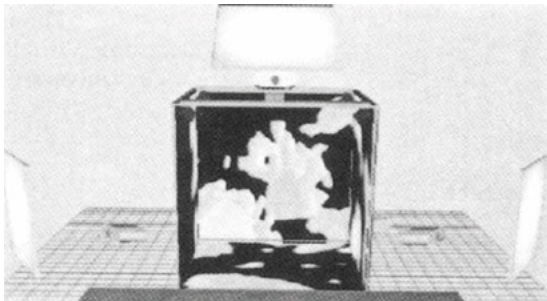
Vgl. Cruz-Neira/Sandin/DeFanti 1993.

■ 1304

»CAVES« sind heute beispielsweise an Forschungsinstitutionen und Rechenzentren installiert, vgl. Webseite der TU Dresden: https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/imm/ktc/die-professur/angebote_einrichtungen_ausstattung/cave?set_language=de; Webseite des Leibniz-Rechenzentrums in München: https://www.lrz.de/services/v2c_de/installationen/5-seiten-projektionsraum/.

als Dauerinstallation zu sehen. Eine solche Initiative könnte auch im Kontext historischer Architektur angewendet werden.

Dieses Ausstellungskonzept erinnert an das Prinzip der **CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment)**, das bereits 1991 von Carolina Cruz-Neira an der University of Illinois in Chicago, USA, entwickelt wurde. ¹³⁰³ Damals wurden die in Echtzeit erfolgten Projektionen auf drei Seitenwände und auf den Boden gerichtet ³³⁸. Heute besteht eine **CAVE** aus einem von fünf Seiten geschlossenen würfelförmigen Raum, auf dessen Boden, Decke sowie drei Seiten die Projektionen erfolgen und damit eine weitaus größere Immersion ermöglichen. ¹³⁰⁴ Ein Vergleich des Aufbaus einer **CAVE** Anfang der 1990er-Jahre und heute anhand diagrammatischer Darstellungen zeigt sehr deutlich, dass zwar die Prinzipien der Projektion im Wesentlichen erhalten geblieben sind, aber der Gesamtaufbau inzwischen komplexer geworden ist.



□ 338

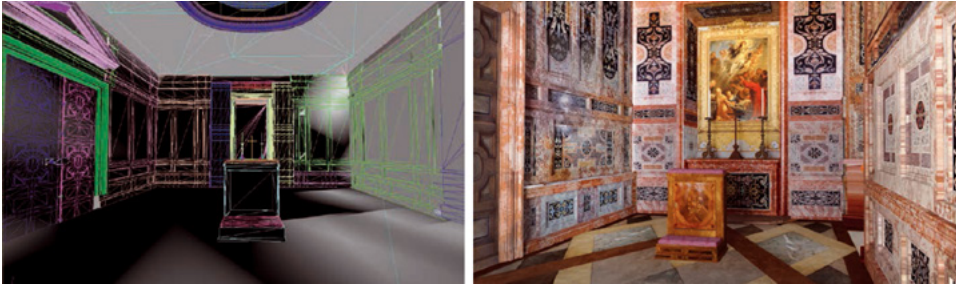
Diagrammatische Darstellung der »CAVE« mit Projektion auf drei Seitenwände und den Boden, Grafik: Milana Huang/University of Illinois, Chicago, ca. 1993 (links); sog. fünfseitige Projektionsinstallation in würfelförmigem Raum im Leibniz-Rechenzentrum, München, Stand 2018 (rechts).

■ 1305

Zu Inhalt, Ziel und Umsetzung des Projekts vgl.: Engel/Guminski 2016.

Der Nutzer einer aktuellen **CAVE** erhält den Eindruck, sich inmitten einer virtuellen Umgebung zu befinden und kann mit dieser anhand verschiedener Geräte (Konsolen, Datenhandschuh und anderem) interagieren. Ein Nachteil zeigt sich hier daran, dass diese Installation auf einen Nutzer ausgelegt ist, da die Projektionen nur auf seiner Perspektive beruhen. Für weitere in der **CAVE** befindliche Personen ist daher das immersive Erleben weitaus geringer.

Dennoch kann eine **CAVE** ein wirkungsvolles Präsentationsmedium sein. Dieses Potential im Bereich der 3D-Modellierung historischer Architektur anwendungsbezogen zu erproben, war das Ziel eines gemeinsamen Seminars von Studierenden der Kunstgeschichte und des Studiengangs Kunst und Multimedia an der Ludwig-Maximilians-Universität in München im Wintersemester 2015/2016. ¹³⁰⁵ Unter der Leitung der Kunsthistorikerin Ute Engel und der Kunstpädagogin Karin Guminski modellierten sie mit der Software **3ds Max** die zwischen 1722 und 1726 entstandene, sogenannte Kammerkapelle der Kurfürstin Therese Kunigunde im Neuen Schloss Schleißheim. Als Grundlage dienten ihnen hierzu Grundrisse sowie Vermessungen. Zudem fotografierten sie den heute noch existierenden, reich geschmückten Raum, um die Aufnahmen in das Geometriemodell einzufügen ³³⁹. Eine Gegenüberstellung von Geometriemodell und texturiertem 3D-Modell verdeutlicht, dass sich der Raumeindruck sowohl durch die integrierten Fotografien als auch durch eine realistische Anordnung der Perspektive radikal verändert und die Architektur sehr real erscheinen lässt.



□ 339

Die sog. Kammerkapelle der Kurfürstin Therese Kunigunde im Neuen Schloss Schleißheim als Drahtgittermodell (links) und als texturiertes 3D-Modell (rechts), Michael Käs Dorf/LMU München, 2015/2016.

So entstand eine fotorealistische, dreidimensionale Visualisierung, die zunächst in der **CAVE** des Leibniz-Rechenzentrums in München vorgeführt wurde und zukünftig als Anwendung mit einer 3D-Brille weiterentwickelt werden soll, um auch einen benutzerspezifischen Zugang zum digitalen Modell zu bieten.

Eine mögliche technische Lösung, die das kollaborative Arbeiten von sich an getrennten Orten befindenden Wissenschaftlern revolutionieren kann, wurde 2017 entwickelt: Der Informatiker Bernd Fröhlich stellte im April 2017 im Rahmen des in Marburg veranstalteten Workshops **Digitale Raumdarstellungen. Barocke Kunst im Kontext aktueller Zugriffe der spatial humanities** ein innovatives Projektionssystem vor. ¹³⁰⁶ Das an der Bauhaus Universität in Weimar entwickelte System ermöglichte es sechs Personen gleichzeitig an zwei unterschiedlichen Orten auf der Welt gemeinsam virtuell zu interagieren. Hierfür wurde ein Prototyp für einen mit 360 Hz ausgestatteten Projektor entwickelt. Dieser kann für drei Personen gleichzeitig, von denen jede ein HMD trägt, jeweils eine eigene Perspektive generieren. An jedem der beiden Orte stehen die Nutzer jeweils vor einer Powerwall und sehen das jeweils andere Team als Ganzkörperprojektion, da sie von Kameras aufgenommen werden. ¹³⁰⁷ In Echtzeit bewegen sich alle Teilnehmer im gleichen virtuellen Raum und können beispielsweise ein eingeblendetes 3D-Modell gemeinsam diskutieren, indem sie es über Handheld-Devices virtuell bewegen.

Diese Technik hat gegenüber der bereits etablierten **CAVE** drei entscheidende Vorteile: Erstens, nicht alle Personen müssen sich am gleichen Ort befinden, wie es in einer **CAVE** erforderlich ist. Zweitens erhalten alle Teilnehmer über die leistungsstarken Projektoren eine eigene Perspektive auf die virtuelle Umgebung, in der sie sich aufhalten – während in einer **CAVE** üblicherweise nur derjenige Nutzer eine korrektive Perspektive hat, der mit einem HMD ausgestattet ist. Drittens können die Teilnehmer ein 3D-Objekt gemeinsam virtuell bewegen, was in der **CAVE** nur einer einzigen Person vorbehalten ist. Diese Technologie eröffnet internationalen Forscherteams damit neue Möglichkeiten der Kommunikation, Interaktion und des kollaborativen Arbeitens am Objekt selbst.

Auch Augmented Reality (AR) ermöglicht das interaktive Agieren mit virtuellen Objekten. Hier entsteht eine sogenannte **Mixed Reality**, da auf einem Bildschirm das reale Bild mit virtuellen Bildern überlagert wird. Das von dem Informatiker Borko Furht 2011 herausgegebene Handbuch zu Augmented Reality gibt einen Überblick zu deren Entwicklung und zeigt die Bandbreite an Technologien und Anwendungsfeldern auf. ¹³⁰⁸ Allerdings ist darin dem Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischen Artefakten nur ein kurzer Abschnitt im Rahmen des Kapitels **Augmented Reality in Exhibition and Entertainment for**

■ 1306

Der Workshop »Digitale Raumdarstellungen. Barocke Kunst im Kontext aktueller Zugriffe der spatial humanities« wurde veranstaltet im Rahmen des Projekts »Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD)« der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Zusammenarbeit mit dem »Deutschen Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg«. Er fand vom 3. bis 4. April 2017 in den Räumen des Deutschen Sprachatlas in Marburg statt, vgl. Ankündigung und Programm des Workshops auf der Webseite des »CbDD«: <https://deckenmalerei.badw.de/tagungen.html>.

■ 1307

Auch bei einer »Powerwall« erfolgt die Projektion von hinten. Hier können Inhalte in sehr hoher Auflösung in Echtzeit gezeigt werden.

■ 1308

Vgl. Furht 2011.

■ 1309

Vgl. Huang et al. 2011, S. 710–712.

■ 1310

Zur Multimedia-Station vgl.: Callebaut 2002, S. 182-183; Pletinckx et.al. 2000, S. 46; Wittur 2013, S. 118–121 u. S. 122–123. Zur digitalen Rekonstruktion der Abteikirche vgl. Abschnitt zu Dokumentation des Erstellungsprozesses in Kapitel 6.2 (→ 469).

■ 1311

Vgl. Grellert 2007, S. 338–339.

the Public gewidmet. ¹³⁰⁹ Dies zeigt, dass dem Bereich keine große Aufmerksamkeit geschenkt wurde, da er möglicherweise noch nicht etabliert ist.

Die bisherigen Anwendungsgebiete von AR im Kontext von historischer Architektur umfassen meist entweder festinstallierte AR-Stationen an historisch bedeutenden Stätten oder Apps für mobile Endgeräte. Ein sehr frühes Beispiel für eine vor Ort aufgestellte Installation ist die an einer Ausgrabungsstätte in Ename 1997 eingerichtete Multimedia-Station **TimeScope 1**. ¹³¹⁰ Auf einem Display sah der Betrachter ein Video der realen Situation, in das ein 3D-Modell der heute nicht mehr existierenden Abteikirche eingeblendet wurde ³⁴⁰. Dadurch erhielt er einen realistischen Eindruck von den einstigen Ausmaßen der Architektur, deren Größendimensionen auf diese Weise eingeschätzt werden konnten. Zusätzlich bot eine Multimediapräsentation weitere Informationen zum Bauwerk.



□ 340

Multimedia-Station »TimeScope1« am ehemaligen Standort der Abteikirche in Ename, auf deren Bildschirm eine halbtransparente, digitale Rekonstruktion des Bauwerks auf die Ansicht der realen Situation eingeblendet wird, Foto: pam Ename, 1997.

Im Kontext der Erinnerung an zerstörte synagogale Architektur wurden 2006 in Kaiserslautern am ehemaligen Standort der Synagoge fünf Stelen mit einer Art Fernrohr aufgestellt ³⁴¹. ¹³¹¹ Die Geräte erinnern in ihrer Erscheinungsweise an Münzfernrohre und bieten den Besuchern des heutigen Gedenkorts an drei Stellen einen Blick in das Innere des digital rekonstruierten Gotteshauses und an zwei Positionen jeweils Außenansichten.



□ 341

Am ehemaligen Standort der Synagoge Kaiserslautern aufgestellte Stelen, die einen Blick in das Innere des digital rekonstruierten Gotteshauses bieten, 3D-Modell, TU Darmstadt, 2006.

Wie bereits in **Kapitel 3.3 (→ 125)** im Zusammenhang mit nicht mehr existierender Architektur vorgestellt, wurden 2010 in der Ruine der ehemaligen Klosterkirche Cluny III vier schwenkbare Bildschirme platziert. So können die Besucher anhand eines am Bildschirm eingeblendeten 3D-Modells das einstige Erscheinungsbild der Kirche vor Ort betrachten.

AR-Anwendungen für mobile Endgeräte sind weitaus komplexer, im Hinblick darauf, dass sie auf GPS-Daten (Global Positioning System) und das Internet zugreifen müssen. Eines der ersten Projekte dieser Art war **Archeoguide (Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide)**. **1312** Realisiert wurde es um 2001 im Rahmen eines internationalen Konsortiums von Forschungsinstitutionen (Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung; Zentrum für Graphische Datenverarbeitung e. V., ZGDV, Darmstadt; Centro de Computação Gráfica, Guimarães, Portugal), dem griechischen Kultusministerium sowie Technologiefirmen (Intracom S.A., Athen, Griechenland; A. E. C. 2000, Meletole, Italien; Post Reality, Griechenland). Ziel war die Entwicklung von »a well-designed mobile system [which] can provide a personalized electronic guide to outdoor archaeological sites, help users navigate and make the most of their visit, and enable the collection, exploitation, and updating of archaeological data on any given site.« **1313**

Konkret wurde dieses Konzept für den antiken Ort Olympia in Griechenland umgesetzt, da es sich hier um einen kulturell bedeutenden Ort handelt, der heute nur in Ruinen erhalten ist. Auf Grundlage von Architekturzeichnungen und archäologischen Befunden wurden 3D-Modelle der Bauwerke erstellt, die virtuell in das Realbild eingeblendet wurden. Dies vermittelte den Besuchern einen Einblick in die einstige Erscheinungsweise des Ortes **342**. Darüberhinaus wurde auch eine Animation erstellt, in der Avatare im Stadion um die Wette laufen. Auf diese Weise konnte zudem die Nutzung der historischen Anlage anschaulich vor Augen geführt werden.

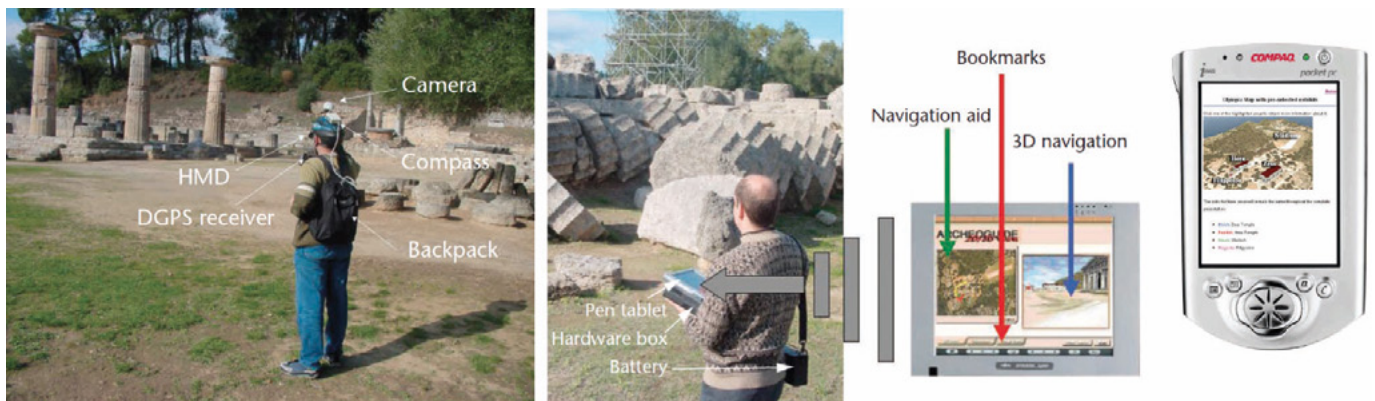


□ 342

Ansicht der Ruine des Heratempels in Olympia, Griechenland, (links) und in das Realbild eingeblendete 3D-Rekonstruktion des Bauwerks (Mitte), Animation von um die Wette laufenden Avataren im antiken Stadion (rechts), »Archeoguide«, um 2001.

Insgesamt entwickelte das Projektteam drei unterschiedliche mobile Systeme für die Nutzung des **Archeoguide**, die damals aus einigen Komponenten bestanden und heute nur ein einziges internetfähiges Smartphone oder Tablet-Computer mit GPS-Funktion umfassen würde. So war ein Besucher Anfang der 2000er-Jahre mit einem Rucksack ausgestattet, um einen hochwertigen Laptop von **Toshiba** bei sich zu tragen sowie eine Batterie, WLAN-Hardware, GPS-Empfänger und ein Modul zur Energieverteilung **343**. Auf dem Kopf trug er einen Fahrradhelm, auf den eine kleine Web-Kamera mit USB-Anschluss und ein digitaler Kompass montiert waren. Zum Betrachten der AR-Bilder diente das **Glasstron HMD** von **Sony**. Eine andere Variante für das mobile System umfasste statt des HMD ein sogenanntes **Pen-Tablet** von **Fujitsu**, ausgestattet mit einem druckempfindlichen Bildschirm. Mittels eines speziellen Stifts konnte

der Nutzer damit interagieren und sich einen Umgebungsplan sowie die 3D-Rekonstruktionen anzeigen lassen. Ein Audiokommentar gab zusätzliche Informationen. In einer an der Unterseite des Tablets montierten Box befanden sich ein GPS-Empfänger, digitaler Kompass und ein kabelloses Kommunikationssystem. Eine weitere Alternative stellte ein sogenannter **Palmtop**-Computer dar mit kleinem Bildschirm und einer Batterieleistung von einer Stunde. Die Rückmeldungen der Tester der einzelnen Varianten waren grundsätzlich sehr positiv, vor allem in Hinsicht auf den überzeugenden Realismus des HMD, der anschaulichen Animationen und der Möglichkeit eines individuell wählbaren Rundgangs. Kritik wurde gegenüber dem kleinen Bildschirm des **Palmtop**-Computers geäußert sowie zum unkomfortablen Helm.



□ 343

Varianten für technische Ausrüstung zur Nutzung des mobilen »Archeoguide« vor Ort in Olympia: Besucher mit Fahrradhelm, Kamera, Kompass, HMD, GPS-Empfänger, Laptop und Rucksack (links), Nutzer mit Pen-Tablet inklusive Hardwarebox und Batterie (Mitte), sogenannter »Palmtop«-Computer (rechts), »Archeoguide«, um 2001.

Heute ist eine mobile AR-Anwendung mit leistungsstarken Smartphones oder Tablet-Computern weitaus einfacher zu handhaben. So wurde im Kontext des kulturellen Erbes in den letzten Jahren eine Vielzahl an Apps entwickelt.

Als ein frühes Beispiel sei hier exemplarisch das 2011 realisierte App-Projekt **Ludwig II. – Auf den Spuren des Märchenkönigs** vorgestellt, das für die Vermittlung von Wissen zu Bauwerken von König Ludwig II. von der Bayerischen Staatsbibliothek (BSB) in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen konzipiert wurde. ¹³¹⁴ Beispielsweise kann ein Spaziergänger im Kaiserhof der Residenz in München mittels der App den 1868 bis 1869 auf dem Dach des Festsaalbaus errichteten Wintergarten betrachten, der auf dem Smartphone-Bildschirm als historisches Foto in das reale Kamerabild eingeblendet wird ³⁴⁴. ¹³¹⁵ Die beeindruckende Glasarchitektur wurde nur wenige Jahre nach dem Tod Ludwig II. bereits wieder abgebaut. Heute existieren keine baulichen Überreste mehr davon. Die AR-App bietet hier einen erkenntnisgenerierenden Mehrwert für den Nutzer, denn durch die mediale Überblendung des einstigen Wintergartens verändert sich der Eindruck des Kaiserhofs vollkommen. Die Einblendung eines virtuell begehbaren

■ 1314

Vgl. Video »Ludwig II. – Auf den Spuren des Märchenkönigs« zur App im »YouTube«-Kanal der BSB München, veröffentlicht am 26.09.2011: https://www.youtube.com/watch?v=BZr_gGW-5QOc. Auf der Webseite der BSB ist die App nicht mehr verlinkt: <https://www.bsb-muenchen.de/recherche-und-service/apps/>.

■ 1315

Für Informationen zum von Ludwig II. gebauten Wintergarten vgl.: Faltlhauser 2006, S. 290.

■ 1316

Im Rahmen des von Gerd Hirzinger, Direktor des Instituts für Robotik und Mechatronik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen, initiierten Projekts »Virtuelles Bayern« wurde der Innen- und Außenraum des Wintergartens digital rekonstruiert. Durch das sehr detailliert dargestellte Innere fliegen sogar Schmetterlinge. Vgl. Hirzinger et al. 2016, S. 328, Abb. 13.

■ 1317

Das Potential zur Überprüfung und Annotation von Anwendungen auf mobilen Endgeräten wird genannt in: Di Benedetto et al. 2014, S. 27.

■ 1318

Vgl. Murphy/McGovern/Pavia 2007. Auf das in dieser Publikation vorgestellte Projekt zur 3D-Visualisierung von klassizistischer Architektur in Dublin wird in einem folgenden Abschnitt des vorliegenden Kapitels näher eingegangen.

■ 1319

Vgl. Antonopoulou/Bryan 2017; Fai et al. 2011, Abschnitt »2. BIM and the Heritage Documentation«.

■ 1320

Vgl. Antonopoulou/Bryan 2017. Zur Entwicklung, Charakteristika, Potentialen und Einsatzmöglichkeiten von »BIM« und »Historic BIM« vgl. ebd., Abschnitt »1 Introduction«.

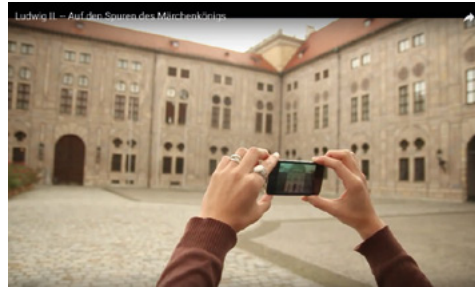
■ 1321

Die darin vorgestellten Projekte wurden im Vereinigten Königreich durchgeführt und umfassten z. B. ein Straßenbauprojekt, das durch ein archäologisch bedeutendes Gebiet in Yorkshire führte, eine Laserscan-Erfassung und 3D-Modellierung der denkmalgeschützten Wartehalle der Waverley Railway Station in Edinburgh, eine Laserscan-Erfassung sämtlicher öffentlich zugänglicher Räume und der Fassade des Natural History Museum in London zur Verbesserung der Informationen zur Baugeschichte des Gebäudekomplexes, vgl. Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »Case Studies«.

■ 1322

Für Informationen zur Entwicklung von »BIM« vgl.: Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »1 Introduction«.

3D-Modells der Glasarchitektur könnte darüber hinaus eine weitere interaktive Komponente bieten. 1316



□ 344

Anwendung der AR-App »Ludwig II. – Auf den Spuren des Märchenkönigs« vor Ort im Kaiserhof der Residenz in München mit am Smartphone-Bildschirm eingeblendetem ehemaligen Wintergarten, Still aus dem gleichnamigen Video im »YouTube«-Kanal der BSB München, 2011.

Insbesondere im Bereich des Tourismus, aber auch in Museen stellen AR-Anwendungen für mobile Endgeräte eine zukunftsfähige Methode zur Vermittlung dar. Für die Forschung im Kontext historischer Architektur bzw. des Kulturerbes allgemein können Smartphones und Tablet-Computer zukünftig wichtige Geräte werden. Mit entsprechenden technischen Werkzeugen ausgestattet, kann beispielsweise die Plausibilität von 3D-Modellen vor Ort überprüft und annotiert werden. 1317

Building Information Modelling (BIM)

Ende der 2000er-Jahre wurde die Methode des Building Information Modelling (BIM), die bislang bei Neubauprojekten ihre Anwendung fand, auch im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur herangezogen. 1318 Zwar existieren bereits verschiedene Begriffe wie Historic BIM, HBIM, BIM for heritage, die im Wesentlichen das Gleiche meinen, jedoch ist die Methode im Kontext historischer Architektur im Speziellen und Kulturerbe im Allgemeinen, noch nicht etabliert. 1319

Im Jahr 2017 gab die englische Denkmalschutzbehörde Historic England eine einführende Publikation der Autoren Sofia Antonopoulou und Paul Bryan zu diesem Thema heraus, um Experten im Kulturkontext und in der Forschung die Potentiale für die Anwendung näher zu bringen. 1320 Darin wird der Terminus Historic BIM verwendet, der daher auch im Folgenden Verwendung findet. Die Autoren erläutern darin die Entstehungsgeschichte von BIM und gehen ausführlich auf dessen Funktionsweise ein. Zudem stellen sie Möglichkeiten und Empfehlungen zur Verwendung der Methode und Verwaltung von BIM-Daten dar sowie bereits mit BIM durchgeführte Projekte im Bereich des Kulturerbes. 1321 Eine Übersicht über Standards, weiterführende Informationen und ein Glossar vervollständigen diese grundlegende Einführung und machen sie zu einem informativen Kompendium, das auch für Kunsthistoriker relevant ist.

Die Ursprünge von BIM reichen in die Anfangszeit der 3D-Modellierung in den 1980er-Jahren zurück. 1322 Jedoch handelt es sich nicht um eine bestimmte Technologie, vielmehr ist BIM eine Methode, die das Informations-

■ 1323
Ebd.

■ 1324
Zur Software für »BIM« vgl.: Ebd.,
Abschnitt »3 Managing BIM Data«. Auf
spezifische Dateiformate, die »BIM«-
Softwarepakete unterstützen, wird
eingegangen in: ebd.

■ 1325
Ebd., Abschnitt »1.1 Building
Information Modelling«.

■ 1326
Besonderheiten von »BIM« erläuterte
Fabian Zimmermann der Autorin in
einem Gespräch am 19.01.2018.

management bei Entwurf und Konstruktion unterstützt, denn »BIM constitutes a technology-enabled, collaborative process for coordinated and structured information management.« 1323 Deren Umsetzung und Anwendung ermöglichen unterschiedliche kommerzielle Softwarepakete wie **ArchiCAD** von **Nemetschek/Graphisoft**, **Allplan** von **Nemetschek**, **MicroStation** von **Bentley** oder **Navisworks** von **Autodesk**. 1324

Im Speziellen zeichnen **BIM** folgende Faktoren aus wie Sofia Antonopoulou und Paul Bryan erläutern:

»BIM technology involves the use of parametric objects assembled to provide a virtual representation of a building or facility (asset). Parametric BIM objects represent various architectural features, structural elements, systems, other components and spaces, and are intelligent carriers of information. Parametric objects are created using geometric definitions, associated data and rules that define their behaviour, ie how they interact with other objects or respond to changes in their parameters. In parametric modelling, changes in design will automatically update the assembly and its components so that rules and object definitions are always valid. In a BIM environment, all views of the assembly [two-dimensional (2D), three-dimensional (3D) and schedules] are coordinated; therefore, any changes are automatically reflected in all views, resulting in the consistent production of construction information. In this way, BIM technology combines the advantages of 3D digital geometric representation with a detailed understanding of how a building is constructed and how it performs.« 1325

Wesentlich ist insofern, dass **BIM** eine Simulation der Wirklichkeit erstellt, kein Abbild der Wirklichkeit. Denn sämtlichen mit dieser Methode erstellten Objekten, werden bestimmte Grundregeln und Eigenschaften zugeordnet, die deren Verhalten und wechselseitige Reaktionen innerhalb eines Objektgefüges bestimmen. Die Besonderheit liegt also darin begründet, dass sozusagen jedes Objekt weiß was es ist, welche Eigenschaften es hat und wie es mit anderen interagiert. 1326 So wird beispielsweise eine Fehlermeldung angezeigt, wenn ein Rohr durch eine Wand führen soll, ohne dass vorher ein Loch dafür definiert wurde. Es ist möglich eine komplexe Lichtsimulation zu erstellen, da für jede Oberfläche genau festgelegt ist, wie sie erscheinen soll, wenn ein bestimmtes Licht auf sie trifft. Alle Objekte sind geometrisch modelliert und deren Texturen werden nicht mehr appliziert, sondern sind inhärent. Auf diese Weise entstehen sehr detaillierte 3D-Modelle, die mit Metadaten – wie historische Bedeutung, Stil, Alter, Materialspezifika, mechanische Besonderheiten – angereichert und mit externen Dokumenten verknüpft werden können und damit die Simulation

■ 1327

Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »1 Introduction«.

■ 1328

Ebd.

■ 1329

Vgl. Fai et al. 2011.

■ 1330

Ebd., Abschnitt »3 Batawa Project«.

von Erscheinungsweise, Entwicklung und Eigenschaften von Objekten ermöglichen. Auf dieser Grundlage stellen mit **BIM** generierte digitale Modelle »a central repository for all historic asset information« ¹³²⁷ dar.

Auch Langzeitarchivierung ist im Kontext von **BIM** ein wichtiges Thema, das von der Community diskutiert wird, insbesondere im Hinblick auf Metadaten, IT-Anforderungen sowie sich für die Archivierung eignende Dateiformate. Eine wichtige Voraussetzung ist dabei die beständige Aktualisierung der Informationen zu einem Bauwerk in **BIM**, das insofern kuratiert werden muss. Indem die einzelnen im Laufe eines Projekts entstandenen Versionen des Modells archiviert werden, kann der Entstehungsprozess dokumentiert und damit nachvollzogen werden. Auf die wesentliche Bedeutung der Dokumentation des Erstellungsprozesses eines wissenschaftlich erarbeiteten 3D-Modells wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) eingegangen. Darüber hinaus erweist sich **BIM** als ideal für kollaboratives und multidisziplinäres Arbeiten laut Sofia Antonopoulou und Paul Bryan:

»BIM offers a robust framework for a multi-disciplinary collaborative process of information production and exchange, resulting in the creation of a reliable, shared, knowledge resource to be used as the basis for decision-making, communication, planning and consultation.« ¹³²⁸

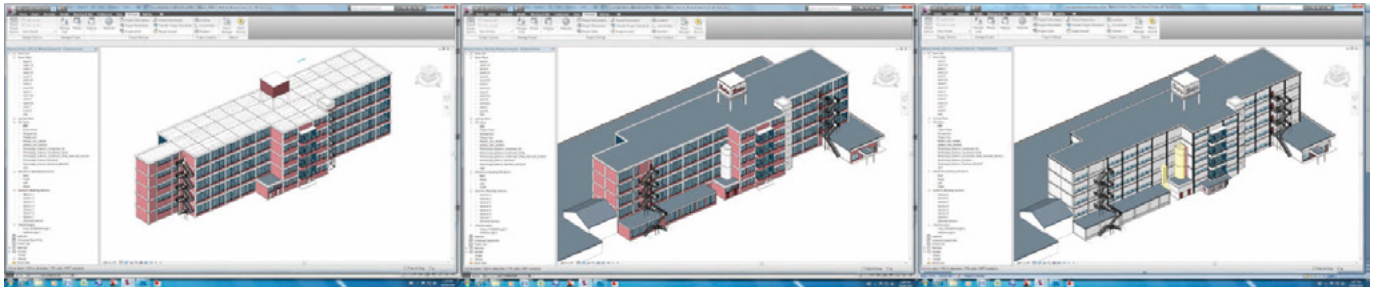
Damit ist **BIM** prädestiniert für den Einsatz im Bereich des Kulturerbes, da hier meist unterschiedliche Disziplinen an 3D-Projekten beteiligt sind, wie an sämtlichen in der vorliegenden Arbeit bereits vorgestellten und analysierten Initiativen deutlich wurde. Bei der Anwendung im Kontext von Neubauten konnte zudem eine erhöhte Effizienz, Kostenreduzierung und bessere Konstruktionsplanung erzielt werden – Faktoren, die auch für Projekte zum kulturellen Erbe relevant sind. Ein weiteres Potential der Methode liegt in der Möglichkeit auch bauliche Entwicklungen über die Zeit wiederzugeben. Dies ist insbesondere von großer Relevanz für die Darstellung der Baugeschichte von historischen Gebäuden.

Umgesetzt haben dies beispielsweise die an der School of Architecture and Urbanism der Carleton University in Ottawa, Kanada, tätigen Architekten Stephen Fai, Katie Graham, Todd Duckworth und Nevil Wood in Zusammenarbeit mit Ramtin Attar von **Autodesk Research**. ¹³²⁹ Für den ehemaligen Industriort Batawa in Kanada erstellten Fai et al. ein **BIM**-Modell mit folgendem Ziel:

»Our goal in documenting the heritage assets of Batawa is to develop a BIM that will serve as a digital archive to help in conserving the extant heritage buildings and planning and to test future development proposals within the context of these historic buildings and plans.« ¹³³⁰

Als Grundlage dienten ihnen sowohl Vermessungen aus mehreren Jahrzehnten, die somit den jeweils aktuellen Stand dokumentierten, als auch Dokumente aus dem Archiv des Orts, die vornehmlich handgezeichnete und

computertechnisch erzeugte Pläne umfassten sowie Texte und Fotografien ab Gründung der Siedlung im Jahr 1939. In aufwändiger Arbeit konnten sämtliche Daten erstmals mittels **AutoCAD Civil 3D** gebündelt werden. Auf Basis von Fotografien und Konstruktionszeichnungen wurde die Schuhfabrik von Batawa in vier verschiedenen Zeiträumen mit der Software **Revit** visualisiert, die die Jahre 1939, 1960 und 1978 umfassen sowie einen Plan für die zukünftige Umgestaltung des Orts ³⁴⁵. Bildschirmfotos der 3D-Modelle in der **BIM**-Software geben einen Einblick in die komplexe Struktur des Programms.



□ 345

Visualisierung der Schuhfabrik in Batawa in unterschiedlichen Zeiträumen mittels der »BIM«-Software »Revit«, Stephen Fai, Katie Graham, Todd Duckworth, Nevil Wood/Carleton University und Ramtin Attar/»Autodesk Research«, 2011.

Im Hinblick auf die Visualisierung einer Baugeschichte erfüllte das Projekt folgenden Zweck, der auch auf andere Arbeiten im Bereich der Rekonstruktion historischer Architektur übertragbar ist: »The Batawa Model serves to remind us of what is lost, to recognize what remains, and to foster a vital architectural future that is mindful of history.« ¹³³¹

■ 1331

Ebd., Abschnitt »3.2 Time-based Representation of Historical Documents«.

Eine Besonderheit von **BIM** ist, dass das modellierte Bauwerk und dessen zugehörige Informationen unterschiedlich visualisiert werden können, sei es in 3D oder 2D, als Zeichnung oder in Form von Listen. ¹³³² Sobald neue Daten eingegeben werden, passen sich die jeweiligen Visualisierungen automatisch an, sodass Veränderungen sofort wahrnehmbar sind und überprüft werden können. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass die ausgegebenen Informationen immer konsistent sind.

■ 1332

Zur Funktionsweise von »BIM« und »Historic BIM« vgl.: Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »2 How BIM Works«.

Im Wesentlichen basiert die Erstellung von 3D-Modellen mit **BIM** auf dem Prinzip der parametrischen Modellierung. ¹³³³ Dies bedingt das Vorhandensein von Geometriedaten und zugehörigen Informationen zum Objekt, das wiederum durch bestimmte Parameter und Grundregeln definiert ist. Im Fall von historischen Bauwerken, die nicht mehr oder nur noch in Teilen existieren, ist dies allerdings schwer umsetzbar, da wesentliche Informationen fehlen sowie Details von Experten interpretiert und Hypothesen aufgestellt werden müssen. Aus diesem Grund empfehlen Sofia Antonopoulou und Paul Bryan explizit für **Historic BIM** folgende Vorgehensweise:

■ 1333

Für Informationen zum Prinzip des parametrischen Modellierens vgl.: ebd.

»Data voids have implications in the modelling process, where educated guesses may have to be made about certain aspects of the asset's geometry. According to recom-

mended BIM processes, all information (delivered/exchanged) must be verified and validated, allowing zero ambiguity. If any part of the model is based on assumptions because of data voids or incomplete information, this should be explicitly marked to avoid ambiguity and future confusion, misinterpretation and ill-informed decision-making.« ¹³³⁴

■ 1334
Ebd.

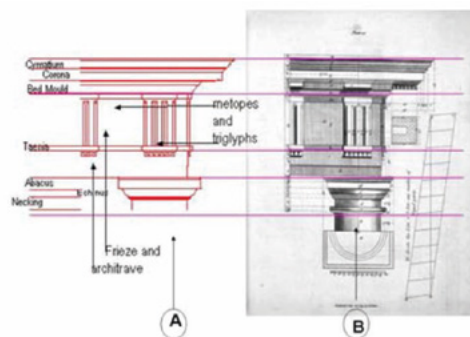
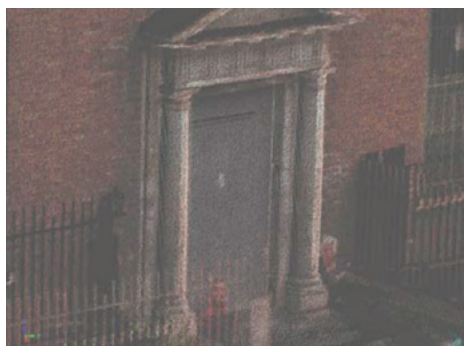
■ 1335
Hintergrundinformationen zum 3D-Projekt sind zu finden in: Murphy/McGovern/Pavia 2007.

■ 1336
Die Ziele und Umsetzung des 3D-Projekts, die Baugeschichte der Synagoge sowie die Potentiale von »BIM« aus Sicht der Projektbeteiligten werden umfassend erläutert in: Boeykens/Himpe/Martens 2012.

■ 1337
Ebd. S. 733.

Insofern schließt diese Methode für die Modellierung von historischer Architektur die Kennzeichnung von unsicherem Wissen von Anfang an in den Rekonstruktionsprozess mit ein.

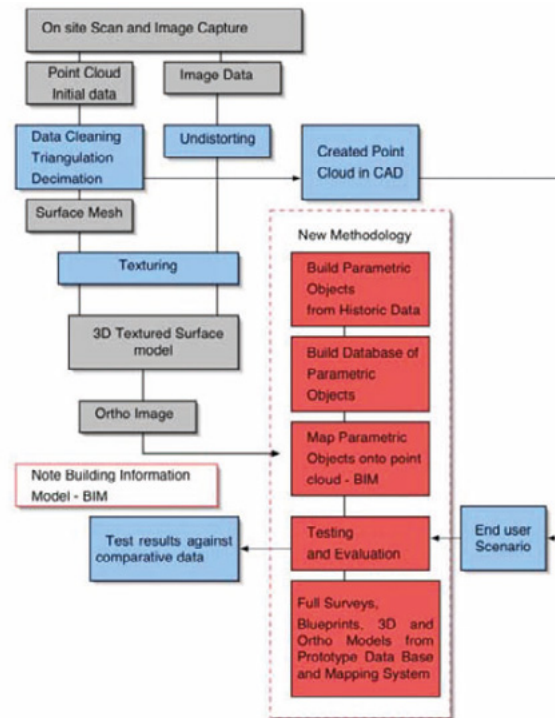
Mit die ersten, die **Historic BIM** zur Erforschung historischer Architektur einsetzten, waren die Bauingenieure Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia am Dublin Institute of Technology des Trinity College in Dublin, Irland. ¹³³⁵ Gegenstand des 3D-Projekts waren noch heute existierende Stadthäuser in klassizistischer Architektur aus dem 17. Jahrhundert in Dublin, die mittels Laserscans und digitaler Fotografien erfasst wurden. Die daraus resultierende Punktwolke wurde mit Fototexturen ergänzt. Darüber hinaus wurden einzelne architektonische Elemente wie die verbaute Säulenordnung auf Basis von historischen Musterbüchern mit **ArchiCAD** parametrisch modelliert und in das Geometriemodell der Punktwolke eingepasst ³⁴⁶. Auf diese Weise konnte mittels **BIM** – in einem Gesamtsystem, in dem alle Elemente miteinander in wechselseitiger Beziehung zueinander stehen – überprüft werden, inwiefern die in den Musterbüchern vorliegenden Zeichnungen im tatsächlichen Bauwerk Anwendung fanden bzw. modifiziert wurden ³⁴⁷. In diesem 3D-Projekt wurde somit nur ein kleiner Anteil an architektonischen Elementen auf Basis von historischen Quellen mit **Historic BIM** rekonstruiert.



□ 346

Punktwolke eines mittels Laserscan erfassten, klassizistischen Bauwerks in Dublin (links) und parametrisch modellierte Säulenordnung auf Basis historischer Musterbücher (rechts), Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia/Trinity College Dublin, 2007.

Demgegenüber sei im Folgenden ein auf **Historic BIM** basierendes 3D-Projekt exemplarisch vorgestellt, das ein heute nicht mehr existierendes Gebäude zum Gegenstand der digitalen Rekonstruktionen hat. Es handelt sich dabei um die im Jahr 2012 von den Architekten Stefan Boeykens und Caroline Himpe von der KU Leuven sowie Bob Martens von der TU Wien vorgestellte Arbeit zur Synagoge im Stadtteil Vinohrady in Prag. ¹³³⁶ Ziel war es, mit der Erstellung von »intelligent, parametric objects« ¹³³⁷ das Potential von **BIM** auszuschöpfen und damit Objekte zu generieren, die auch in anderen 3D-Projekten verwendet werden können.



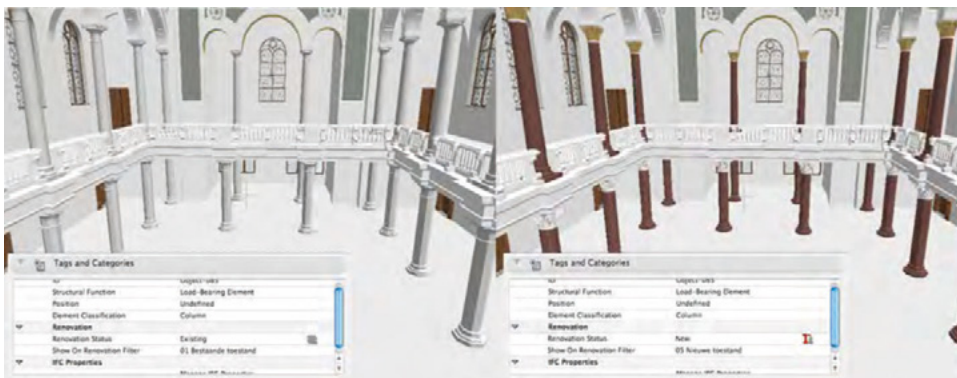
□ 347

Diagramm zum Workflow bei der Anwendung von »Historic BIM« in der Rekonstruktion klassizistischer Architektur in Dublin, Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia/Trinity College Dublin, 2007.

Für die digitale Rekonstruktion des im Jahr 1951 abgerissenen jüdischen Gotteshauses standen historische Text- und Bildquellen zur Verfügung, die überwiegend aus dem Archiv des Jüdischen Museums in Prag stammten. In einem ersten Schritt wurden die historischen Materialien gesichtet und in einer mit Excel erstellten zentralen Liste abgelegt, die projektintern als »metafiler« **1338** bezeichnet wurde und als Grundlage für die 3D-Modellierung diente. Neben Informationen zu unter anderem Quellentyp, Erstellungskontext, Datum, Ort, Ersteller waren auch die jeweiligen Wahrscheinlichkeitsgrade der vorliegenden Quellen verzeichnet. Zur Reduzierung der Rechenzeit wurde in ArchiCAD zunächst ein Grundgerüst des Bauwerks modelliert und erst später durch Details ergänzt, wobei die Rekonstruktionen des Äußeren und des Inneren getrennt voneinander vorgenommen wurden. Aufgrund der teilweise lückenhaften Informationslage zum Bauwerk, mussten für bestimmte Details Hypothesen aufgestellt werden. Um diese kenntlich zu machen, wurden mehrere Versionen von Renderings ausgegeben **348**: abstrakte Darstellungen ohne jegliche Vermutungen zur Materialität sowie texturierte Abbildungen als »make-believe mockup to attempt to recreate a plausible reality.« **1339**

■ 1338
Ebd. S. 731.

■ 1339
Ebd. S. 736.



□ 348

Ansichten des Innenraums der digital rekonstruierten Synagoge Vinohrady in Prag ohne und mit Texturen, Stefan Boykens und Caroline Himpe/KU Leuven und Bob Martens/TU Wien, 2012.

Rückblickend zeigten die Autoren mehrere Vorteile und zukünftige Potentiale von **(Historic) BIM** auf. Als wesentlich identifizierten sie die Möglichkeit mit **BIM** ein Modell zu verwalten, das je nach Zweck und Zielrichtung in unterschiedlichen Formen ausgegeben werden kann. Zudem ist ein Wechsel zwischen verschiedenen Ansichten jeder Zeit möglich. Zur Nutzung von **Historic BIM** seien nach Ansicht der Autoren bestimmte Anpassungen notwendig, beispielsweise um Objekte den spezifischen Bedürfnissen der Ersteller anpassen zu können. Dies beträfe auch den in der Software implementierten **Renovation Filter**, der in seiner aktuellen Ausrichtung begrenzt sei, da derzeit architektonischen Elementen nur die Eigenschaften »existing, to be demolished and new« **1340** zugeordnet werden können. Jedoch wäre es zukünftig denkbar, weitere Spezifika hinzuzufügen, um beispielsweise unterschiedliche Bauphasen auszuzeichnen. Diese Ergänzung hätte einen großen Mehrwert für 3D-Projekte, deren Gegenstand historische Architektur ist.

Die beiden Architekten Sanne Maekelberg und Stefan Boeykens sehen in **BIM** einen Wendepunkt im Hinblick auf die Methodenanwendung der digitalen Rekonstruktion im Bereich des Kulturerbes. **1341** Dies liegt nach ihrer Ansicht insbesondere an dem holistischen Anspruch von **BIM**, sämtliche Ansichten (2D/3D), Ausgabeformate (Plan/Liste) und zugehörige Dokumente in einem zu umfassen. Hier ist sicherlich noch großer Handlungsbedarf bezüglich der Bekanntmachung und Bewerbung von **Historic BIM**. Ähnlich wie in der Publikation der britischen Denkmalschutzbehörde, könnten auch im deutschsprachigen Raum Empfehlungen ausgesprochen und Best Practice-Beispiele vorgestellt werden, um die vielversprechenden Möglichkeiten der innovativen Methode in die Community zu tragen.

Potentiale für die Zukunft

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit interviewte die Autorin mehrere Experten im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur und befragte sie nach deren Einschätzungen zu bislang erfolgten wesentlichen Entwicklungen beziehungsweise Fortschritten in dem Feld sowie zu zukünftigen Potentialen. Ein grundsätzlicher Fortschritt bestehe vor allem im Kostenrückgang für Computertechnik, wodurch die Kosten des gesamten Workflows einer 3D-Rekonstruktion in den letzten Jahren signifikant gesunken seien. **1342** Bernard Frischer betont, dass dies vor allem dazu beigetragen habe, dass bestimmte Technologien allgegenwärtig werden und immer mehr Menschen deren Funktionen erlernen. Im Rückblick sieht Bob Martens insbesondere in den weiterentwickelten CAD-Programmen einen immensen Fortschritt auch im Zusammenhang mit der zunehmenden Rechenleistung der Computer. **1343** Hier sei vor allem die stark verbesserte und heute sehr realistisch erscheinende Lichtsimulation zu nennen. **1344** Auch im Kontext von Präsentationen in Ausstellungen hat sich die Technik zunehmend verbessert. **1345**

Während 3D-Modelle bislang vielfach der Illustration dienten, würden sie, nach Meinung der Experten, in Zukunft »hoffentlich« **1346** – wie Dominik Lengyel sich ausdrückt – als Forschungswerkzeug anerkannt und eingesetzt werden. **1347** Im wissenschaftlichen Kontext skizziert Marc Grellert hierfür folgendes Anwendungsszenario:

■ 1340
Ebd. S. 733.

■ 1341
Vgl. Maekelberg/Boeykens 2017,
Abschnitt »HBIM«.

■ 1342
Zum Kostenrückgang und dessen Folgen äußerte sich Bernard Frischer im Interview, vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 8.

■ 1343
Vgl. Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, Frage 15.

■ 1344
Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 9; Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 10.

■ 1345
Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 9.

■ 1346
Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 10.

■ 1347
Vgl. ebd.; Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 9.

»Dabei steht vielleicht nicht eine Rekonstruktion im Mittelpunkt, es geht also nicht unbedingt darum zu zeigen, wie etwas ausgesehen hat, sondern es geht eher darum, Fragestellungen, die im Rahmen einer Forschungsarbeit auftauchen, zu untersuchen. Hier wird es in der Regel nicht auf atmosphärische Rekonstruktionen ankommen, sondern auf abstrakte Modelle, an denen etwas simuliert wird.« **1348**

■ 1348

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 9**.

■ 1349

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 11**.

■ 1350

Die Beantwortung technischer Fragen mit 3D-Modellen nennt Paul Reilly im Interview, vgl. ebd.

■ 1351

Anwendungsmöglichkeiten nennt beispielsweise Bernard Frischer, der in folgender Publikation hierzu insbesondere auf das Projekt »Rome Reborn« eingeht, vgl. Frischer 2014, S. 155. Ein mögliches Anwendungsszenario schildert auch Andy Walter im Interview in Bezug auf die Rekonstruktion von »Saxon Minsters« im Vereinigten Königreich, vgl. **Appendix 2.1** (→ 641), Interview mit Andy Walter, **Frage 9**.

■ 1352

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 11**.

Für diese Art der wissenschaftlichen Arbeit wäre sicherlich ein versierter Umgang mit entsprechender Software eine Grundvoraussetzung, die beispielsweise Kunsthistoriker in der Regel bislang noch nicht vorweisen können.

Laut Paul Reilly werde es einerseits weiterhin »visual hypotheses to stimulate thoughts« **1349** geben und andererseits werden auch ingenieurstechnische und mechanische Fragen mit 3D-Modellen beantwortet werden, die sich beispielsweise damit beschäftigen, ob das rekonstruierte Bauwerk in dieser Form tatsächlich so gebaut werden könnte. **1350** Er nennt hier zwar nicht die BIM-Methode, jedoch wäre diese für ebenjene Fragestellungen geeignet, vor allem auch deshalb, weil sie für die Planung neuer Gebäude entwickelt wurde.

In diesem Kontext sollte auch die in BIM übliche parametrische Erstellung von digitalen Modellen im Bereich der Erforschung historischer Architektur zukünftig verstärkt diskutiert werden. Denn die Parametrisierung umfasst die automatische Generierung von architektonischen Details und Bauteilen, ein Prinzip, das auf den ersten Blick konträr zu historischer Architektur zu sein scheint – möglicherweise abgesehen von gotischen Kathedralen. Es bestehen zwar teilweise schon Ansätze zur Parametrisierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur, jedoch sind diese noch in ihren Anfängen. **1351**

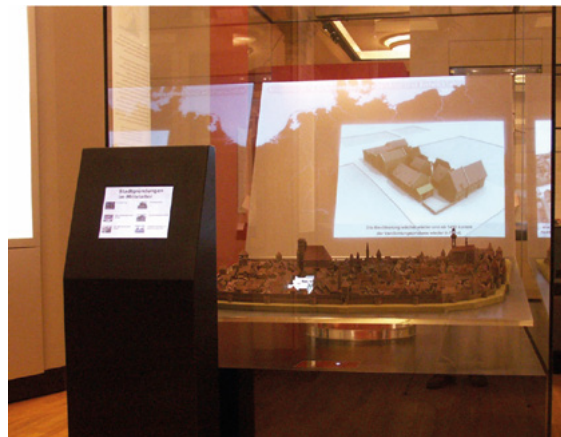
Nach Paul Reillys Meinung wären im Bereich der 3D-Rekonstruktion auch generative Fertigungsverfahren, wie sie aus der Industrie bekannt sind, möglich, und würden damit grundlegende Diskussionen auslösen:

»Finally, of course, full material instantiations (additive manufacturing) is a possibility and raises very big ethical and disciplinary issues surrounding reconstruction (which phase and states matter most, whose narrative is rendered physical?), preservation and the biography of the site/monument.« **1352**

Reilly spricht von der Erstellung von haptischen Modellen auf Basis von 3D-Modelldaten. Hier werden ethische Fragen relevant, sofern es sich dabei nicht nur um einzelne Prototypen – im Sinne von **Rapid Prototyping** – handelt, sondern um in größerem Maßstab erstellte 3D-Drucke von bedeutenden Bauwerken. Denkbar wäre dies beispielsweise für Souvenirs zu nicht mehr existierenden oder in Ruinen vorhandenen Kulturstätten. Wie in **Kapitel 5.4** (→ 403) erläutert, wurden im 3D-Projekt zu Synagogen in Wien bereits einzelne, digital rekonstruierte jüdische Gotteshäuser mittels **Rapid Prototyping**-Verfahren als haptische Modelle erstellt. Dies erfolgte für eine Ausstellung und war nicht als

Massenprodukt gedacht. Im Falle von letzterem wäre es in der Tat zu diskutieren, welche Hypothesen zu einem nicht mehr existierenden Bauwerk materialisiert werden sollten.

Generell stellt der 3D-Druck im Bereich der Erforschung historischer Architektur ein potentiell erkenntnisgenerierendes Werkzeug dar, um Hypothesen auch plastisch und haptisch zu überprüfen. Denn mit der Weiterentwicklung der Technik und sinkenden Preisen für hochwertige Druckmaschinen, wird dieses Feld zu nehmend interessant, wie Bob Martens im Interview erläutert. **1353** Im Ausstellungskontext nutzt Marc Grellert in seiner Firma **Architectura Virtualis** das **Rapid Prototyping**-Verfahren bereits seit einigen Jahren, um digital rekonstruierte Bauwerke den Besuchern auch plastisch vor Augen zu führen. **1354** Hier können auch hybride Exponate aus haptischem 3D-Druck und digitalem Modell entstehen, wie in der 2006 realisierten Ausstellungsstation zu mittelalterlichen Gründungsstädten, die **Architectura Virtualis** für das Deutsche Historische Museum in Berlin erarbeitete **349**. **1355**



□ 349

Installation zum Thema mittelalterliche Gründungsstädte für das Deutsche Historische Museum in Berlin mit einer Kombination aus haptischem »Rapid Prototyping«-Modell und digitalem Modell, »Architectura Virtualis«, 2006.

Von technischer Seite sehen die Experten vor allem Echtzeitmodelle und damit zusammenhängend insbesondere VR und AR als auch in Zukunft wesentliche Konzepte und gewinnbringende Technologien für digitale Rekonstruktionen. **1356** Richard Beacham betont dabei den interaktiven Zugang zu 3D-Modellen, der vielfältige Möglichkeiten für die Vermittlung eröffnet. **1357** Generell sieht er ein großes Potential in virtuellen Welten und deren Erkundung mit neuen Technologien: »My prediction is that the virtual worlds phenomenon is going to become increasingly prevalent and useful. And it's particularly going to be enhanced by the new head-mounted viewing displays.« **1358**

Bernard Frischer weist auf ein weiteres, potentiell zukünftig bedeutendes Feld hin: **Archaeo Astronomy**. **1359** Mit Datenbanken von NASA und European Space Agency, die Aufschluss über Planetenkonstellationen geben, können nun auch Tag- und Nachtzeiten realistisch im 3D-Modell rekonstruiert werden. Um dessen Potential für die Forschung darzulegen, sei hier exemplarisch auf das am **VWHL** von 2006 bis 2012 unter der Leitung von Frischer durchgeführte **Digital Hadrian's Villa Project** verwiesen. **1360** Ein Ziel des Projekts war es, mittels VR-Technologie die von der Archäologin Marina De Franceschini und dem Archäoastronom Guiseppe Veneziano aufgestellte These zu überprüfen. So gehen die beiden Forscher davon aus, dass ein Teil der Villa auf einen bestimmten Sonnenstand wie bei Sonnenwenden hin ausgerichtet worden sei. **1361**

■ 1353

Vgl. **Appendix 2.7** (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 14**.

■ 1354

Vgl. Webseite der Firma »Architectura Virtualis«: <http://www.architectura-virtualis.de/rapidprototyping/index.php?lang=de&file=0>.

■ 1355

Vgl. Beschreibung des Projekts auf der Webseite der Firma »Architectura Virtualis«: <http://www.architectura-virtualis.de/rapidprototyping/gruendungsstaedte.php?lang=de&img=0>; Messmer 2016 (Ideen zu einer Typologie), S. 69–70.

■ 1356

Vgl. **Appendix 2.1** (→ 641), Interview mit Andy Walter, **Frage 8**; **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 9**; **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 9**.

■ 1357

Vgl. **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 9**.

■ 1358

Ebd.

■ 1359

Vgl. **Appendix 2.5** (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, **Frage 8**.

■ 1360

Vgl. umfangreiche Informationen zu den Zielen, Inhalt und Umsetzung des Projekts in: Frischer/Fillwalk 2012; De Franceschini/Venziano 2013; Webseite zum Projekt: <http://vwhl.soic.indiana.edu/villa/>. Auf das »Hadrian's Villa Project« wird zudem in **Kapitel 6.2** (→ 469) im Kontext der Hypothesendarstellung in 3D-Modellen eingegangen.

■ 1361

Zur These von De Franceschini und Venziano vgl.: De Franceschini/Venziano 2013; Frischer/Fillwalk 2012, S. 49–50.

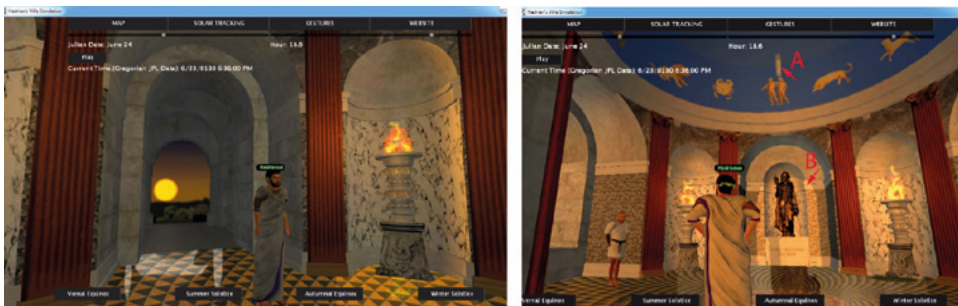
Zunächst wurde von 2006 bis 2011 am **VWHL** mit **3ds Max** ein 3D-Modell der sogenannten Hadriansvilla in Tivoli, Italien, aus dem 2. Jahrhundert n. Chr. erstellt, darunter die als Ruine erhaltene Rotunde Roccabruna. Eine Gegenüberstellung des heutigen mit dem einstigen Zustand des Bauwerks verdeutlicht, dass ein 3D-Modell zwingend notwendig ist, um die Thesen der Archäologen überprüfen zu können ^[350].



□ 350

Fotografie des heutigen Zustands der Rotunde von Roccabruna im Gebäudekomplex der Hadriansvilla in Tivoli (links), Rendering des 3D-Modells des digital rekonstruierten Bauwerks mit simuliertem Lichteinfall und Schattenwurf (rechts), »VWHL«, 2011.

Am Institute for Digital Intermedia Arts der Ball State University in Muncie, Indiana, USA, wurde das 3D-Modell zwischen Januar und April 2012 in die Game Engine **Unity3D** überführt, denn das Ziel war das Modell in der VR-Umgebung interaktiv erkunden und auch Avatare einfügen zu können. Zur Überprüfung der zuvor genannten These wurde ein Plug-In mit sogenanntem **Solar Tracking Feature** für **Unity3D** implementiert, mittels dessen die Bewegung der Sonne für ein beliebiges Jahr simuliert werden konnte. Unter Angabe der Geo-Koordinaten war dies spezifisch für das gewünschte Gebäude möglich. Die Arbeitsgruppe griff auf die vom **NASA Jet Propulsion Laboratory** online zur Verfügung gestellten Sonnensystemdaten zurück. Auf der Benutzeroberfläche der Game Engine wurde eine Zeitleiste mit einem Regler eingefügt, über die der Benutzer nach Wunsch ein Datum einstellen konnte. Nach einem Klick auf den Startknopf wurde der Sonnenverlauf für den gewählten Tag automatisch abgespielt. Mit dieser Anwendung konnte schließlich die zu überprüfende These bestätigt werden ^[351].



□ 351

Bildschirmfotos der digitalen Rekonstruktion der Rotunde von Roccabruna in der VR-Umgebung mit der Zeiteinstellung 24. Juni 130 n. Chr., um 18:36 Uhr: Pfeil A deutet auf Lichteinfall durch das Loch in der Westfassade, Pfeil B auf Lichteinfall durch die Eingangstür, Ball State University, 2012.

Der Vorteil einer Visualisierung in VR lag hier insbesondere darin, dass der Nutzer selbst über die Modalitäten (Standort, Tageszeit) bestimmen konnte im Gegensatz zum **3ds Max**-Modell, das nur die Ersteller tatsächlich bedienen können. Insofern bot hier die Verwendung einer VR-Umgebung einen innovativen Ansatz, eine Forschungsfrage zu überprüfen und darüber hinaus einen interaktiven Zugang zu der rekonstruierten Architektur zu gewähren.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

6.2 Eröffnung von Diskursen – Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses, Langzeitarchivierung

Im Bereich der wissenschaftlichen digitalen Rekonstruktion historischer Artefakte allgemein und historischer Architektur im Speziellen können in der Wissenschaftscommunity verschiedene Diskurse identifiziert werden. Diese befassen sich unter anderem mit Fragestellungen zur Darstellung von Hypothesen im 3D-Modell, der Dokumentation des Erstellungsprozesses der digitalen Rekonstruktion (Paradaten) sowie der Langzeitarchivierung der digitalen Modelle. Diese Themen wurden zwar teils schon seit den 1980er-Jahren immer wieder angesprochen, allerdings eher auf ein konkretes Projekt bezogen und weniger als grundlegende Konzepte. Dahingehend ist in den 2000er-Jahren eine steigende Relevanz der genannten Themenbereiche festzustellen: So formieren sich Experten in Gremien, um sich darüber auszutauschen. Sie entwickelten Chartas in unterschiedlichen thematischen Kontexten, die als Leitfäden für die Erstellung von und den Umgang mit digitalen Rekonstruktionen von kulturellem Erbe dienen sollen.

Im Folgenden wird die Entwicklung hin zur Eröffnung von Diskursen zu Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses und Langzeitarchivierung in 3D-Projekten aufgezeigt sowie die ihnen zugrundeliegenden Chartas in den Blick genommen. ¹³⁶² Im Mittelpunkt steht dabei die 2006 initiierte **London Charter**, die explizit auf forschungsgetriebene 3D-Projekte ausgerichtet ist. Für die vorliegende Arbeit wurden in Interviews Experten zu deren tatsächlicher Relevanz in der Arbeitspraxis befragt. Ihre Einschätzungen werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

Initiierung internationaler Richtlinien

In den 2000er-Jahren etablierte sich der Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur in der Wissenschaftscommunity. Darüber hinaus fanden sich Experten zusammen, die ein Grundgerüst für die wissenschaftliche Erstellung von 3D-Modellen erarbeiteten. Ihr Ziel war es, international anerkannte Richtlinien zu entwickeln, an denen sich 3D-Projekte zukünftig orientieren sollten.

Wie in **Kapitel 4.1** (→ **165**) angesprochen, wurden bereits in den 1990er-Jahren erste Empfehlungen zur Präsentation digitaler Visualisierungen von historischen Spielstätten (Theatergebäude, Amphitheater, Zirkus) in Form

■ 1362

Eine Zusammenstellung wichtiger internationaler Chartas zum Thema 3D-Modellierung im Bereich des kulturellen Erbes ist zu finden auf der Webseite von »innova. virtual archaeology international network«: <http://smartheritage.com/seville-principles/international-charters>.

■ 1363

Vgl. Webseite der »London Charter«: <http://www.londoncharter.org/history.html>. Die englische und deutsche Sprachversion erschien jeweils 2009: Denard 2009 (London Charter); Denard 2009 (Die Londoner Charta).

■ 1364

Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 13.

■ 1365

Ebd.

■ 1366

Ebd., S. 2.

■ 1367

Für Hintergrundinformationen zur Entwicklung der Idee zur »London Charter« im Rahmen des Symposiums an der British Academy in London vgl. Webseite der »London Charter«: <http://www.londoncharter.org/history.html>.

■ 1368

Ausführliche Informationen zur Ausarbeitung des Konzepts der »London Charter« auf dem Expertenseminar am King's College London im Jahr 2006 sind zu finden auf der Webseite der »London Charter«, vgl. ebd.

der **Verona Charter on the Use of Ancient Places of Performance** veröffentlicht. Hingegen ist **The London Charter for the computer-based visualisation of cultural heritage** (kurz: **London Charter**; im Deutschen: **Die Londoner Charta**. Für die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe) explizit auf »die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe« ausgerichtet, deren erster Entwurf 2006 ausgearbeitet wurde. ¹³⁶³ Der Begriff »computergestützte Visualisierung« wird darin folgendermaßen definiert: »Das Verfahren der visuellen Darstellung von Information mithilfe von Computertechnologie.« ¹³⁶⁴ Unter dem resultierenden Ergebnis werden in der Charta mehrere Medien verstanden: »digitale Modelle, unbewegte Bilder, Animationen und physische Modelle.« ¹³⁶⁵ Wie in den vorangegangenen Kapiteln deutlich wurde, sind immer mehrere Medien Teil eines 3D-Projekts. Insofern sollten die Grundsätze der Charta auf alle diese Medien innerhalb eines 3D-Projekts angewandt werden.

Ferner bezieht sich die **London Charter** nicht auf eine bestimmte Fachdisziplin, sondern wendet sich explizit an alle Fachbereiche, die computergestützte Visualisierungsmethoden einsetzen:

»Da die den Gebrauch von Visualisierungsmethoden motivierenden Ziele von Fach zu Fach stark variieren, weist der erste Leitsatz: »Umsetzung« auf die Wichtigkeit der Entwicklung detaillierter Richtlinien hin, die der jeweiligen Anwendergemeinschaft angemessen sind.« ¹³⁶⁶

Die Idee zu dieser Charta entwickelte sich im Rahmen des Symposiums **Making 3D Visual Research Outcomes Transparent**, das an der British Academy in London vom 23. bis 24. Februar 2006 stattfand. ¹³⁶⁷ Mehrere internationale Experten hielten dort Vorträge zum Thema des Transparentmachens von Forschungsergebnissen im Bereich der digitalen 3D-Rekonstruktion. Der Theaterwissenschaftler Hugh Denard, der die Ergebnisse des Symposiums zusammentrug, regte die Beteiligten an, eine Charta mit Leitsätzen zu dem Thema zu verfassen. Hier wurden bereits erste inhaltliche Aspekte des Papiers besprochen.

Am Tag nach dem Symposium fand ein Expertenseminar zum selben Thema am King's College London statt unter dem Vorsitz des Mathematikers Franco Niccolucci. ¹³⁶⁸ Im Rahmen dieser Veranstaltung entstand schließlich die erste Version der **London Charter**. Auch wurden dort die Chairs der Initiative nominiert, Richard Beacham (Theaterwissenschaft) und Franco Niccolucci sowie die Koordinatoren Hugh Denard und Sorin Hermon (Archäologie).

Teilnehmer des Seminars waren Experten unterschiedlicher Disziplinen: Andrea D'Andrea, Kate Devlin, Graeme Earl, Sorin Hermon, Donald H. Sanders (Archäologie); Richard Beacham, Hugh Denard, Cat Fergusson (Theaterwissenschaft); Drew Baker, Go Sugimoto (Informatik); Achille Felicetti, Franco Niccolucci (Mathematik); Daniel Pletinckx (Bauingenieurwesen); Chris Baugh (Szenografie); Martin Blazeby (Grafikdesign); Michael Takeo Magruder (Bildende Kunst). Bemerkenswert ist, dass Archäologen die größte Gruppe unter den Teilnehmenden ausmachen und damit hier die Dominanz dieser Disziplin im Bereich der digitalen Rekonstruktion widerspiegeln.

■ 1369

Für die Organisation und finanzielle Unterstützung des Seminars waren verantwortlich: »AHRC ICT Methods Network« und »VAST-Lab«, PIN, Prato, Italien, im Rahmen des »EPOCH Network of Excellence Standards«, vgl. ebd.

■ 1370

Vgl. Entwurf 1.1 vom 14. Juni 2006 auf der Webseite der »London Charter«: http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_1_1_en.pdf.

■ 1371

Vgl. die inzwischen elf Sprachversionen des Entwurfs 2.1 auf der Webseite der »London Charter«: <http://www.londoncharter.org/downloads.html>.

■ 1372

Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 3.

■ 1373

Zu den Leitsätzen vgl.: ebd., S. 2-3 u. S. 5-12. Da in den folgenden Abschnitten auf die Leitsätze 4, 5 und 6 genauer eingegangen wird, seien hier nur die Leitsätze 1 bis 3 im Wortlaut wiedergegeben: Leitsatz 1: Umsetzung: »Die Leitsätze der Londoner Charta sind überall dort gültig, wo computergestützte Visualisierungen in der Forschung oder Verbreitung von Kulturgut angewandt werden.«, zit. aus ebd. S. 5; Leitsatz 2: Ziele und Methoden: »Eine computergestützte Visualisierungsmethode sollte normalerweise nur dann angewandt werden, wenn es die angemessenste verfügbare Methode für diesen Zweck ist.«, zit. aus ebd. S. 6; Leitsatz 3: Forschungsquellen: »Um die intellektuelle Integrität computergestützter Visualisierungsmethoden und -ergebnisse zu gewährleisten, sollen relevante Forschungsquellen in strukturierter und dokumentierter Weise identifiziert und ausgewertet werden.«, zit. aus ebd. S. 7.

■ 1374

Vgl.: Principles of Seville. International Principles of Virtual Archaeology, o. O. 2011, online abrufbar unter: <http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/FINAL-DRAFT.pdf>; Webseite von »innova. virtual archaeology international network«: <http://smartheritage.com/seville-principles/seville-principles>. Für Hintergrundinformationen zu diesen Richtlinien vgl.: Grande/Lopez-Mencheró 2011.

Ausgerichtet wurde diese Veranstaltung von dem am King's Visualisation Lab angesiedelten Projekt **Making Space**, das vom **Arts and Humanities Research Council (AHRC)** als **ICT Strategy Project** gefördert wurde. ¹³⁶⁹ Im Juni 2006 wurde schließlich die erste offizielle Version 1.1 der **London Charter** veröffentlicht, die auch heute noch online eingesehen werden kann. ¹³⁷⁰ Drei Jahre später, im Februar 2009, erfolgte die Publikation der bis heute aktuellen Version 2.1. ¹³⁷¹ Darin ist das übergeordnete Ziel dieser Initiative folgendermaßen zusammengefasst:

»Die Charta definiert Grundsätze für die Nutzung computergestützter Visualisierungsmethoden in Bezug auf intellektuelle Integrität, Seriosität, Dokumentation, Nachhaltigkeit und Zugänglichkeit. Die Charta ist sich bewusst, dass der Bereich der verfügbaren computergestützten Visualisierungsmethoden konstant wächst, und dass diese Methoden angewandt werden können, um einem gleichermaßen wachsenden Bereich von wissenschaftlichen Fragestellungen zu begegnen. Daher strebt die Charta nicht danach, spezielle Ziele oder Methoden vorzuschreiben, sondern stellt vielmehr jene umfassenden Nutzungsrichtlinien für computergestützte Visualisierungsmethoden in Forschung und Kommunikation von Kulturgut auf, von denen die intellektuelle Integrität solcher Methoden und Ergebnisse abhängen.« ¹³⁷²

Die aktuelle Charta umfasst Leitsätze zu folgenden sechs Themen: Umsetzung, Ziele und Methoden, Forschungsquellen, Dokumentation, Nachhaltigkeit sowie Zugang. ¹³⁷³ Diese Leitsätze sollen international – die Charta wurde bis jetzt in zehn Sprachen übersetzt – beachtet werden im Bereich des Erforschens und Vermittelns kulturellen Erbes anhand computergestützter Visualisierungsmethoden. Auf diese Weise soll die Wissenschaftlichkeit der jeweiligen Projekte gewahrt, ihre Inhalte transparent und zugänglich gemacht werden.

In der Archäologie scheinen die Richtlinien von 2009 grundsätzlich auf fruchtbaren Boden gefallen zu sein: Wie zuvor dargestellt, findet sich in der **London Charter** ein Hinweis darauf, dass einzelne Fachgebiete eigene Richtlinien in Anlehnung an sie entwickeln sollten, um auf fachspezifische Eigenheiten gezielt eingehen zu können. Eine solche Initiative wurde mit den **Principles of Seville. International Principles of Virtual Archaeology** (kurz: **Seville Principles**) im Jahr 2011 veröffentlicht. ¹³⁷⁴ Vorgebracht wurde sie durch das **International Forum of Virtual Archaeology (IFVA)**, das wiederum von der 2008 ins Leben gerufenen **Spanish Society of Virtual Archaeology (SEAV – Sociedad Española de Arqueología Virtual)** und dem **Virtual Archaeology International Network (INNOVA)** gegründet wurde. Ziel des **IFVA** war es, internationale Richtlinien für den Fachbereich **Virtual Archaeology** zu entwickeln. Hierfür richtete **SEAV** das **International meeting of archaeology and graphic informatics**,

heritage and innovation. *Arqueología 2.0* im Juni 2009 in Sevilla, Spanien, aus. In dessen Folge erarbeitete SEAV einen ersten Entwurf für eine Charta, der im Rahmen des zweiten Treffens ein Jahr später präsentiert wurde.

Im Jahr 2011 erfolgte schließlich die Veröffentlichung des endgültigen Entwurfs, in dem das Fach **Virtual Archaeology** folgendermaßen definiert ist: »the scientific discipline that seeks to research and develop ways of using computer-based visualisation for the comprehensive management of archaeological heritage.« ¹³⁷⁵ Insgesamt finden sich in der Charta acht Leitsätze zu folgenden Themen: **interdisciplinarity, purpose, complementarity, authenticity, historical rigour, efficiency, scientific transparency, training and evaluation.** ¹³⁷⁶ In Bezug auf die intendierte Fachdisziplin finden sich hier Spezifizierungen zu beispielsweise dem Umgang mit archäologischen Befunden (Gleichwertigkeit sämtlicher Bauphasen anstelle von Fokus auf architektonische Blütezeit eines Gebäudes, Einbeziehen der landschaftlichen Umgebung von archäologischen Überresten), computergenerierte Visualisierungen als Ergänzung von anderen Methoden statt als deren Ersatz im Umgang mit archäologischem Erbe, Zusammenarbeit mit weiteren Fachdisziplinen (unter anderem Geschichte, Architektur, Informatik, Ingenieurwissenschaften). Im Unterschied zur **London Charter** wird hier das Konzept der Transparenzmachung der Forschung explizit betont (**Principle 7: Scientific transparency**) – ein wesentlicher Aspekt, da er die Nachvollziehbarkeit der wissenschaftlichen Arbeit betrifft und damit eine Grundlage für die Anschlussfähigkeit zu darauf aufbauenden Projekten bildet.

In diesem Vergleich wird deutlich, dass sich diese beiden Chartas inhaltlich ergänzen, wie auch Bernard Frischer im Interview 2017 der Autorin gegenüber anmerkte. ¹³⁷⁷ Es ist daher als gewinnbringend anzusehen, dass einschlägige Fachcommunitys spezifische Ansätze für ihren Bereich definieren, da sie auf diese Weise auch für andere Disziplinen wichtige Konzepte beisteuern. Für die Kunstgeschichte im Allgemeinen und die Architekturgeschichte im Speziellen wurden bislang noch keine eigenen Richtlinien entworfen. Wie die vorangegangenen Kapitel zeigten, werden in diesen Fachbereichen seit Jahrzehnten wissenschaftliche 3D-Projekte durchgeführt, weshalb auch hier ein Bedarf besteht, Spezifika in einer an die **London Charter** angelehnte Charta festzulegen. Allerdings formulierte der Architekt Manfred Koob in seinem Ideenpapier **Architectura Virtualis**, das er 1992 an der TU Darmstadt und 1995 dem Weltkulturerbe Komitee präsentierte, einige Punkte in Bezug auf digitale Rekonstruktionen, die sich auch in der **London Charter** wiederfinden. ¹³⁷⁸ Dabei handelt es sich um eine angestrebte interdisziplinäre Zusammenarbeit bei digitalen Rekonstruktionen mit dem Ziel den neuesten Stand der Forschung einzubeziehen, digitale Rekonstruktionen zu sammeln und eine weltweite Vernetzung und Zugang dazu zu gewährleisten. ¹³⁷⁹ Jedoch wurde Koobs Idee nie umgesetzt. Als erste Schritte in diese Richtung kann durchaus das von seinen Schülern, den Architekten Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst, verfasste Konzept für einen Minimalstandard zur Dokumentation von 3D-Projekten gelten. ¹³⁸⁰ Dieses wird in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels genauer dargelegt.

Die Sichtbarkeit und Akzeptanz der **London Charter** in der internationalen Wissenschaftscommunity wird unterschiedlich eingeschätzt, wie eine Befragung im Rahmen der von der Autorin geführten Interviews mit einschlägigen Experten ergab: Aus Paul Reillys Sicht würde die **London Charter** zwar durchaus befürwor-

■ 1375

Principles of Seville 2011, S. 3.

■ 1376

Zum Inhalt der »Seville Principles« vgl.: Principles of Seville 2011.

■ 1377

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 9 u. Frage 11.

■ 1378

Vgl. Koob 1992; Pfarr 2010, S. 73 u. S. 77.

■ 1379

Vgl. Koob 1992, Abschnitt »Projekt Weltkulturerbe in der Architectura Virtualis«.

■ 1380

Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 8.

■ 1381

Vgl. [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, [Frage 15](#).

■ 1382

Ebd., Frage 9.

■ 1383

Dieser Aspekt wird in [Kapitel 8](#) (→ 595) erörtert.

■ 1384

Old Minster, [Kapitel 3.2](#) (→ 091): Erst durch die von Reilly et al. 2016 erfolgte Publikation ist das 3D-Projekt aus den 1980er-Jahren umfassend dokumentiert. Cluny III, [Kapitel 3.3](#) (→ 125): Eine ausführliche Darlegung der Paradata erfolgte in einer Buchpublikation wenige Jahre nach dem Projektabschluss. Gotische Gewölbe, [Kapitel 4.2](#) (→ 193): Informationen sind auf viele Publikationen verteilt und erst im Interview mit Norbert Quien im Rahmen der vorliegenden Arbeit gebündelt. Dresdner Frauenkirche, [Kapitel 4.3](#) (→ 233): Ein Aufsatz dokumentiert den Erstellungsprozess des 3D-Projekts. Festspielhaus Hellerau [Kapitel 4.4](#) (→ 261): Wenige Hintergrundinformationen zum Erstellungsprozess der einzelnen 3D-Modelle finden sich auf Webseiten und in Aufsätzen. Santa Maria Maggiore [Kapitel 5.2](#) (→ 331): Es existiert ein umfangreicher Aufsatz mit Dokumentation des Erstellungsprozesses des digitalen Modells. Synagoge in Köln [Kapitel 5.3](#) (→ 367): Die Dokumentation des Erstellungsprozesses des digitalen Modells ist auf mehrere Publikationen verteilt. Synagoge in Wien [Kapitel 5.4](#) (→ 403): Hintergrundinformationen finden sich in mehreren Publikationen und konnten durch das Interview mit Bob Martens im Rahmen der vorliegenden Arbeit substantiell ergänzt werden. Kölner Dom [Kapitel 6.3](#) (→ 521): In einer reich bebilderten Buchpublikation werden ausführliche Informationen zu den verwendeten Quellen gegeben, aber wenige zum eigentlichen Rekonstruktionsvorgang.

tet werden und in Projekte im Bereich der Virtuellen Archäologie aufgenommen werden. [1381](#) Reilly selbst zeigt sich ihr gegenüber aber skeptisch:

»These charters [London Charter und Seville Principles, Anm. d. A.] codify principles, which have always underpinned good scholarship and science. They don't make it happen, they probably stifle the creative strides that epitomise good science and scholarship, by being overly prescriptive. I have major concerns with the notion of paradata – how the data were arrived at, as the selection of the paradata to be recorded is itself a form of bias.« [1382](#)

Problematisch sieht er die seiner Meinung nach übermäßige Vorgabe von Richtlinien an, die einen negativen Einfluss auf den kreativen Prozess in einem 3D-Projekt haben kann. Auch kritisiert er das Darlegen von Paradata, die Dokumentation des Erstellungsprozesses – auf die im nächsten Abschnitt eingegangen wird – das er als subjektive Auswahl empfindet.

Allerdings gehöre zum Verfassen wissenschaftlicher Publikationen auch das Einhalten bestimmter Konventionen, um die Wissenschaftlichkeit zu gewährleisten und beispielsweise die Quellen offen zu legen, um damit anderen die Nachvollziehbarkeit der Arbeit zu ermöglichen. Diese Prinzipien sind heute selbstverständlich und ebenso selbstredend sollten auch gewisse Grundsätze für die Erstellung von 3D-Modellen historischer Artefakte gelten. [1383](#) Noch existiert diese Selbstverständlichkeit in der Community nicht, sie muss erst noch erarbeitet werden. Dies zeigten sämtliche Analysen der hier vorgestellten 3D-Projekte, die zwar meist in Form von Aufsätzen oder Buchpublikationen Informationen zum Erstellungsprozess lieferten, [1384](#) aber beispielsweise nicht Bezug auf frühere 3D-Modelle des betreffenden Bauwerks nahmen. [1385](#) Zudem wurden die in der Rekonstruktion dargestellten Hypothesen kaum erläutert.

Aus Bernard Frischers Sicht wurde im Bereich der digitalen Rekonstruktion diese Selbstverständlichkeit zur Einhaltung von wissenschaftlichen Konventionen jedoch schon erreicht, wie er im Interview erläutert:

»You know, when you are in Highschool, at least in America, you read a book about how do I write a scholarly paper or scientific paper. You should have footnotes and you should mention other people's arguments. But then, when you went to the university, let alone with your postdoc or professor, you don't even think about that, it just becomes natural what it means to be professional. And that's what is happening with these charters [London Charter und Seville Principles, Anm. d. A.]. We don't think about them so much anymore, because they made their point, we accepted them and we are applying it. It is not a problem anymore.« [1386](#)

■ 1385

Der Kölner Dom war bereits vor dem 3D-Projekt von Dominik Lengyel und Catherine Toulouse Gegenstand von digitalen Rekonstruktionen, jedoch wurde das in der Buchpublikation der beiden Architekten nicht erwähnt, wie in Kapitel 6.3 (→ 521) erläutert wird. Lengyel hatte darüber hinaus keine Recherchen unternommen, da er von den Auftraggebern die Information erhielt, dass es keine nennenswerten 3D-Modelle zum Dom gäbe, vgl. ebd.

■ 1386

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 12.

■ 1387

Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 13.

■ 1388

Vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 14.

■ 1389

Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 13.

■ 1390

Vgl. Münster et al. 2016 (Preface), S. vi.

Interessanterweise nehmen sowohl Reilly als auch Frischer die Chartas als gegeben hin, ziehen aber unterschiedliche Schlüsse. So hält sie Ersterer für wenig einflussreich hinsichtlich des Einhaltens wissenschaftlicher Konventionen, während Zweiterer annimmt, dass sie akzeptiert und entsprechend angewandt werden. Die differierenden Einschätzungen der beiden Archäologen verwundern, aber scheinen subjektiv geprägt zu sein. Denn Reilly bringt ihnen eine eher skeptische Grundhaltung entgegen, während Frischer die Chartas voll und ganz unterstützt und in seiner Lehre auch den Studierenden vermittelt. Diese konträren Sichtweisen der beiden führen deutlich vor Augen, dass die Chartas nicht universell akzeptiert sind und der Diskussion bedürfen.

So beschreibt auch Marc Grellert die aktuelle Situation, in der seiner Meinung nach kaum Diskussionen zu Standards und Methoden geführt werden und dementsprechend auch die Prinzipien der London Charter zu wenig im Gespräch sind. 1387 Dieser Einschätzung schließt sich Dominik Lengyel an, der ebenso wenig eine lebhafte Diskussion um die Charta wahrnimmt. 1388 Bob Martens äußerte sich den Richtlinien gegenüber sehr vage, was darauf schließen lässt, dass er sich damit möglicherweise nicht grundsätzlich auseinandergesetzt hat oder sich nicht festlegen möchte. Damit bestätigt er das von Grellert und Lengyel gezeichnete Bild der heutigen Situation.

Ein anderer Interviewpartner, Richard Beacham, zeichnet als einer der Autoren für die London Charter verantwortlich. Auch aus seiner Sicht werden die darin aufgestellten Richtlinien in der Wissenschaftscommunity nur teilweise angewandt. Als Lösungsansatz zur umfassenderen Verbreitung und praktischen Implementierung in 3D-Projekten schlägt Beacham daher vor:

»Ideally the London Charter guidelines need to be followed and you need to call attention to the fact that you followed them. That was one reason, why we put it together. We wanted to have a kind of a reference point, a standard, to give academic, scholarly credibility to this work, because the danger is, if it just becomes popular stuff – ›oh, look, here is the Colosseum, how cool!‹ – it's never going to mature into the hugely important scholarly tool that it has the potential to be. So what we are trying to do is, to get publications, particularly serious scholar publications, to say: if you are submitting something based upon virtual reality work, you have got to follow the guidelines of the London Charter.« 1389

Ihm ist demnach wichtig, dass die London Charter nicht nur beachtet und praktisch umgesetzt wird, sondern, dass die Wissenschaftler sich in der Darlegung ihrer Arbeit auch bewusst dazu bekennen. Die Forderung, die Charta als Standard-Anforderung für die Veröffentlichung in wissenschaftlichen Publikationen zu verankern, setzt jedoch voraus, dass sie in der Community grundsätzliche Akzeptanz findet. Dies ist bislang bei an 3D-Projekten Beteiligten nicht der Fall. 1390 Hierfür müsste zunächst eine Diskussion um zentrale Aspekte wie Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses und Lang-

zeitarchivierung unter Wissenschaftlern aktiviert und in die einschlägigen Konferenzen hineingetragen werden. Denn zum einen zeigte dieser Überblick an Einschätzungen von Experten verschiedener Fachbereiche, dass die **London Charter** vor allem im deutschsprachigen Bereich noch nicht in die Diskussion der Fachcommunity vorgestoßen ist. Hier könnte ein fachspezifischer Zugang zu den Richtlinien dazu führen, dass deren Akzeptanz und die Bereitschaft der Experten sie in ihren 3D-Projekten zu implementieren signifikant gesteigert wird. Insgesamt sollte eine Akzeptanz auf nationaler wie internationaler Ebene im Sinne einer verbindlichen Abmachung zur wissenschaftlichen und nachhaltigen Erarbeitung von digitalen 3D-Rekonstruktionen erwirkt werden.

Zum anderen wurde an diesem Überblick deutlich, dass die Wissenschaftler, die 3D-Projekte durchführen, vor allem einen persönlichen Zugang zu den Richtlinien entwickeln müssten, um sie zu akzeptieren und in ihre Arbeit zu implementieren. Hierzu äußerte Mieke Pfarr-Harfst 2010 einen Vorschlag:

»Die London Charter ist durchaus ein Schritt in die richtige Richtung im Umgang mit Digitalen Rekonstruktionen in Wissenschaft und Wissensvermittlung. Allerdings fehlen konkrete Strategien der Umsetzung und die geeignete Körperschaft, um [s]ie zu verbreiten und die eingeforderten Leitsätze zu überprüfen. Eine internationale Forschungsgruppe unter der Schirmherrschaft einer renommierten Institution, die geeignete Strategien entwirft und die Umsetzung dieser überwacht, wäre der nächste wichtige Schritt.« ¹³⁹¹

■ 1391

Pfarr 2010, S. 78.

■ 1392

Vgl. »Charter on the Preservation of Digital Heritage« auf der Webseite der UNESCO: http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17721&URL_DO=-DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html.

Insofern sieht sie eine Möglichkeit für die grundlegende Anwendung der Charta, indem eine etablierte Institution die Verantwortung für deren Bekanntmachung und Implementierung in 3D-Projekte übernimmt. Es wäre denkbar, dass zunächst einmal eine EU-geförderte Initiative die Ausarbeitung einer entsprechenden Strategie steuert, um beispielsweise auch bei EU-finanzierten 3D-Projekten die **London Charter** als Grundsatz zur Umsetzung von digitalen Rekonstruktionen festzulegen. Denn wie in den Interviews deutlich wurde, wird die Charta vor allem im deutschsprachigen Raum nicht so stark wahrgenommen. Inwiefern dies auch auf andere europäische Länder zutrifft, müsste im Einzelnen noch untersucht werden. In globaler Hinsicht könnte auch eine allgemein anerkannte Organisation wie die UNESCO eine zentrale Rolle einnehmen, vor allem vor dem Hintergrund, dass sie im Jahr 2003 die **Charter on the Preservation of Digital Heritage** veröffentlichte. ¹³⁹² Sie signalisierte damit ein Bewusstsein für den drohenden Verlust digitalen kulturellen Erbes, wie es auch 3D-Rekonstruktionen historischer Architektur sind.

Es besteht also grundsätzlich dringender Handlungsbedarf im Hinblick darauf, die in den 2000er-Jahren vorangeschrittene Etablierung von digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur auf ein solides Fundament zu stellen, um deren Wissenschaftlichkeit sicherzustellen und damit 3D-Modelle als Präsentations- und Forschungswerkzeug in der Community zu etablieren.

■ 1393

Vgl. Koller/Frischer/Humphreys 2009.

Weitere Handlungsbedarfe identifizierten die Informatiker David Koller und Greg Humphreys gemeinsam mit Bernard Frischer in ihrem 2009 erschienenen Artikel **Research Challenges for Digital Archives of Cultural Heritage Models** im Hinblick auf »the effective management and dissemination of cultural heritage models in a curated 3D archive«, die aber auch im Kontext der wissenschaftlichen Erstellung von 3D-Modellen historischer Architektur grundsätzlich diskutiert werden sollten: **1393** Klärung der rechtlichen Situation, Einführung von Wasserzeichen, Sicherung gegen Cyberattacken oder Ähnliches, Metadaten, Hypothesendarstellung, Versionsverwaltung, Bereitstellung analytischer Werkzeuge, Indexierung und Durchsuchbarkeit, Kompatibilität, Langzeitarchivierung, Peer Review-Prozess. In ihrer nach Prioritäten geordneten Liste sprechen sie damit wesentliche Themen an, die nur in einer gemeinsamen Anstrengung umgesetzt werden können, um dann auch von der gesamten Fachcommunity anerkannt zu werden. Auf ein erstes Projekt in diese Richtung, **SAVE**, das Frischer 2006 initiierte, wird im Abschnitt zum Thema Langzeitarchivierung des vorliegenden Kapitels eingegangen.

Im Folgenden seien drei zentrale Diskurse herausgegriffen: Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses (Paradaten) und Langzeitarchivierung. Sie stehen im Fokus der kritischen Untersuchung, die mit 3D-Projekten als Anwendungsbeispielen komplettiert wird. Diese drei Themen wurden aus unterschiedlichen Gründen als zentral erachtet: Insbesondere aus kunsthistorischer Perspektive ist die Hypothesendarstellung in 3D-Modellen relevant, da sie die visuell ästhetische Wirkung und inhaltliche Rezeption von digitalen Rekonstruktionen betreffen. In der **London Charter** wird sie nicht als zentrales Element erachtet, was ein wesentliches Desiderat darstellt. Die Dokumentation des Erstellungsprozesses sowie die Langzeitarchivierung stellten sich im Rahmen der Forschung zu der vorliegenden Arbeit als besonders virulent heraus. So sind Paradaten bislang keine Selbstverständlichkeit in 3D-Projektberichten, wodurch die Nachvollziehbarkeit und Anschlussfähigkeit der Arbeiten extrem gefährdet ist. Insbesondere digitale Modelle aus den 1980er- und 1990er-Jahren werden zunehmend schwer zugänglich aus fehlender Kompatibilität und mangelnder Archivierung.

Hypothesendarstellung in 3D-Rekonstruktionen

Einer der ersten, der das Thema der Hypothesendarstellung in Computervisualisierungen von historischer Architektur ansprach, ist der Archäologe Paul Reilly. In seinem Aufsatz **Three-dimensional modelling and primary archaeological data** stellte er 1992 fest, dass Anfang der 1990er-Jahre mit der rasanten Weiterentwicklung der Technik die Visualisierungen von historischer Architektur einen immer größeren Grad an Realismus erlangen. **1394** Nach Reilly geht damit für den Betrachter das Problem einher, nicht einschätzen zu können, inwieweit das jeweils Dargestellte tatsächlich so aussah, oder ob es sich um Hypothesen handelt. Er betonte, dass Modelle immer auch Interpretationen sind und sich verändern können, wenn sich die Informationsgrundlage oder Theorien ändern, auf denen sie fußen. Als Lösungsvorschläge bot Reilly folgende Möglichkeiten an:

■ 1394

Zu Reillys Ausführungen in Bezug auf **Verlässlichkeit, Darstellung von Hypothesen im 3D-Modell und Lösungsvorschläge** vgl.: Reilly 1992, S. 159.

»One way of dealing with this problem is to provide more than one model or a dynamic model. The final photo-realistic interpretative model could be juxtaposed with a model of the raw data upon which the interpretation is based. Alternatively, the ›control‹ model would contain the same geometry as the interpretive model, but would incorporate some visual cues indicating the level of confidence associated with different elements of the interpretation. A visual method of denoting the level of confidence might take the form of colour-codes or variable levels of opacity.« **1395**

■ 1395
Ebd.

■ 1396
Ebd.

■ 1397
Auf die »BIM«-Methode wird in Kapitel 6.1 (→ 447) ausführlich eingegangen.

■ 1398
Beacham 1999 (*Reconstructing Ancient Theater*), S. 194–195.

■ 1399
Vgl. Wilcock 1996, S. 409.

Demnach sah er einerseits in der Gegenüberstellung von gegensätzlichen Visualisierungen (detailreiches, fotorealistisches Modell vs. abstraktes Geometriemodell) und andererseits in der visuellen Auszeichnung von Verlässlichkeit (Farbcodierung oder Transparenzen) das Potential für zukünftige Strategien zur Kenntlichmachung von Hypothesen. Mit seinem Konzept eines »dynamic model«, das er hier nicht weiter ausführt, könnte ein sich veränderndes Modell gemeint sein, in dem verschiedene Varianten möglicherweise abwechselnd eingeblendet werden.

Darüber hinaus lieferte Reilly in seinem Aufsatz einen Vorschlag zum kollaborativen Arbeiten, den er als »hypertext approach« **1396** bezeichnete. Demzufolge können die am Projekt beteiligten Forscher und Institutionen betreffende Objekte im Modell mit Links zu Quellen versehen. Er nennt zwar nicht den Begriff »Annotation«, aber dies könnte mit seiner Idee im weiteren Sinne gemeint sein. Heute wäre es möglich seine Ideen mit der BIM-Methode umzusetzen, die es erlaubt auf Basis eines Ausgangsmodells Variationen davon zu erzeugen. **1397**

Der Theaterwissenschaftler Richard Beacham befasste sich Ende der 1990er-Jahre mit der Problematik der großen Wirkkraft von Bildern digitaler Rekonstruktionen und schlug 1999 folgende Richtlinien für ein Best Practice vor, anhand dessen 3D-Modelle historischer Architektur wissenschaftlich fundiert erstellt werden könnten:

»Such principles might insist a) that adequately trained scholars are engaged in such work, b) that they are given necessary material support to ensure that their research is both properly resourced and scientifically rigorous, and c) that the results are subjected to appropriate peer review by other scholars.« **1398**

Er geht hier also nicht auf die Darstellungsweise von digital rekonstruierten Gebäuden ein, sondern fokussiert sich auf den Entstehungskontext. Auf das Fehlen eines Peer Review-Prozesses wies bereits der Geoinformatiker John Wilcock 1996 hin. **1399** Er bemängelte, dass Computerrekonstruktionen keine solche Überprüfung durchlaufen wie es für Aufsätze üblich ist. So nimmt das

Publikum die Visualisierung als verlässlich wahr – im Sinne einer realistischen Wiedergabe eines bestimmten Zustands – obwohl ihre Aussagekraft vor der Veröffentlichung nicht extern überprüft worden ist.

Darüber hinaus kann eben jene Annahme, dass es sich bei einer 3D-Rekonstruktion um eine realistische Darstellung handelt, den Betrachter insofern in die Irre führen, als möglicherweise einzelne hypothetische Details nicht als solche gekennzeichnet wurden. Sein aus dem 3D-Modell gewonnenes Wissen basiert dann auf Fehlinterpretationen.

Exemplarisch erläutert werden kann diese Problematik anhand des von Kees Kaldenbach von 1997 bis 2000 durchgeführten 3D-Projekts zum virtuellen Flug über Delft im 17. Jahrhundert, das in **Kapitel 5.1** (→ **301**) bereits erläutert wurde. Zwar wird im 3D-Modell anhand der unterschiedlichen Darstellungsweisen von schematisch wiedergegebenen Gebäuden einerseits und texturierten sowie mit architektonischen Details versehenen Bauwerken andererseits die zugrundeliegende Informationsdichte visuell unterschieden, jedoch fehlen Hinweise darauf inwiefern es sich dabei um Hypothesen handelt. **1400** Kaldenbach gibt an, dass zur 3D-Rekonstruktion der von Frederik De Witt Ende des 17. Jahrhunderts angefertigte Stadtplan unverändert herangezogen wurde. Allerdings ist zu beachten, dass historische Stadtpläne nicht die Präzision und Objektivität von heutigen Katasterplänen aufweisen und entsprechend kritisch betrachtet werden müssen. Zur Verdeutlichung sei kurz darauf verwiesen, dass die Autorin aufgrund ihrer Analyse des 1568 von Jakob Sandtner gefertigten Stadtmodells von Straubing feststellte, dass der Drechsler eine Art Idealbild wiedergab. **1401** Er hatte beispielsweise die Form der Stadtplätze begradigt und auch die Gesamtform der Stadt vereinfacht. Dadurch, dass Kaldenbach den Plan von De Witt ohne ihn zu hinterfragen als Grundlage verwendete, zeigt das digitale Modell nicht wie Delft ausgesehen haben könnte, sondern wie De Witt die Stadt wahrgenommen hat. Auf diesen wesentlichen Unterschied weist Kaldenbach allerdings nicht hin. Ebenso wenig erläutert er die Verlässlichkeit der 3D-Modellierung an sich. Eine Kennzeichnung von Hypothesen, die auch auf mögliche subjektive Eingriffe von De Witt hätten aufmerksam machen können, wäre hier von großem Mehrwert für die Rezeption des 3D-Modells gewesen.

An dem Projekt zu Delft wird zudem deutlich, dass der intendierte Betrachter schon zu Beginn eines 3D-Projekts definiert sein sollte, um die Präsentation der digitalen Rekonstruktion auf die Zielstellung des Projekts auszurichten. Grundlage sollte in jedem Fall eine wissenschaftliche Herangehensweise sein, egal, ob ein 3D-Modell an Laien oder ein Fachpublikum adressiert ist. Im Hinblick auf die Präsentation von digitalen Modellen unterscheiden die Architekten Marc Grellert und Franziska Haas in ihrem 2016 erschienenen Aufsatz **Between Science and Illusion. Virtual reconstructions in Darmstadt University – The Dresden Castle** zwischen folgenden Möglichkeiten:

»While didactic models identify uncertainties and knowledge gaps in many ways, atmospheric models show all parts in the same level of detail. Atmospheric models give the illusion of ›completeness‹. Choosing ›complete‹ models is often a concept for the sake of a non-scientific audience.

■ 1400

Ausführliche Informationen und Bildmaterial zum Projekt liefert Kaldenbach auf seiner Webseite in mehreren Sprachen: <https://kaldenbach.home.xs4all.nl/>.

■ 1401

Vgl. Messemer 2011, S. 26; Messemer 2015, S. 203-207.

Consequently these atmospheric reproductions are normally the main attraction in exhibitions, but they are often criticized by art historians, building researchers and archaeologists. The quality of the presentation allows no conclusion as to the quantity and quality of the source materials. Therefore the developers have a great responsibility to fill the gaps by scientifically based speculations. In this case the model can be a contribution to a scientific discussion, especially if it is accomplished by a detailed documentation of the working process.« 1402

■ 1402

Grellert/Haas 2016, S. 120.

■ 1403

Ryan 1996, S. 107.

■ 1404

Meg Twycross' Ausführungen zu digitalen Rekonstruktionen sind zu finden in: Twycross 1999, S. 154.

Die beiden Autoren sprechen damit einen wesentlichen Aspekt an: die Kenntlichmachung von unsicherem Wissen in einer 3D-Rekonstruktion. Denn im Erstellungsprozess einer digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur tauchen immer wieder Lücken in den historischen Quellen auf, Informationen zu Details oder grundlegenden Zusammenhängen sind nicht (mehr) vorhanden. Diese ›Fehlstellen‹ in den zur Rekonstruktion dienenden Quellen verursachen entsprechende Lücken im 3D-Modell des betreffenden Bauwerks. Jedoch wird in digitalen Rekonstruktionsprojekten zu historischer Architektur sehr unterschiedlich damit umgegangen. Einerseits weil es dazu (noch) keine einheitlichen, verbindlichen Standards gibt, andererseits möglicherweise auch, weil das Bewusstsein für die Kenntlichmachung von Fehlstellen bei den Projektmitarbeitern nicht gegeben ist oder auch die Auftraggeber dies nicht wünschen.

In Bezug auf Letzteres appellierte der Informatiker Nick Ryan bereits 1996 an beide Seiten – die Ersteller des 3D-Modells und die Auftraggeber:

»Archaeologists and museum staff must, however, strive to retain a clear understanding of the purposes of their models. The most important of these is to communicate archaeological and historical information to their colleagues and to the public, not to demonstrate their skills in the latest computer graphics effects.« 1403

Demnach ist laut Ryan der Zweck eines digitalen Modells der Dreh- und Angelpunkt eines jeden kooperativen 3D-Projekts. Sein Appell ist auch auf die Zusammenarbeit bei Fernsehproduktionen übertragbar und hat bis heute Gültigkeit.

Eine weitere, wesentliche Komponente sprach Meg Twycross, die am Department English and Creative Writing an der University of Lancaster lehrte, 1999 an. 1404 In ihrem Kommentar zu den von Richard Beacham vorgestellten digitalen Rekonstruktionen im *Theatron*-Projekt hinterfragte sie den Umgang mit Fehlstellen in 3D-Modellen grundlegend:

»To be honest to ourselves and to others, we need to find some way of indicating where the gaps are in our data.

There needs to be a decorum of signalling fakes. [...] Finally: How far are our results conditioned by our software, how far by our data, and how far by our own research backgrounds?« 1405

■ 1405
Ebd.

■ 1406
Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 8.

■ 1407
Agnieszka Lulinska kuratierte im Jahr 2000 die Ausstellung »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn. Hier lag erstmals in einer Ausstellung in Deutschland der Fokus auf am Computer erstellte Rekonstruktionen von historischer Architektur, wie in Kapitel 5.3 (→ 367) erläutert wurde. Zu Lulinskas Ausführungen zu den Potentialen von 3D-Modellen in der Forschung und Vermittlung sowie damit verbundenen Problematiken vgl. das Interview mit Agnieszka Lulinska, das Marc Grellert am 5. September 2003 mit ihr führte: Grellert 2007, insbes. S. 554.

Sie weist hier explizit auch auf die moralische Verpflichtung der Wissenschaftler hin, die sie gegenüber sich selbst aber auch den Betrachtern ihrer digitalen Rekonstruktionen haben. Auch der Kontext, innerhalb dessen eine digitale Rekonstruktion erfolgt, sollte ihrer Meinung nach bei der Rezeption eines 3D-Modells reflektiert werden. Denn auch der wissenschaftliche Hintergrund – hinsichtlich Fragestellung, Methode etc. – sowie die Technik und die Quellen haben einen gewissen Einfluss auf das Endergebnis. Dies sollte den für die Erstellung einer digitalen 3D-Rekonstruktion historischer Architektur Verantwortlichen bewusst sein und im Arbeitsprozess reflektiert werden.

Dem Thema der Hypothesenkennzeichnung in digitalen Rekonstruktionen historischer Artefakte ist in der **London Charter** kein eigenständiger Leitsatz zugeordnet, vielmehr findet es sich innerhalb des **Leitsatz 4: Dokumentation** unter dem Punkt **Dokumentation der Kenntnislage** verankert mit folgender Forderung:

»Es soll den Nutzern klar gemacht werden, was eine computergestützte Visualisierung darzustellen anstrebt, zum Beispiel den bestehenden Zustand, eine belegbasierte Restaurierung oder eine hypothetische Rekonstruktion eines kulturellen Objekts oder einer Gesamtanlage, und von welcher Art und welchem Ausmaß jegliche faktische Unsicherheit ist.« 1406

Demnach soll bei einer digitalen Rekonstruktion also explizit kenntlich gemacht werden, welche Bereiche auf einer Hypothese beruhen und welche auf Fakten. Optimal wäre, auch den Grad der Unschärfe des Wissens anzugeben beziehungsweise visuell darzustellen. Zu fragen bleibt einzig, warum die Kennzeichnung von Hypothesen in der Charta nur sozusagen beiläufig erwähnt und nicht prominenter verzeichnet wurde. Denn schließlich geht es um die grundsätzliche Verlässlichkeit von 3D-Rekonstruktionen.

Gerade digitale Modelle haben das Potential, unsicheres Wissen in der Rekonstruktion kenntlich zu machen und sich damit als wissenschaftliches Instrument par excellence auszuzeichnen. Darauf wies beispielsweise die Kunsthistorikerin Agnieszka Lulinska in einem Interview 2003 hin, in dem sie auf das Potential digitaler Rekonstruktionen als wichtiges Instrument der Wissenschaft einging: 1407 Denn während der Erstellung eines digitalen 3D-Modells ist es erforderlich, die vorhandenen Quellen gewissenhaft auszuwerten und entsprechend in die Arbeit zu integrieren. Wenn dies vom Publikum und der Wissenschaft als selbstverständlich erachtet werden würde, könnte dies dazu beitragen digitale Architekturmodelle als Wissenschaftsinstrumente anzuerkennen.

Problematisch sieht Lulinska den Umstand, dass insbesondere bewegte Bilder, wie sie in Filmen mit virtuellen Flügen durch 3D-Modelle anzutreffen sind, suggerieren, es handle sich hier um eine realitätsgetreue Visualisierung. Wünschenswert wäre es, auf die in der Rekonstruktion dargestellte Hypothese explizit hinzuweisen. Denn genau darin liegt auch das eigentliche Potential einer computergenerierten Rekonstruktion gegenüber dem haptischen Modell: verschiedene Möglichkeiten und Zustände können in einem digitalen Modell dargestellt und erläutert werden. Um das Jahr 2003 gab es demnach durchaus ein Bewusstsein für diese Problematiken, jedoch hatten sich noch keine Lösungsansätze hierzu etabliert, eine Diskussion darüber war kaum vorhanden.

Auch zum Thema der Hypothesendarstellung befragte die Autorin im Rahmen der Interviews Experten, die unmittelbar oder auch indirekt in die in den vorangegangenen Kapiteln detailliert analysierten 3D-Projekten involviert waren. Hierzu stellte sie ihnen die Frage, wie sie in ihren Projekten mit sogenannten Fehlstellen umgehen, wie ihrer Ansicht nach Hypothesen im 3D-Modell gekennzeichnet werden könnten und ob dies ihrer Meinung nach notwendig sei.

Richard Beacham hält die Auszeichnung von unsicherem Wissen für absolut notwendig und nennt hierfür sowohl visuelle als auch textbasierte Möglichkeiten wie Farbigkeit, Transparenz oder Fußnoten und Querverweise. ¹⁴⁰⁸ Seiner Meinung nach waren Wissenschaftler in der Frühzeit digitaler 3D-Modellierung historischer Artefakte gegenüber digitalen Rekonstruktionen skeptisch, weil darin Hypothesen nicht kenntlich gemacht worden waren, wie er in folgender These darlegt:

»But the important thing is – and this is important for the seriousness of the scholarship – that you have got to somehow indicate what is real as it was and what is hypothesis, because the early history of virtual modelling was hampered, was handicapped because people would come and say, ›well, that’s just an artist’s concept, that’s pure imagination‹. Serious scholars were dissuaded from adopting this technology because of those kinds of problems. If I write an article, I have footnotes. So people can use that to judge. In a 3D model – unless you have some way of doing that kind of cross referencing – you just have to take it or leave it. That’s why this is so absolutely crucial.« ¹⁴⁰⁹

Beacham zufolge könnte somit die fehlende Nähe von digitalen Modellen zu traditionellen Publikationsformaten eine entscheidende Ursache für die anhaltend skeptische Haltung von Forschern gewesen sein.

Die Möglichkeit zur Verwendung von einer Art Fußnoten in digitalen Modellen nennt auch Bernard Frischer, der Wissenschaftler in der Pflicht sieht, Unsicherheiten in 3D-Modellen darzustellen und darüber hinaus weitere Optionen nennt:

■ 1408

Vgl. Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 10.

■ 1409

Ebd.

»And yes, we do have a duty to flag the uncertainty and it can be done either in two ways or both ways at the same time: graphically or textually. In graphic ways for example you could use a different way to show the part of a building or statue, that is uncertain. You could use a grey scale instead of a colour, you could use lower resolution, you could flag it some way visually. I myself don't like that because I am very committed to beauty, a thing should look consistent, so I am instead more attracted to the textual approach, because it is very easy now with a software like Sketchfab, which is becoming a kind of a standard, to add a so called annotation or hotspot that is visible on the surface at the right place. You click on it and you open a box and you can get any amount of information you want, including a link to even more information. So that is how I like to handle it, by a kind of a footnote, in the form of an annotation or hotspot.« **1410**

■ 1410

Vgl. [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit [Bernard Frischer](#), [Frage 9](#).

■ 1411

Vgl. [Frischer et al. 2000](#).

Laut Frischer gibt es somit zwei Möglichkeiten Unsicherheiten im 3D-Modell zu kennzeichnen, eine grafische und eine textbasierte. Bei beiden handelt es sich um visuelle Elemente, die teils stärker oder schwächer das Erscheinungsbild eines 3D-Modells prägen. Der Archäologe favorisiert dabei die Möglichkeit, die eine aktive Involvierung des Benutzers vorsieht – die allerdings für Filme nicht umsetzbar ist. Dieser wird demnach dazu angehalten, selbstständig die Informationen zur digitalen Rekonstruktion nach eigenem Interesse abzurufen. Ihm wird damit nicht alles verfügbare Wissen aufgebürdet, sondern nur für den Bedarfsfall angeboten. Problematisch an dieser Darstellungs- und Vermittlungsmethode ist, dass dem Benutzer das übergreifende Konzept zum 3D-Modell möglicherweise entgeht, das ihm erläutert, welches Ziel mit der Rekonstruktion verfolgt wurde, auf welcher Datengrundlage und Expertise es aufbaut. Denn nur mit diesem Wissen kann eine Interpretation der digitalen Rekonstruktion erfolgen. Insofern müssten diese Informationen dann zusätzlich als Begleittext oder Ähnliches zum digitalen Modell zur Verfügung gestellt werden.

In Anlehnung daran kann noch eine weitere Möglichkeit zu den beiden von Frischer genannten hinzugefügt werden und zwar eine textbasierte. In einer Publikation zum 3D-Modell können Argumente und Entscheidungsprozesse, die der Erstellung der digitalen Rekonstruktion zugrunde liegen, schriftlich dargelegt und mit entsprechenden Bildern und auch Filmen angereichert werden. Für eine solche textbasierte Dokumentation können beispielsweise folgende Projekte genannt werden, die in der vorliegenden Arbeit detailliert analysiert wurden: Die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom wird in einem Aufsatz von Frischer et al. umfassend beschrieben. **1411** Der Text ist jedoch nicht mit dem zugehörigen Film verknüpft. Dies war hingegen der Fall bei dem 3D-Projekt zu Old Minster, Winchester. In den 2015 von Reilly et al. veröffentlichten Aufsatz in der online-Zeitschrift **DAACH**, der eine grundlegende Publika-

■ 1412

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016.

■ 1413

Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Andy Walter, Frage 9.

■ 1414

Vgl. Niccolucci/Hermon 2005.

■ 1415

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 10.

■ 1416

Informationen zum von Matt Jones vorgestellten Projekt sind zu finden in: Jones 2012.

tion mit Hintergrundinformationen zur Entstehung und Erstellung der Arbeit lieferte, wurden die beiden **Minster Movies** sowie ein Link zur neu erstellten **WebGL-Anwendung** integriert. **1412**

Eine weitere Möglichkeit wäre es, mehrere Versionen zu einem Bauwerk oder architektonischen Details zu erstellen, um beispielsweise unterschiedliche Interpretationen der vorliegenden Quellen zu zeigen. Diese und weitere innovative technische Lösungen schlägt der Ingenieur und Softwareentwickler Andy Walter vor:

»The existence of hypothesis in a model could be indicated verbally by the computer knowing what part of the model you're looking at closely, and providing you with a tour guide style commentary. Or the object could appear a bit indistinct/shadowy/vague in some way. Or the hypothetical arch could cycle slowly through the range of known variations of such an arch. Lots of possibilities.« **1413**

Er sieht demnach verschiedene Möglichkeiten zu zukünftigen Umsetzungsweisen für die Hypothesenkennzeichnung im 3D-Modell bzw. in dessen Präsentation. Hier könnten neue Standards erschlossen werden. Beispielsweise schlugen Franco Niccolucci und Sorin Hermon 2005 vor, Verlässlichkeit in archäologischen Rekonstruktionen numerisch zu definieren. **1414**


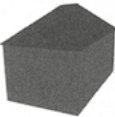

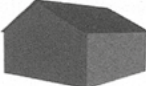


Auf die Diskrepanz zwischen dem Anspruch eines Wissenschaftlers an seine 3D-Rekonstruktion, der Forderung des Auftraggebers an das resultierende digitale Modell und der Erwartungshaltung des Publikums macht Marc Grellert aufmerksam:

»Die Frage wie mit Fehlstellen umgegangen wird, hängt sicherlich auch vom Auftraggeber ab. Es gibt oft den Wunsch, dass eine Rekonstruktion sehr anschaulich sein soll. Gerade in den Bereichen Ausstellung und Fernsehen existiert auch eine gewisse Erwartungshaltung des Publikums nach einer anschaulichen Rekonstruktion. Dem muss man nicht immer gerecht werden, es kann auch sinnvoll sein, abstraktere Rekonstruktionen zu machen, wenn es darum geht, eine Geschichte zu erzählen, Bauprozesse oder verschiedene historische Zustände darzustellen.« **1415**

Ihm zufolge sind Wissenschaftler demnach im Hinblick auf in Ausstellungen oder im Fernsehen gezeigten 3D-Rekonstruktionen nicht unabhängig in ihren Entscheidungen zur Ästhetik ihrer Arbeit.

Diese Erfahrung machte beispielsweise Matt Jones, Experte in **Archaeological Computing**, der für das Museum of Archaeology in Southampton 2007 eine digitale Rekonstruktion von Southampton im Jahr 1454 erstellte. **1416** In der 3D-Rekonstruktion, die ausgestellt werden sollte, waren farbliche Kenn-

zeichnungen von Hypothesen, Überblendungen oder Ähnliches von Seiten des Museums nicht erwünscht. Daher fertigte Jones eine Tabelle an, in der jedes Bauwerk mit Thumbnail-Bild und Angaben zum Wahrscheinlichkeitsgrad der 3D-Visualisierung sowie den verwendeten Quellen verzeichnet war ^[352]. Diese diente als weiterführende Hintergrundinformation und wurde den Besuchern der Ausstellung vor Ort zur Verfügung gestellt.

Model Part	Level of Certainty	Source Data	Thumbnail
Plots 173–180	Low	Excavation has uncovered the ground plans for these cottages and tenements but nothing is known above ground level.	
Poysage (Weigh) House	Low	Survives in ruins. Ground plan is known but little is known above this level.	
Plots 158–162 and 257	Low	Excavation has uncovered the ground plans for these cottages and tenements but nothing is known above ground level.	
King John's	Low	Building survives in ruins.	
Two houses on Cuckoo Lane	Low	These tenements were not detailed in the <i>Terrier</i> or if they were, they were not placed correctly. Ground plans uncovered but nothing known above ground level.	
Towers	Medium	Some survive well such as Arundel Tower, others as ruins, others are completely extant.	

□ 352

Angabe des Wahrscheinlichkeitsgrads für einzelne Objekte im 3D-Modell der digitalen Rekonstruktion von Southampton im Jahr 1454, Matt Jones, 2007.

Es liegt aber auch in der Verantwortung der Forscher, einem potentiellen Auftraggeber zu vermitteln, welche Bedeutung die Darstellung von Hypothesen hat und welchen Mehrwert an Erkenntnis dies auch für das Publikum bedeutet. Was hingegen die rein wissenschaftliche Anwendung betrifft, identifiziert Grellert folgende Tendenz:

»Es gibt dennoch auch eine andere Tendenz, nämlich die Menschen an dem unsicheren Wissen teilhaben zu lassen, eventuell auch Varianten zu zeigen. Eine Möglichkeit ist auch mit Begleittext oder mit verschiedenen grafischen Ausdrucksweisen auf Gesichertes und weniger Gesichertes einzugehen. Im wissenschaftlichen Kontext ist dies die Richtung, in die es hingehen wird und hingehen soll, nämlich,

dass man kenntlich macht, welchen Grad der Wahrscheinlichkeit bestimmte Bereiche der Rekonstruktion haben. Ich denke, dass bei Fehlstellen auch wieder das Thema der Dokumentation ins Spiel kommt, um deutlich zu machen, wo Hypothesen sind und wo mehr gesichertes Wissen ist, selbst wenn am Ende für eine Ausstellung nicht alles umzusetzen ist.« **1417**

■ 1417

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 10**.

■ 1418

Vgl. **Appendix 2.7** (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 5** und **Frage 16**.

■ 1419

Vgl. **Appendix 2.8** (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, **Frage 11**.

■ 1420

Vgl. **Appendix 2.2** (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 12**.

Hier macht Grellert deutlich, dass eine Kennzeichnung von unsicherem Wissen eng mit der Dokumentation des Erstellungsprozess verknüpft ist. Denn in diesem können eben jene Entscheidungen, die zur Hypothesendarstellung führten, erläutert werden. Auf das Thema der Dokumentation wird in einem nächsten Abschnitt des vorliegenden Kapitels genauer eingegangen.

Auch Bob Martens hält es für wichtig, in den zu einer 3D-Rekonstruktion publizierten Berichten auf Fehlstellen einzugehen und damit die Anschlussfähigkeit für spätere Projekte zu ermöglichen. **1418** Das von ihm initiierte 3D-Projekt zu Synagogen in Wien wird diesbezüglich im nächsten Abschnitt unter diesem Aspekt beleuchtet. Dominik Lengyel wirft einen differenzierten Blick auf die Kennzeichnung von Hypothesen: Seiner Meinung nach ist diese abhängig von dem jeweiligen Zweck, der mit einem digitalen Modell verfolgt wird, und kann auch in zweidimensionalen Darstellungen wie Aufriss oder Grundriss erfolgen. **1419** Dieses Konzept setzt er auch praktisch in 3D-Projekten um, wie in **Kapitel 6.3** (→ **521**) exemplarisch an der Rekonstruktion des Kölner Doms gezeigt wird.

Der Archäologe Paul Reilly hält die Frage nach der Hypothesendarstellung im Jahr 2017 allerdings bereits für überholt. Dennoch erachtet er die Kennzeichnung von Unsicherheiten als wichtig und würde hier für variierende Transparenzen im 3D-Modell plädieren:

»I think that perhaps too much attention, time and resources, have been given to this topic which I, personally, regard as a 1990s backlash by established archaeologists who feared non-archaeologists would be in the driving seat as far as orthodox interpretations of sites presented to the public were concerned. There is very little literature that critiques specific reconstructions. I do feel the need to show the basis of what is secure knowledge (what we found/still have) and highlight (a fade to transparency) showing what is interpretation and guesswork.« **1420**

Wie diese Expertenmeinungen zeigen, ist das Feld der Hypothesendarstellung in digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur sehr weit gefasst. In 3D-Projekten der letzten Jahrzehnte können durchaus Arbeiten identifiziert werden, die offen mit Fehlstellen umgingen und dies auch in ihren Texten zur Rekonstruktion thematisierten. Einige herausragende Beispiele für die Darstellung

von Hypothesen sollen im Folgenden kurz genannt und beschrieben werden, um einen Überblick über die Fülle an Möglichkeiten in diesem Kontext zu eröffnen.

Farbskalen

Eine Möglichkeit besteht darin, Unsicherheiten im Wissensstand mit bestimmten Farbtönen über eine zuvor festgelegte Farbskala zu kennzeichnen. **1421** Wie in der Analyse des von Bob Martens durchgeführten Langzeitprojekts zur digitalen Rekonstruktion jüdischer Gotteshäuser in Wien deutlich wurde, stellte er im 1998 realisierten 3D-Modell der Synagoge Neudeggergasse sämtliche Objekte im Innenraum – bis auf den in gelb gehaltenen Holzeinbau um den Aron Hakodesh – in einem grauen Farbton dar **[353]**. **1422** Denn zu diesem Zeitpunkt lagen nicht genügend Informationen vor, um fundierte Aussagen zur Gestaltung der Oberflächen zu treffen. Als Jahre später für eine vergleichbare Synagoge historische Unterlagen auftauchten, wurde aufgrund von Analogieschlüssen in einem überarbeiteten Modell der Neudeggergasse der Innenraum detailliert mit farbigen Texturen ausgestattet. Allerdings wurde hier keine visuelle Unterscheidung vorgenommen, die den Grad der Wahrscheinlichkeit einzelner Elemente darlegt. Insofern geht darin auf visueller Ebene eine wichtige Information verloren: der Hinweis darauf, dass die farbige Gestaltung des Inneren des Gotteshauses auf Hypothesen beruht. Dieser war im ersten Modell hingegen in der bewussten Darstellung in Grau vorhanden. Mit dem in Gelb gefärbten Holzaufbau um den Aron Hakodesh wurde zudem ein Akzent gesetzt, der verdeutlichte, dass es sich hierbei um ein wichtiges Objekt handelt, über das nähere Informationen (Vergoldung) vorlagen.

■ 1421

In anderen Disziplinen wie Kartografie, Geologie, Meteorologie, Astronomie und Medizin sind beispielsweise Falschfarbendarstellungen – die Wiedergabe von Farben, die keinem realen Farbeindruck entsprechen – bereits lange etabliert. Vgl. Apollonio 2016, S. 189-190.

■ 1422

Vgl. [Kapitel 5.4](#) (→ 403).

■ 1423

Vgl. [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 7](#).



□ 353

Blick zum Aron Hakodesh in der digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggergasse, Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998 (links) und Rendering der neueren Version des 3D-Modells, Stand 2016, TU Wien (rechts).

Insofern stellte das Konzept des ersten 3D-Modells zur Synagoge Neudeggergasse einen erkenntnisfördernden Ansatz dar, der jedoch in den darauf folgenden überarbeiteten Versionen der digitalen Rekonstruktion nicht mehr weiterverfolgt wurde. Dies lag wohl vor allem daran, dass nach Meinung von Bob Martens das Publikum heute die Darstellung eines grauen Innenraums nicht verstanden hätte. **1423** Ein Informationstext im Ausstellungsraum könnte einer solchen Befürchtung allerdings leicht Abhilfe schaffen.

Das 3D-Projekt **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten**, das von 2009 bis 2010 von Dominik Lengyel und Catherine Toulouse durchgeführt wurde, verfolgte ein von den Architekten entwickeltes Konzept zur Darstellung von Hypothesen und Unschärfen im 3D-Modell. Ihm ist **Kapitel 6.3** (→ **521**) gewidmet, um die Intentionen von Lengyel und Toulouse sowie deren praktische Anwendung ausführlich darzulegen und zu analysieren.

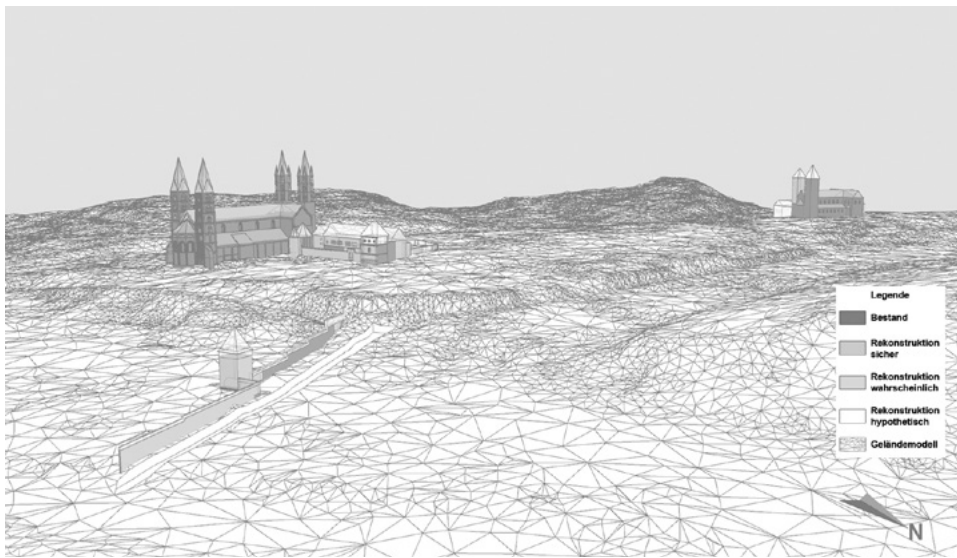
■ 1424

Für umfangreiche Informationen zu Entstehung, Umsetzung, Zielen, Konzepten und Anwendungsmöglichkeiten des Projekts vgl.: Webseite der Otto-Friedrich-Universität Bamberg: <https://www.uni-bamberg.de/tauforschung/forschung/projekte/digitales-stadtmodell/4d/>; Breitling/Schramm 2011; Breitling/Buba/Fuhrmann 2015; Breitling/Buba/Fuhrmann 2016.

■ 1425

Breitling/Schramm 2011, S. 8.

Ein Beispiel zur farblichen Kennzeichnung unterschiedlicher Grade an Wahrscheinlichkeiten stellt das Projekt **4D-Stadtmodell »Bamberg um 1300«** dar, das unter der Leitung von Stefan Breitling von 2010 bis 2013 im Fach Bauforschung und Baugeschichte an der Otto-Friedrich-Universität in Bamberg durchgeführt wurde. ¹⁴²⁴ Ziel war es, den urbanen Zustand um 1300 digital zu rekonstruieren und in das seit 2002 bestehende digitale Stadtmodell zu integrieren, anhand der »Überblendung des gegenwärtigen Zustandes mit der historischen Stadt, die die geschichtlichen Grundlagen der Stadtentwicklung sichtbar macht« ¹⁴²⁵. Hierfür wurden auf Basis der vom Vermessungsamt zur Verfügung gestellten Geoscans in einem Geländemodell historische Begebenheiten des Terrains eingearbeitet. In einem nächsten Schritt konnten die einzelnen, mit der Software **Google SketchUp** realisierten 3D-Modelle der rekonstruierten Bauwerke exakt verortet werden ³⁵⁴.



□ 354

In das Geländemodell exakt verortete 3D-Modelle der digital rekonstruierten, historischen Bauten in Bamberg um 1300, »4D-Stadtmodell »Bamberg um 1300«, Stand 2011.

■ 1426

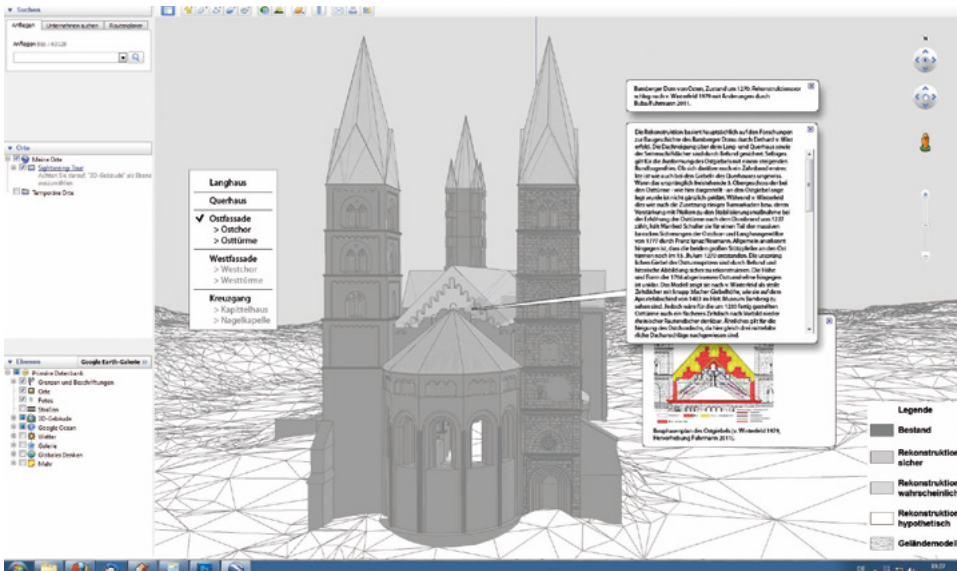
Ebd., S. 9.

Zentraler Kern des Projekts war die visuelle Darstellung der rekonstruierten historischen Architektur. Um die Visualisierung nachvollziehbar zu gestalten, wurde ein Konzept zur Differenzierung von unscharfem Wissen entwickelt. In fünf Stufen unterschied es sowohl farblich als auch im Detaillierungsgrad sowie an Intensität die Wahrscheinlichkeit der dargestellten architektonischen Elemente ³⁵⁵. So werden archäologische Befunde oder Fakten aus der bauhistorischen Forschung als Details visualisiert. Darüber hinaus haben die in Graustufen wiedergegebenen Abschnitte folgende Bedeutung:

»Sicher vorhandener, nicht erfasster Bestand wird mit einem dunklen Grau markiert. Mit großer Wahrscheinlichkeit ursprünglich vorhandene, heute verschwundene Bauteile sind in einem helleren Grau gehalten. Sehr hell und durchscheinend sind schließlich Bauteile eingefärbt, die zwar nur durch vage Analogieschlüsse rekonstruierbar, aber zur Abrundung des anzunehmenden ursprünglichen Erscheinungsbildes und zur Verständlichkeit der Darstellung notwendig sind.« ¹⁴²⁶

Dieses Farbsystem erlaubt eine genaue Zuordnung einzelner Elemente im 3D-Modell und bildet dabei eine eigene Bildsprache mit folgendem Ziel: »Eine reduzierte, teilweise vorläufig wirkende Darstellung vermittelt das Fragmentarische des Erhaltungszustandes bzw. des Kenntnisstandes und zugleich die Offenheit der Rekonstruktionsvorschläge.« 1427 In Form von erläuternden Texten wird dieses Konzept für Benutzer nachvollziehbar.

■ 1427
Breitling/Buba/Fuhrmann 2015, S. 64.

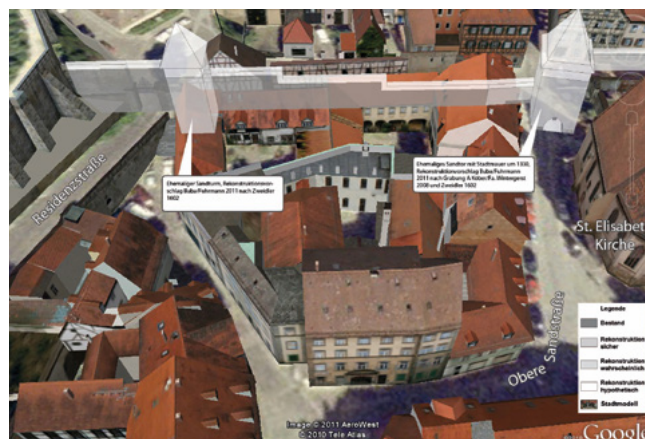


□ 355
Ansicht des digital rekonstruierten Bamberger Doms von Osten mit in Graustufen dargestellten Wahrscheinlichkeitsgraden und Informationstexten, »4D-Stadtmodell ›Bamberg um 1300«, Stand 2011.

■ 1428
Ebd., S. 70.

■ 1429
Vgl. Informationen zum digitalen Modell der Stadt Bamberg in »Google Earth« auf der Webseite der Stadt: <https://www.stadt.bamberg.de/?object=tx%7c2730.2888.1>.

Die Hypothesendarstellung bezog hier auch die Darlegung der dahinterliegenden Entscheidungsprozesse mit ein 356. Um »ein kritisches, in allen seinen Teilen überprüfbares Rekonstruktionsmodell« 1428, wie Breitling und Karl-Heinz Schramm es bezeichneten, als Ergebnis zu erhalten, hielten sie den Entscheidungsprozess, der zur Rekonstruktion eines Bauwerks oder eines Bauteils führte, in der folgenden dreiteiligen Form fest: ein Verzeichnis der herangezogenen Veröffentlichungen und Expertenmeinungen, ein schriftlicher Kommentar zu der der Modellierung zugrundeliegenden Argumentation, Verzeichnis der Befunde und weiteren Visualisierungen. Dieses Konzept diente der Nachvollziehbarkeit und zugleich der Anschlussfähigkeit im Hinblick auf neue Forschungserkenntnisse, die ausdrücklich eingearbeitet werden sollten. Veröffentlicht ist das digitale Stadtmodell in Google Earth und kann online interaktiv erkundet werden. 1429



□ 356
In »Google Earth« implementiertes digitales Modell der Stadt Bamberg mit eingblendeten Rekonstruktionsvorschlägen zu Stadtmauer und Türmen in der Bergstadt, »4D-Stadtmodell ›Bamberg um 1300«, Stand 2011.

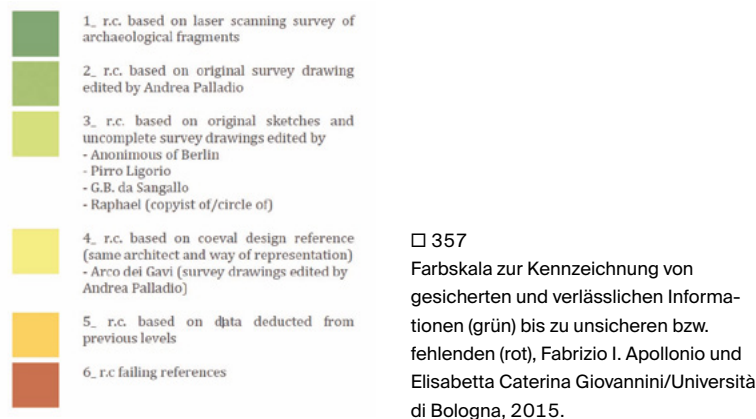
In diesem Projekt vereinen sich somit verschiedene Grundsätze, die in der **London Charter** verankert sind: die Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses, Sicherung der Nachhaltigkeit in Bezug auf spätere Nutzung und die Zugänglichkeit. All dies zeichnet diese von Stefan Breitling geleitete Initiative aus. Einzig gehen Breitling et al. in ihren Publikationen nicht auf die **London Charter** ein und stellen somit ihre Arbeit nicht aktiv in den Kontext der darin aufgestellten Richtlinien. Für zukünftige Projekte wäre dies wünschenswert, um explizit darauf aufmerksam zu machen, dass die in der Charta geforderten Ansprüche umgesetzt wurden. Dies würde dazu beitragen, die Wissenschaftlichkeit von 3D-Projekten herauszustellen und damit zu deren Anerkennung beizutragen.

Eine bunte Farbskala wurde beispielsweise am Dipartimento Architettura der Università di Bologna, Italien, von den Architekten Fabrizio I. Apollonio und Elisabetta Caterina Giovannini in einem 3D-Projekt zur digitalen Rekonstruktion der nicht mehr existierenden Porta Aurea in Ravenna angewandt. **1430** Erbaut 43 n. Chr. wurde es nach einer wechselvollen Geschichte im Jahr 1582 schließlich komplett abgerissen. Heute liegen zahlreiche historische Zeichnungen und Beschreibungen davon vor, einzelne architektonische Fragmente sowie Daten aus einer Ausgrabung Anfang des 20. Jahrhunderts.

Um die aus den heterogenen Quellen resultierenden, unterschiedlich gesicherten Informationen adäquat zu visualisieren, wurde eine Farbskala für die Oberflächen im 3D-Modell erstellt ³⁵⁷. In insgesamt sechs Farbabstufungen markieren sie verschiedene Wahrscheinlichkeitsgrade, die sich auf die Verlässlichkeit der herangezogenen Quellen beziehen. Mit Stufe 1 (Dunkelgrün) werden Laserscans von erhaltenen Fragmenten ausgezeichnet und umfassen damit die höchste Stufe an gesichertem Wissen. Darauf folgt Stufe 2 (etwas helleres Grün) mit Dokumenten von Andrea Palladio: Zeichnungen beider Seiten des Tors und von architektonischen Details sowie Vermessungen des Bauwerks. Die dritte Stufe (Hellgrün) umfasst Skizzen sowie unvollständige Vermessungszeichnungen weiterer historischer Personen wie Raphael und Pirro Ligorio. Zu Stufe 4 (gelb) zählen Quellen zu stilistisch vergleichbaren Bauten. In der fünften Stufe finden sich Erkenntnisse und Vermutungen, die aus dem 3D-Modellierungsprozess resultieren, der wiederum auf Quellen in den zuvor genannten Farbstufen aufbaut. Hiermit ist insofern eine Metaebene in die Farbskala eingeschlossen, bei der noch hinsichtlich des Wahrscheinlichkeitsgrads der herangezogenen Quelle differenziert werden könnte. Mit der letzten Stufe (rot) werden Elemente gekennzeichnet, für die keine verlässlichen Informationen vorliegen.

■ 1430

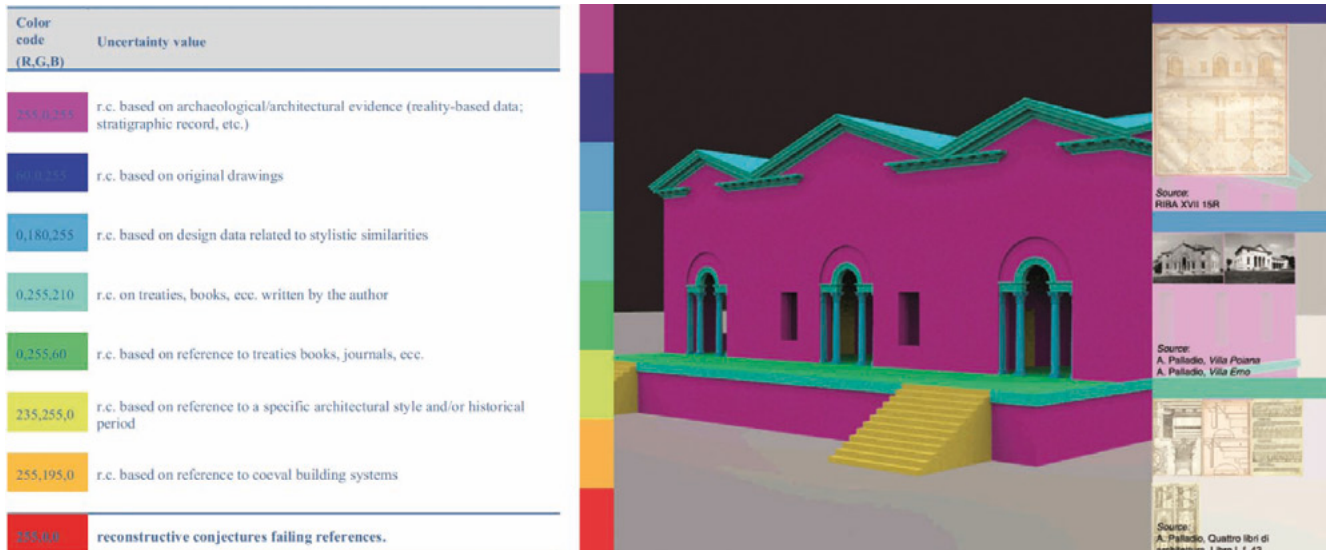
Zu Zielen und Umsetzung des 3D-Projekts, Konzeption der Farbskala sowie Informationen über die Porta Aurea vgl.: Apollonio/Giovannini 2015.



Diese Farbskala ergänzte Apollonio später mit drei weiteren Farbtönen (ein Grünton wurde durch eine andere Farbe ersetzt) und verallgemeinerte die Bedingungen für die Einstufung der Quellen, wodurch er ein anschlussfähiges System für andere 3D-Projekte zur Rekonstruktion von historischer Architektur bot [358](#). [1431](#)

■ 1431

Vgl. Apollonio 2016.



□ 358

Erweiterte und im Hinblick auf die Bedingungen allgemeingültig gehaltene Farbskala zur Kennzeichnung von Hypothesen in 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur unter Angabe der RGB-Werte (links) und deren Umsetzung am Beispiel eines Entwurfs von Andrea Palladio mit zugehörigem Quellenmaterial (rechts), Fabrizio I. Apollonio/Università di Bologna, 2016.

■ 1432

Vgl. Boeykens 2011; Maekelberg/Boeykens 2017.

■ 1433

Maekelberg/Boeykens 2017, Abschnitt »Historical validation«.

Auch in 3D-Projekten, die am Department für Architektur an der KU Leuven durchgeführt wurden, findet eine bunte Farbskala Verwendung [359](#). [1432](#) Ziel ist hier ebenso die Darstellung unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsgrade im digitalen Modell, von grün/sicher zu rot/unsicher. Die in Leuven forschenden Architekten Sanne Maekelberg und Stefan Boeykens sehen eine Herausforderung insbesondere »in the historic validation of the decision process and its communication towards any third parties, particularly the viewers of the digital model.« [1433](#) Sie betonen damit, dass der intendierte Betrachter bei der Erstellung bedacht werden muss, wie auch eine Dokumentation des Erstellungsprozesses erfolgen sollte. Letzteres ist ein wichtiger Handlungsbedarf im Kontext wissenschaftlicher digitaler Rekonstruktion von historischer Architektur, auf das in einem folgenden Abschnitt des vorliegenden Kapitels ausführlich eingegangen wird.



□ 359

Darstellung von Wahrscheinlichkeitsgraden (von grün/sicher zu rot/unsicher) der wiedergegebenen architektonischen Details im 3D-Modell des Palais Rihour in Lille, KU Leuven, 2017.

Fotorealismus versus Abstraktion

Während die vorangegangenen 3D-Projekte zwar verschiedene Farben aufwiesen, boten sie dennoch eine in sich homogene visuelle Darstellung der digital rekonstruierten Architektur. Daher sei hier nun ein Beispiel genannt, das eine heterogene Darstellungsweise hat, indem fotorealistische und abstrakte Elemente im 3D-Modell vereint sind. Dabei handelt es sich um das Langzeitprojekt **Zurück in die Zukunft – Die Visualisierung planungs- und baugeschichtlicher Aspekte des Dresdner Zwingers**, das kurz in seinen Grundzügen vorgestellt wird, um dann auf die Besonderheit der Visualisierung einzugehen. ¹⁴³⁴ Von der **Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH** im Jahr 2007 initiiert, wurde es gemeinsam mit der Hochschule für Wirtschaft und Technik (HTW) in Dresden durchgeführt. Ausgerichtet war es auf die didaktische Vermittlung des komplexen Themas in einer Dauerausstellung. ¹⁴³⁵

Die mannigfaltige Baugeschichte des Zwingerareals wurde in insgesamt 14 sogenannte Zeitschnitte vom Beginn des 18. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts unterteilt, die nicht nur tatsächlich ausgeführte Bauwerke umfassten, sondern auch nie realisierte Pläne. Für die 3D-Rekonstruktion wurden hiervon diejenigen Abschnitte ausgewählt, die am umfassendsten in historischen Quellen fassbar waren und alle jemals beteiligten Architekten miteinschlossen.

Das Zwingerareal wurde im 18. und 19. Jahrhundert mehrfach umgebaut und ergänzt. Zahlreiche zur Umgestaltung angefertigte Pläne wurden jedoch nie umgesetzt. Um die großen Unterschiede zwischen geplanten, nicht mehr bestehenden und noch heute existierenden Gebäuden im Zwingerkomplex entsprechend zu visualisieren, wurde folgendes Konzept für das 3D-Projekt entwickelt:

»Ultimately, the decision for the graphic realization was made for an architectonic model made out of cardboard which is the generally known type [...]. Due to this display mode all levels of abstraction can be represented easily, the status of the modelling seems clear and the distinction or separation from the existing Zwinger buildings is obvious [...].« ¹⁴³⁶

Je nach Dichte der vorliegenden Quellen variierte zudem der Detaillierungsgrad der Darstellung, sodass noch bestehende Bauten sehr detailreich gestaltet waren, um einen authentischen Eindruck wiederzugeben, weniger gut dokumentierte Gebäude erhielten hingegen eine abstrakte Anmutung ³⁶⁰.

Weitere visuelle Darstellungsweisen für kaum dokumentierte Bauphasen umfassten eine abstrakte Volumendarstellung ohne Details und Texturen sowie eine Verräumlichung von Grundrissen ³⁶¹. Diese abstrahiert gehaltenen Visualisierungen vermitteln sehr anschaulich, dass die Quellenlage hier nicht sehr umfangreich war und betonen dadurch den Entwurfscharakter.

■ 1434

Umfangreiche Informationen zur Entstehung, Durchführung und den Zielen des 3D-Projekts sind zu finden in: Jahn/Wacker/Welich 2016; Webseite zum Projekt: <https://www2.htw-dresden.de/~zwinger/webs/projekt.html>. Eine kurze Zusammenfassung des 3D-Projekts findet sich in: Messemer 2016 (Ideen zu einer Typologie), S. 66–67.

■ 1435

Die 3D-Modellierung übernahmen größtenteils 27 Studierende der Medieninformatik an der HTW mit der Software »3D Studio Max« sowie weitere Mitarbeiter, die »Cinema 4D« und »Blender« verwendeten. Innenräume wurden allerdings nicht modelliert. Protokolle zu den Arbeitstreffen der Beteiligten dokumentieren die Entwicklung der 3D-Modellierung, um diese nachvollziehbar zu machen. Vgl. Jahn/Wacker/Welich 2016, S. 277–278 u. S. 283.

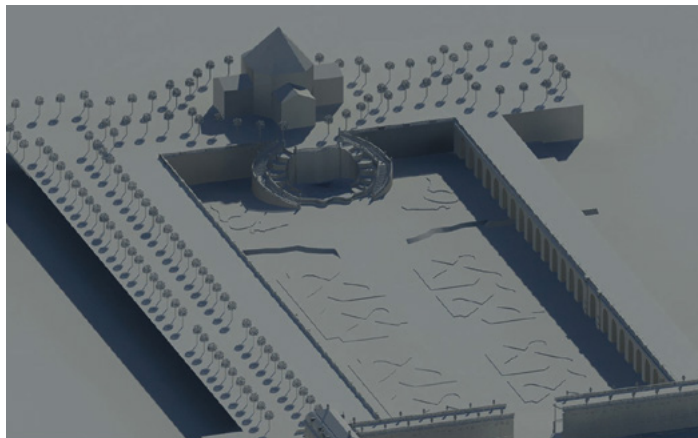
■ 1436

Ebd., S. 281.



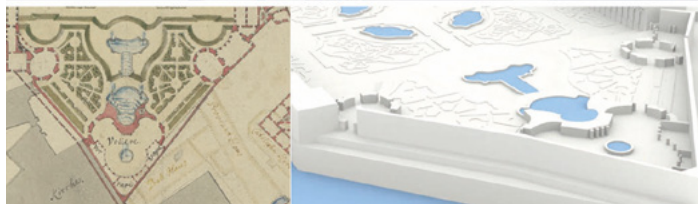
□ 360

Digitales 3D-Modell des Dresdner Zwingers nach Matthäus Daniel Pöppelmanns Entwurf von 1722, wiedergegeben in der optischen Erscheinungsweise eines Kartonmodells in Kontrast zum texturiert dargestellten Residenzschloss, Markus Zönnchen (Modellierung), »Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH«, 2007.



□ 361

Möglichkeiten zur visuellen Wiedergabe von Bauphasen mit wenigen historischen Quellen: abstraktes Volumenmodell ohne Texturen der 1716 geplanten Erweiterung der Orangerie (oben) und verräumlichter Grundriss (unten rechts) basierend auf einem historischen Grundriss von 1716/1718 (unten links), 3D-Modelle (Modellierung oben: Chris Leister; Modellierung unten: Conny Coburger), »Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH«, Stand 2010–2011.



□ 362

Diskrepanz zwischen perspektivisch verzerrter Darstellung in einer Ansicht des von Pöppelmann 1716 bis 1718 geplanten Schlosses und entsprechender Wiedergabe im 3D-Modell, das die tatsächliche Erscheinungsweise des Bauwerks unverzerrt wiedergibt, 3D-Modell, Conny Coburger (Modellierung), »Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH«, Stand 2010–2011.

Der kritische Umgang mit den vorliegenden Quellen konnte im Laufe des 3D-Projekts auch Unstimmigkeiten in historischen Zeichnungen aufdecken, die ohne 3D-Modellierung nicht sichtbar geworden wären. So wurde erst beim Erstellen eines digitalen Modells deutlich, dass in einer von Pöppelmann angefertigten Ansicht die Fassade des 1716 bis 1718 geplanten Schlosses stark verkürzt dargestellt ist und in gebauter Form einen vollkommen anderen Eindruck vermittelt hätte ^[362].

Die Ergebnisse dieses Rekonstruktionsprojekts wurden 2013 im Rahmen der Ausstellung **Pöppelmann 3D – Bücher, Pläne, Raumwelten** in der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek (SLUB) öffentlich in einem elfminütigen Film präsentiert. ^[1437] Dieser beinhaltet einen virtuellen Rundgang durch sämtliche realisierte Bauphasen und nicht ausgeführte Planungen. ^[1438] Die darin gezeigten Bauwerke umfassen die zuvor erläuterten variantenreichen Darstellungsweisen von abstrakter, kubusförmiger Architektur bis zu detailliert modellierten Bauwerken. Ergänzt wird die Rekonstruktion durch Fototexturen mit sich bewegenden und spiegelnden Wasseroberflächen sowie einem nicht näher spezifizierten grünen Untergrund. Zur weiteren Informationsvermittlung werden teils historische Pläne oder Ansichten eingeblendet, um zu zeigen, worauf das 3D-Modell basiert. Nahegelegene Bauten wie das Residenzschloss sind weitgehend abstrahiert als Volumenmodell wiedergegeben, was allerdings leicht verwirrend wirkt, da dies bedeuten würde, dass hierfür nicht ausreichend Quellen vorlagen. Tatsächlich wurde diese Entscheidung wohl aber getroffen, damit eine zu detailreiche Darstellung des Schlosses nicht von der im Zentrum des Films stehenden Architektur ablenken kann. Stattdessen wäre es auch möglich gewesen, das Schloss zwar detailreich zu modellieren, aber dafür leicht verschwommen zu visualisieren und es somit auch optisch in den Hintergrund treten zu lassen.

Dennoch wird anhand des starken Kontrasts zwischen den fotorealistischen beziehungsweise detailreichen und den abstrakten Darstellungen in den 3D-Modellen für den Betrachter schnell deutlich, welche Elemente gesicherte Informationen wiedergeben und wo sich Hypothesen befinden. Einzig der Grad an Wahrscheinlichkeit lässt sich daran nicht ablesen. Jedoch bietet die hier umgesetzte Art und Weise der Visualisierung eine für die museale Präsentation geeignete Methode den Betrachter über die zugrundeliegende differierende Quellenlage zu informieren.

Hingegen bauen die Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse in ihren 3D-Projekten bewusst auf eine durchgehend abstrahierte Darstellung. ^[1439] So findet sich in der von ihnen 2009 bis 2010 realisierten digitalen Visualisierung des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten eine differenzierte Darstellung in Graustufen – ohne Texturen – die bestimmte Materialien abbildet. In ihre 3D-Modelle binden sie bewusst keine medienfremden Elemente wie historische Pläne ein, um »eine kohärente virtuelle Welt« ^[1440] zu erstellen. Im anschließenden **Kapitel 6.3 (→ 521)** wird diese Arbeit detailliert analysiert, um das Konzept der beiden Architekten zur Hypothesendarstellung in 3D-Modellen, das sie in all ihren Projekten verfolgen, genauer zu untersuchen.

Andere Experten entscheiden von Fall zu Fall, ob sie in ein digitales Modell auch Fototexturen integrieren oder nicht. Beispielsweise widersprach der Archäologe Bernard Frischer einem Vorschlag für die Integration eines Stadt-

■ 1437

Zur Präsentation des 3D-Projekts vgl.: ebd., S. 295.

■ 1438

Ein Trailer zur Ausstellung in der SLUB ist auf »Vimeo« hinterlegt: <https://vimeo.com/82913964>. Hierauf beruht die folgende Beschreibung des Films.

■ 1439

Zum Konzept der Architekten vgl. insbes.: Lengyel/Toulouse 2011; **Appendix 2.8 (→ 689)**, Interview mit Dominik Lengyel, **Frage 5**, **Frage 6**, **Frage 8** und **Frage 9**.

■ 1440

Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, **Frage 5**.

■ 1441

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 4.

■ 1442

Ebd., Frage 3

■ 1443

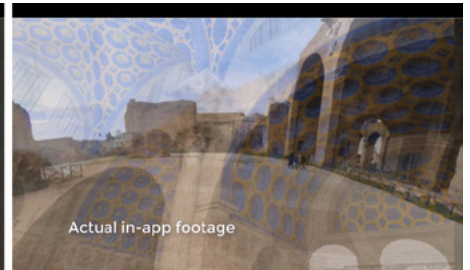
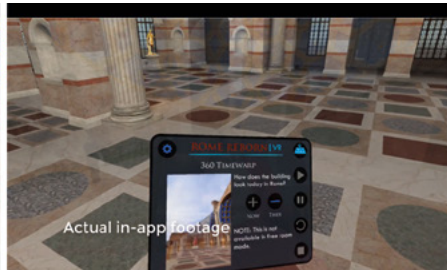
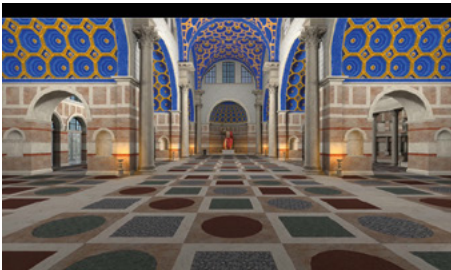
Vgl. Webseite zu »Rome Reborn VR«: <https://www.romereborn.org/>; Messemer 2019.

■ 1444

Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 6.

plans in die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore – worauf in **Kapitel 5.2** (→ 331) bereits hingewiesen wurde. Denn hier plädierte er für eine konsistente Darstellungsweise im 3D-Modell, wie er im Interview betonte. **1441** An anderer Stelle findet sich im Video zu diesem Projekt hingegen der Grundriss eines Atriums, der vor dem digitalen 3D-Modell der Kirche angeordnet ist. Generell spricht sich Frischer für eine differenzierende Visualisierung aus, je nach vorliegender Quellenlage:

»We have a very minimalistic policy toward reconstruction, that we don't go beyond what is at least probable. When there is absolutely no information, we simply reduce. There is always the danger of misleading people and you don't want to do that. [...] That's what science is. You make distinctions between what is definitely known, what is probable, what is possible and where we simply don't know anything and certainly where there is a disagreement of views. You have a responsibility to make that quite clear and then to give the reason why you hold your view and not the other persons' views.« **1442**



□ 363

Digitale Rekonstruktion der Maxentius Basilika in Rom im Rahmen des Projekts »Rome Reborn VR«, Stand 2018.

Allerdings bleibt hier die Frage offen, wie dieser Anspruch an eine digitale Rekonstruktion konkret umgesetzt werden kann. Denn beispielsweise findet sich in einer aktuellen 3D-Visualisierung der Maxentius Basilika, die im Rahmen von Frischers Projekt **Rome Reborn VR** in einem Trailer zur zugehörigen VR-App zu sehen ist, keine differenzierte Darstellung von Hypothesen und gesichertem Wissen. **1443** Lediglich eine Überblendung mit der existierenden Ruine deutet an, dass das im 3D-Modell prächtig erscheinende Bauwerk heute nicht mehr in dieser Form existiert **363**. Im Trailer werden keine Angaben zu verwendeten Quellen gemacht und es ist nicht ersichtlich, ob in der interaktiven Anwendung Informationen dazu hinterlegt sind.

Marc Grellert stellt im Interview ganz klar seine offene Haltung dar, unter bestimmten Bedingungen beispielsweise noch bestehende Bausubstanz in eine 3D-Rekonstruktion einzubeziehen. **1444** So war dies der Fall im 2004 durchgeführten Projekt zur mittelalterlichen Synagoge in Speyer **364**. Grellert begründet seine Entscheidung folgendermaßen:

»Bei dieser Rekonstruktion, die auch eine archäologische Komponente hat, treten noch einmal ganz andere Möglichkeiten hervor, beziehungsweise haben wir andere Dinge thematisiert: die Erläuterung des Rekonstruktionsprozess und die Frage nach den Quellen. So zeigen wir einerseits die Computerrekonstruktion und andererseits das, was an Baubestand noch da ist, beispielsweise ein romanisches Fenster, das heute im Museum in Speyer ausgestellt ist. Bei dieser Rekonstruktion liegt der Schwerpunkt auf ihrer Herleitung.« 1445

■ 1445
Ebd.



□ 364
Digitale Rekonstruktion der mittelalterlichen Synagoge in Speyer mit Überblendung der heute noch vorhandenen Bausubstanz, »Architectura Virtualis«, 2004.

■ 1446
Auf dieses 3D-Projekt wird im Rahmen der in Kapitel 5.4 (→ 403) erfolgten Analyse des 3D-Projekts zu Synagogen in Wien näher eingegangen. Zur Intention des Projekts vgl.: Huber 2000, S. 11.

Hier war die archäologische Ausrichtung der Rekonstruktion ausschlaggebend für die hybride Visualisierung im Modell. Letztendlich bedeutet diese Darstellungsweise einen inhaltlichen Mehrwert für den Betrachter, dem sich die einstige Erscheinungsweise des Bauwerks in Kombination mit dem vertrauten Anblick der erhaltenen Ruine leichter erschließt.

In den beiden zuletzt genannten Beispielen, der Maxentius Basilika und der mittelalterlichen Synagoge in Speyer wurden Visualisierungstechniken aus unterschiedlichen Medienbereichen – das filmische Mittel der Überblendung sowie das fotografische Prinzip der Montage – verwendet, um zu verdeutlichen, dass noch erhaltene Bausubstanz als Grundlage für die digitale Rekonstruktion diene.

Hingegen findet das fotografische beziehungsweise filmische Mittel der Unschärfe kaum Anwendung in 3D-Projekten. Lediglich in Form von Nebel wird es teilweise eingesetzt und dient dann vornehmlich der Schaffung einer geheimnisvollen Atmosphäre. So ist beispielsweise in der 1999 bis 2000 realisierten digitalen Rekonstruktion der mittelalterlichen Synagoge in Wien auch ein virtueller Rundgang durch die Stadt zu sehen, bei dem es nicht darum ging ein exaktes Bild der Architektur in den Gassen zu visualisieren, sondern die Atmosphäre der Stadt wiederzugeben 365. 1446



□ 365

Jüdisches Viertel im mittelalterlichen Wien visualisiert mit Elementen der Unschärfe zur Erzeugung von Atmosphäre, Rendings der digitalen Rekonstruktion »1421 – Jüdisches Viertel und Synagoge«, »Nofrontiere«, 1999/2000.

Jedoch könnte das Stilmittel der Unschärfe auch mit objektivem Charakter verwendet werden: Wenn beispielsweise in einem digitalen Stadtmodell der Fokus des Interesses auf bestimmte Bauwerke im Vordergrund der Visualisierung gelegt werden soll, wäre es möglich dahinter befindliche Gebäude nur diffus, sozusagen verpixelt darzustellen. So wäre deren prinzipielle Anwesenheit zwar demonstriert, aber ihr exaktes Erscheinungsbild wortwörtlich verschleiert, vor allem wenn deren architektonische Gestaltung nicht oder kaum mit Quellen belegt ist. Da sich allerdings ein digitales Modell vornehmlich durch exakte Geometrie auszeichnet und in der Regel auf Messdaten beruht, fällt es möglicherweise schwer, sich in Teilen davon zu lösen und bewusst unklare Bereiche in ein 3D-Modell einzubauen. In diese Richtung zielte bereits Nick Ryan, als er 1996 eine bewusste Reduktion in der Darstellung forderte, um Unsicherheiten zu visualisieren: »[...] it is argued that simplicity of appearance, rather than ultimate visual realism, has an important part to play in imparting a sense of uncertainty in the interpretation that is presented to the public.« **1447**

■ 1447

Ryan 1996, S. 96.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass hier definitiv noch Potential vorhanden ist die Darstellung von Hypothesen in Rekonstruktionen zu verbessern.

Annotationen

Eine weitere Möglichkeit zur Kennzeichnung von Hypothesen im 3D-Modell stellen Annotationen dar, die darüber hinaus Hintergrundinformationen zum dargestellten Objekt bieten und mit Dateien (Fotos, Texten, Videos) verlinkt sein können. Auf diese Weise kann in umfangreicher Form Information zur digitalen Rekonstruktion für den Nutzer angereichert werden. Angewandt wird dieses Prinzip beispielsweise auf der 2012 ins Leben gerufenen Webseite Sketchfab, auf der 3D-Inhalte veröffentlicht werden können. **1448** So präsentiert dort das Virtual World Heritage Laboratory (VWHL) mehrere 3D-Modelle, die innerhalb des von 2006 bis 2012 durchgeführten Projekts Digital Hadrian's Villa Project entstanden **366**. **1449** Es handelt sich um eine digitale Rekonstruktion der Hadriansvilla, die im ersten Drittel des 2. Jahrhunderts n. Chr. erbaut wurde und heute nur noch in Teilen erhalten ist. Der große Gebäudekomplex ist in einzelnen 3D-Modellen wie Bäderkomplex, Theater, Baracken, Piazza D'Oro und Stadion zugänglich gemacht. Klickt ein Nutzer beispielsweise auf das Modell des Theaters, erscheint dieses nach einer kurzen Ladezeit. Er kann sich nun mit der Maus vollkommen frei darin bewegen. Auf dem Objekt befinden sich mit von eins bis 20 durchnummerierte, anklickbare Buttons **367**. **1450** Nach dem Klick auf eine Ziffer erfolgt ein virtueller Flug zum zugehörigen Standpunkt. Sodann erscheint eine kleine schwarze Anzeigetafel, die wesentliche Informationen zu

■ 1448

Vgl. Webseite von »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/> u. <https://blog.sketchfab.com/500-cultural-institutions-joined-sketchfab/>.

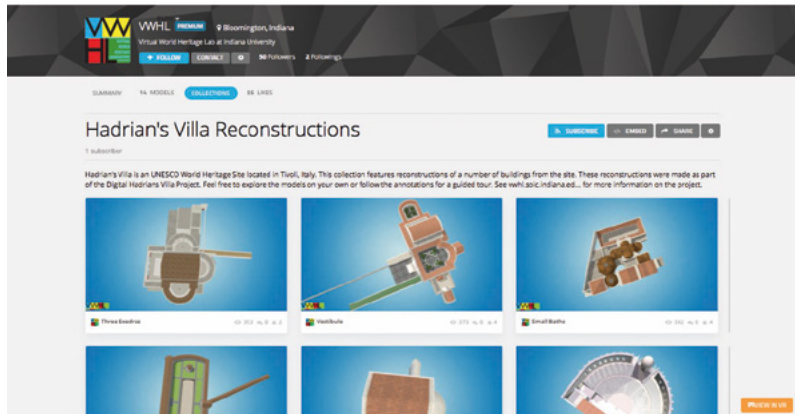
■ 1449

Vgl. »Digital Hadrian's Villa Project« auf »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/vwhl/collections/hadrians-villa-reconstructions>; Webseite zum Projekt: <http://vwhl.soic.indiana.edu/villa/>. In Kapitel 6.1 (→ 447) wurde ein anderer Aspekt des Projekts beleuchtet, der Einsatz einer Game Engine für eine VR-Anwendung.

■ 1450

Vgl. 3D-Modell »Stadium Garden« auf der Webseite von »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/models/4f7ea2e6ee-084adcbab6e7c570fbfb39>.

dem ausgewählten Objekt bereithält. Sofern Abbildungen hinterlegt sind, werden auch diese darin eingeblendet. Auf diese Weise können dem Betrachter Quellen, die zur Erstellung des 3D-Modells dienten, gezeigt und mit Hintergrundinformationen versehen werden. Zudem hat er die Möglichkeit über die Funktion **Model Inspector** die Anzeige nach eigenen Bedürfnissen anzupassen und sich das rekonstruierte Objekt als Drahtgittermodell oder mit neutralen Oberflächen und in diversen Farben anzeigen zu lassen.



□ 366

Präsentation des »Digital Hadrian's Villa Project« (2007–2012) des »VWHL« auf der Webseite von »Sketchfab«, Bildschirmfoto, Januar 2018.



□ 367

Die digitale Rekonstruktion des Theaters im Gebäudekomplex der Hadriansvilla in Tivoli: Übersicht zum Bauwerk (oben links) und Detailansichten zu bestimmten festgelegten Punkten mit eingeblendeten Annotationen (mit Text und Abbildungen), »VWHL«, 2007–2012, Bildschirmfoto, Januar 2018.

■ 1451

Vgl. [Kapitel 4.4](#) (→ 261).

Eine vereinfachte Version dieser Annotationsmöglichkeit war bereits Ende der 1990er-Jahre Teil des Langzeitprojekts **Theatron**, wie in [Kapitel 4.4](#) (→ 261) gezeigt wurde. 1451 In Online-Anwendungen zur interaktiven Exploration von historischen Theaterbauten, konnte sich der Nutzer durch ein Gebäude navigieren und parallel dazu in einem separaten Fenster Informationen zum entsprechenden Standpunkt anzeigen lassen.

Im Hinblick auf die Anreicherung von 3D-Modellen mit Annotationen besteht ein großes Potential für wissenschaftliche Anwendungen, das es auszuloten gilt. Möglicherweise eröffnen sich hier über die **BIM**-Methode neue Möglichkeiten, wie im vorangegangenen Kapitel bereits angesprochen.

Im Folgenden steht die Dokumentation des Erstellungsprozesses von 3D-Modellen im Fokus, denn dies ist ein essentieller Teil von 3D-Projekten, dem bislang viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Dokumentation des Erstellungsprozesses – Paradata

Mit der Dokumentation des Erstellungsprozesses einer 3D-Rekonstruktion ist die dezidierte Aufzeichnung aller durchgeführten Schritte im Rahmen eines 3D-Projekts gemeint, die die Auswertung und Verwendung von Quellmaterial, vollzogene Entscheidungsvorgänge und die 3D-Modellierung an sich umfasst. Eine solche Dokumentation soll in einem ersten Schritt der Nachvollziehbarkeit dienen und in einem zweiten Schritt die Arbeit für daran anschließende oder darauf aufbauende Projekte nachhaltig zugänglich machen. ¹⁴⁵²

In schriftlich dargelegten Forschungsergebnissen ist es in den Geisteswissenschaften selbstverständlich, Begründungen für Entscheidungen und Vermutungen anzugeben, Querverbindungen zu anderen Untersuchungen darzulegen sowie in Fußnoten auf Quellen und Literatur zu verweisen. Im Gegensatz dazu existieren diese Konventionen im Bereich der digitalen Rekonstruktionen von historischen Artefakten noch nicht. ¹⁴⁵³ Dies bringt der Theaterwissenschaftler Richard Beacham 2009 auf den Punkt:

»However, there is not, in the historical or cultural heritage domains, a ready-made set of conventions for making ›intellectually transparent‹ the logical progression of visually-constructed arguments. In order to render visualisation outputs academically valid, intellectually transparent, susceptible to critical assessment, one must publish not only the finished product, but also documentation of the process of visualisation – a type of information we term ›paradata‹.« ¹⁴⁵⁴

Er schlägt vor, sogenannte Paradata zusammen mit der digitalen Rekonstruktion zu veröffentlichen, um den Prozess, der zur Erstellung der Rekonstruktion führte, auch zugänglich und nachvollziehbar zu machen. Ein erster Schritt, in diesem Bereich international und fachübergreifend Standards zu setzen, erfolgte mit der **London Charter**, in der der Begriff Paradata folgendermaßen definiert wird:

»Informationen über menschliche Prozesse des Verstehens und Interpretierens von einzelnen Daten. Beispiele von Paradata beinhalten in strukturierten Datensätzen gespeicherte Beschreibungen, wie Belege bei der Interpretation eines Artefakts genutzt wurden, oder sind ein Kommentar über methodische Prämissen innerhalb einer wissenschaftlichen Publikation. Der Begriff ist nahe verwandt, jedoch mit etwas anderer Betonung, mit ›kontextuellen Metadaten‹, welche eher auf die Vermittlung von Interpretationen eines Artefakts oder einer Sammlung als auf die Prozesse gerichtet sind, durch die ein oder mehrere Artefakte verarbeitet oder interpretiert werden.« ¹⁴⁵⁵

■ 1452

Wie die technische Zugänglichkeit und Langzeitarchivierung umgesetzt werden kann, ist Thema des nachfolgenden Abschnitts.

■ 1453

Vgl. Beacham 2009, o. S., Abschnitt »Roman Theatres at Pompeii: Visualisation and Virtual Performance«.

■ 1454

Ebd.

■ 1455

Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 14.

Innerhalb des **Leitsatz 4: Dokumentation** wird unter **Dokumentation der Prozesse (Paradaten)** folgende Forderung zum Erstellen von Paradaten formuliert:

»Die Dokumentation der auswertenden, analytischen, deduktiven, interpretativen und kreativen Entscheidungen, die im Verlauf der computergestützten Visualisierung gemacht wurden, soll derart verfügbar sein, dass die Beziehung zwischen Forschungsquellen, implizitem Wissen und expliziten Schlussfolgerungen und visualisierungsbasierten Ergebnissen verstanden werden kann.« **1456**

■ 1456

Ebd., S. 9.

■ 1457

Vgl. ebd., S. 8–10.

■ 1458

Vgl. Bentkowska-Kafel/Denard/Baker 2012.

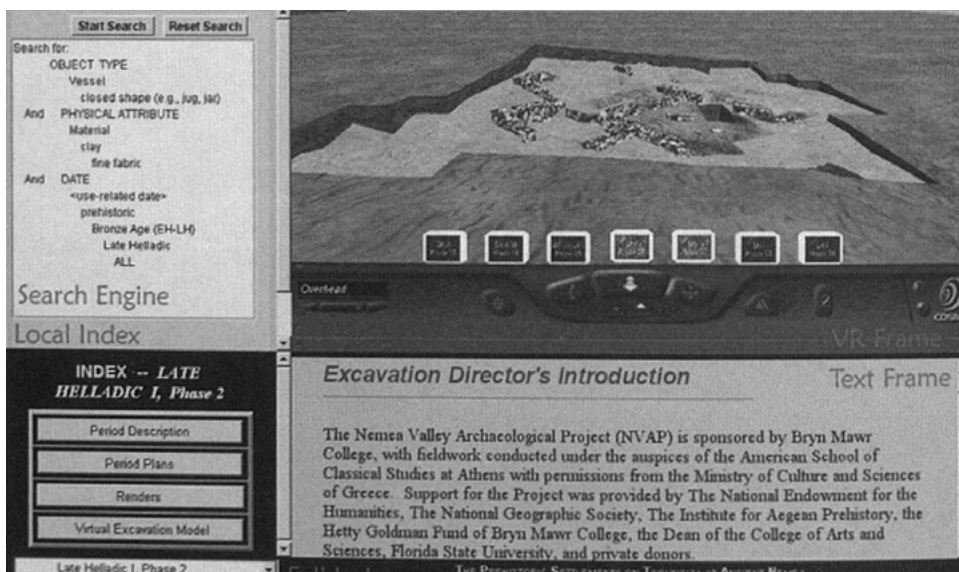
■ 1459

Bentkowska-Kafel, Anna u. Hugh Denard: Introduction, in: ebd., S. 1.

■ 1460

Für Informationen zu diesem Projekt vgl.: Sanders 2012, S. 46. Darüber hinaus erläutert Sanders weitere ähnlich strukturierte Projekte von »Learning Sites«. Vgl. ebd., S. 44–55.

Das in der Charta vorgelegte Konzept zur Dokumentation der Arbeit an einer digitalen Visualisierung umfasst explizit folgende Bereiche: Kenntnislage, Forschungsquellen, Methoden, Verknüpfung von Abhängigkeiten, Formate und Standards. **1457** Wie all das konkret umgesetzt werden soll, wird jedoch nicht thematisiert. Möglichkeiten für die Umsetzung dieses Leitsatzes finden sich hingegen in der von Anna Bentkowska-Kafel, Hugh Denard und Drew Baker 2012 herausgegebenen Publikation **Paradata and Transparency in Virtual Heritage**, die in diesem Bereich bereits als Standardwerk gelten kann. **1458** Forscher aus den Bereichen Archäologie, Geschichte, Kunstgeschichte, Paläobiologie, Informatik, Informations- und Kommunikationstechnologie widmen sich darin dem Thema »[i]ntellectual transparency of visualization-based research« **1459**, das insbesondere 3D-Rekonstruktionen von historischen Objekten in den Blick nimmt. So stellten Experten unterschiedliche Projekte und deren jeweilige Strategien zum Transparentmachen der zugrundeliegenden Forschung dar. Der Architekt und Archäologe Donald H. Sanders nennt beispielsweise das **Nemea Valley Archaeological Project**, das 1998 von seiner Firma **Learning Sites** im Auftrag des Ausgrabungsteams begonnen wurde. **1460** Hier wurde eine online-Anwendung erstellt, in der 3D-Rekonstruktionen mit Befunden, Texten und anderem verknüpft wurden, anhand derer der Nutzer in interaktiver Weise die Rekonstruktionen nachvollziehen konnte **368**.



□ 368

Bildschirmfoto des Zwischenstands der Online-Anwendung des »Nemea Valley Archaeological Project« mit vernetzter Suchmaschine, digitaler Rekonstruktion eines Grabens, Indices und Text, »Learning Sites«, um 1998.

Die kompakt gestaltete Nutzeroberfläche war dabei in verschiedene Bereiche aufgeteilt: ein großes Feld zum Betrachten und eigenständigen Erkunden des 3D-Modells inklusive Navigationsmenü, ein Bereich zum Lesen von Informationen zur rekonstruierten Stätte und eine Spalte für einen Index und Suchfunktionen.

Darüber hinaus standen auch technisch orientierte Lösungsansätze im Fokus der Publikation. Eine niederschwellige Vorgehensweise wurde von dem Paläobiologen Mark Carnall vorgebracht: die Veröffentlichung von Paradata als Zusatzmaterial auf einer DVD von Dokumentarfilmen, die Gebrauch von 3D-Rekonstruktionen machen. ¹⁴⁶¹ Blu-Ray Discs weisen noch umfangreichere Funktionen auf, wie er erläuterte. ¹⁴⁶² Da sie mit Java programmiert sind, können Verlinkungen zu anderen Medien im Netz oder sogar mit Museumsdatenbanken implementiert werden. Laut Carnall wäre folgende Vision zukünftig umsetzbar:

»They [the users, Anm. d. A.] would have immediate access to interviews and commentaries by documentary makers and the scientific advisers, written media, alternative versions of the documentary and other data sources. In the future, viewers may be able to make these links themselves, creating an all-encompassing web of information held together by the aspects of the documentary.« ¹⁴⁶³

Insofern könnte auch ein Nutzer zur Erweiterung des Wissens über den dargestellten 3D-Inhalt interaktiv beitragen, ganz im Sinne von »the wisdom of the crowds« ¹⁴⁶⁴.

Auf eine wichtige Entwicklung machte Franco Niccolucci aufmerksam: das seit 2006 als ISO-Standard (ISO 21127:2006) etablierte **CIDOC Conceptual Reference Model (CRM)**, das im Bereich der Dokumentation von Kulturerbe Verwendung findet. ¹⁴⁶⁵ Es bietet ein semantisches Bezugssystem mit folgendem Ziel:

»The CIDOC Conceptual Reference Model (CRM) provides definitions and a formal structure for describing the implicit and explicit concepts and relationships used in cultural heritage documentation. The CIDOC CRM is intended to promote a shared understanding of cultural heritage information by providing a common and extensible semantic framework that any cultural heritage information can be mapped to. It is intended to be a common language for domain experts and implementers to formulate requirements for information systems and to serve as a guide for good practice of conceptual modelling. In this way, it can provide the »semantic glue« needed to mediate between different sources of cultural heritage information, such as that published by museums, libraries and archives.« ¹⁴⁶⁶

■ 1461

Vgl. Carnall 2012, S. 90.

■ 1462

Zur Funktionsweise und dem Potential von Blu-Ray Discs vgl.: ebd. S. 90–91.

■ 1463

Ebd. S. 91.

■ 1464

Surowiecki 2005.

■ 1465

Vgl. Niccolucci 2012, S. 35–36.
Informationen zu »CIDOC CRM« sind zu finden auf der zugehörigen Webseite: <http://www.cidoc-crm.org/>.

■ 1466

Webseite zu »CIDOC CRM«: <http://www.cidoc-crm.org/>.

■ 1467

Vgl. Kuroczyński 2014, Abschnitt »2. Semantic data modelling«.

■ 1468

Informationen zu Zielen, Inhalt, Umsetzung und Veröffentlichung des 3D-Projekts sind zu finden in: Webseite des Herder-Instituts: <https://www.herder-institut.de/projekte/abgeschlossene-projekte/digitale-3d-rekonstruktionen-in-virtuellen-forschungsumgebungen.html>;

Kuroczyński 2014; Kuroczyński 2017, insbes. S. 471–473.

■ 1469

Zur hier vorgestellten Systematik vgl.: Kuroczyński/Hauck/Dworak 2014, Abschnitt »2 Digital Reconstruction Methodology and Cultural Heritage markup Language«.

■ 1470

Zu »CHML« vgl.: Kuroczyński 2014; Kuroczyński/Hauck/Dworak 2014; Hauck/Kuroczyński 2016; Webseite zu »CHML«: <http://chml.fondati-on/?lang=de>.

■ 1471

Kuroczyński/Hauck/Dworak 2014, Abschnitt »5. Conclusion«.

■ 1472

Vgl. Hauck/Kuroczyński 2015, S. 250.

CIDOC CRM ist insbesondere auf die Beschreibung von Ereignissen ausgerichtet und eignet sich als Referenzierungs-Ontologie insbesondere dazu, Bezüge zwischen Informationen im Kulturbereich herzustellen. ¹⁴⁶⁷

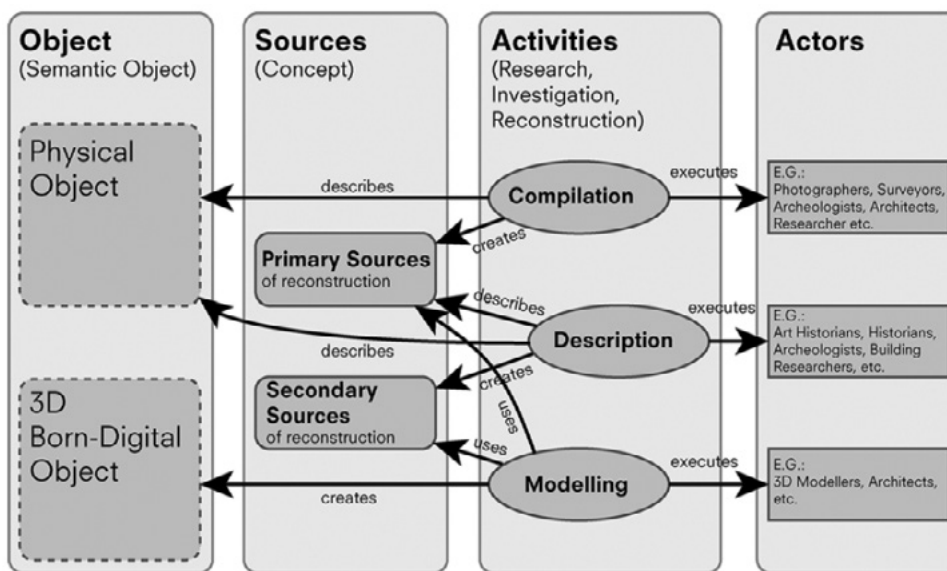
Als ein Anwendungsbeispiel von **CIDOC CRM** in einem 3D-Projekt zu historischer Architektur kann das Forschungsprojekt **Virtuelle Rekonstruktionen in transnationalen Forschungsumgebungen – Das Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen** genannt werden. ¹⁴⁶⁸ Unter Koordination von Piotr Kuroczyński, Herder-Institut, wurde es von 2013 bis 2016 von der Leibniz-Gemeinschaft gefördert und in Kooperation mit unterschiedlichen Institutionen in Europa durchgeführt. Ziel war es eine virtuelle Forschungsumgebung zu entwickeln unter Einbindung von **CIDOC CRM** referenzierter Modellierung und sich damit den Desideraten zu Dokumentation und Methodik im Bereich digitaler Rekonstruktion zu widmen sowie einer langfristigen Verfügbarkeit der Arbeit. Die Grundlage hierfür bildete folgende Systematik: ¹⁴⁶⁹ Zuordnung eines neunstelligen **Uniform Resource Identifier (URI)** zu jedem Objekt und jeder Quelle sowie einer vierstelligen Buchstabenkombination zur Attributierung. Zur langfristig ausgerichteten Dokumentation des gesamten Projekts wurde die 2003 erstmals vorgestellte **Cultural Heritage Markup Language (CHML)** verwendet, ¹⁴⁷⁰ wie Kuroczyński und seine Kollegen Oliver Hauck und Daniel Dworak erläutern:

»Developing the CHML for digital reconstruction connects the sources used, the technical processes involved in creating digital objects (provenance), the human processes of understanding and interpreting the digitized sources (paradata) to the resulting born-digital 3D objects. CHML standardizes the methodology of computer-based 3D reconstruction of tangible cultural heritage and ensures the interoperability of data sets by referring to CIDOC-CRM. It ensures mapping the data sets into EDM and provides the described 3D content to linked open data environment of EUROPEANA. CHML stands also for long-term preservation of information through 3D-objectoriented records with an integrated inline description of geometry, materials, light and cameras in DAE COLLADA format.« ¹⁴⁷¹

CHML eignet sich insbesondere für 3D-Rekonstruktionen von nicht mehr existierender Architektur im Gegensatz zu anderen Lösungen wie beispielsweise **CARARE 2.0**. ¹⁴⁷² Mit **CHML** kann eine allumfassende Beschreibung einer digitalen Rekonstruktion erstellt werden und somit auch den Erstellungsprozess transparent machen, wie ein Diagramm zu einem möglichen Workflow anschaulich verdeutlicht ³⁶⁹. Es veranschaulicht die Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen Objekt, Quellen, Aktivitäten und Akteuren.

Dieser Ansatz entstand erst in den letzten Jahren und befindet sich noch in der Entwicklung. Zudem ist er darauf ausgelegt, von Beginn an die Grundstruk-

tur eines 3D-Projekts zu bilden. Daher sei nun ein Blick auf bislang etablierte Strategien geworfen, die sich sozusagen konventionellen Methoden bedienen und entsprechend niederschwelliger angelegt sind sowie einen anderen Ansatzpunkt zur Dokumentation eines Projekts aufweisen. So ist es zum einen möglich, eine begleitende Publikation, sei es in Form eines Aufsatzes oder Buches, zu veröffentlichen, um der Wissenschaftscommunity die Arbeit an einer 3D-Rekonstruktion offenzulegen. Zum anderen können die der Modellierung zugrundeliegenden Entscheidungen auch direkt im 3D-Modell als Informationen abgelegt und damit digital zugänglich gemacht werden. Auf das hier anklingende Potential zur Methode des **Building Information Modelling** wurde bereits im vorangegangenen Kapitel eingegangen. Allerdings fehlen bislang noch Online-Repositorien, die wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle zuverlässig zugänglich machen. Dieser Handlungsbedarf wird an späterer Stelle dieses Kapitels näher thematisiert.



□ 369

Diagramm zum Workflow einer digitalen 3D-Rekonstruktion im Sinne von »CHML«, Oliver Hauck und Piotr Kuroczyński, 2015.

■ 1473

Vgl. Kapitel 5.2 (→ 331).

Grundsätzlich ist es für die Forschung essentiell, Entscheidungsprozesse transparent zu kommunizieren wie folgendes konkretes Beispiel zeigt: Im Rahmen der Analyse der 3D-Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom von Bernard Frischer et al. erfolgte ein Vergleich mit dem nur wenige Jahre später durchgeführten Projekt von Maria Andaloro et al. zur gleichen Kirche. **1473** So konnte festgestellt werden, dass in Ersterem Entscheidungen zur Darstellung bestimmter Hypothesen in der begleitenden Aufsatzveröffentlichung ausführlich dargelegt wurden. Bei der Arbeit von Andaloro et al. fehlen solche Hinweise hingegen gänzlich, obwohl sich deren Buchpublikation durchaus an ein Fachpublikum richtet. Da zudem die beiden 3D-Modelle in einigen wesentlichen Details wie Apsisumgang, Fußboden oder Dach aufgrund unterschiedlicher Thesen der Forschung differieren, wäre es für deren Rezeption hilfreich, die jeweiligen Entscheidungsprozesse nachvollziehen zu können. Nur so kann sich ein Betrachter eine fundierte Meinung zu beiden Projekten bilden sowie ein wissenschaftlicher Diskurs zu differierenden Hypothesen geführt werden und letztendlich auch zu einem Fortschritt der Forschung führen.

Mit Blick auf dieses Beispiel stellt sich die Frage, wie 3D-Rekonstruktionen ernst genommen werden können, die zwar von Wissenschaftlern erstellt

wurden, aber weder Vorgänger-3D-Projekte zum gleichen Gegenstand reflektieren, noch eigene Entscheidungen transparent machen. Eine wirklich wissenschaftliche Auseinandersetzung mit einem Forschungsthema kann nicht auf diese Weise geführt werden. Darüber hinaus kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Wissenschaftscommunity aufgrund der Reputation der beteiligten Forscher ein 3D-Modell akzeptiert, ohne es zu hinterfragen. In wissenschaftlichen Veröffentlichungen werden schließlich auch Argumente für die vorgebrachten Hypothesen geliefert. Dieser Grundsatz muss auch für 3D-Modelle gelten, denn nur so werden diese nicht nur als schöne Bilder wahrgenommen, sondern als seriöse Visualisierungen wissenschaftlicher Forschung. Die Skepsis mancher Kunsthistoriker ist ohnehin sehr groß gegenüber digitalen Rekonstruktionen von historischen Artefakten. Dem kann durch transparente Entscheidungsprozesse entgegengewirkt und somit können 3D-Rekonstruktionen als objektive, Erkenntnisse generierende Werkzeuge etabliert werden.

Hier setzen die beiden Architekten Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst mit ihrem Konzept zu einem Minimalstandard zur Dokumentation einer 3D-Rekonstruktion an. 2016 stellten sie es im Rahmen der EuroMed-Konferenz erstmals öffentlich vor. ¹⁴⁷⁴ Ihrer Meinung nach wurde bislang häufig nach Maximallösungen zur Dokumentation des Erstellungsprozesses eines digitalen Modells gesucht, die im schlimmsten Fall jedoch aufgrund des hohen Aufwands nie umgesetzt wurden. Zudem kann eine umfangreiche Dokumentation mit aufwendiger Dateneingabe nur in ausreichend finanziell unterstützten Projekten durchgeführt werden, argumentierten die Architekten. Daher sehen sie den Bedarf eines niederschweligen Ansatzes, der weder zeit- noch kostenintensiv ist. Im Interview erläuterte Grellert worauf das von ihm und Pfarr-Harfst erarbeitete Konzept beruht:

■ 1474

Informationen zum von Pfarr-Harfst und Grellert konzipierten Minimalstandard sind zu finden in: Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 39-49; Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 8.

»Daher haben wir einen Minimalstandard entwickelt, der folgende drei Komponenten umfasst: Die erste Komponente beinhaltet textliche Informationen zum Hintergrund des Projekts, also um welches Gebäude handelt es sich, ganz kurz die Geschichte des Gebäudes, wer das Projekt in Auftrag gegeben, wer es durchgeführt hat und wer die wissenschaftliche Beratung gemacht hat, die verwendete Software, aber auch die Georeferenzierung oder der Hinweis zu einer Webseite des Projekts. Das sollte grob gesagt auf einer DIN A4-Seite untergebracht werden können. Die zweite Komponente hält die finalen Ergebnisse fest, das heißt man zeigt das Ergebnis der Rekonstruktion in Form von Renderings. Die dritte Komponente umfasst die Dokumentation der Entscheidungsprozesse. Ein Bauwerk wird dabei in verschiedene Bereiche unterteilt, beispielsweise die Nordfassade, die Ostfassade oder Fußboden, Decken, Gewölbe. Zu jedem dieser Bereiche gibt es Abbildungen der Rekonstruktion,

denen die Abbildungen der Quellen gegenübergestellt werden. Eine textliche Argumentation erläutert dann, wie man von den Quellen zur Rekonstruktion kommt. [...] Dieser Dreiklang – Rekonstruktion, Quellen, Argumentation – ist der Kern des Minimalstandards, den wir entwickelt haben und gerne auch zur Diskussion stellen.« 1475

■ 1475

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 8.

■ 1476

Zu Umsetzbarkeit, Vorteilen und Ausgabemöglichkeiten des Minimalstandards vgl.: Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 44–45.

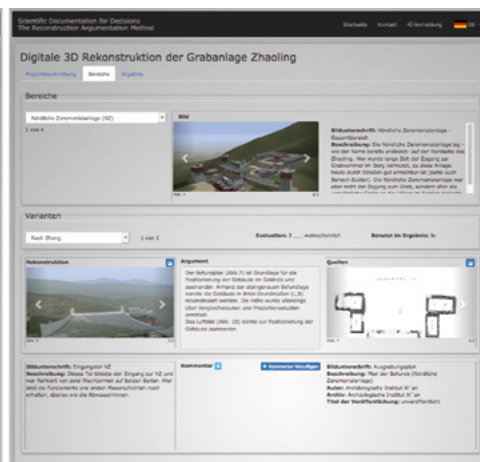
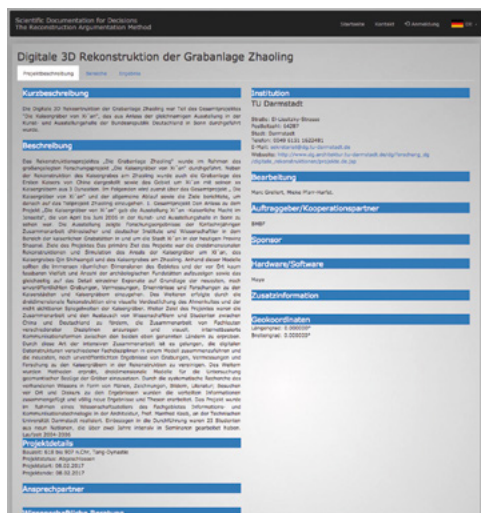
■ 1477

Vgl. Webseite zur »Scientific Documentation for Decisions. The Reconstruction Argumentation Method«: http://dmz-39.architektur.tu-darmstadt.de/reconstruction/?ac=project&cm=view&project_id=13. Zum 3D-Projekt »Die Kaisergräber von Xi'an« vgl.: Pfarr 2010, S. 5.

■ 1478

Vgl. Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 44.

Als essentiellen Aspekt eines Minimalstandards sehen die beiden dessen Umsetzbarkeit im Rahmen der täglichen Arbeitsroutine. 1476 Vorteilhaft ist auch seine Übertragbarkeit auf andere Kontexte im Bereich der Rekonstruktion wie Zeichnung, haptisches Modell oder tatsächliches Bauwerk. Die Ausgabe kann als Datenbank oder auch als mit Bildern angereichertes Textdokument erfolgen. Eine Online-Anwendung könnte über eine bloße Präsentationsform hinaus auch ein Forum für fachlichen Austausch bieten. Hierfür erstellten sie bereits einen Prototyp und veröffentlichten darin einen Teil der von Mieke Pfarr-Harfst erstellten Dokumentation des 3D-Projekts Die Kaisergräber von Xi'an, das unter der Leitung von Manfred Koob von 2003 bis 2006 an der TU Darmstadt realisiert wurde 370. 1477 In übersichtlicher und kompakter Form sind hier die Kerninformationen zum 3D-Projekt unter folgenden Punkten gebündelt: Beschreibung, Kurzbeschreibung, Projektdetails, Institution, Bearbeitung, Auftraggeber/ Kooperationspartner, Sponsor, Hardware/Software, Zusatzinformation, Geokoordinaten. Hintergrundinformationen zur konkreten Umsetzung der 3D-Rekonstruktion sind in einem eigenen Bereich abgelegt und mit Abbildungen des digitalen Modells und der verwendeten Quellen angereichert. Auch unterschiedliche Varianten der 3D-Rekonstruktion können hier zugänglich gemacht werden, sodass der Nutzer einen fundierten und umfangreichen Überblick und vor allem Einblick in das jeweilige 3D-Projekt erhält.



□ 370

Prototyp für die online-Anwendung des von Mieke Pfarr-Harfst und Marc Grellert entwickelten Minimalstandards zur Dokumentation des Erstellungsprozesses von digitalen 3D-Rekonstruktionen, hier am Beispiel des 3D-Projekts zur Grabanlage Zhaoling in der Provinz Shaanxi in China, Manfred Koob/TU Darmstadt, 2003–2006, Bildschirmfotos, Februar 2018.

Die beiden Architekten argumentierten zudem, dass die tatsächliche Umsetzung einer Dokumentation des Erstellungsprozesses auch dazu beitragen würde, das darin enthaltene digitale Kulturerbe langfristig zu erhalten. 1478

Um die Möglichkeiten für die konkrete Umsetzung einer Dokumentation des Erstellungsprozesses im Rahmen eines 3D-Projekts aufzuzeigen, sei hier kurz auf zwei unterschiedliche Herangehensweisen exemplarisch hingewiesen. Die zuvor angesprochene von Mieke Pfarr-Harfst erstellte Dokumentation zu einem Teilbereich des Projekts **Die Kaisergräber von Xi'an**, führte sie im Rahmen ihrer 2010 publizierten Dissertation durch. ¹⁴⁷⁹ Die Architektin unterschied dabei zwei Ebenen der Dokumentation, eine inhaltliche und eine technische. Bei Letzterer ging es um das Archivieren von Daten. Erstere, die im Folgenden genauer erläutert wird, umfasste die Darlegung der Argumentation auf Basis der Quellen in systematischer und deskriptiver Form: Zu Anfang legte Pfarr-Harfst eine Dokumentationssystematik fest, die sie an die DIN EN 61355 anlehnte und auf die speziellen Bedürfnisse im Bereich der digitalen Rekonstruktion anpasste. ¹⁴⁸⁰ Zudem orientierte sie sich an DIN 6789, T.1, die »Anforderungen für Technische Dokumentationen und deren Dokumentationssystematik« ¹⁴⁸¹ vorgibt. Sie bedient sich damit eines Architekten vertrauten, bestehenden Regelwerks, das sie entsprechend abwandelt.

Zur eindeutigen Zuordnung von Einzelbauwerken zu Gebäudekomplexen führte sie eine Nomenklatur ein, die Erstere mit einer zweistelligen Buchstabenkombination auszeichnete und Letztere mit einer fortlaufenden zweistelligen Ziffernfolge ausstattete. Darauf aufbauend erstellte sie ein Nomenklatur-System, das auch den Quellen (Pläne, Zeichnungen, Ausgrabungsbefunde, Vergleichsbauwerke, Literatur) eine eindeutige Zuordnung zu einer bestimmten Buchstaben-Ziffer-Kombination ermöglichte. Um dann die Beziehung von Gebäude und zugehöriger Quelle zu beschreiben, konnten die einzelnen Elemente der Nomenklaturen zu einer Abfolge zusammengesetzt werden, die eine eindeutige Zuordnung gewährleistete.

Des Weiteren umfasste die Dokumentation auch den Bereich der Arbeitsphasen, die in chronologischer Reihenfolge erfasst und mit einer Kombination aus zwei Buchstaben und römischen Ziffern eindeutig referenzierbar gemacht wurden. ¹⁴⁸² In einzelnen Texten beschrieb Pfarr-Harfst sodann unter Nennung der zugehörigen Nomenklaturen sämtliche Gebäude der Grabanlage, wobei sie jeweils auch auf die zugrundeliegenden Quellen und Vorgehensweisen im Rekonstruktionsprozess einging sowie die kombinierten Nomenklaturen durch Fußnoten zuordnete. Auf diese Weise kann die gesamte Arbeit an dem 3D-Projekt nachvollzogen werden. Allerdings sind Abbildungen im Anhang ihrer Dissertation abgelegt und daher visuell nicht direkt mit den schriftlichen Ausführungen verbunden. Der Aufwand für die systematische Erfassung aller Elemente des 3D-Projekts und deren Zusammenführung in Textform erscheint hier sehr groß. Auch wenn Pfarr-Harfst darauf bedacht war von sprachlicher Seite über die Einführung von Begriffen, die auch in anderen 3D-Rekonstruktionsarbeiten relevant sind, eine Anschlussfähigkeit zu gewährleisten, könnte diese komplexe Vorgehensweise dennoch praktisch schwer umsetzbar sein. Ein Minimalstandard, wie die Architektin ihn mit ihrem Kollegen ein paar Jahre später vorlegte, scheint vor diesem Hintergrund eine anwenderfreundlichere und praxisorientiertere Lösung zu bieten.

Eine weit weniger aufwendige Form der Dokumentation des Rekonstruktionsprozess wendet die Firma **Visual Dimension** des Bauingenieurs Daniel Pletinckx an. So werden sämtliche ihrer Initiativen in einzelnen Blogs in deskrip-

■ 1479

Zu den Zielen und der Umsetzung der 3D-Rekonstruktion vgl.: Pfarr 2010, insbes. S. 3,

■ 1480

Die DIN EN 61355 legt die »Klassifikation und Kennzeichnung von Dokumenten für Anlagen, Systeme und Einrichtungen [fest], um Dokumente zu den Objekten, die sie beschreiben, in Bezug zu setzen.«, zit. aus: ebd., S. 107. Zur Ausarbeitung der Dokumentationssystematik von Pfarr-Harfst vgl.: ebd., S. 109-114.

■ 1481

Ebd. S. 107.

■ 1482

Zur Systematisierung im Bereich der Arbeitsphasen sowie zur Zusammenführung der gesamten Dokumentation vgl.: ebd., S. 120-123.

■ 1483

Zur Übersicht der bislang erstellten Blogs vgl. Webseite der Firma »Visual Dimension«: <http://visualdimension.be/heritage/blogs.html>.

■ 1484

Vgl. Blogeintrag »The Benedictine abbey of Ename«, 22.12.2013, in: »Visualisation of the Benedictine abbey of Ename. How a bunch of stones becomes an intriguing story«: <https://enameabbey.wordpress.com/2013/12/>. Vgl. Erläuterungen zum 3D-Projekt »Ename 974«, an dem »Visual Dimension« beteiligt war, in Kapitel 5.1 (→ 301).

■ 1485

Blogeintrag »Virtual Reconstruction«, 09.06.2014, in: »Visualisation of the Benedictine abbey of Ename. How a bunch of stones becomes an intriguing story«: <https://enameabbey.wordpress.com/2014/06/>.

■ 1486

Auf das Fehlen eines zentralen Online-Archivs machten wie zuvor angedeutet Koller et al. 2009 bereits aufmerksam. Vgl. Koller/Frischer/Humphreys 2009.

tiver Weise festgehalten. ¹⁴⁸³ Als Beispiel sei hier auf die von 2013 bis heute erfolgte digitale Rekonstruktion der Baugeschichte der nicht mehr existierenden Abteikirche in Ename eingegangen. ¹⁴⁸⁴ Ziel des bis heute geführten Blogs ist:

»This blog is about the virtual reconstruction process of the abbey of Ename in Belgium. [...] So this blog is a way to document this process in a good-looking and readable way, not focusing on the pretty pictures but on the sources, on the interpretation process and on the methodology of this process.« ¹⁴⁸⁵

Die von Visual Dimension verfassten Einträge beschreiben die Vorgehensweise im Prozess der digitalen Rekonstruktion zu einzelnen Zeitabschnitten der Baugeschichte, die eine Zeitspanne von 1063 bis 1795 abdeckt. Hierfür werden Abbildungen von verwendeten historischen Text- und Bildquellen sowie Planmetrial der archäologischen Untersuchungen eingebunden und zusammen mit Renderings der 3D-Modelle gezeigt. Auf diese Weise erhält der Nutzer einen umfassenden inhaltlichen wie auch visuellen Eindruck des gesamten Prozesses ³⁷¹. Zusätzlich sind in rot markierte Hyperlinks zu zentralen Begriffen und zu Quellenmaterial eingebunden, sodass sich der Nutzer nach eigenem Interesse in das Thema vertiefen kann. Allerdings zeigt sich hier gleichzeitig auch eine Problematik, denn nicht alle Links funktionieren heute noch und führen mitunter sozusagen ins Leere. Insofern erfordert diese Dokumentationsmethode eine beständige Wartung der Inhalte, um eine nachhaltige Benutzbarkeit zu gewährleisten.

□ 371

Blog zur Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses der nicht mehr existierenden Abteikirche in Ename, Belgien, gestartet am 22. Dezember 2013 von »Visual Dimension«, Bildschirmfotos, Februar 2018.

Im Internet kursieren in großer Zahl digitale Modelle, die fast gänzlich ohne Paradata und wenige mit meist nur unvollständigen Metadaten (Ersteller, Zeitraum, Methoden, Technik) verknüpft sind. Inzwischen finden sich 3D-Modelle auf zahlreichen Plattformen. ¹⁴⁸⁶

Wie in **Kapitel 1.3** (→ **029**) gezeigt wurde, existieren mit **3DVisA**, **arts-humanities.net** und **netzspannung.org** durchaus online-Sammlungen von explizit wissenschaftlich erstellten 3D-Modellen historischer Architektur, jedoch sind sie thematisch teils spezifisch ausgerichtet und geben daher keinen globalen Überblick wieder. Zudem ist ihre Reichweite eher gering einzuschätzen beziehungsweise auf einen Kreis von einschlägigen Experten begrenzt. Für die Bekanntmachung und Etablierung von wissenschaftlich erstellten, digitalen Rekonstruktionen wäre eine breite Öffentlichkeit wünschenswert. Die im folgenden vorgestellten Webseiten weisen eine teilweise große Nutzerschaft auf, jedoch fehlen generell meist zahlreiche Informationen zu den archivierten Projekten, um sie wissenschaftlich untersuchen zu können. So macht beispielsweise **3DWarehouse** von **Google** 3D-Modelle in großer Zahl frei verfügbar, darunter auch solche, die Architektur abbilden. **1487** Hintergrundinformationen zum dargestellten Objekt oder zugrundeliegenden Quellen werden nicht angegeben, sodass seine Wissenschaftlichkeit unklar bleibt.

■ 1487

Vgl. Webseite von »3DWarehouse«:
<https://3dwarehouse.sketchup.com>.

■ 1488

Vgl. Webseite »3D CAD BROWSER«:
<http://www.3dcadbrowser.com/3dmodels.aspx?collection=architecture>.

■ 1489

Vgl. Webseite »3D CAD BROWSER«:
<http://www.3dcadbrowser.com/download.aspx?3dmodel=65871>.

■ 1490

Vgl. die archivierte Version der Webseite von »Deutsche Schlösser und Burgen in 3D«: <http://web.archive.org/web/20180322144621/http://www.3d-schloesser-und-burgen.de/> (Stand 22. März 2018).

■ 1491

Hintergrundinformationen zur Webseite von »GreatBuildings« sind zu finden in: <http://www.greatbuildings.com/gbc.html>.

■ 1492

Vgl. Webseite von »GreatBuildings«:
http://www.greatbuildings.com/types/models/detailed_models.html.

■ 1493

Für das Copyright vgl. Angaben bei diversen 3D-Modellen, z. B. zum **Globe Theater**, auf der Webseite von »GreatBuildings«: http://www.greatbuildings.com/models/Globe_Theater_mod.html.

■ 1494

Vgl. Webseite der Firma »Artifice, Inc.«:
http://www.artifice.com/about_artifice.html.

Eine weitere online-Datenbank für 3D-Modelle von unter anderem (historischer) Architektur ist **3D CAD BROWSER**. **1488** Hier kann sich der Nutzer aus einem nach Gebäudetypen geordneten Verzeichnis (Schlösser, Häuser, Tempel, Villen – sakrale Gebäude werden nicht als eigene Kategorie aufgelistet) CAD-Modelle herunterladen. Es handelt sich dabei sowohl um prototypartige Bauten als auch um ganz spezifische wie die **Dresdner Frauenkirche**. **1489** Hintergrundinformationen zum Erstellungsprozess fehlen gänzlich.

Thematisch ausgerichtet war hingegen die bis März 2018 zugängliche Seite **Deutsche Schlösser und Burgen in 3D**, auf der 3D-Modelle in großer Zahl online gestellt waren. **1490** Es handelte sich hierbei um 3D-Modelle von weitgehend bestehenden Bauten, die georeferenziert und fast allesamt in **Google Earth** eingebettet waren. Zwar wurden Angaben zum Ersteller des jeweiligen Objekts gemacht, jedoch handelte es sich dabei vornehmlich um Privatpersonen, nicht um wissenschaftliche Einrichtungen. Informationen zum 3D-modellierten Bauwerk speisten sich aus Wikipedia, Details zur Erstellung wurden nicht genannt.

Die Webseite **GreatBuildings** hält, beginnend in den 1990er-Jahren, Dokumentationen von bedeutenden Bauwerken vor, die mit Kurzbeschreibungen, Fotos, Plänen, Zeichnungen, Zeitleisten, Weblinks sowie 3D-Modellen angereichert sind. **1491** Ausgewählt wurden die Bauten von den Herausgebern der Architekturzeitschrift **ArchitectureWeek**. Über die Suchfunktion kann die Datenbank nach unterschiedlichsten Kategorien wie »3D-Modelk« durchforstet werden. Die vorgehaltenen 3D-Modelle wurden mit der Software **DesignWorkshop** erstellt und können mittels der Software **DesignWorkshop Lite** betrachtet werden. **1492** Deren Copyright gibt Aufschluss über die Entstehungszeit der 3D-Modelle: »The Great Buildings 3D Models are ©1994-2010 Kevin Matthews and Artifice, Inc., All Rights Reserved.« **1493** Die 1992 gegründete Firma **Artifice** spezialisierte sich auf 3D-Modellierungssoftware für den professionellen Gebrauch und hält auch die Webseite von **GreatBuildings** vor. **1494** Allerdings finden sich keinerlei Hinweise, anhand welcher Quellen die Gebäude modelliert wurden, daher ist es schwer zu beurteilen, ob es sich um verlässliche Objekte handelt.

Eine Ausnahme zu den hier genannten Webseiten stellt die bereits zuvor erwähnte Plattform **Sketchfab** dar. Unter dem Schlagwort »Architektur« finden sich unzählige 3D-Modelle, von Gebäuden oder Räumen, die nicht nur von Privatpersonen erstellt wurden, sondern auch von wissenschaftlichen Einrichtungen wie beispielsweise dem **VWHL** oder dem British Museum. Anfang 2017 verkündete die Plattform, dass bereits mehr als 500 Museen 3D- und VR-Inhalte online gestellt haben. ¹⁴⁹⁵ Ein großer Nachteil von **Sketchfab** ist allerdings, dass es keine Trennung gibt zwischen 3D-Modellen, die wissenschaftlich fundiert von etablierten Institutionen realisiert und solchen, die zu privaten Zwecken erstellt wurden. Eine gezielte Suche nach explizit wissenschaftlichen Objekten ist nicht möglich. Da es nicht verpflichtend ist bestimmte Angaben zum Inhalt und technischen Daten der Modelle zu machen, variiert der Umfang der bereitgestellten Informationen stark, wodurch auch die Verlässlichkeit der digitalen Rekonstruktion kaum überprüft werden kann. Das **VWHL** verlinkt seine hier präsentierten digitalen Modelle mit der entsprechenden Webseite zum 3D-Projekt, sodass der Nutzer sich außerhalb von **Sketchfab** umfassend über die jeweilige Arbeit informieren kann. ¹⁴⁹⁶

■ 1495

Vgl. Webseite von »Sketchfab«: <https://blog.sketchfab.com/500-cultural-institutions-joined-sketchfab/>.

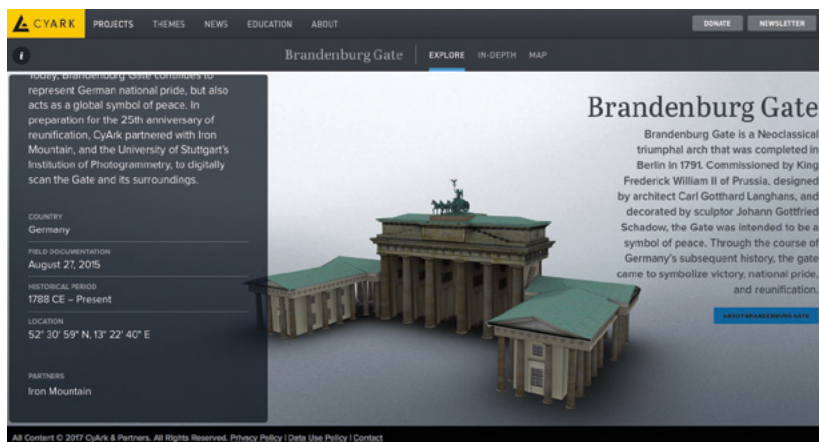
■ 1496

Der Link zur Projektwebseite ist allerdings etwas versteckt hinter dem Hinweis »Learn more about the Maritime Theater here«, vgl. Präsentation des am »VWHL« realisierten 3D-Modells des Theaters im Gebäudekomplex der Hadriansvilla auf »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/models/57b35f-396de846cfa2eb7ce0b848b1ed>.

■ 1497

Zu Hintergrundinformationen zu »CyArk« vgl. deren Webseite: <http://www.cyark.org/about/>; Kapitel 1.2 (→ 023).

Mit **CyArk** existiert seit 2003 eine Online-Plattform, die (bedrohte) Kulturerbestätten und Architektur in digitaler Form dokumentiert und zugänglich macht, worauf bereits kurz eingegangen wurde. ¹⁴⁹⁷ Hier finden sich vornehmlich 3D-Modelle, die mit Hilfe von Laserscans und Fotogrammetrie erstellt wurden. Im online frei zugänglichen Archiv können die direkt eingebundenen 3D-Modelle von den Nutzern durch Rotation und Zoomen eigenständig erkundet werden ³⁷². Eine ein- und ausblendbare Informationsleiste bietet einen Text zur Geschichte des Bauwerks, der auch über den Hintergrund für die Erstellung der 3D-Visualisierung aufklärt. Dazu finden sich Daten zum Bauwerk (Land, Datum zur Datenerhebung, Zeitraum der Errichtung, Geografische Koordinaten zum Gebäude, Partnerorganisation). Informationen zum Datensatz, zu verwendeten Programmen und zugrundeliegenden Quellen werden allerdings nicht gegeben. Für den Betrachter wäre darüber hinaus zur Verortung des Bauwerks im Stadtgefüge beispielsweise eine Karte hilfreich, allerdings befindet sich das 3D-Modell in einem abstrakt gehaltenen grauen Raum ohne jeglichen visuellen Kontext.



□ 372

Fotogrammetrisch erstelltes 3D-Modell des Brandenburger Tors zu Zusammenarbeit der Universität Stuttgart und »Iron Mountain«, Datenerhebung 27. August 2015, präsentiert im Online-Archiv von »CyArk«, Bildschirmfoto, Februar 2018.

Einen innovativen Ansatz für eine Online-Datenbank zu 3D-Architekturmodellen verfolgt das DFG-geförderte Projekt **PROBADO**, das seit 2006 von

■ 1498

Für ausführliche Informationen zum Konzept und Funktionen von »PROBADO« und »PROBADO 3D« vgl.: Webseite von »PROBADO«; <http://www.probado.de/3d.html>; Blümel et al. 2010.

■ 1499

Vgl. Pfarr 2010, S. 15.

einem Konsortium bestehend aus der TU Darmstadt, Universität Bonn, Technischen Universität Graz, Technischen Informationsbibliothek (TIB) in Hannover und der Bayerischen Staatsbibliothek in München erarbeitet wird. **1498** Darin werden über die übliche textuelle Erschließung hinaus neue Ansätze erforscht, die die Entwicklung von effizienten Indexierungsstrategien umfassen, die eine visuelle Suche nach 3D-Modellen via Skizziertools in 2D und 3D ermöglichen sowie die Vergabe von Digital Object Identifier (DOI) zur nachhaltigen Zitierfähigkeit der herunterladbaren Modelle bereitstellen. Mit der Datenbank **PROBADO 3D** zu 3D-Modellen von Architektur entwickelt die TIB ein Dienstleistungsangebot speziell für die Baubranche. Daher finden sich darin keine Rekonstruktionen von historischer Architektur. Jedoch bietet **PROBADO 3D** in verschiedener Hinsicht (visuelle Suchfunktion, DOI) Anknüpfungspunkte für eine mögliche zentrale Datenbank im Bereich des Kulturerbes.

Diese Übersicht an Datenbanken und Portalen, die explizit 3D-Modelle von (historischer) Architektur vorhalten, zeigt mehrere wichtige Handlungsbedarfe: Zum einen existiert noch keine zentrale Datenbank, die gezielt digitale, wissenschaftlich erstellte Architekturmodelle archiviert, mit Para- und Metadaten anreichert, präsentiert und öffentlich zugänglich macht. Zum anderen zirkuliert im Internet eine Vielzahl an digitalen Rekonstruktionen von Bauwerken, deren Erstellung weitestgehend im Unklaren bleibt, da Para- und Metadaten fehlen. Daher ist es notwendig, seriöse Plattformen – oder zumindest eine – zu schaffen, die wissenschaftliche 3D-Modelle mit verlässlichen Informationen vorhalten, denn ansonsten sind 3D-Modelle weiterhin schwer auffindbar und weit verstreut oder werden weiterhin möglicherweise falsches Wissen und vermeintliche Wahrheiten über historische Bauten verbreitet. **1499** Darüber hinaus würden seriöse Plattformen einen essentiellen Beitrag zur langfristigen Verfügbarkeit von 3D-Rekonstruktionen liefern.

Langzeitarchivierung

Unter Langzeitarchivierung ist hier eine nachhaltige, auf Dauer angelegte Speicherung und Zugänglichhaltung von digitalen Daten zu verstehen, wie es in der 2012 publizierte Bestandsaufnahme zur **Langzeitarchivierung von Forschungsdaten** heißt:

»Im Sinne der Langzeitarchivierung (LZA) geht es also darum, einerseits Forschungsdaten – zum Teil auch als eigenständige Publikation – langfristig digital zur Verfügung zu stellen und damit verifizierbar, interpretierbar und nachnutzbar zu machen und andererseits Forschungsdaten auf der Basis von Forschungsinfrastrukturen miteinander zu vernetzen und so insbesondere die potentielle Nachnutzung auch interdisziplinär zu erhöhen.« **1500**

■ 1500

ÖBwald/Schaffel/Neuroth 2012, S. 15.

Wie in diesen Definitionen bereits anklingt, spielen im Kontext der Langzeitarchivierung auch folgende Aspekte eine wesentliche Rolle: Nachhaltigkeit der Datensicherung, Kompatibilität von Hard- und Software sowie mediale Zugänglichkeit. Sie alle sind eng miteinander verwoben und bedingen sich

■ 1501
Vgl. ebd., S. 21.

■ 1502
Denard 2009 (Die Londoner Charta),
S. 11.

■ 1503
Zu den in der Charta angesprochenen
Themen der Archivierung, Konservie-
rung und Zugänglichkeit vgl.: ebd.,
S. 11-12.

gegenseitig. Bei dem zu archivierenden Gegenstand wird in der Literatur unterschieden zwischen digitalem kulturellem Erbe und digitalen Forschungsdaten. ¹⁵⁰¹ Digitale 3D-Modelle historischer Architektur changieren zwischen diesen beiden Kategorien, je nachdem in welchem Kontext sie Verwendung finden, ob als Untersuchungsgegenstand – wie es in der vorliegenden Arbeit der Fall ist – oder als Forschungswerkzeug – indem mittels 3D-Modellierung Erkenntnisse und damit auch Forschungsdaten gewonnen werden. In beiden Fällen ist eine Langzeitarchivierung essentiell.

Im Laufe der Recherchen für die vorliegende Arbeit wurde die Virulenz der Langzeitarchivierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur mehr als deutlich. Denn seit dem Beginn wissenschaftlich erstellter digitaler Modelle in den 1980er-Jahren, verstarben bereits einige Experten in diesem Gebiet, deren umfangreiches Material zu 3D-Projekten nun bestenfalls im Archiv einer Universität, in ihrem eigenen Privatarchiv oder in dem eines beteiligten Kollegen zu finden ist, teilweise aber weder auffindbar noch heute technisch kompatibel ist. Auch Dokumente und Objekte von noch lebenden Experten sind teils schwer zugänglich, da sie ebenso in deren privaten oder in institutionellen Archiven lagern, ohne weiter gepflegt zu werden. Selbst wenn elektronische Datenträger aus den 1990er-Jahren beispielsweise in Bibliotheken öffentlich zugänglich sind, können sie oftmals nicht mehr abgespielt werden, da die aktuellen Betriebssysteme der Computer die Dateien und Abspielprogramme nicht öffnen können. Hier zeigt sich ein großer Handlungsbedarf, zumal das Thema in der Fachcommunity nicht umfassend in Bezug auf Lösungsansätze diskutiert und vor allem in der Praxis noch nicht umgesetzt wird. In den für die vorliegende Arbeit geführten Interviews wurden die Experten diesbezüglich befragt. Ihre Einschätzungen und eigenen Lösungsansätze werden im Folgenden vergleichend dargelegt.

Auch in der **London Charter** findet sich das Thema Langzeitarchivierung, das unter dem **Leitsatz 5: Nachhaltigkeit** in folgender Weise eingefordert wird:

»Strategien zur Sicherung der langfristigen Zukunftsfähigkeit von kulturgutbezogenen computergestützten Visualisierungsergebnissen und Dokumentationen sollen geplant und umgesetzt werden, um Wachstumseinbußen dieses Zweigs an geistigem, sozialem, ökonomischem und kulturellem Erbe der Menschheit zu vermeiden.« ¹⁵⁰²

Ferner fordert die Charta, dass für jedes Projekt die jeweils am geeigneten erachtete Archivierungsart angewandt werden soll. ¹⁵⁰³ Ziel der digitalen Bewahrung sollte sein, nicht das ursprüngliche Speichermedium, sondern die originalen Rohdaten der Visualisierung zu erhalten sowie die für ihre zukünftige Verwendung erforderlichen Informationen. Eng damit verknüpft ist auch die mediale Zugänglichkeit von digitalen Rekonstruktionen, die unter dem **Leitsatz 6: Zugang** in der **London Charter** gefordert wird:

»Die Erstellung und Verbreitung von computergestützter Visualisierung soll in einer Art und Weise geplant werden, die sicherstellt, dass maximal möglicher Gewinn für Studium, Verständnis, Interpretation, Erhaltung und Verwaltung von Kulturgut erzielt wird.« ¹⁵⁰⁴

■ 1504
Ebd., S. 12.

■ 1505
Einen Überblick zur in diesen Bereichen geführten, umfangreichen Diskussion bietet die Dissertation von dem Informatiker Jens-Martin: Loebel 2014. Einer der ersten, die das Thema der Langzeitarchivierung in Bezug auf digitale Kulturgüter zur Diskussion stellten, ist der Informatiker Jeff Rothenberg. Bereits 1995 wies er auf das Problem der Haltbarkeit von digitalen Medien hin, vgl. Rothenberg 1995; Rothenberg 1999; Loebel 2014, S. 48–50.

■ 1506
Zum Workshop in Warwick 1998 und den daraus entstandenen Initiativen vgl.: Beagrie/Greenstein 1998, Abschnitt »Preface«. In den USA widmete sich eine gemeinsame aus 21 Experten bestehende Taskforce der »Commission on Preservation and Access« und der »Research Libraries Group« über ein Jahr hinweg dem Thema »Archiving of Digital Information«. In ihrem 1996 veröffentlichten Bericht kamen sie zu dem Schluss, dass die Bewahrung von digitalen Informationen nicht gewährleistet werden könne und neben einer technischen Lösung auch eine rechtliche erarbeitet werden müsse, vgl. Rothenberg 1999, S. iv.

■ 1507
Beagrie/Greenstein 1998, Abschnitt »Preface«.

■ 1508
Ebd., Abschnitt »Appendix 1. Guidelines for Digital Preservation«.

Aber auch in diesen Fragen bleibt die Charta den Experten konkrete Vorschläge zu Umsetzungsmöglichkeiten schuldig.

In den Geisteswissenschaften und in der Archäologie ist im Kontext der 3D-Rekonstruktion von historischer Architektur die Diskussion um und die Auseinandersetzung mit der Langzeitarchivierung von digitalen Forschungsdaten sowie digitalen Modellen bislang nur ein Randbereich. Dies wird daran ersichtlich, dass eine Strategie zur Langzeitarchivierung im Konzept sämtlicher 3D-Projekte nicht inbegriffen ist, was sich in den Einzelanalysen in der vorliegenden Arbeit deutlich herausstellte. Hingegen nimmt in der Informatik und im Kontext von Computerspielen – seien es Computerspielemuseen, die Spielcommunity oder die Games-Forschung – das Erarbeiten von Lösungsstrategien einen zentralen Platz ein. ¹⁵⁰⁵ Für Bibliotheken wurde die Thematik in den 1990er-Jahren virulent, da mehr und mehr digitale Daten in ihre Sammlungen eingingen und bewahrt werden mussten. So fand im November 1995 an der University of Warwick ein Workshop zum Thema **Long Term Preservation of Electronic Materials** statt. ¹⁵⁰⁶ Daraufhin wurde eine von der **Digital Archiving Working Group** geleitete Initiative gestartet und durch das **Joint Information Systems Committee (JISC)** gefördert. Mitglieder der Arbeitsgruppe waren die British Library, Research Libraries Group, Publishers' Association und das National Preservation Office. Im Rahmen der Initiative wurde eine Studie zur Langzeitarchivierung durchgeführt. Erarbeitet hatten sie Neil Beagrie und Daniel Greenstein, die am **Arts and Humanities Data Service (AHDS)** tätig waren, dessen Ziel darin besteht »on behalf of the UK Higher Education community to collect, manage, preserve, and promote the re-use of scholarly digital resources.« ¹⁵⁰⁷ Die beiden Experten Beagrie und Greenstein identifizierten in ihrer Studie folgende mögliche Strategien zur Langzeitarchivierung:

- » → Migration (data are stored in software-independent format and migrated through changing technical regimes)
- Technology preservation (data are preserved along with the hardware and/or software on which they depend)
- Emulation (the look, feel, and behaviour of a data resource is emulated on successive hardware/software generations)« ¹⁵⁰⁸

Es handelt sich dabei um drei grundlegend verschiedene Strategien mit unterschiedlich hohem Kosten- und Zeitaufwand, die bis heute Aktualität

besitzen. Auch für 3D-Projekte zeigen sich hier mögliche Lösungsansätze, digitale Daten, Datenträger, Soft- und Hardware zu bewahren und nachhaltig nutzbar und zugänglich zu halten. Allerdings erweisen sich nicht alle drei Vorschläge gleichermaßen als für wissenschaftliche 3D-Projekte geeignet. So kann in deren Rahmen eine vollständige Bewahrung von Hard- und Software kaum vollzogen werden, da dies eine langfristige Lagerung und Wartung der Geräte miteinschließen würde. Diese Aufgabe fällt in den Arbeitsbereich von Museen, wie Andreas Lange, Direktor des Computerspielmuseums in Berlin, im Interview erläutert. **1509** So werden an seinem Haus neben Computerspielen und deren Datenträgern auch Computer sowie weitere zugehörige Hardware in die Sammlung aufgenommen.

Explizit auf die Belange von VR-Projekten ausgerichtet ist der 2002 publizierte **AHDS Guides to Good Practice. Creating and Using Virtual Reality: a Guide for the Arts and Humanities**, der wichtige Voraussetzungen und praktische Hinweise für deren Langzeitarchivierung nennt. **1510** So erläutern die Autoren Vor- und Nachteile sowie Voraussetzungen für die drei von Beagrie und Greenstein 1998 identifizierten Strategien. In Bezug auf die Datenmigration weisen sie beispielsweise darauf hin, dass neben standardisierten Datenformaten eine Dokumentation der Datenstruktur in VR-Projekten wesentlich ist, um eine verlustfreie Übertragung zu gewährleisten. **1511**

Hier ist eine aktive Kuratierung (»actively curated« **1512**) – wie es Paul Reilly im Interview ausdrückte – der digitalen Daten notwendig. Diese umfasst folgende Ebenen:

- Dokumentation des Erstellungsprozesses einer 3D-Rekonstruktion (zur inhaltlichen Nachvollziehbarkeit)
- Kompatibilität (zur technischen Anschlussfähigkeit)
- Nachhaltige Datensicherung (zu Verbesserungen und Nachnutzung der Inhalte)
- Zentrale Langzeitarchivierung (zur öffentlichen, medialen Zugänglichkeit)

Auch Lange hält die beiden Strategien Migration und Emulation für sinnvoll, wobei erstere relativ aufwendig ist und bei komplexen digitalen Dateien nur bedingt automatisiert durchgeführt werden kann. **1513** Jedoch ist dies ein probates Mittel, um zumindest institutionsintern die Daten zu einem Projekt zukünftig nutzen zu können. So berichtet Bob Martens im Interview, dass die Daten zu seinen 3D-Projekten an der TU Wien in verschiedenen Formaten und auf unterschiedlichen Medien gespeichert werden. **1514** Auch setzt er bezüglich des Datenaustauschs auf die im Bauwesen Verwendung findende IFC-Schnittstelle in CAD-Programmen, auf deren Funktion in **Kapitel 5.4 (→ 403)** bereits eingegangen wurde. Standardisierte Dateiformate sind dabei eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Migration. **1515**

3D-Datensätze sind durchaus als wertvolle Objekte zu erachten, da viel Zeit und Aufwand in ihre Erstellung investiert wurde und somit laut Marc Grellert als »Kapital« **1516** angesehen werden können. Allein aus eigenem Interesse heraus, ist es insofern für die verantwortlichen Experten wichtig, diese Daten zu bewahren und für mögliche eigene Anschlussprojekte oder darüber hinaus vorzuhalten. Jedoch weist der Architekt darauf hin, dass es stark auf die verwal-

■ 1509

Zum Sammlungsgegenstand des Computerspielmuseums in Berlin vgl.: **Appendix 2.9 (→ 695)**, Interview mit Andreas Lange, **Frage 1**.

■ 1510

Vgl. Fernie/Richards 2002.

■ 1511

Ebd.

■ 1512

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 8**.

■ 1513

Vgl. ebd., **Frage 2**.

■ 1514

Martens erläutert seine Strategie zur Langzeitarchivierung im Interview: **Appendix 2.7 (→ 683)**, Interview mit Bob Martens, **Frage 12** und **Frage 17**.

■ 1515

Vgl. Fernie/Richards 2002, Abschnitt »6: Archiving Virtual Reality Projects«.

■ 1516

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 12**. Zu Grellerts Einschätzung der aktuellen Situation der Langzeitarchivierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion vgl. ebd.

■ 1517

Vgl. **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 11**.

■ 1518

Vgl. **Appendix 2.9** (→ 695), Interview mit Andreas Lange, **Frage 2 bis 4**.

■ 1519

Zur Entwicklung von Emulatoren in der Retro-Gaming-Community vgl.: Lange 2009.

■ 1520

Zu den Zielen, Inhalten und Ergebnissen von Loebels Forschungsarbeit vgl.: Loebel 2014, insbes. S. 5–7, S. 15–17, S. 21–22, S. 99–102, S. 135–144 u. S. 166–170.

■ 1521

Ebd., S. 168.

■ 1522

Vgl. **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 11**.

■ 1523

Vgl. Loebel 2014, S. 141–143.

■ 1524

Zu Besonderheiten von »KEEP« vgl.: Lange 2009, S. 56.

tende Institution ankommt, ob und wie die 3D-Datensätze und zugehöriges Material archiviert werden. Beispielsweise wurden laut Richard Beacham alle Daten, die er im Laufe seiner Tätigkeit am King's College London generierte, nach seiner Emeritierung 2011 auf Servern gespeichert. **1517** In seinem Fall kommt hinzu, dass die von ihm durchgeführten Projekte weitgehend mit öffentlichen Geldern finanziert wurden und somit nicht verloren gehen sollten. Einen öffentlichen Zugang zu den Daten auf den Servern gibt es allerdings nicht.

Aufgrund des großen Aufwands der Datenmigration hat sich Andreas Lange der Emulation verschrieben, mit der veraltete Hard- und Software virtuell simuliert werden kann. **1518** So können Dateien und Programme sozusagen in ihrer ursprünglichen Umgebung wieder verwendet werden, ohne dass die alte Hardware erforderlich ist. Zudem werden Emulatoren in der Computerspielcommunity vielfach entwickelt und sind teils online frei zugänglich. **1519**

Der Informatiker Jens-Martin Loebel kommt in seiner 2014 veröffentlichten Dissertation **Lost in Translation. Leistungsfähigkeit, Einsatz und Grenzen von Emulatoren bei der Langzeitbewahrung digitaler multimedialer Objekte am Beispiel von Computerspielen** im Kern zu einem ähnlichen Schluss wie Lange. **1520** Jedoch räumt er anhand seiner grundlegenden Analyse von damals 41 zur Diskussion stehenden Emulatoren und Emulationsstrategien ein, dass es »eine faktische Bewahrungsgrenze aufgrund technischer und ökonomischer Machbarkeit« **1521** insbesondere im Kontext komplexer digitaler Artefakte wie Computerspielen gebe. Seiner Studie zufolge verwenden Gedächtnisinstitutionen aus Kostengründen und aufgrund fehlenden Personals weitgehend in der Retro-Gaming-Community programmierte Emulatoren, die im Internet frei verfügbar sind. Nachhaltiger wäre es hingegen bei der Auswahl von Emulatoren auf deren Funktionsumfang und Genauigkeit Wert zu legen, anstatt sich nur an den entstehenden Kosten und der Verfügbarkeit zu orientieren. In Bezug auf 3D-Projekte fordert Marc Grellert daher ganz konkret, Gelder für eine Langzeitarchivierung bereitzustellen. **1522** Die bisherige Handhabung führt laut Loebel zu einer Abhängigkeit von der Retro-Gaming-Community – deren Fortbestand nicht gesichert ist – und daher langfristig aufgelöst werden sollte. Denn die Entscheidungsgewalt über Bedingungen und Voraussetzungen für eine Langzeitarchivierung digitaler Artefakte sollte bei den Kulturinstitutionen selbst liegen. Zwar gab es mit dem an der Koninklijke Bibliotheek van Nederland in Den Haag entwickelten und 2007 veröffentlichten Emulator Dioskuri eine Initiative aus der Forschung, die sich dem Thema der Langzeitarchivierung explizit aus der Perspektive der Kulturinstitutionen widmete, jedoch blieb dieser in seiner Leistungsfähigkeit weit hinter den in der Retro-Gaming-Community realisierten zurück. **1523**

Diesem Defizit entgegen wirkte das EU-geförderte Forschungsprojekt **KEEP (Keeping Emulation Environments Portable)**, das von 2009 bis 2012 vom Computerspielmuseum Berlin – vertreten durch den Förderverein für Jugend und Sozialarbeit e.V. – in Kooperation mit der University of Portsmouth, der Bibliothèque nationale de France sowie Vertretern aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie und Spieleindustrie durchgeführt wurde. So war eine Besonderheit des Projekts, dass die Retro-Gaming-Community direkt in den Entwicklungsprozess eingebunden wurde, und damit eine nachhaltige Nutzung ihrer Expertise gesichert werden konnte, wie Andreas Lange betonte. **1524** KEEP hatte zum Ziel ein sogenanntes **Emulation Framework** zu

■ 1525

Hintergrundinformationen zu »KEEP« sind zu finden in: Loebel 2014, S. 52–54; Lange 2009, S. 55–57; Webseite des Computerspielmuseums Berlin: https://www.computerspielmuseum.de/1219_Ueber_uns.htm; Webportal »Cordis« der EU-Kommission: https://cordis.europa.eu/project/rcn/89496_en.html. Die ursprüngliche Webseite zum Projekt »KEEP« mit der URL »<http://www.keep-project.eu/>« ist heute nicht mehr verfügbar. Bei Eingabe der Adresse erfolgt zudem keine Verlinkung auf die heute zugängliche Webseite von »KEEP«. Im Hinblick auf das Projektthema ist dies sehr befremdlich, zumal in der Literatur ausschließlich auf die ursprüngliche URL verwiesen wird.

■ 1526

Zur Funktion und Besonderheiten von KEEP vgl.: Lange 2009, S. 56.

■ 1527

KEEP 2012, S. 2.

■ 1528

Vgl. Webseite zu »KEEP. Emulation Framework«: <http://emuframework.sourceforge.net/about.html>.

■ 1529

Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 7](#).

■ 1530

Reilly/Todd/Walter 2016, S. 38.

■ 1531

[Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, [Frage 8](#).

■ 1532

Zu den Konvertierungsarbeiten von Reilly und seinen Kollegen vgl.: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 35 u. S. 37.

■ 1533

»OpenSCAD« ist eine frei verfügbare Software zum Modellieren von 3D-Modellen anhand von Textdateien, die das zu modellierende Objekt beschreiben. Vgl. Webseite zu »OpenSCAD«: <http://www.openscad.org/about.html>. Bei »WebGL« handelt es sich um eine plattformübergreifende Programmierschnittstelle, die es ermöglicht 3D-Inhalte auf einer Webseite zu implementieren, vgl. Webseite zu »WebGL«: https://www.khronos.org/webgl/wiki/Getting_Started.

entwickeln. ¹⁵²⁵ Hiermit wurde zwar kein neuer Emulator, jedoch eine Schnittstelle geschaffen, von der aus beliebige Emulatoren gestartet werden können. ¹⁵²⁶ Dies stellte laut Lange hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit eine große Verbesserung dar:

»The Emulation Framework allows you to render digital files and computer programmes in their native environment. This offers you the potential to view these files in their intended »look and feel«, independent from current state of the art computer systems. The spectrum of potential computer platforms and applications that can be supported is practically unlimited.« ¹⁵²⁷

Das in KEEP entwickelte Framework kann bis heute über die zugehörige Webseite frei heruntergeladen und damit in den Arbeitsablauf von Kulturinstitutionen integriert werden. ¹⁵²⁸

Zum Thema der Langzeitarchivierung zeigten sich im Rahmen der mit Experten geführten Interviews teils konträre Meinungen. So nimmt der Ingenieur und Softwareentwickler Andy Walter beispielsweise eine zwiegespaltene Haltung ein. Er gibt zu bedenken, dass Archäologen 3D-Modelle aufgrund der Interpretationsarbeit, auf der sie basieren, nicht als Originale erachten würden. ¹⁵²⁹ Allerdings sieht er das Potential die sozusagen alten Rekonstruktionen aufgrund neuer Forschungserkenntnisse zukünftig verbessern zu können, was eine langfristige Sicherung rechtfertigen würde.

Sein ehemaliger Kollege am IBM UKSC, Paul Reilly, beschreibt in anschaulicher Weise die Folgen der beständigen Weiterentwicklung der Technologien ohne Anschlussfähigkeit zu früheren Standards: »The remorseless march of progress with its inbuilt, self-fulfilling processes of obsolescence continues to deposit many more digital artefacts in deep and complex digital strata [...], containing the traces of innumerable technological extinctions.« ¹⁵³⁰ Auf diese Weise werden 3D-Modelle, bei denen es sich in Reillys Worten um »transient things unless actively curated« ¹⁵³¹ handelt, sukzessive verschwinden. Er spricht hier aus Erfahrung, denn 2015 konvertierten er und seine Kollegen Stephen Todd und Andy Walter Dateien von digitalen Rekonstruktionen von Old Minster, die Mitte der 1980er-Jahre erstellt worden waren, in aktuelle Dateiformate. ¹⁵³² Beispielsweise wandelten sie die Dateien der alten 3D-Modelle in OpenSCAD-Dateien um und veröffentlichten eine WebGL-Anwendung im Internet sowie in der online-Zeitschrift DAACH. ¹⁵³³ So konnten die inzwischen historischen Filmstills, Animationen und CAD-Modelle gut 30 Jahre nach ihrer Erstellung wieder zugänglich gemacht werden. Da hier Experten, wie Andy Walter, der unmittelbar an der 3D-Modellierung in den 1980er-Jahren beteiligt war, noch greifbar waren, konnte sozusagen eine archäologische Kampagne zu den alten digitalen Modellen unternommen werden. Andernfalls hätte hier möglicherweise nur eine Emulation den Zugang zu den alten Daten gewährt.

■ 1534

Informationen zur Entwicklung, Zielen und beteiligten Institutionen des Projekts sind zu finden auf der Webseite zu »nestor«: <http://www.langzeitarchivierung.de/>; Schumann 2008. Im Jahr 2010 wurde in Kooperation von »nestor« und der Gesellschaft für Informatik (GI) eine bis heute aktive Arbeitsgruppe zum Thema Emulation gegründet (heute: Fachgruppe Langzeitarchivierung), die »einen Knotenpunkt für die Verbreitung, Erforschung und Vermittlung von praktischen Erfahrungen zu diesem Thema« bildet. Zit. aus Webauftritt der Fachgruppe Langzeitarchivierung auf der Webseite der GI: <https://fg-emulation.gi.de/ueber-uns/>.

■ 1535

Die Publikationen sind über die folgende Webseite von »nestor« zugänglich: <http://www.nestor.sub.uni-goettingen.de/education/index.php>.

■ 1536

Informationen zum »nestor«-Siegel sind zu finden auf der zugehörigen Webseite: https://www.langzeitarchivierung.de/Webs/nestor/DE/Zertifizierung/zertifizierung_node.html.

■ 1537

Während Drucklegung dieser Arbeit hat sich das »DPN« im Dezember 2018 aufgelöst. Vgl. dazu: Molinaro 2019; Pressemitteilung vom 05.12.2018, unter: <https://duraspace.org/the-digital-preservation-network-dpn-to-cess-operations/> (zuletzt besucht am 02.08.2019). Informationen zu Zielen, Organisation, strukturellem Aufbau und Funktionen des »DPN« waren bis Dezember 2018 zugänglich auf dessen Webseite: <http://dpn.org>.

■ 1538

Webseite des »DPN«, archiviert in der »Wayback Machine« des »Internet Archive«: <https://web.archive.org/web/20181029074519/http://dpn.org/about> (Version vom 29.10.2018).

In den vergangenen Jahren wurden auf nationaler Ebene in unterschiedlichen Initiativen Ansätze entwickelt, die sich der grundsätzlichen Langzeitarchivierung von digitalen (Forschungs-)Daten widmen.

In Deutschland findet sich mit *nestor* eine Initiative, die bis heute ein zentrales Netzwerk zum Thema Langzeitarchivierung darstellt. Begonnen hatte es 2003 als vom BMBF bis 2009 gefördertes Projekt *nestor – Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung* mit dem übergeordneten Ziel der Langzeitarchivierung und -zugänglichkeit zu digitalen Daten. ¹⁵³⁴ Am Anfang stand zunächst die Sensibilisierung für die dringliche und problematische Thematik sowie der Aufbau eines breiten Netzwerks an Institutionen unterschiedlicher Sparten im Fokus der Initiative. Darüber hinaus waren im weiteren Projektverlauf Standardisierungen im Bereich der Langzeitarchivierung sowie Angebote zur Aus- und Weiterbildung virulent.

Nach Ende der Förderzeit führten die beteiligten Einrichtungen aus dem Bibliothekswesen (Deutsche Nationalbibliothek, Bayerische Staatsbibliothek und andere), Hochschulbereich (Fernuniversität Hagen) und weiteren Bereichen (Bundesarchiv, Institut für Museumsforschung) *nestor* eigenständig weiter. In dessen Rahmen entstanden zudem Open Access-Publikationen, die einen Überblick über Metadatenstandards, digitale Erhaltungsstrategien, Zugänglichkeit, technischen Workflow sowie über Forschungsprojekte in Deutschland innerhalb bestimmter Fachdisziplinen bieten. ¹⁵³⁵

Bis heute ist *nestor* im Bereich der Langzeitarchivierung zentraler Ansprechpartner für Institutionen unterschiedlicher Kontexte und vergibt das *nestor*-Siegel für vertrauenswürdige digitale Langzeitarchive. ¹⁵³⁶ In einschlägigen Publikationen zu 3D-Projekten wird *nestor* und deren Ergebnisse jedoch kaum genannt, wie sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit bei der Literaturrecherche zeigte. Hier besteht demnach Handlungsbedarf, diese Initiative in der 3D-Community bekannt zu machen.

In den USA hat sich das *Digital Preservation Network (DPN)* die Langzeitarchivierung digitaler Daten von US-Institutionen (im akademischen Bereich sowie Stiftungen, Archive, staatliche und bundestaatliche Behörden, Unternehmen) zum Ziel gesetzt. ¹⁵³⁷ Mitgliedern wird zugesichert, dass ihre eingespeisten Daten auch in eine ferne Zukunft hinein sicher gespeichert bleiben. Der Arbeitsprozess für die Sicherung der Daten erfolgt dabei laut *DPN* in folgenden Schritten:

»(1) Content is deposited into the system via an Ingest Node; (2) Content is replicated to at least two other Replicating Nodes and stored in varied repository infrastructures; (3) Content is checked via bit auditing and repair services to ensure the content remains the same over time; (4) destroyed or corrupted content is restored by DPN; (5) as Nodes enter and leave DPN, preserved content is redistributed to maintain the continuity of preservation services into the far-future.« ¹⁵³⁸

Demnach wird beispielsweise eine aktive Kuratierung der gespeicherten Daten geleistet, wie es auch für 3D-Projekte essentiell wäre. Geführt wird das Netzwerk von einem Direktorium bestehend aus Universitätspräsidenten, Richtern, Informationsmanagern, Bibliothekaren und Branchenführern. Dadurch, dass es aus Mitgliedern der Zielgruppen besteht, kann gewährleistet werden, deren Anforderungen und Bedarfe einzubeziehen. Dies ist essentieller Kern für eine erfolgreiche Langzeitarchivierung.

Exemplarisch kann darauf verwiesen werden, dass im Rahmen der 2016 begonnenen wissenschaftlichen Kooperation zwischen den Uffizien in Florenz, und der Indiana University in Bloomington, Indiana, USA, zur Digitalisierung der Sammlung antiker Skulpturen des italienischen Museums geplant ist, den Dienst des DPN in Anspruch zu nehmen. ¹⁵³⁹ So sollen die generierten Daten nicht nur von den Uffizien und der Indiana University vorgehalten, sondern auch als Sicherungskopie von dem DPN verwaltet werden.

Im Vereinigten Königreich bietet der bereits 1996 eingerichtete **Archaeology Data Service (ADS)** die Möglichkeit zur Langzeitarchivierung von digitalen Daten im Bereich »Archaeology and the Historic Environment« ¹⁵⁴⁰. Durch die spezifische Ausrichtung auf eine bestimmte Fachdisziplin kann auf deren Bedürfnisse genau eingegangen werden. Vor der Archivierung werden die von den Forschern vorgelegten Daten wie CAD-, VR- oder GIS-Dateien, Fotografien, Vermessungsdaten und Texte mittels Peer Review-Verfahren nach folgenden Kriterien evaluiert:

- » → Assess their intellectual content and the level of potential interest in their re-use.
- Evaluate how (even whether) they may viably be managed, preserved, and distributed to potential secondary users.
- Determine the presence or absence of another suitable archival home.« ¹⁵⁴¹

Damit wird eine nachhaltige Nutzung des Archivierungsservices angestrebt, wodurch aber prinzipiell die Gefahr einer Gewichtung in jedweder Richtung (thematisch, methodisch, regional) besteht.

Nach diesen grundlegenden Initiativen zur Langzeitarchivierung digitaler Daten seien nun zwei Projekte kurz vorgestellt, die explizit auf digitale 3D-Modelle von historischen Artefakten ausgerichtet waren.

Bernard Frischer konzipierte das Projekt **SAVE (Serving and Archiving Virtual Environments)**, dem 2006 eine Förderung durch die National Science Foundation zugesprochen wurde. ¹⁵⁴² Der Archäologe beschrieb dessen Ziele und Potentiale folgendermaßen:

»The purpose of SAVE™ is to provide the framework for creating, archiving, and distributing online such real-time, scientific 3D cultural heritage models. I like to imagine the user interface of SAVE™ as an adaptation of Google Earth or

■ 1539

Vgl. Povoledo 2016.

■ 1540

Webseite des »ADS«: <http://archaeologydataservice.ac.uk/advice/DepositingData.xhtml>. Zu Hintergrundinformationen zum »ADS« vgl. zudem folgende Unterseite: <http://archaeologydataservice.ac.uk/about.xhtml>.

■ 1541

Webseite des »ADS«: <http://archaeologydataservice.ac.uk/advice/DepositingData.xhtml>.

■ 1542

Informationen zu Konzept, Zielen und Aufgaben von »SAVE« unter: <http://vwhl.clas.virginia.edu/save.html>; Frischer 2006, S. 172-173.

of NASA's World Wind model of the planet textured by satellite photographs. SAVE™ would add a time-bar to the representation of the earth so that instead of simply flying down onto a particular spot of the planet, as you can do today, the user could choose a certain date and see reds dots scattered around the earth indicating places where there are 3D reconstructions available for that place and time.« 1543

■ 1543

Frischer 2006, S. 172.

■ 1544

Vgl. [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 10](#). Heute wird die Zeitschrift »DAACH« von Sofia Pescarin geleitet, vgl. Webseite von »DAACH«: <https://www.journals.elsevier.com/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage>. Zur Veröffentlichung von 3D-Modellen in Artikeln in »DAACH« vgl. Ausführungen in [Kapitel 3.2](#) (→ 091) im Zusammenhang mit dem Artikel Reilly/Tood/Walter 2016 zur digitalen Rekonstruktion von Old Minster.

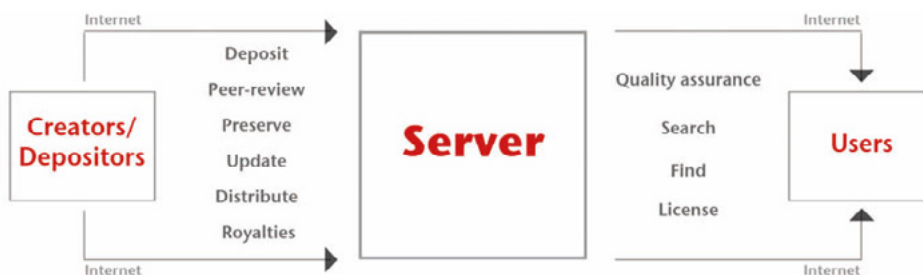
■ 1545

»Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. Author information pack«, online abrufbar unter: <https://www.elsevier.com/journals/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage/2212-0548?generatepdf=true>.

Darüber hinaus sollte **SAVE** folgende Aufgaben in Bezug auf das gesamte, globale, digitale Kulturerbe umfassen: Zugänglichkeit, Kompatibilität und Übertragbarkeit (zum Herunterladen und Weiterverwenden digitaler Modelle); Lizenzierung von 3D-Modellen für kommerzielle, didaktische, museale Verwendungskontexte; zentrale Stelle für Standards und Best Practice; digitales Repositorium; Wartung der Software, auf der die archivierten 3D-Modelle basieren; Peer Review-Verfahren für digitale Modelle; Zulassen von Aktualisierungen der 3D-Modelle aufgrund neuer Forschungserkenntnisse; Ermöglichung virtueller Zeitreisen. Im Ganzen ergeben diese Komponenten das Bild einer idealen Vision, die in dieser Form bislang nicht umgesetzt wurde. Womöglich war eben dieser ganzheitliche Anspruch der Grund dafür.

Auf der noch heute zugänglichen Webseite, die das Konzept von **SAVE** erläutert, finden sich weit weniger umfangreiche Ziele. So wird das Projekt hier als erste online Peer Review-Zeitschrift angekündigt, in der wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle von Kulturerbe veröffentlicht werden können 373. Letztendlich entstand in Folge dieser Initiative und auf Empfehlung der National Science Foundation die Peer Review-Zeitschrift **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (DAACH)** im Verlag Elsevier, die Frischer von Anfang 2014 bis Oktober 2016 als Chefredakteur leitete. 1544 Bis heute bietet sie Forschern die Möglichkeit auch 3D-Modelle in Beiträge einzubinden unter Einhaltung bestimmter Vorgaben:

»DAACH will provide full peer-review for all 3D models, not just the text, 2D renderings or video fly-throughs, and requires all models to be accompanied by metadata, documentation, and a related article, explaining the history of the subject and its state of preservation, as well as an account of the modeling project itself.« 1545



□ 373

Diagramm zur Funktionsweise des von Bernard Frischer konzipierten Projekts »SAVE«, um 2006.

Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass das jeweilige 3D-Modell in seiner inhaltlichen Komplexität dokumentiert vorgehalten wird und damit nachhaltig nutzbar ist. Einzig die Tatsache, dass die Zeitschrift nicht Open Access publiziert wird, schmälert ihren Anspruch an das Zurverfügungstellen von wissenschaftlichen 3D-Projekten. Aus diesem Grund verließ Frischer DAACH und gründete daraufhin die frei zugängliche, Peer Review-Zeitschrift **Studies in Digital Heritage** über den Verlag der Indiana University. ¹⁵⁴⁶ Sie bietet ebenso die Möglichkeit 3D-Modelle in Artikel einzubinden und verwendet hierfür **Sketchfab**.

■ 1546

Zu Inhalt, Ausrichtung und Gründung der Zeitschrift »Studies in Digital Heritage« vgl.: [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 10](#); Webseite von »Studies in Digital Heritage«: <https://scholarworks.iu.edu/journals/index.php/sdh>.

■ 1547

Informationen zu Zielen, Inhalt und Durchführung von »POCOS« sind zu finden in: Delve et al. 2012; [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 11](#); Webseite zum Projekt »POCOS«: <http://www.cdpa.co.uk/POCOS/>.

■ 1548

Vgl. [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 11](#); Webseite zum Projekt »POCOS«: <http://www.cdpa.co.uk/POCOS/visualisations.php>.

■ 1549

Zu den beim Symposium und im e-Book präsentierten Themen vgl.: Delve et al. 2012.

■ 1550

Vgl. Webseite zum Projekt »POCOS«: <http://www.cdpa.co.uk/POCOS/symposia.php>.

■ 1551

Pletinckx 2012.

Ein weiteres ambitioniertes Projekt stellte **POCOS (The Preservation of Complex Objects)** dar, das von 2009 bis 2011 durch das **JISC Information Environment Programme** gefördert wurde. ¹⁵⁴⁷ Ziel dieser Initiative war es in drei Symposien zum Thema Erhaltung von komplexen digitalen Objekten, Experten unterschiedlicher Fachbereiche zusammen zu bringen. Das erste fand im Juni 2011 zum Thema Visualisierungen und Simulationen am **King's Visualisation Lab** des King's College London statt. ¹⁵⁴⁸ Das 2012 veröffentlichte e-Book wartet mit einem Überblick zum State of the Art aktueller Ansätze zur Bewahrung digitaler Artefakte auf, der über die am Symposium präsentierten Beiträge hinausgeht. ¹⁵⁴⁹ Vorgestellt werden beispielsweise die Verwendung des **Archaeology Data Service** und Ergebnisse aus dem Projekt **KEEP**. Emulation wurde hier als zentrale Langzeitarchivierungsstrategie identifiziert. Auch das Thema der Informationssicherheit im Kontext der digitalen Archivierung wurde angesprochen. Die beiden weiteren Symposien widmeten sich Digitaler Kunst (Oktober 2011) sowie Computerspielen und virtuellen Welten (Januar 2012). ¹⁵⁵⁰

Wichtige Impulse lieferte vor allem Daniel Pletinckx, der in seinem Beitrag folgende sechs Handlungsfelder identifizierte:

- » → Lack of methodology to document and exchange 3D CH [Cultural Heritage, Anm. d. A.] objects
- Lack of communication methodology
- Lack of stimuli to document and preserve
- Lack of long term storage and digital preservation strategies
- Lack of business models for reuse and exchange
- Lack of updating methodology« ¹⁵⁵¹

Als zentral erachtet er generell einen Konsens innerhalb der Community, sich auf bestimmte Methoden und Strategien zu verständigen und sie auch praktisch umzusetzen. Hierfür ist seiner Meinung nach eine multidisziplinäre und internationale Kollaboration notwendig, um sich auszutauschen und zusammenzuarbeiten. Insbesondere die Bereiche der Dokumentation und Archivierung eines 3D-Projekts im Hinblick auf deren Kosten müssten laut Pletinckx zukünftig in Angriff genommen werden. Auch sollten diese Themen in die Curricula an Hochschulen aufgenommen werden, um Studierende dafür zu sensibilisieren. Die **London Charter** erachtet Pletinckx als ideale Grundlage, um darauf aufbauend nun praktische Umsetzungsstrategien zu entwickeln:

»And why not look into expanding the London Charter with clear guidance on these processes, based upon a wide consensus in the cultural heritage domain, so that it can acquire the status of a real Charter that governs documentation, communication and preservation of digital cultural heritage objects?« 1552

■ 1552
Ebd., S. 109.

■ 1553
Auf nationaler Ebene können hierzu beispielsweise genannt werden:
Fachgruppe Langzeitarchivierung der Gesellschaft für Informatik, vgl. <https://fb-iug.gi.de/informatik-und-gesellschaft-iug/fg-langzeitarchivierung.html>; »nestor – Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung«, vgl. <https://www.langzeitarchivierung.de/>; Computerspielmuseum Berlin, vgl. http://www.computerspielmuseum.de/1219_Ueber_uns.htm.

Die Forderungen und Vorschläge des Ingenieurs haben heute nach wie vor Gültigkeit und zeigen damit den akuten Handlungsbedarf den Status Quo zu ändern.

Eine kurzfristig angesetzte Lösung kann durchaus eine Datenmigration bieten, jedoch wird dies umso schwieriger, je komplexer die Daten werden. Zudem muss dieser Vorgang regelmäßig durchgeführt werden, um einen effektiven Nutzen zu generieren. Langfristig sollten diejenigen, die 3D-Rekonstruktionen durchführen, Emulation zur Langzeitarchivierung und Wahrung der Zugänglichkeit einsetzen. Zwar ist auch damit ein technischer Aufwand verbunden, wie in diesem Abschnitt deutlich wurde, jedoch existieren inzwischen zahlreiche Anlaufstellen, die Wissenschaftler zu dem Thema der Emulation beraten und unterstützen können. 1553 Letztendlich sollte hier auch die Seite der Auftrag- und Fördergeber aktiv werden, und Strategien für die Langzeitarchivierung von 3D-Projekten von Beginn an einplanen. Nur in einer gemeinsamen Anstrengung kann diese immense Aufgabe gelingen und nachhaltig wirksam sein.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

6.3 Kölner Dom (Lengyel Toulouse Architekten, 2009–2010)

Das 2009 bis 2010 realisierte Projekt **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** stellt ein Beispiel für die innovative Arbeit der Berliner Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse auf dem Gebiet der Hypothesendarstellung in digitalen Rekonstruktionen dar. Allerdings sprechen sie selbst nicht von Rekonstruktionen, sondern von der Visualisierung von wissenschaftlich fundierten Hypothesen. Hierfür entwickelten sie ein spezielles Konzept, um Fehlstellen beziehungsweise Unsicherheiten zur Quellenlage in wissenschaftlichen 3D-Modellen zu kennzeichnen. Im Rahmen der computer-technischen Visualisierung des Kölner Doms befassten sie sich erstmals mit einem mittelalterlichen Bauwerk, dessen Baugeschichte in einer Filminstallation für die Kirchenbesucher aufgezeigt wird.

Baugeschichte und wissenschaftshistorischer Vorlauf

Die Baugeschichte des Kölner Doms umfasst einen sehr langen Zeitraum, bezieht man auch seine Vorgängerbauten des 5. bis 12. Jahrhunderts mit ein, wie es in dem 3D-Projekt von Lengyel und Toulouse der Fall ist. Da die Erkenntnisse zur Baugeschichte unmittelbar auf den im 20. Jahrhundert erfolgten Ausgrabungen gründen, werden sie hier kurz vorgestellt.

Die archäologische Erforschung des Kölner Doms begann kurz nach Ende des Zweiten Weltkriegs unter der Leitung des Archäologen Otto Doppelfeld. **1554** Zwischen dem Beginn der Arbeiten im Jahr 1946 und der Weihe des Doms 1948 erfolgten im gesamten Inneren Grabungen, ab 1956 ausschließlich in Stollen unterhalb des Fußbodens. Unter verschiedenen Grabungsleitern wurden die Arbeiten bis 1997 fortgeführt, wobei noch 2001 und 2011/2012 Nachuntersuchungen vorgenommen wurden. **1555**

Anhand dieser langjährigen Forschung konnten neue Erkenntnisse zur Baugeschichte gewonnen werden, die auch in visueller Form vielfach publiziert wurden. Der von Doppelfeld und dem späteren Dombaumeister Willy Weyres 1980 herausgegebene Band **Die Ausgrabungen im Dom zu Köln** stellt diese beispielsweise umfassend dar. **1556** Eine Diskussion dieser Forschung wurde später im Rahmen eines Kolloquiums in Köln geführt und schließlich 1996 in einem Sammelband publiziert. **1557** In diesen und weiteren Werken wurden einzelne Bauphasen der Kirche und auch ihrer Vorgängerbauten in Zeichnungen

■ **1554**
Ausführliche Informationen zu den archäologischen Ausgrabungen sind zu finden in: Doppelfeld 1965, S. 24.

■ **1555**
Vgl. Hauser 2012, S. 235.

■ **1556**
Vgl. Doppelfeld/Weyres/Hellenkemper 1980.

■ **1557**
Vgl. Wolff 1996.

rekonstruiert. Aus dieser vorliegenden Fülle an Bildmaterial werden hier einige Werke exemplarisch entnommen und kurz vorgestellt. Ausgewählt wurden diese im Hinblick auf die in der digitalen Visualisierung gezeigten Bilder, die in einem späteren Abschnitt detailliert analysiert und abschließend mit den hier besprochenen Rekonstruktionen verglichen werden. Zwar wurde der Dom auch schon vor den archäologischen Untersuchungen des 20. Jahrhunderts zeichnerisch rekonstruiert, jedoch stellen diese Arbeiten meist falsche Annahmen dar, da die Erkenntnisse der Ausgrabungen noch nicht bekannt waren. ¹⁵⁵⁸

■ 1558

Vgl. Weyres 1980, S. 420.

■ 1559

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 14; Hauser 2003, S. 49.

■ 1560

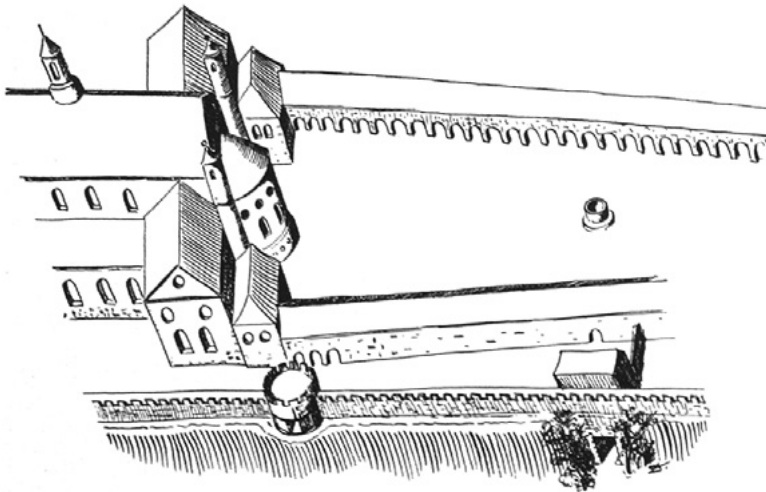
Zur Baugeschichte und Architektur des Alten Doms vgl.: Hauser 2003, S. 55 u. S. 58; Doppelfeld 1980 (Ein Schnitt durch den Untergrund), S. 14.

■ 1561

Zur Bauphase Periode VII und zugehöriger Zeichnung vgl.: Doppelfeld 1980 (Stand der Grabungen), S. 146, Abb. 34, S. 151–53.

Ein erster Vorgängerbau ist für das 5. Jahrhundert greifbar: Nachdem die Römer in dieser Zeit Köln verlassen hatten, entstand nahe der nördlichen Stadtmauer ein größeres Gebäude, das als möglicher Kirchenbau interpretiert werden kann, die sogenannte erste Bischofskirche. ¹⁵⁵⁹ Um 860 bis 873 kam es zur Errichtung eines Neubaus, der zweiten Kölner Bischofskirche, die ab dem Spätmittelalter Alter Dom genannt wurde. ¹⁵⁶⁰ Dieser wurde in Form einer Doppelchoranlage erbaut und um 870/873 von Erzbischof Willibert geweiht. An den dreischiffigen Bau schlossen sich sowohl im Westen als auch im Osten Querhausriegel an. Zwei Rundtürme betonten den Westchor.

Im Kontext der archäologischen Untersuchungen wurde das Erscheinungsbild des Vorgängerbaus aus der von Doppelfeld mit Periode VII bezeichneten karolingischen Bauphase rekonstruiert. ¹⁵⁶¹ Eine Zeichnung aus dem Jahr 1951 zeigt das Querhaus des Baus mit Atrium sowie die nahegelegene Stadtmauer ³⁷⁴.



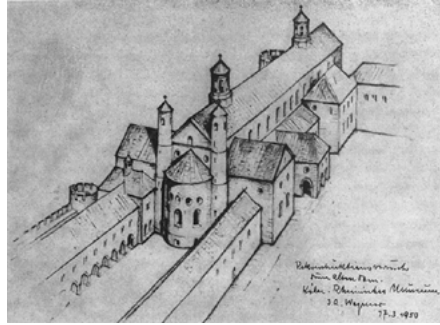
□ 374

Atrium und Querhaus der karolingischen Bauphase (nach Otto Doppelfeld, sog. Periode VII), zeichnerische Rekonstruktion des Alten Doms in Köln, um 1951.

■ 1562

Zu Informationen zur Rekonstruktionszeichnung von Walter Wegener vgl.: Hauser 2012, S. 235–236.

Ziel dieser Visualisierung, die nicht den kompletten Baukörper der Kirche wiedergibt, war es darzustellen, wie sich das Atrium an das sakrale Bauwerk anschließt. Hier wird anschaulich deutlich, dass die nahe gelegene Stadtmauer eine großzügige Ausdehnung des Innenhofs verhinderte. In einer Rekonstruktion des Architekten Walter Wegener ist hingegen der gesamte Baukörper des Alten Doms zu sehen, der auch im Bildzentrum steht ³⁷⁵. ¹⁵⁶² Hier ist nur ein kleiner Teil des Atriums dargestellt und die Stadtmauer durch einen Turm und wenige Zinnen lediglich angedeutet. Wegener hatte die Zeichnung 1950 im Auftrag des Rheinischen Museums (heute Kölnisches Stadtmuseum) unter Einbeziehung von Erkenntnissen aus den Grabungen angefertigt. Es handelt sich dabei wohl um die erste zeichnerische Rekonstruktion dieser Bauphase.



□ 375
Rekonstruktionszeichnung des Alten
Doms in Köln, Walter Wegener, 1950.

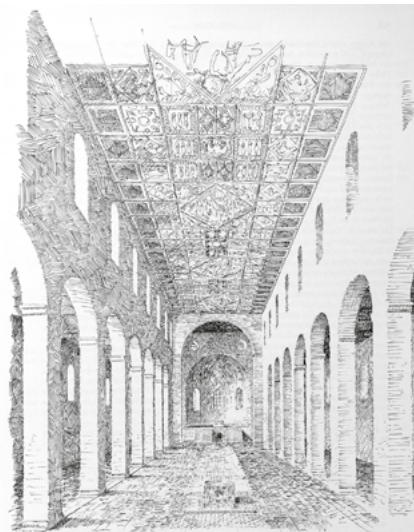
■ 1563

Vgl. Weyres 1980, S. 447, Abb. 7.

■ 1564

Vgl. Informationen zum Hillinus-Codex sind zu finden auf der Webseite der Erzbischöflichen Diözesan- und Dombibliothek Köln unter <https://digital.dombibliothek-koeln.de/hs/content/titleinfo/213994> sowie auf der Webseite des Projekts Codices Electronici Ecclesiae Coloniensis (CEEC) der Universität zu Köln unter <http://www.ceec.uni-koeln.de/ceec-cgi/kleioc>.

Auch der Innenraum des Bauwerks aus der karolingischen Bauphase Periode VIIb wurde zeichnerisch rekonstruiert 376. 1563 Trotz des skizzenhaften Charakters der Zeichnung finden sich darin einige Details wie die Ausschmückung der Decke und die Darstellung von Altären. Hierfür wurden nicht nur Grabungsbefunde, sondern auch historische Bild- und Schriftquellen herangezogen, wie das Widmungsbild aus dem um 1030 entstandenen Hillinus-Codex, der sich heute in der Erzbischöflichen Diözesan- und Dombibliothek Köln befindet 377. 1564



□ 376
Zeichnerische Rekonstruktion des
Innenraums des karolingischen Baus der
Periode VIIb, um 1965.



□ 377
Widmungsbild, Hillinus-Codex, Erzbischöfliche Diözesan- und Dombibliothek Köln, Codex 12, fol. 16v, Köln oder Reichenau, um 1030.

■ 1565

Vgl. Wolff 1980, S. 629.

■ 1566

Vgl. ebd., S. 616, S. 629, S. 631, Abb. 8a, b.

■ 1567

Vgl. Hauser 2012, S. 236.

■ 1568

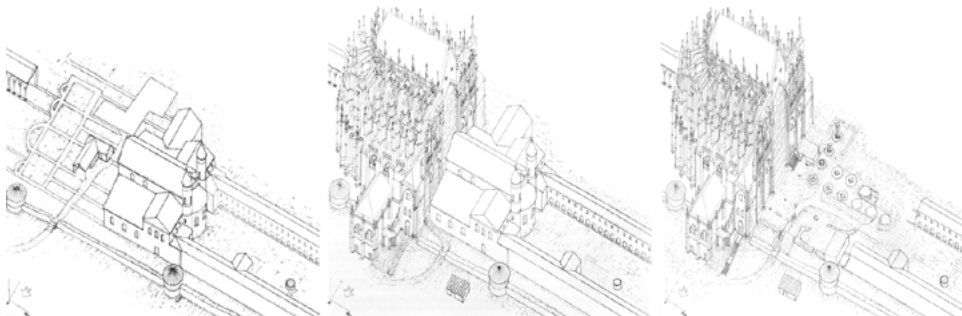
Weitere Informationen zum Alten Dom sowie zur Baugeschichte des gotischen Doms sind zu finden in: Hauser 2003, insbes. S. 55, S. 63, S. 65, S. 70 u. S. 76–77.

■ 1569

Vgl. Back/Höltken 2008, S. 22, Abb. 10, S. 54, Abb. 27, S. 97, Abb. 89. Diese Zeichnungen wurden im Rahmen des 3D-Projekts nicht als Quellen herangezogen, da darin laut Dominik Lengyel teils noch fehlerhafte Details zu finden sind. Darauf machte er die Autorin in einem Gespräch am 26. September 2016 aufmerksam.

■ 1570

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 56.



□ 378

Zeichnerischer Vorschlag für die Rekonstruktion des baulichen Zustands des Alten Doms um 1248/1251 (links), um 1319/1320 (Mitte) und nach dessen Abriss um 1331 (rechts) nach einer Grundidee von Arnold Wolff, zeichnerisch bearbeitet von Ingenieurbüro »Fitzek/Pancinik« und F. Spangenberg, 2008.

■ 1571

Gemälde, die den unvollendeten Zustand des Kölner Doms zeigen, sind beispielsweise zu finden in: Borger 1980.

■ 1572

Vgl. Wolff 1986, Farbtafel F 20, Legende F 20, S. 109; Breuer/Kier 1980, S. 111–113. Laut Judith Breuer und Hiltrud Kier wurde das Modell 1979 von H. Kuhle restauriert und farblich neu gestaltet. Vgl. Breuer/Kier 1980, S. 111.

Über der in der Bildmitte dargestellten Szene, die die Übergabe des Codex durch den Kirchenstifter Hillinus an den Patron der Kirche, den Heiligen Petrus, zeigt, ist im oberen Bildfeld eine Ansicht des Doms zu sehen. Die Darstellung des Bauwerks hat in der Forschung – insbesondere vor der Ausgrabung – Anlass zu Spekulationen über die räumliche Disposition von bestimmten Bauteilen der Kirche gegeben. **1565** Aufgrund der archäologischen Befunde konnte diese historische Darstellung neu interpretiert werden. **1566** Seither ist gesichert, dass der ergrabene Grundriss der Periode VII derjenige des Alten Doms ist, der wiederum mit der im Widmungsbild wiedergegebenen Kirche übereinstimmt. **1567** So wurde beispielsweise das im Hillinus-Codex erkennbare turmartige Gebäude, das dem südöstlichen Querhaus vorgelagert ist, archäologisch nachgewiesen und als Verlängerung des Querhausriegels in Richtung Süden gedeutet. **1568** Im Inneren konnten aufgrund von Grabungsbefunden in den Bereichen des Chors Krypten festgestellt werden, über diesen wohl stark erhöht jeweils ein Altar stand. In seiner endgültigen Form wies dieser Bau fünf Schiffe auf, wobei diese wahrscheinlich erst nach der Erstellung des Widmungsbilds errichtet worden sind.

Im Jahr 1248 wurde schließlich der Grundstein für den gotischen Dom gelegt, worauf mit dem Abriss des östlichen Teils des bestehenden Baus begonnen wurde. Zwischen 1325 und 1360 kam es bis auf den westlichen Bereich des Atriums, der bis in das 19. Jahrhundert hinein Bestand hatte, zum Abbruch der übrigen Gebäudeteile. Der Zustand zwischen der Errichtung des gotischen Chors und des Abrisses des westlichen Teils des Alten Doms wurde in zeichnerischen Rekonstruktionen nach Ideen des ehemaligen Dombaumeisters Arnold Wolff 2008 festgehalten **378**. **1569** In der Gegenüberstellung der einzelnen Bau- und Abrissphasen wird sehr deutlich, in welchem Größenverhältnis der Alte Dom zum gotischen Dom stand und welche monumentale Ausmaße die Baustelle hatte.

Die Weihe des gotischen Chors fand 1322 statt, als der für den inzwischen großen Reliquienschatz angefertigte Dreikönigsschrein überführt wurde. Die Errichtung des Neubaus erstreckte sich allerdings über mehrere Jahrhunderte, wobei die Bautätigkeit um 1520 zunächst eingestellt wurde. **1570** Der über Jahrhunderte währende Baustellenzustand ist nicht nur in Gemälden festgehalten, sondern auch in einem haptischen Modell dargestellt **379**. **1571** Es wurde um 1925 von dem damals deutschlandweit bekannten Architekturmodellbauer Hans Boffin aus Gips gearbeitet und farbig gefasst. **1572** Heute befindet es sich als Teil der Dauerausstellung im Kölnischen Stadtmuseum. Es zeigt das Bauwerk sowie die umgebenden Häuser um 1780, wobei laut Wolff

■ 1573

Vgl. Wolff 1986, Farbtafel F 20,
Legende F 20, S. 109.

die Vierung eigentlich mit einem Dach versehen war und der im Hintergrund dargestellte Bischofspalast im 18. Jahrhundert bereits nicht mehr existierte. **1573** Schließlich wurde der Dom 1842 nach historischen Plänen als mittelalterliche Architektur fortgeführt. **1574** So erfolgte erst im 19. Jahrhundert seine Vollendung. **1575**



□ 379

Farbig gefasstes Gipsmodell des Kölner Doms im Zustand um 1780, 237 × 137 cm, Kölnisches Stadtmuseum, Köln, Hans Boffin, um 1925.

■ 1574

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse
2011, S. 60.

■ 1575

Vgl. ebd.; Hauser 2003, S. 78.

■ 1576

Vgl. Ristow 2002.

Wie bereits an den nach Wolff gefertigten Rekonstruktionszeichnungen ersichtlich wird, rückte die Baugeschichte des Kölner Doms mit den archäologischen Nachuntersuchungen in den 2000er-Jahren wieder verstärkt in den Fokus der Forschung. Beispielsweise veröffentlichte der Archäologe Sebastian Ristow im Jahr 2002 ein umfassendes Buch, in dem er die Befunde und Funde für den Zeitraum vom 4. bis 9. Jahrhundert vorstellt. **1576** Auf Basis dieser Forschung erläutert er einzelne Bauphasen und leitet Überlegungen zur Rekonstruktion der Gebäude anschaulich her. Illustriert werden seine Thesen und Feststellungen unter anderem mit von dem Archäologen und Architekten Zsolt Vasáros angefertigten kolorierten Zeichnungen, die Grundrisse, Aufrisse, Ansichten und Details der Kirchenbauten in unterschiedlichen Bauphasen zeigen. So findet sich in der Publikation beispielsweise eine dezent kolorierte Ansicht des Innenraums der Kirche aus dem 6. bis 7. Jahrhundert **380**. Sie zeigt einen Schnitt durch das Bauwerk, wodurch auch die Dachkonstruktion von Haupt- und Seitenschiffen einsehbar ist. Der Betrachter kann hier eine Perspektive einnehmen, die so in Realität nicht möglich wäre.



□ 380

Visualisierung des Innenraums der zweiten Bischofskirche um das 6. bis 7. Jahrhundert: Rekonstruktionszeichnung, Zsolt Vasáros, 2002.

Ende der 2000er-Jahre erhielten die Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse den Auftrag den Kölner Dom und seine Vorgängerbauten digital zu rekonstruieren. Inwiefern die anhand der Ausgrabungen gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse in diesem 3D-Projekt eine Rolle gespielt haben, wird im Folgenden erläutert. Hierzu wird zunächst der Entstehungskontext des Projekts dargelegt, unter besonderer Berücksichtigung der konzeptionellen Herangehensweise der beiden Architekten.

Entstehungskontext des 3D-Projekts

Seinen Ursprung hat das 3D-Projekt **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** im Jahr 2009. **1577** Das Berliner Architekturbüro **Lengyel Toulouse Architekten (LTA)** wurde von der damaligen Dombaumeisterin Barbara Schock-Werner beauftragt die Baugeschichte des Doms und seiner Vorgängerbauten zu visualisieren. **1578** Diese sollte in zehn Phasen unter Einbezug des aktuellen Stands der Forschung dargestellt werden. Im Jahr 2010 wurde an der Kirche ein neuer Zugang für die Turmbesteigung eröffnet, im Zuge dessen eine filmische Präsentation installiert werden sollte. **1579** Das Ziel war ein neues Vermittlungskonzept zu entwickeln, um die Baugeschichte den Besuchern näher zu bringen. **1580** Obwohl nicht angestrebt wurde Wissen zu generieren, konnten im Verlauf der 3D-Modellierung dennoch neue Erkenntnisse gewonnen werden, worauf an späterer Stelle eingegangen wird.

Erarbeitet wurde das Konzept von der Dombaumeisterin gemeinsam mit LTA. **1581** Damit konnte die bisherige Präsentation in Form von Farbtafeln, auf denen Zeichnungen des Kölner Doms als Solitär auf weißem Grund abgebildet waren, abgelöst werden. **1582** So wurde schließlich im Mai 2010 die von Lengyel und Toulouse erarbeitete Filminstallation **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** zwischen den Westtürmen erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. **1583** Die Visualisierung erstellten die beiden Architekten, die von dem Archäologen Sebastian Ristow wissenschaftlich beraten wurden. **1584** Seitdem ist die hierfür mit einem Sprechertext auf Deutsch und Englisch unterlegte Filminstallation den Besuchern dauerhaft zugänglich und bietet ihnen eine inhaltliche Einführung zu dem historischen Gebäude. **1585** Die Besucher können über Knopfdruck den Start des etwa 13-minütigen Films auslösen, der dann auf einem fest montierten Bildschirm gezeigt wird. **1586** An einigen Stellen nimmt der Sprecher konkret Bezug auf die die Installation umgebenden Räumlichkeiten und verortet somit die genannten Informationen in anschaulicher Weise.

Die Förderung des Film-Projekts übernahmen die Hohe Domkirche zu Köln, das Römisch-Germanische Museum der Stadt Köln sowie das Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. **1587** Zu sehen war der Film im Jahr 2010 auch im Rahmen der archäologischen Landesausstellung **Fundgeschichten. Archäologie in Nordrhein-Westfalen** des Landes Nordrhein-Westfalen im Römisch-Germanischen Museum, allerdings ohne Vertonung. **1588**

Ziel der digitalen Rekonstruktion war mit Hilfe gestalterischer Mittel die archäologischen Hypothesen zu visualisieren. **1589** Für die Darstellung wurde laut Schock-Werner eine grundsätzliche Vereinbarung getroffen: »Dabei sollte bewusst jeder Oberflächenrealismus vermieden werden, der vorgaukelt, dass man genau wisse, wie jeder Stein der nicht mehr vorhandenen Bebauung ausgehen habe.« **1590** Denn wie bereits erläutert, umfasst die Baugeschichte der

■ 1577
Das Zustandekommen des Projekts erläuterte Dominik Lengyel in einem Gespräch mit der Autorin am 26. September 2016.

■ 1578
Vgl. hier auch: Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1579
Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327.

■ 1580
Vgl. ebd.; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1581
Vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 1.

■ 1582
Vgl. ebd. Darüber hinausgehende Informationen erhielt die Autorin im Gespräch mit Dominik Lengyel am 26. September 2016.

■ 1583
Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1584
Vgl. Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1585
Vgl. ebd.; Lengyel/Toulouse 2013, S. 327.

■ 1586
Die Hinweise zur Filminstallation im Kölner Dom erhielt die Autorin in einem Gespräch mit Dominik Lengyel am 26. September 2016.

■ 1587
Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327.

■ 1588

Vgl. ebd.; Schock-Werner 2010, S. 42. Für Informationen zur Landesausstellung vgl. Archiv der Ausstellungen im Römisch-Germanischen Museum Köln auf dessen Webseite: <http://www.roemisch-germanisches-museum.de/Archiv>.

■ 1589

Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 328.

■ 1590

Schock-Werner 2010, S. 42–43.

■ 1591

Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327–328.

■ 1592

Informationen zur Hard- und Software, die im Projekt verwendet wurden, entstammen einem Gespräch mit Dominik Lengyel am 26. September 2016.

■ 1593

Bei den Mitarbeitern handelte es sich um S. Jahnke, C. Krause, R. Patz, O. Schäfer, P. Trabs und R. Wohlfeil. Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 79.

■ 1594

Informationen zur Erstellung der Visualisierungen sind zu finden in: Lengyel/Toulouse 2013, S. 329 u. S. 333–334; Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 2 bis 4.

■ 1595

Inwiefern das Projekt einen aktiven Beitrag zur Erforschung des Kölner Doms liefern konnte, erläutert Dominik Lengyel im Interview: vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 7.

■ 1596

Auf die Abbildung im Hillinus-Codex wird im vorliegenden Kapitel unter dem Abschnitt zur Detailgenauigkeit der digitalen Visualisierung eingegangen.

Vorgängerbauten des Kölner Doms viele verschiedene Phasen, die unterschiedlich gut dokumentiert sind. **1591**

Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Die Erstellung der 3D-Modelle wurde von LTA mittels PCs mit 64 GB-Speicher realisiert. **1592** Die Modellierung erfolgte mit der Freiform-Modellierungssoftware Rhinoceros und der Rendering-Software Maxwell in Zusammenarbeit von Lengyel und Toulouse sowie mehrerer ihrer Mitarbeiter. **1593** Als Grundlage für die digitalen Visualisierungen dienten vor allem zwei Komponenten: Ergebnisse der langjährigen archäologischen Forschung am Kölner Dom sowie Vergleichsbauten aus den jeweils entsprechenden Zeiträumen. **1594** So wurden die vorliegenden archäologischen Befunde, deren Beschreibungen und daraus resultierende, schriftlich verfasste Hypothesen zur Rekonstruktion herangezogen. Zudem konsultierten sie vorhandene historische Text- und Bildquellen, um sich ihr eigenes Bild zu machen, da die Fragen, die Archäologen an das Material stellen, mit denen von Architekten nicht immer übereinstimmen, wie die beiden feststellten. Auf dieser Basis wurde ein Befundmodell erstellt. Sofern die Architekten bei Fehlstellen Ergänzungen vornahmen, wurden diese anschließend diskutiert. Daraufhin konnten räumliche Entwürfe für diese Fehlstellen vorgestellt werden, die von Schock-Werner und Ristow begutachtet sowie hinsichtlich Widerspruchsfreiheit geprüft wurden.

Im Projektverlauf konnten durch die computertechnische Visualisierung auch neue Erkenntnisse gewonnen werden, wie Dominik Lengyel im Interview erläuterte. **1595** Dies betraf beispielsweise die Gestaltung des Taufbeckens, das bislang in Rekonstruktionen als über einen Meter über den Boden herausragend dargestellt wurde. Diese Annahme stellten die Architekten im Rahmen der Erstellung des 3D-Modells in Frage und legten eine realistischer erscheinende Hypothese vor. Demnach könnte das Becken auch als in den Boden versunken angenommen werden, mit einem Rand, der nur mehr die Höhe einer Stufe umfasst. Diese Darstellung findet sich seitdem auch in anderen wissenschaftlichen Visualisierungen, wie Lengyel im Interview erklärte.

In der Forschung herrschte zudem bisher Uneinigkeit darüber, ob es sich bei dem Gebäude, das zwischen dem 5. bis 6. Jahrhundert und dem 7. bis 8. Jahrhundert errichtet wurde, um einen Neubau oder Anbau handelt. In dieser Frage konnte das 3D-Modell die Theorie für einen Anbau stärken. Denn anhand der digitalen Visualisierung konnte die Schichtung des Fußbodens mit Befunden aus der Zeit der Merowinger und der Römer rekonstruiert werden, der demnach im 7. bis 8. Jahrhundert abgestuft angelegt gewesen sein muss.

Auch bezüglich der Darstellung des Alten Doms im Hillinus-Codex war die Forschung bislang gespaltener Meinung hinsichtlich der Türme über der Firstlinie **377**. **1596** So konnte mit der Visualisierung im 3D-Modell gezeigt werden, dass es sich dabei um Aufbauten der Stadtmauer handelt und nicht um Vierungstürme.

Die gesamte Arbeit am digitalen Modell konnte nach erneuter Diskussion und Abstimmung mit der gemeinsam vorgenommenen Auswahl an Visualisierungen abgeschlossen werden, wobei der Dombauverwaltung die Abnahme der Gesamtgestaltung oblag.

Den beiden Architekten ging es bei den entstandenen Visualisierungen darum, die Ideen, die den Kirchen zugrunde gelegen haben könnten, wiederzu-

■ 1597

Lengyel/Toulouse 2011 (Die Darstellung), S. 69.

■ 1598

Lengyel/Toulouse 2013, S. 333–334.

■ 1599

Vgl. [Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 6](#).

■ 1600

Vgl. ebd.

■ 1601

Für die Informationen zum Konzept von Lengyel und Toulouse zur Darstellung von Architektur in digitalen Visualisierungen vgl.: Lengyel/Toulouse 2011 (Die Darstellung), S. 69–71.

geben: »Sie zeigen nicht die rekonstruierten Kirchen selbst, sondern die Vorstellung der neuen Kirchen in der Stadt: den Entwurfsgedanken im städtischen Kontext.« [1597](#) Dieser inhaltliche Anspruch an die mit den 3D-Modellen erzeugten Ansichten äußert sich auch in deren Bildsprache, die Lengyel und Toulouse entwickelt haben und die sich auf folgendem Anliegen gründet:

»Unsere Fragestellung lautete von Beginn an, wie es gelingen kann, geometrisch reduzierte Modelle so darzustellen, dass die Reduktion nicht versteckt wird, sondern im Gegenteil zum zentralen Ausdruck der Darstellung wird und dabei – trotz der reduzierten Geometrie – eine aussagekräftige Atmosphäre erzeugt.« [1598](#)

In Bezug auf bereits existierende 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur im Allgemeinen und von Kathedralen im Speziellen sahen sie sich dazu veranlasst, Visualisierungen zu realisieren, die Architekturmodelle zum Vorbild nehmen und bestimmten Ansprüchen im Hinblick auf die Gestaltung entsprechen. [1599](#) Denn ihrer Ansicht nach orientieren sich viele Projekte an großen Filmproduktionen, wobei sie aus vielerlei Gründen (Geld, Technik, Kompetenz im Bereich der Gestaltung) mit diesem Ansinnen scheitern und letztendlich 3D-Modelle entstehen, die unter den eigentlichen technischen Möglichkeiten bleiben. [1600](#) Dem setzen die beiden Architekten ein eigenes Konzept entgegen, das sich in ihrer Arbeit zum Kölner Dom folgendermaßen darbietet:

In den Visualisierungen sind alle Gegenstände in Grautönen ohne jegliche Texturen dargestellt. Die Bauten, die die Kirchen umgeben, werden zudem nur schematisch wiedergegeben. [1601](#) Dies beruht auch auf der Tatsache, dass zu bestimmten Zeiträumen kaum ausreichend Quellen vorhanden sind, die eine detaillierte Darstellung ermöglichen würden. Somit liegt die Betonung nicht auf einzelnen Bauten, sondern auf der Visualisierung eines hypothetischen städtischen Gefüges. In diesem Sinne kommt der Darstellung der bebauten Umgebung um die rekonstruierten Kirchen herum eine wichtige Bedeutung zu. Sie verorten sie im Raum und verleihen ihnen somit einen baulichen Kontext, der schließlich zu jeder Bauphase existiert hat, wenn auch in unterschiedlicher Form. Dominik Lengyel betont, dass es sich bei der hier entstandenen Arbeit nicht um Rekonstruktionen von Architektur im üblichen Sinne handelt:

»Die Besonderheit im Vergleich zu früheren Rekonstruktionen ist, dass es sich bei unserer Visualisierung nicht um Rekonstruktion von Architektur, sondern um eine Visualisierung von Hypothesen handelt. Ausdrücklich erheben weder wir noch die Dombauverwaltung den Anspruch, Architektur rekonstruiert zu haben. Stattdessen hat die Dombauverwaltung das aktuelle Fachwissen zusammen gestellt und daraus Hypothesen zur Vervollständigung formuliert, wäh-

rend LTA daraus Bilder erstellt hat, die über den Umweg eines virtuellen 3D-Modells diese Hypothesen bildlich verdeutlichen.« **1602**

■ 1602

Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 5.

■ 1603

Lengyel/Toulouse 2011 (Die Darstellung), S. 69.

■ 1604

Ebd., S. 70.

■ 1605

Vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 8.

■ 1606

Über die Erarbeitung des Drehbuchs und die Umsetzung der Bildberechnung informierte Dominik Lengyel die Autorin in einer E-Mail vom 30. Juli 2017.

■ 1607

Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1608

Die Informationen zu den entfallenen Sequenzen erläuterte Dominik Lengyel in einem Gespräch am 26. September 2016. Vgl. auch Webseite zum Kölner Dom: <http://www.koelner-dom.de/index.php?id=19261>.

■ 1609

Für Informationen zur Landesausstellung vgl. Archiv der Ausstellungen im Römisch-Germanischen Museum Köln auf dessen Webseite: <http://www.roemisch-germanisches-museum.de/Archiv>; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1610

Die beiden anderen Versionen des Films sind nicht online zugänglich.

Die computergenerierten Bilder der Kirchen erheben anhand der auf Reduktion abzielenden Darstellungsweise keinen Anspruch auf Abbildung von Realität. Die beiden Architekten vertreten die Meinung, dass erst im Kopf des Betrachters die in den Visualisierungen gezeigten, teils relativ abstrakten Darstellungen zu Architektur werden. Demnach ist die Interpretation des Betrachters wichtiger Bestandteil ihrer Arbeit.

Die beiden Architekten reflektieren ganz bewusst ihre Herangehensweise und unterscheiden zudem explizit zwischen der **Erstellung** und der **Darstellung** einer digitalen Rekonstruktion von Architektur. Bei der eigentlichen Rekonstruktion geht es laut Lengyel und Toulouse um den Entwurf einer »im architekturgeschichtlichen Sinne glaubhaft[en]« **1603** Architektur. Aufgabe von deren **Darstellung** ist die Vermittlung ihrer Inhalte. Dementsprechend legen sie großen Wert auf die Darstellungsweise der von ihnen realisierten Bilder von Architektur. Hierbei greifen sie auf Prinzipien unterschiedlicher Methoden zurück: Beispielsweise liefert die in der Archäologie klassischerweise angefertigte Handzeichnung Möglichkeiten, zeichnerische Andeutungen zu machen oder fehlende Informationen schlicht nicht zu zeigen. Aus der Architekturfotografie übernehmen sie das Prinzip der Augenhöhe sowie die Wiedergabe senkrechter Kanten. Da für sie insbesondere diese fotografischen Prinzipien im Hinblick auf ihre Arbeit essentiell sind, bezeichnen sie ihre Darstellungsmethode als »Virtuelle Fotografie« **1604**. So steht in ihren Arbeiten das Bild im Vordergrund, nicht das Modell, das nur eine Art Grundgerüst für das Bild liefert. **1605**

Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Virtueller Rundgang

Das Drehbuch des Films **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** entwickelte das LTA gemeinsam mit Schock-Werner und Ristow. **1606** Die zugrundeliegende Bildberechnung nahm das Architekturbüro mit der Software **Maxwell** vor. Der Film existiert in drei verschiedenen Versionen: Seit seiner Fertigstellung im Jahr 2010 ist er als 13-minütige Fassung mit deutschem beziehungsweise englischem Sprechertext im Ausstellungsbereich des Kölner Doms in einer permanenten Installation zu sehen. **1607** Für die Präsentation im Internet wurde eine um drei Minuten gekürzte Version mit deutschem Sprechertext erstellt. **1608** Bei den entfallenen Szenen handelt es sich um Passagen, in denen direkt auf den Ort der Installation, die Turmfundamente, Bezug genommen wird. Der in der Landesausstellung **Fundgeschichten. Archäologie in Nordrhein-Westfalen 2010/2011** präsentierte Film hat keine Tonspur, entspricht aber ansonsten der online verfügbaren Fassung. **1609**

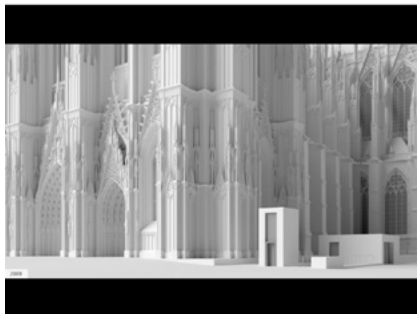
Im Folgenden wird die Internet-Version des Films analysiert, denn diese weist eine Tonspur auf, ist öffentlich leicht zugänglich und kann von Wissenschaftlern entsprechend unkompliziert herangezogen werden. **1610** Der insgesamt 9:58 Minuten dauernde Film kann grob – mit gerundeten Zeitangaben – in sieben Abschnitte unterteilt werden: Einführung mit Übersicht über die Baupha-

sen (30 Sekunden), Bauphasen bis 1025 (5 Minuten), Rückblick auf die Bauphasen bis 1025 (50 Sekunden), Bauphasen von Grundsteinlegung des gotischen Doms bis zum Zustand 1942 (1 Minute), Rückblick auf die mittelalterlichen Bauphasen (40 Sekunden), Zustand 1880–1942 und 2009 (40 Sekunden), Abspann (1 Minute). So wechseln sich jeweils Sequenzen, die einen Rückblick über bestimmte Zeiträume geben, mit Abschnitten ausführlicherer Information zu einzelnen Bauphasen ab.

Eine Besonderheit des Films besteht darin, dass hier Standbilder aneinander gereiht und somit keine virtuellen Flüge wiedergeben sind. Kamerafahrten, Schwenks sowie das Hinein- oder Hinauszoomen aus den Bildern finden hier keinen Einsatz als gestalterische und filmische Mittel. Jedoch werden die aufeinanderfolgenden Einzelbilder durch Überblendungen anstatt mit harten Schnitten miteinander verbunden. Dieses Verfahren ermöglicht in ausgewählten Sequenzen, die beispielsweise eine Zusammenfassung der architektonischen Entwicklung des Doms und seiner Vorgängerbauten über einen bestimmten Zeitraum zeigen, einen dynamischen Charakter. So entsteht der Eindruck, aus einem Bau erwachse der nächste. Dazu ist ein fester Standpunkt des Betrachters ausgewählt, der für alle darauffolgenden Einzelbilder identisch bleibt. Wenn nun Einzelbilder, die jeweils einen anderen Bauzustand zeigen, in einer Abfolge überblendet werden und sämtliche Parameter im Bild zur räumlichen Orientierung gleich bleiben (zum Beispiel der Turm der Stadtmauer) wird die bauliche Entwicklung der Kirche deutlich. Am linken unteren Bildrand werden jeweils in kleinformatiger schwarzer Schrift Jahreszahlen beziehungsweise entsprechende Zeiträume eingeblendet sowie teils Zusatzinformationen zu Besonderheiten der Architektur. Sonstige Verweise auf bestimmte Elemente im Bild erfolgen nur in mündlicher Weise. Gestalterische Markierungen wie Pfeile oder Kringel zur Verdeutlichung werden nicht verwendet.

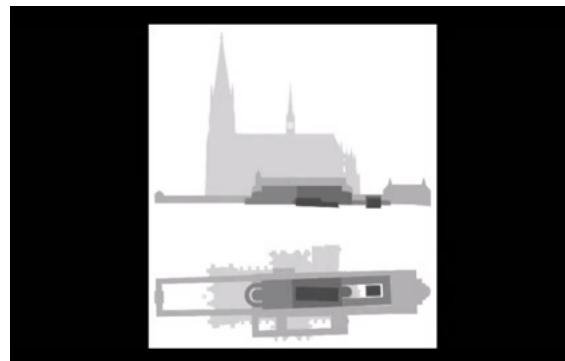
Die rekonstruierten Bauten werden fast ausschließlich von außen visualisiert, lediglich zu drei Bauphasen der Kirche, Ende 6. Jahrhundert, um 800 sowie 1025, sind auch Innenansichten zu sehen. Einen visuellen Rahmen bildet das Anfangsbild des Films mit der Schlusssequenz ^[381]. Gezeigt wird jeweils in hellen Grautönen auf dunkelgrauem Grund die digitale Rekonstruktion des Doms in seiner Form vor der Zerstörung 1942 mit Ausnahme des letzten Bildes. Das erste zeigt im Hochformat die Frontalansicht der Westfassade. Als einzige Sequenz wird sie von Glockengeläut untermalt. Das Ende des Films bildet eine Abfolge von fünf Bildern, die Ansichten der vollendeten Kirche aus verschiedenen Himmelsrichtungen wiedergeben. Die letzte zeigt in einer Nahansicht der Südwestseite den 2009 entstandenen neuen Zugang zu den Turmunterbauten und der Ausgrabungsstätte.

Wie zu Anfang erläutert, strukturiert eine Abfolge von Sequenzen mit unterschiedlich aufbereitetem Inhalt den Film. Die erste Überblicksdarstellung zeigt in einem Bild die komplette bauliche Entwicklung des Doms und seiner Vorgängerbauten. Dies erfolgt anhand von Überlagerungen von sowohl Schnitten durch das Gebäude sämtlicher Bauphasen, die in differenzierten Grautönen im oberen Bildfeld zu sehen sind, als auch von Grundrissen der einzelnen Bauten im unteren Bildfeld ^[382]. Diese Zusammenstellung schafft einen visuellen Überblick über die im Film darauffolgenden detaillierteren Erläuterungen zur gesamten Baugeschichte.



□ 381

Titelbild mit digitaler Visualisierung des vollendeten Kölner Doms (oben) und Schlusssequenz mit Ansichten vor der Zerstörung (Mitte) und mit Zustand 2009 (unten), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 0:06 und Min. 8:27 – 8:45, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 382

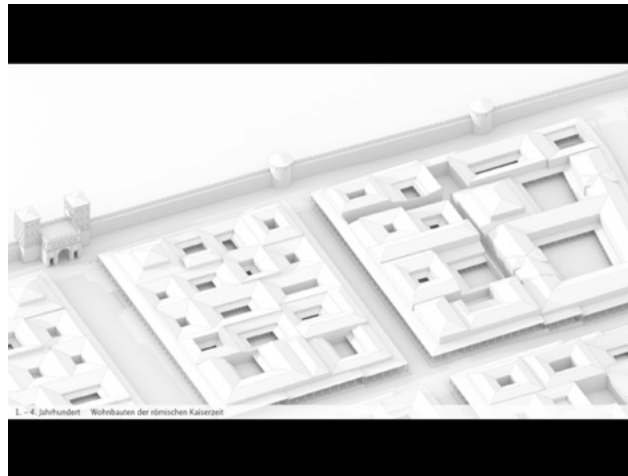
Schematische Darstellung der Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten in Form von Schnitten und Grundrissen, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 0:11, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

In der daran anschließenden, längsten Sequenz des Films werden die Bauphasen von der Antike bis zum Jahr 1025 näher erklärt. Laut Lengyel handelte es sich dabei um keine der Dramaturgie des Films geschuldete Gewichtung, sondern resultiert aus der Tatsache, dass die hier gezeigte Zeitspanne

■ 1611

Darauf wies Dominik Lengyel in einer E-Mail vom 30.07.2017 hin.

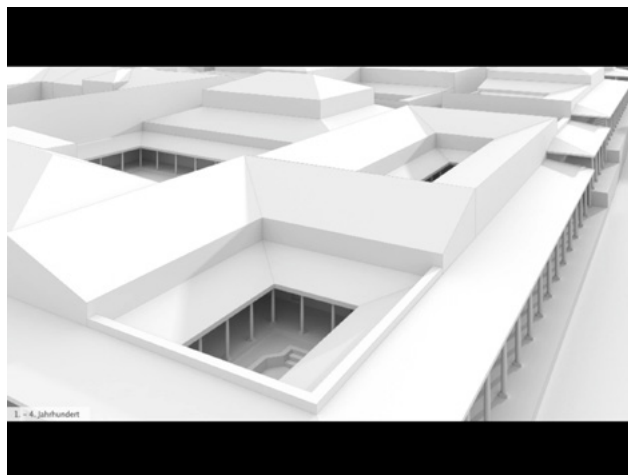
eine Vielzahl an Bauphasen aufweist. ¹⁶¹¹ Den Beginn dieses langen Abschnitts bildet eine Ansicht des römischen Kölns des 1. bis 4. Jahrhunderts n. Chr. aus der Vogelperspektive ³⁸³. Die damalige Bebauung prägen Häuser mit Atrium, die in großen Blöcken zusammengefasst waren. Diese Anordnung wird insofern schematisch dargestellt, als die einzelnen Bauten nur aus ihren Grundelementen Dach, Säulen und Atrium bestehen, die sie als solche erkennbar machen. Spezifizierungen wie Ziegel, Mauerwerk, Bepflanzung, Fenster- oder Türöffnungen fehlen allesamt. Trotz dieser detaillosen Darstellung, erweckt die durchaus abwechslungsreiche Visualisierung der Häuser (quadratischer oder rechteckiger Grundriss, kleineres oder größeres Gebäude, niedrigeres oder höheres Dach) den Eindruck es handle sich dennoch um mehr oder weniger individuelle Bauten.



□ 383

Digitale Visualisierung des römischen Kölns im 1. bis 4. Jahrhundert, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 0:46, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Die darauffolgende Nahansicht zeigt ein bestimmtes Haus im Osten der Stadt, an dessen Standort später eine Taufkapelle stand und in dessen Atrium sich ein noch heute nachweisbares Wasserbecken befindet ³⁸⁴. Nur ein kleiner Teil dieses Objekts ist in der Ansicht zu erkennen.

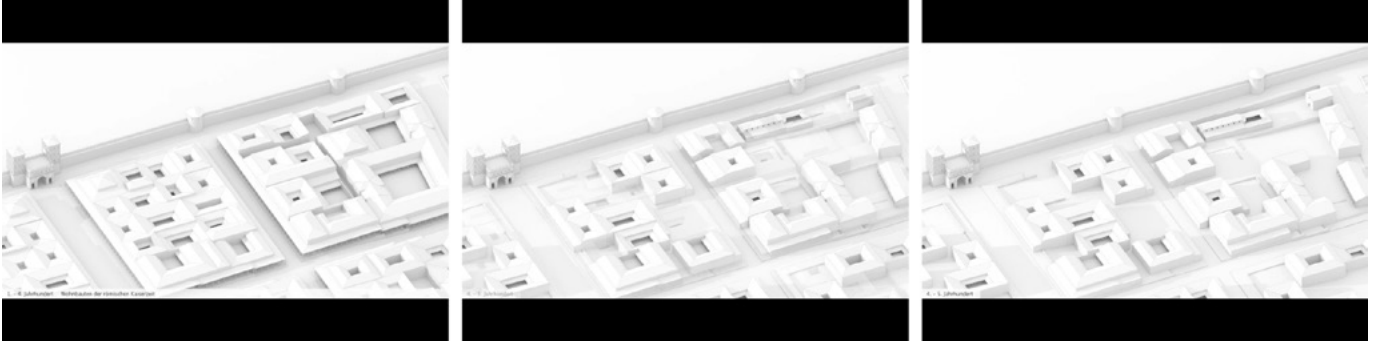


□ 384

Digitale Visualisierung eines römischen Hauses mit Atrium und archäologisch nachweisbarem Wasserbecken an dem späteren Standort der Taufkapelle des Kölner Doms, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 1:00, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

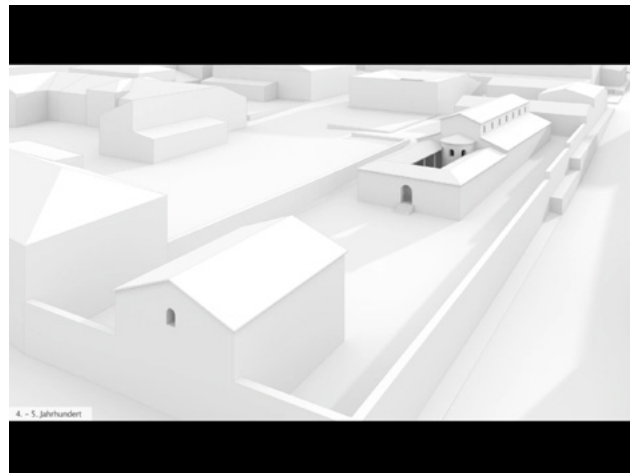
Die wechselvolle Geschichte der Stadt Mitte des 4. Jahrhunderts erhält im Film ihre visuelle, dynamische Entsprechung und wird – wie zu Beginn der Sequenz – anhand einer Ansicht aus der Vogelperspektive erläutert. Die im Jahr 355, im Zuge der Eroberung durch die Franken, erfolgte Zerstörung einiger Gebäude der Stadt sowie die bereits ein Jahr später erreichte Rück-

eroberung Kölns durch die Römer und die damit verbundene Errichtung neuer Bauten wurden folgendermaßen visualisiert: Anhand einer raschen Abfolge von Einzelbildern, die jeweils die gleiche Perspektive wiedergeben, verschwinden einzelne Bauwerke und hinterlassen Lücken im Stadtraum [385]. Im östlichen Teil, nahe der Stadtmauer tauchen sodann neue Gebäude auf. Dort entsteht etwa im 5. Jahrhundert ein größeres Gebäude im Bereich des heutigen Doms, das mittels Fenster- und Türöffnungen sowie Treppenstufen vor dem Zugang zum Atrium mit Säulenumgang detailreicher dargestellt wird als die umgebende Architektur [386].



□ 385

Digitale Visualisierung der baulichen Entwicklung der Stadt im 1. bis 4. Jahrhundert, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 1:12 – 1:22, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 386

Digitale Visualisierung der angenommenen, ersten Kirche am Standort des späteren Kölner Doms, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 1:44, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

In der Wiedergabe der einzelnen Bauten findet somit eine visuell sichtbare Abstufung zwischen hypothetischem Bau (mit Details versehene Kirche) und Staffage-Architektur (schematisch angelegte Nachbargebäude) statt. Dieses Bild legt nahe, dass für die Darstellung der Kirche im Vergleich zu den umgebenden Häusern mehr Befunde vorlagen. Allein der Sprecher weist auf die dennoch relativ unsichere Quellenlage zum Gotteshaus hin.

Nach abwechselnden Ansichten zur weiteren Entwicklung der Stadtstruktur und dem ersten Kirchenbau folgt ein Bild, das auf Basis der ältesten vorliegenden archäologischen Befunde zur zweiten Hälfte des 6. Jahrhunderts erstellt wurde. Es zeigt die Kirche sowie das östlich davon gelegene Baptisterium aus der Vogelperspektive von Nordosten. Nach einer Überblendung folgt erstmals

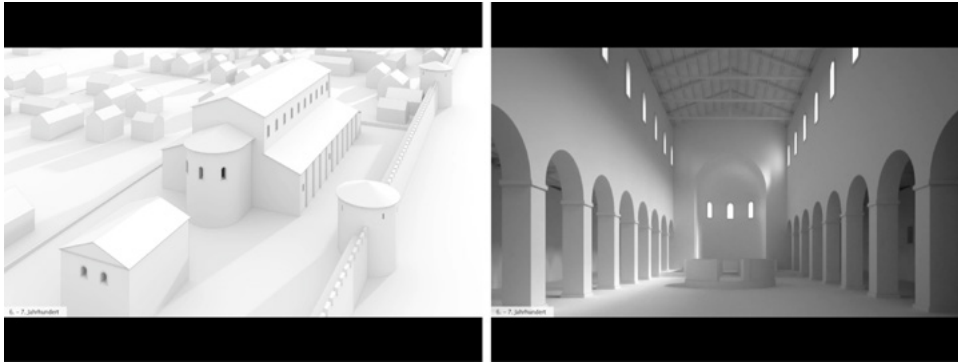
■ 1612

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 18.

■ 1613

Zur Quellenlage zum Architrav und der alternativen architektonischen Lösung vgl. ebd.

eine Innenansicht ³⁸⁷. Aus der Perspektive eines Besuchers, der sich in der Mitte des Hauptschiffs befindet, ist in einem Standbild der Blick in den Ostchor zu sehen. Mittig erhebt sich eine Kanzelanlage in sogenannter Schlüssellochform, deren Unterbau laut Sprecher bei Ausgrabungen gefunden wurde. Im Gegensatz zu diesem gesicherten Befund unterliegen sämtlichen anderen Details dieser Visualisierung nur Vermutungen, worauf die Erläuterungen in der zugehörigen Buchpublikation hinweisen. ¹⁶¹² So ist der Innenraum bis auf dieses Element relativ schlicht wiedergegeben mit planen Oberflächen ohne etwa angedeutete Bodenfliesen oder Wandbemalung. Über dem Hauptschiff erhebt sich ein relativ flaches Giebeldach, das von Längs- und Querbalken getragen wird. Knapp darunter befinden sich Öffnungen für Bogenfenster. Durch diejenigen an der rechten Wand, also der Südseite der Kirche, fällt Licht ins Innere. Im Osten schließt sich ein halbrunder Chorraum mit drei Rundbogenfenstern an. Seine Tiefe kann aus dieser Perspektive kaum eingeschätzt werden. Mit Rundbögen verbundene Pfeiler, die mit schmalen Kämpfern versehen sind und eine quadratisch anmutende Grundform aufweisen, trennen die drei Schiffe voneinander. Die Ausstattung der Seitenschiffe ist durch die enge Pfeilerstellung kaum zu erkennen. Lediglich Balken unter ihren flachen Decken sind zu sehen sowie an der rechten Wand ein kleines dunkles Rechteck, das eine Nische andeuten könnte.



□ 387

Digitale Visualisierung der ersten Kirche mit östlich davon gelegenen Baptisterium am Standort des späteren Kölner Doms sowie einer Innenansicht, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:19 – 2:29, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

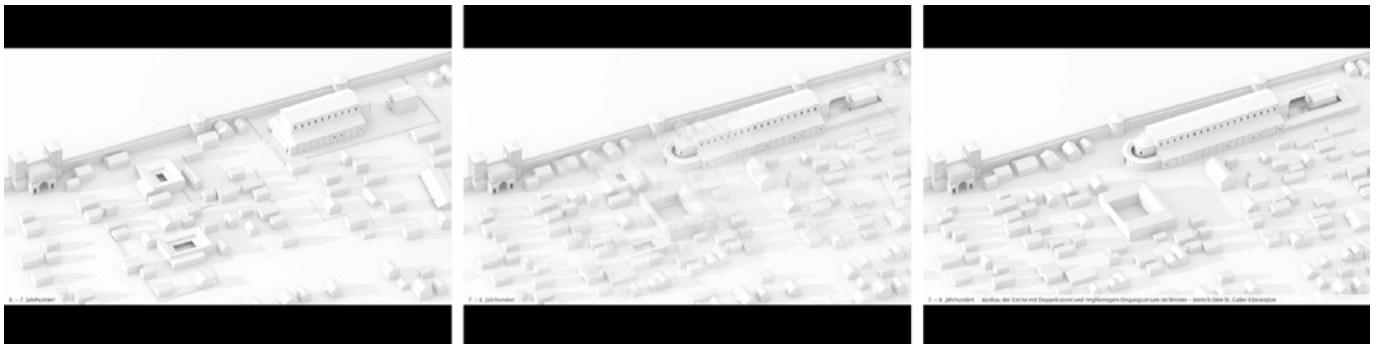
Auf diese Ansicht folgt nach einer Überblendung ein Bild, das einen Einblick in das Baptisterium gewährt ³⁸⁸. In dessen Zentrum befindet sich das in den Boden eingelassene achteckige Taufbecken, das von ebenso vielen Säulen umrahmt wird. Auf ihnen liegt ein schlichter Architrav, dessen Existenz allerdings nicht gesichert ist. ¹⁶¹³ An seiner statt könnte auch eine Kuppel errichtet worden sein, wie die zugehörige Buchpublikation erläutert, nicht aber der Sprecher im Film. Sowohl die Kapitelle als auch die Basen der Säulen sind nur schematisch angedeutet und keinem spezifischen Stil zuzuordnen. Hingegen sind die Pilaster des Rundbogentors, das den Blick in das Baptisterium einrahmt, mit Kanneluren und abgetreppter Basis relativ detailreich wiedergegeben. Eine nicht im Bild befindliche Lichtquelle beleuchtet von links den Raum. Der hinter dem Taufbecken liegende Raum, der ebenfalls durch ein Rundbogentor abgeteilt wird, scheint keine Beleuchtung zu besitzen, er ist komplett verschattet.



□ 388

Digitale Visualisierung des Baptisteriums der ersten Kirche am Standort des Kölner Doms, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:48, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Nun ist wieder eine Ansicht aus der Vogelperspektive auf den nordöstlichen Teil der Stadt zu sehen, die deren Zustand um das 6. bis 7. Jahrhundert zeigt. Bis um 800 wird die Kirche mehrfach umgebaut, wie der Sprecher erwähnt. Visuell dargestellt werden deren architektonische Entwicklung sowie die Veränderung der Stadtstruktur anhand einer Überblendung auf ein Bild mit dem letzten Zustand dieser Phase [389](#).



□ 389

Bildabfolge zur Darstellung der Bauphasen der ersten Bischofskirche in Köln vom 6. bis 7. Jahrhundert bis um etwa 800, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 3:08 – 3:12, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

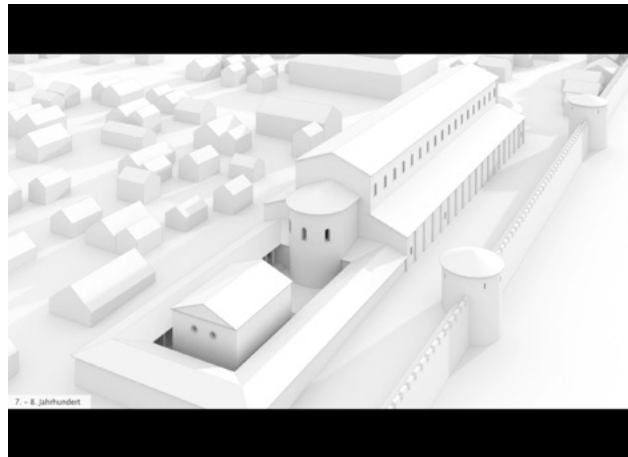
Daraufhin wechselt der Standpunkt der virtuellen Kamera, sodass die Kirche nun aus Richtung Nordosten im Bild ist [390](#). Währenddessen weist der Sprecher daraufhin, dass nun die letzte Bauphase des Baptisteriums zu sehen ist, an dessen Stelle im 9. Jahrhundert ein Friedhof angelegt wird, der noch heute existiert. Diese Information wird ohne entsprechende Visualisierung nur in verbaler Form weitergegeben.

Im Anschluss daran folgt eine Ansicht, die sich gestalterisch von den bisherigen abhebt. Denn hier ist der Gebäudekomplex der Kirche um das 7. bis 8. Jahrhundert in Form einer Axonometrie dargestellt [391](#). Nur die nördlichen und östlichen Außenmauern der Kirche sind plastisch modelliert, die übrigen Wände werden durch dünne schwarze Umrisslinien angedeutet und ergänzen somit den Baukörper zu einem Volumen. Viele Details im Boden wurden dreidi-

■ 1614

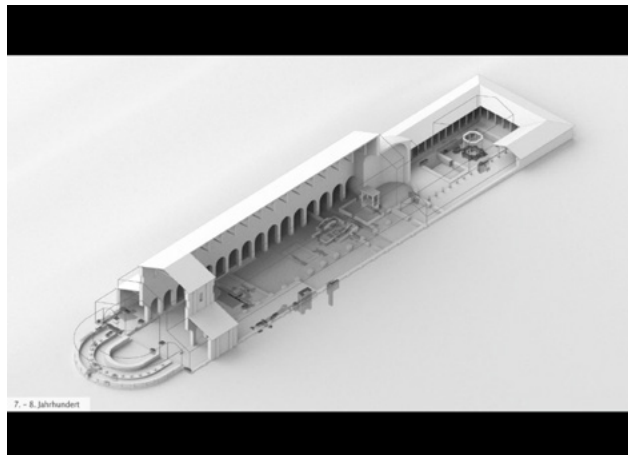
Darauf machte Dominik Lengyel die Autorin in einer E-Mail vom 30.07.2017 aufmerksam.

mensional visualisiert und in unterschiedlichen Grautönen gefärbt: Sie bilden archäologische Funde von unter anderem Mauerresten, Fundamenten, Böden und dem Taufbecken ab. Auf diese Weise ist ein Blick in das Innere des Bauwerks und die ihm zugrundeliegenden Schichten historischer Bausubstanz möglich. Der Sprecher erläutert hierzu zwei Möglichkeiten der architektonischen Ausformung der Kirche, die aufgrund der archäologischen Befunde in Betracht kommen. Visualisiert ist nur eine davon: die erste karolingische Bauphase des 7. bis 8. Jahrhunderts als Erweiterung des Baus aus dem 6. bis 7. Jahrhundert. Die zweite Möglichkeit – die Errichtung eines eigenständigen Kirchenbaus – wurde nicht dargestellt, da dies zum Zeitpunkt der computertechnischen Modellierung als weit unwahrscheinlicher eingestuft wurde. **1614** Darauf weist der Sprecher jedoch nicht hin.



□ 390

Digitale Visualisierung der ersten Bischofskirche in Köln um das 7. bis 8. Jahrhundert, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 3:17, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 391

Digitale Visualisierung der ersten Bischofskirche in Köln in Form einer Axonometrie mit hypothetischer Darstellung der ersten karolingischen Bauphase im 7. bis 8. Jahrhundert als Erweiterung des Baus aus dem 6. bis 7. Jahrhundert, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 3:27, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

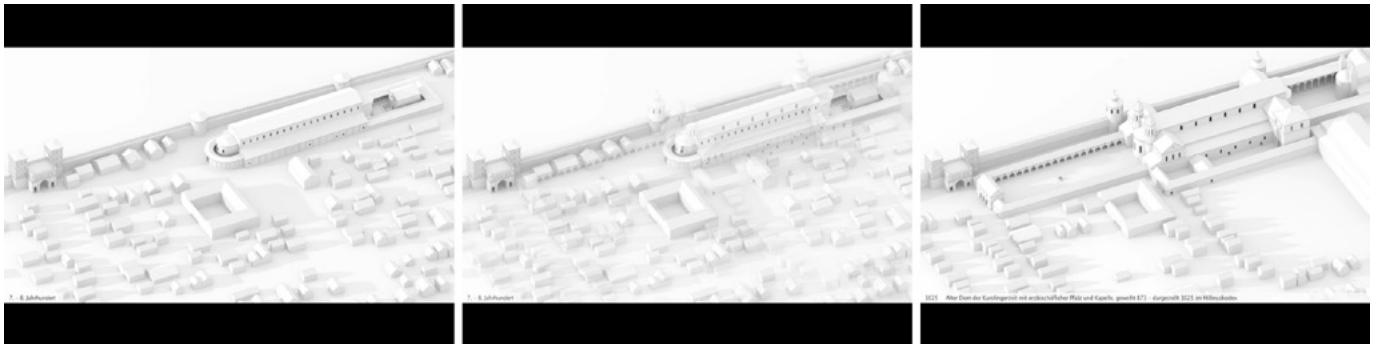
Hierauf folgt eine Innenansicht der Kirche des 7. bis 8. Jahrhunderts mit Blick Richtung Osten **392**. Die Einbauten, die der Sprecher kurz beschreibt – Grabstätte, zwei Kanzeln und ein erhöhter Fußboden im Ostteil – liegen teils verschattet im Bildhintergrund, sodass sie eher zu erahnen, als genau zu erkennen sind. Dies entspricht jedoch genau der Darstellungsmethode von Lengyel und Toulouse, eine visuelle Unschärfe einzubringen, wenn die exakten Details nicht bekannt sind.



□ 392

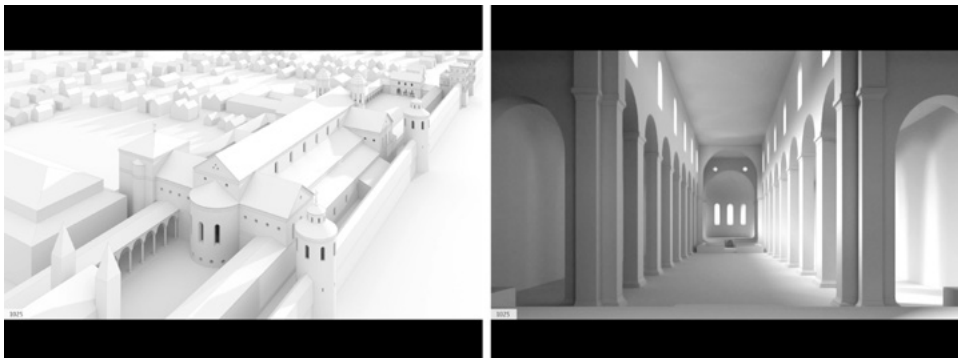
Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:00, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Daran schließt sich abermals eine Sequenz von zwei ineinander überblendeten Ansichten an, die die bauliche Entwicklung der Kirche zeigen ^[393]. So wird die architektonische Veränderung zwischen der ersten und zweiten Bischofskirche anschaulich vor Augen geführt. Die eingeblendete Information zum letzten Bild weist daraufhin, dass der wiedergegebene Bauzustand im Hillinus-Codex dargestellt ist. Nachdem eine weitere Ansicht des Alten Doms zu sehen ist, die ihn allerdings aus Richtung Nordosten abbildet, folgt ein Bild, das dessen Innenraum wiedergibt ^[394]. Der Bildaufbau gleicht dabei denjenigen Ansichten, die zuvor von der ersten Bischofskirche gezeigt wurden ^[390] ^[392]. So ist es für den Betrachter möglich einen visuellen Vergleich der baulichen Entwicklungsstufen zu ziehen.



□ 393

Überblendung zweier Ansichten mit unterschiedlichen Bauphasen: erste Bischofskirche Zustand 7. bis 8. Jahrhundert (links) und zweite Bischofskirche um 1025 (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:05 – 4:32, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 394

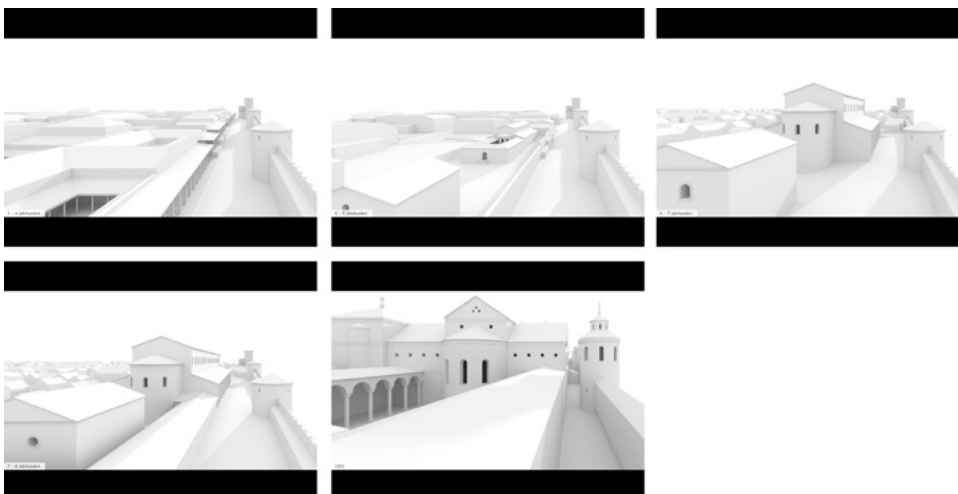
Digitale Visualisierung des Alten Doms um 1025 mit Ansicht aus Nordost und Blick in den Innenraum in Richtung Osten, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:46 – 5:00, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Mit dem Einblenden des nächsten Bildes erfolgt eine gestalterische Zäsur des Films, die zugleich dessen Mitte markiert. Es handelt sich dabei um das in Farbe gezeigte Widmungsbild aus dem Hillinus-Codex, das laut Sprecher die Rekonstruktion des Alten Doms ermöglicht. Sogleich ist eine Ansicht der digitalen Visualisierung des Bauwerks zu sehen, die die Ähnlichkeit der historischen Vorlage deutlich werden lässt ^[395]. Auf diese Gegenüberstellung wird in einem späteren Abschnitt zur Detailgenauigkeit der Darstellung genauer eingegangen. Hiermit endet die längste Sequenz des Films, die die Bauphasen bis 1025 umfasst.

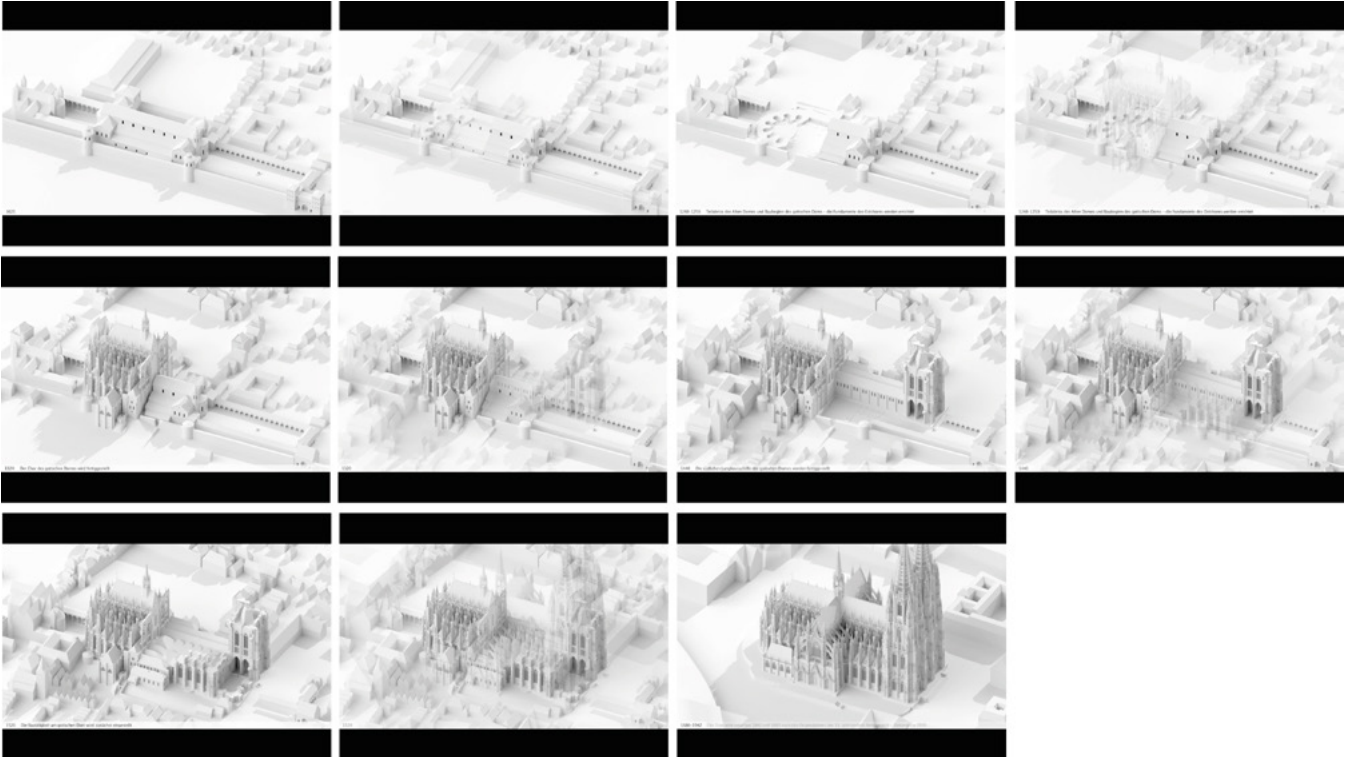


□ 395
Darstellung des Alten Doms im Hillinus-Codex (links) und in der digitalen Visualisierung (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 5:15 – 5:30, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Es folgt ein Rückblick auf die vorangegangenen Bauphasen anhand einer Aneinanderreihung von Einzelbildern, die die Vorgängerbauten des Kölner Doms jeweils von Nordosten zeigen ^[396]. Die Bilder weisen allesamt die gleiche Kameraeinstellung auf und werden ineinander überblendet, wodurch der filmische Effekt eines Zeiträfers evoziert wird. Nach dem Zeigen des Zustands des Alten Doms um 1025 wechselt die Position der virtuellen Kamera, sodass die Kirche nun aus der Vogelperspektive von Nordwesten zu sehen ist. Diese Einstellung bildet den Beginn der nächsten Sequenz, die sich der Baugeschichte des gotischen Doms widmet ^[397]. Die jeweiligen Phasen werden in Einzelbildern dargestellt, die wie schon zuvor ineinander überblendet werden. Der Sprecher erläutert hierzu die Besonderheiten und Schwierigkeiten, die sich während der Bautätigkeiten bis ins 19. Jahrhundert ergaben. Diese Entwicklung schließt mit einem Bild, das den Kölner Dom in seinem Zustand vor der Bombardierung 1942 zeigt.



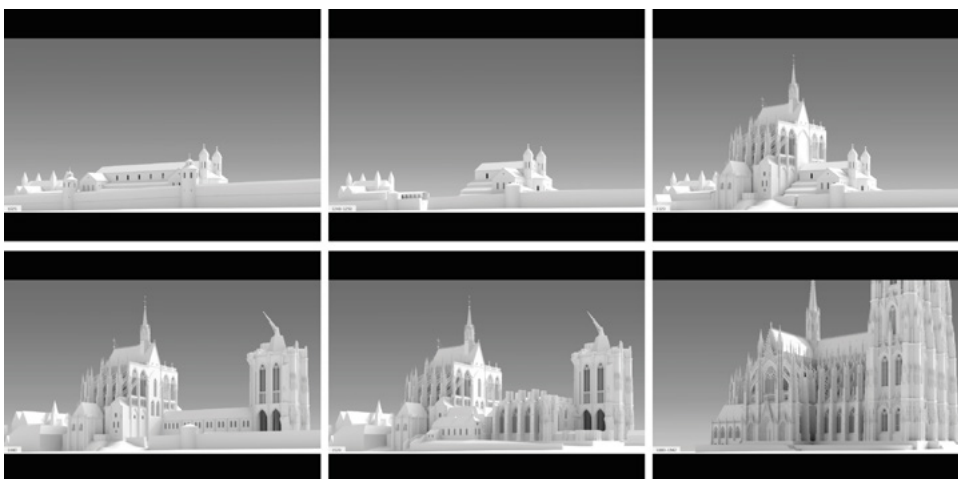
□ 396
Überblick über fünf Bauphasen: 1. bis 4. Jahrhundert, 4. bis 5. Jahrhundert, 6. bis 7. Jahrhundert, 7. bis 8. Jahrhundert und um 1025, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 5:52 – 6:30, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 397

Aus der Vogelperspektive dargestellter Überblick über die Bauphasen, beginnend mit dem Alten Dom 1025 über die Erbauung des gotischen Doms im 13. Jahrhundert und dessen Vollendung 1880 bis hin zu seinem Zustand 1942, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 6:39 – 7:30, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Auch diese Bauphasen werden anschließend anhand eines Überblicks visuell und verbal kurz zusammengefasst [398]. Die virtuelle Kamera nimmt hierzu eine andere Perspektive ein als zuvor.

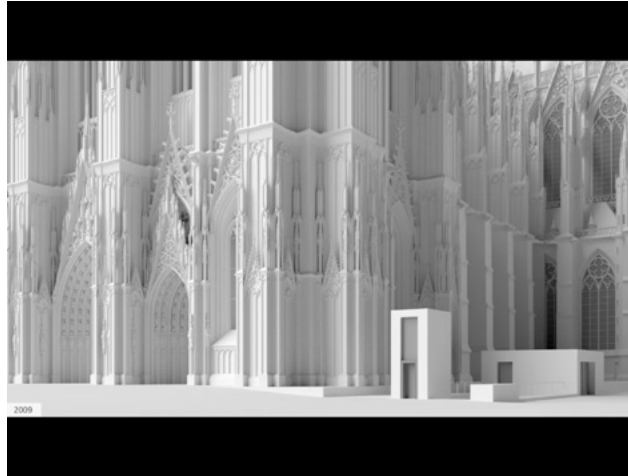


□ 398

Aus der Perspektive eines Spaziergängers dargestellter Überblick über die Bauphasen, beginnend mit dem Alten Dom 1025 bis hin zu seinem Zustand 1942, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 7:43 – 8:23, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Den Abschluss des Films bildet eine Sequenz, die den finalen Zustand des Kölner Doms zeigt. Die Kirche wird hier als Solitär ohne umgebende Bebauung auf einem niedrigen Podest stehend dargestellt. Eine Abfolge von Einzelbildern präsentiert das Gebäude aus verschiedenen Perspektiven [381]. Zuletzt ist eine Nahansicht des unteren Bereichs des Südturms aus dem Blickwinkel eines

Fußgängers zu sehen. Im Bild befindet sich auch der 2009 realisierte Zugang zu den Fundamenten, der zu dem Ausstellungsort führt, an dem dieser Film als Dauerinstallation der Öffentlichkeit präsentiert wird [399]. Mit einem etwa einmütigen Abspann, der eine Auflistung der Beteiligten an dem Gesamtprojekt von digitaler Rekonstruktion und Filmfassung beinhaltet, endet der Film.



□ 399

Visualisierung des heutigen Zustands des Kölner Doms mit dem 2009 eingerichteten Zugang zu den Fundamenten, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 8:45, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Dieser unter analytischem Blick dargelegte virtuelle Rundgang bildet die Basis für die nun folgende detaillierte Analyse, die zunächst auf die Verwendung von Farben und Texturen sowie die daraus resultierende Bildsprache eingeht.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Verwendung von Farben und Texturen – Bildsprache

Die komplette Visualisierung ist in Grautönen gehalten, wobei Dächer und nach oben weisende Oberflächen weiß gefärbt sind. Je nach Lichteinfall haben Wandflächen eine hell- bis dunkelgraue Farbe. Teils definieren feine Umrundungslinien bestimmte Bauglieder, teils werden Kanten durch das Aufeinandertreffen von weißen und grauen Flächen gebildet. **1615** Die Oberflächen sämtlicher Objekte im 3D-Modell weisen allesamt keine Texturen auf, die etwa bestimmte Materialien nachahmen würden. So werden alle dargestellten Elemente, ob Fußboden, Mauer, Dach oder auch Himmel gleich behandelt und nicht näher charakterisiert oder differenziert visualisiert. Jedoch sind sie durch ihre spezifische geometrische Form beziehungsweise Anordnung im Modell als bestimmtes Objekt klar zu erkennen. Dies bedeutet eine klare Reduktion auf das Wesentliche, also die pure Form und Geometrie der Bauten.

Von dieser den Film durchziehenden Bildsprache weichen allerdings drei Sequenzen ab. Gleich zu Beginn wird nach dem einleitenden Bild des Doms eine schematische Darstellung der Bauphasen eingeblendet: Im Hochformat ist in der oberen Bildhälfte auf weißem Grund ein in hellgrauer Farbe gehaltener Schnitt durch die Kirche zu sehen [382]. Entsprechend des zeitlichen Verlaufs der Bauphasen sind die Schnitte zu den einzelnen Bauwerken in verschiedenen dunkleren Grautönen gestaffelt angeordnet. In der unteren Bildhälfte vollzieht sich dies nach dem gleichen Prinzip in Form der Grundrisse, die hier als graue Flächen dargestellt sind, ohne Spezifizierung von Gebäudeöffnungen oder architektonischen Elementen wie Pfeiler oder dergleichen. So ist durch diese collageartige Zusammenstellung klar ersichtlich, wie sich die

■ 1615

In den Abbildungen der zum Film gehörenden Buchpublikation sind in einigen Bildern dünne schwarze Umrisslinien zu sehen, die im Film kaum zu finden sind. Dies liegt daran, dass im Buch ein anderer Kontrast gewählt wurde, um die Objekte entsprechend wahrnehmen zu können. Im Film sind die Visualisierungen sozusagen »unschärfer« dargestellt. Dies erläuterte Dominik Lengyel der Autorin in einem Gespräch am 26. September 2016.

Größenverhältnisse und räumlichen Ausmaße der Kirche im Laufe der Zeit verändert haben.

Eine weitere hervorzuhebende Darstellungsweise findet sich in der längsten Sequenz des Films, dem Abschnitt zu den Bauphasen bis 1025. Der Zustand des Gebäudes um das 7. bis 8. Jahrhundert ist in Form einer Axonometrie dargestellt ^[391]. Herausgelöst aus der Umgebung ist sie als Solitär auf hellgrauem Grund visualisiert und schräg ins querformatige Bild gesetzt. Einzelne Objekte sind als solide Körper mit opaken Oberflächen versehen, andere werden nur mit feinen schwarzen Umrisslinien räumlich angedeutet. Diese Ansicht ermöglicht einen exklusiven Blick in das Innere des Kirchenbaus und auf die ihm wortwörtlich zugrundeliegenden architektonischen Details vorangegangener Bauphasen. Die im Bild zu erkennenden Umrisslinien vervollständigen das Gesamtvolumen des Bauwerks, könnten aber durchaus auch als den Hypothesencharakter der abgebildeten Rekonstruktion unterstreichende Elemente gedeutet werden.

Folgende dritte Sequenz, die sich in der Mitte des Films befindet, stellt einen starken Kontrast zum Rest des Films dar: die Einblendung des in Farbe gezeigten Widmungsbilds aus dem Hillinus-Codex ^[395]. **1616** Die farbenprächtige Ausgestaltung dieses Bildwerks stellt in visueller Hinsicht eine Zäsur dar. Zwar weist der Sprecher explizit auf den im unteren Bereich der Seite dargestellten Fußboden hin, der sich aus roten und grünen auf die Spitze gestellten Quadraten zusammensetzt, jedoch wird danach keine Innenansicht des Baus gezeigt.

In gestalterischer Hinsicht unterscheidet sich zudem die Anfangs- und Schlussequenz von weiten Teilen des Films, denn in diesen sind Bilder im Hochformat eingesetzt, im Gegensatz zum restlichen Teil des Films, in dem das Bildformat 16:9 verwendet wird ^[381]. Zu sehen ist jeweils der vollendete Zustand des Kölner Doms. Diese Ansichten bieten somit einen visuellen wie auch inhaltlichen Rahmen und stellen dadurch eine heutigen Besuchern vertraute Form der Kirche gestalterisch in den Fokus.

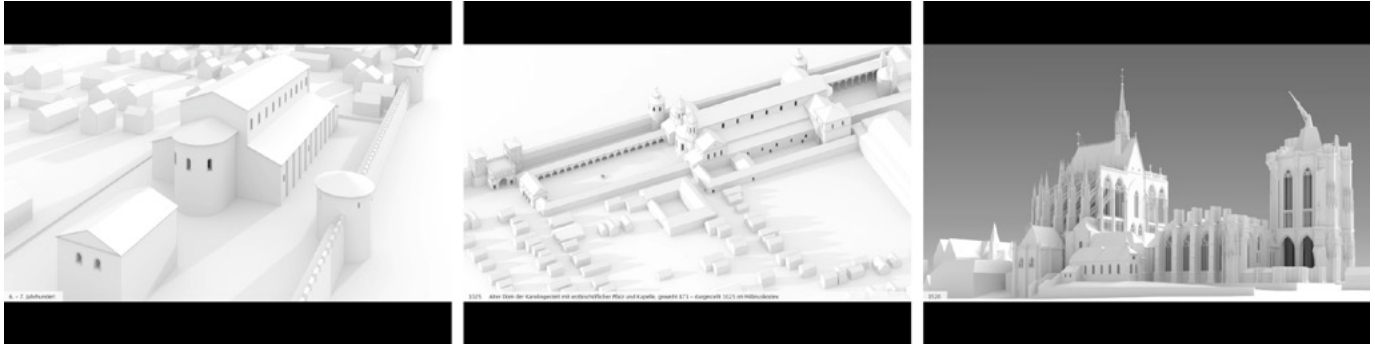
Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten

Nach der Betrachtung der Verwendung von Farben und der Bildgestaltung allgemein, wird nun der Fokus auf den Einsatz von simulierten Lichtquellen und daraus resultierenden Schatten gelegt. Dies scheint in der Visualisierung relativ realistisch wiedergegeben zu sein. Jedoch unterscheidet sich die Wirkung des Lichteinfalls auf die Architektur je nachdem, ob es sich um eine Ansicht des Außen- oder Innenraums handelt. Bei sämtlichen Bildern, die die Gebäude von außen zeigen, befindet sich die Lichtquelle im Westen. Zu erkennen ist dies an den langen Schlagschatten der Bauwerke, die sich deutlich auf dem Boden und an den Nachbarhäusern abzeichnen. In Einstellungen, die den Dom beziehungsweise seine Vorgängerbauten aus Richtung Norden zeigen, erfolgt die Beleuchtung hingegen aus Süden. Dies mutet auf den ersten Blick merkwürdig an, da auf diese Weise die Partien, die sich frontal zum Betrachter befinden, leicht verschattet sind. Vergleicht man diese Bilder mit Ansichten, in denen sich die Lichtquelle im Westen befindet, fällt auf, dass auch hier die dem Betrachter zugewandten Wände im Schatten liegen ^[400]. So scheint diese Art

■ 1616

Vgl. Informationen zum Hillinus-Codex auf der Webseite der Erzbischöflichen Diözesan- und Dombibliothek Köln unter: <https://digital.dombibliothek-koeln.de/hs/content/titleinfo/213994> sowie auf der Webseite des Projekts »Codices Electronici Ecclesiae Coloniensis (CEEC)« der Universität zu Köln: <http://www.ceec.uni-koeln.de/ceec-cgi/kleioc>.

der Darstellung bewusst gewählt worden zu sein, um diejenigen Parteien, die im Fokus des Interesses stehen, anhand der grauen Farbigkeit – also des simulierten Schattens – besser von der weißen Umgebung abzuheben. Auf diese Weise sind die einzelnen Gebäudeteile wesentlich besser zu erkennen beziehungsweise voneinander zu unterscheiden.



□ 400

Unterschiedliche, simulierte Lichtquellen: Lichteinfall von Westen (links, Mitte) und von Süden (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

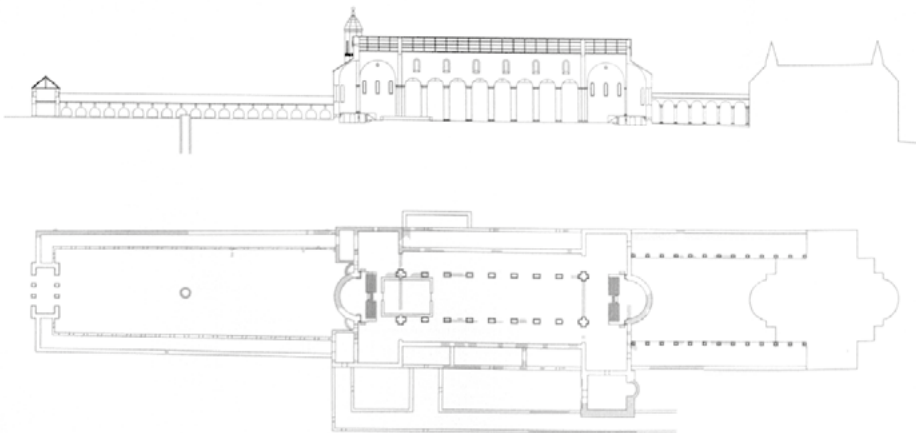
Nun sei noch auf die in den drei Innenansichten wiedergegebene Beleuchtung eingegangen: Im Film werden drei Ansichten des Innenraums aus unterschiedlichen Bauphasen gezeigt ^[401]. In den Visualisierungen des 6. bis 7. sowie des 7. bis 8. Jahrhunderts fällt das Licht von Süden – hier auf der rechten Seite dargestellt – ein. In der Ansicht, die den Zustand des Alten Doms um 1025 wiedergibt, befindet sich die Lichtquelle hingegen links. Da am Ende des Baus ein Chor zu sehen ist, liegt die Vermutung nahe, es handle sich hier um den Ostchor. Dementsprechend fiel das Licht von Norden ein, was anhand der dargestellten Lichtintensität als merkwürdig anmutet. Die vom Sprecher gelieferten Informationen können diese Frage nicht endgültig lösen und auch die Außenansichten nicht, da sich sowohl an der Ost- als auch an der Westseite je ein Chor befindet. Zudem gleichen sich von außen beide Bauten architektonisch. Erst ein Blick in das zum Film erschienene Buch kann hier Aufschluss bringen: Der Grundriss der Kirche um 1025 legt nahe, dass in der im Film gezeigten Innenansicht der im Westen befindliche Chor zu sehen ist ^[402]. Insofern ist festzustellen, dass dieses Bild des Innenraums beim Betrachter zur irreführenden Annahme führt, es handle sich um den Chor im Osten. Evoziert wird dies von den zuvor gezeigten Innenansichten, die jeweils den Blick in Richtung Ostchor wiedergeben. An dieser Stelle wäre ein kurzer Hinweis von Seiten des Sprechers hilfreich gewesen.

Insgesamt sind die Schatten im Innenraum markanter dargestellt, als in den Ansichten des Äußeren der Bauwerke ^[394]. Zudem ist eine variantenreichere Abstufung der Grautöne zu bemerken. Diese Gestaltung lässt die Innenräume tief erscheinen und kleine Details wie angedeutete Kämpfer an den Pfeilern deutlicher hervortreten. Die Detailgenauigkeit der gesamten Visualisierung in Bezug auf vorliegende Quellen wird im folgenden Abschnitt genauer untersucht.



□ 401

Lichteinfall in den Innenansichten der Bauzustände um das 6. bis 7. Jahrhundert (links), 7. bis 8. Jahrhundert (Mitte) und um 1025 (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 402

Grundriss und Schnitt der Bauphase des Alten Doms vom 9. bis 12. Jahrhundert, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2011.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Im Film finden sich außer in den Ansichten des gotischen Doms kaum detailliert ausgearbeitete Elemente, was der Quellenlage geschuldet ist. Allerdings weisen beispielsweise die Visualisierungen der Phasen des 6. bis 7. sowie des 7. bis 8. Jahrhunderts in gestalterischer Hinsicht keine großen Unterschiede gegenüber der Darstellung der vorangegangenen römischen Zeit auf, aus der weit weniger gesicherte Informationen vorliegen ^[385] ^[389]. Es lässt sich keine Abstufung in der Wiedergabe unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsgrade in den Überblicksbildern feststellen. Alles ist gleichmäßig in Grautönen dargestellt. Die Bildsprache ändert sich im weiteren Verlauf des Films nicht, einzig der Sprecher weist auf die jeweiligen Unterschiede in der Befundlage hin.

Eine Differenzierung erfolgt jedoch im Hinblick auf das architektonische Detail. So weisen beispielsweise Friesbänder und kleine Rundfenster in der Rekonstruktion des Alten Doms daraufhin, dass hier ausreichend historische Quellen vorlagen, um diese Details darzustellen, im Gegensatz zu den nicht näher spezifizierten Nachbargebäuden oder Bauten früherer Epochen ^[394].

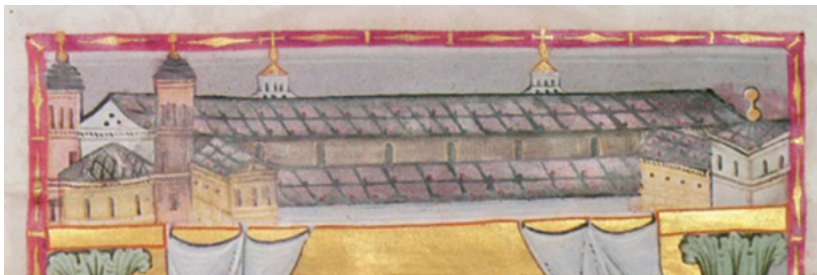
Laut des Sprechers haben sich die Grundmauern sowie Reste des Fußbodens des Alten Doms erhalten. In der Visualisierung von dessen Innenraum wird der Fußboden jedoch als plane graue Fläche dargestellt. Dies widerspricht sich mit der Aussage des Sprechers während der unmittelbar darauffolgenden Einblendung der Widmungsseite aus dem Hillinus-Codex zum aufschlussrei-

■ 1617

Das Zitat stammt aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, ca. 05:17 – 05:28 Min., online auf »YouTube« abrufbar: <https://www.youtube.com/watch?v=1ZiDbLNxALY>.

chen Informationsgehalt dieser historischen Darstellung: »Der dargestellte Bodenbelag zeigt, wie der Fußboden im Alten Dom ausgesehen hat. Im oberen Bildfeld ist der Alte Dom zu sehen. Das Bild ermöglicht seine detaillierte Rekonstruktion.« ¹⁶¹⁷ Die Gestaltung des Fußbodens, die auch archäologisch belegt ist, wird in der digitalen Rekonstruktion nicht visualisiert. Das Weglassen dieses Details mag eine wohlüberlegte Entscheidung gewesen sein, jedoch fällt das Fehlen des archäologisch belegbaren Fußbodens durch den Hinweis des Sprechers umso mehr auf und wäre ein bereicherndes Element in der Visualisierung gewesen. Um die Bildsprache des Films nicht zu stören, wäre es möglich gewesen, das Rautenmuster in Grautönen darzustellen. Dies hätte dazu beigetragen die unterschiedliche Befundlage einzelner Bauphasen auch visuell widerzuspiegeln.

Auf die Einblendung der Widmungsseite folgt eine Ansicht des digital rekonstruierten Alten Doms, in der sämtliche Elemente aus der historischen Darstellung auch im 3D-Modell wiederzufinden sind ⁴⁰³. Die Perspektive der digitalen Visualisierung ist so gewählt, dass sie mit der Ansicht im Codex vergleichbar ist und die Rekonstruktion nach der historischen Quelle leicht nachvollziehbar macht. So tauchen unter anderem die Friesbänder unterhalb des Dachansatzes wieder auf, ebenso die kleinen Rundfenster am Giebel des Hauptschiffs sowie an den Querhäusern. Wünschenswert wäre hier lediglich gewesen, beide Darstellungen im direkten Vergleich zueinander in einem Bild zu zeigen, um dem Betrachter die Möglichkeit zu geben, Quelle und Rekonstruktion gleichzeitig im Blick zu haben.



□ 403

Darstellung des Alten Doms auf der Widmungsseite des Hillinus-Codex um 1025 (oben) und in der digitalen Visualisierung (unten), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Im Film wird verbal wie auch schriftlich auf Ereignisse hingewiesen, die Teil der Baugeschichte des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten sind, beispielsweise die Zerstörung einiger Bauwerke durch die Franken im Jahr 355, der Wiederaufbau der Stadt durch die Römer kurze Zeit später oder die Bombardierung Kölns 1942, ebenso werden alternative Möglichkeiten zur Rekonstruktion der Bauwerke erklärt. Jedoch werden all diese Begebenheiten nicht beziehungsweise nur indirekt visuell wiedergegeben. Beispielsweise werden die gravierenden Eingriffe der Franken in das Stadtbild anhand der Überblendung zweier Ansichten widergespiegelt: Auf ein Bild mit intaktem Häuser- und Straßengeflecht folgt eine Einstellung mit nur mehr lückenhafter Bebauung ^[385]. Die Zerstörung der Kirche im Zweiten Weltkrieg wird hingegen überhaupt nicht visuell wiedergegeben, was aber mit der Einblendung der Ruine des Bauwerks möglich gewesen wäre, ohne die Bildsprache des Films zu stören. Das bewusste Nicht-Zeigen von bestimmten Ereignissen kann als Teil des Konzepts des Films gesehen werden. Der Betrachter ist somit vielmehr selbst gefordert, sich die vom Sprecher geäußerten Andeutungen mit der eigenen Vorstellungskraft zu imaginieren.

Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität, Raumeindruck und Perspektive

Wie zuvor bereits erläutert, handelt es sich bei allen Bildern des Films um Standbilder. Sie alle wurden einzeln erstellt mit einer für den jeweils zu zeigenden Bildausschnitt bewusst ausgewählten Perspektive. Dominik Lengyel ¹⁶¹⁸ beschreibt die Grundsätze der Bildsprache hinsichtlich dieser Parameter folgendermaßen:

»Konkrete Besonderheiten gegenüber früheren Darstellungen sind die Kontextualität, dass also die Kirchen immer im städtischen Umfeld standen, sowie die konsequente Darstellung aus einer angenommenen historischen Betrachterperspektive. Außerdem sind alle Darstellungen in sich geschlossen, sie sind Einblicke in eine kohärente virtuelle Welt, deren innere Gesetzmäßigkeiten denen der realen Welt ähneln. Hybride aus Grundrisszeichnungen und digitalen Volumina sind damit ausdrücklich ausgeschlossen. Auch ist der Bildausschnitt immer auf die dargestellte Welt begrenzt, die Visualisierung erscheint damit niemals als Solitär in einem fotostudio- oder modellbauwerkstatt-ähnlichen Kontext.«

Die einzige Ausnahme von diesem Prinzip bilden das Anfangsbild und die Schlussequenz, die den Dom als Solitär von verschiedenen Betrachterstandpunkten aus gesehen abbilden. Diese Bilder wirken wie Fotografien eines haptischen Modells, das von mehreren Seiten gezeigt wird. Anstelle einer Kamerafahrt um das Modell herum, werden nur vier ausgewählte Abbildungen des Bauwerks gezeigt. Sie werden zwar durch Überblendungen miteinander verbunden, jedoch ergibt sich daraus keine kontinuierliche, simulierte Kamerafahrt um

■ 1618

Vgl. [Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 5](#).

die Kirche. Genau hier hätte es sich aber angeboten, eine Animation des 3D-Modells einzusetzen beziehungsweise eine engmaschigere Auswahl an Einzelbildern vorzunehmen, um einen fließenden Rundumblick um die virtuelle Kirche zu ermöglichen.

Die digital visualisierten Bauwerke werden im Film aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt: Die Einstellungen, die Innenansichten einzelner Bauphasen des Doms oder seiner Vorgängerbauten visualisieren, zeigen den Raum aus der Perspektive eines Besuchers. Dieser ist mittig positioniert und blickt sozusagen geradeaus, das heißt das Bild ist nicht gekippt oder gedreht. Die Außenansichten der Bauwerke sind zumeist aus der Vogelperspektive oder zumindest aus einer Höhe von wenigen Metern über dem Boden festgehalten. Gegen Ende des Films, beginnend mit dem Überblick über die mittelalterlichen Bauphasen, ist der Dom jedoch nur mehr aus der Perspektive eines Fußgängers im Bild. Dies vermittelt den Eindruck, dass mit der zeitlichen Nähe der Bauphasen auch die räumliche Nähe zum Bau zunimmt. Der distanzierte Blick von oben auf die architektonische Entwicklung wird somit abgelöst von einer optisch vertrauteren Wahrnehmung des Gebäudes.

Der Eindruck räumlicher Tiefe ist im gesamten Film gegeben, in manchen Einstellungen deutlicher als in anderen: So ist generell zu bemerken, dass die Ansichten der Innenräume aufgrund eines breiteren Grau-Spektrums und größerer Flächen eine stärkere räumliche Wirkung haben als Außenansichten^[394]. Insbesondere die Einstellungen, die die Stadt aus der Vogelperspektive zeigen, weisen einen hohen Anteil an weißen Flächen auf, die hellgrauen Partien gegenüberstehen und sich daher nicht so deutlich voneinander absetzen. Eine stärkere räumliche Wirkung hätte beispielsweise erreicht werden können, indem Schatten deutlich dunkler wiedergegeben worden wären. Zudem hätten Bauten, die weiter entfernt liegen, mit zunehmender Unschärfe dargestellt werden können.

Dieses Prinzip fand hingegen Anwendung in den Ansichten der Innenräume. Insbesondere in den Einstellungen zum Zustand um das 7. bis 8. Jahrhundert und um 1025 erscheinen weit entfernt liegende architektonische Details – wie die Podeste und Treppen im Chorbereich – etwas unscharf, sodass sich die Tiefenwirkung der Räume voll entfalten kann^[401]. Diese Bilder sind zudem stark von Symmetrie geprägt, da sich der virtuelle Betrachter immer auf der Mittelachse des Raums befindet.

Die den Einzelbildern inhärente Statik wird aber aufgebrochen, in dem sie mit weichen Überblendungen aneinander gefügt werden. Insbesondere Sequenzen, die einen Überblick über bestimmte Bauphasen der Kirche zeigen, profitieren von dieser Darstellungsmethode. Diese Art der Bildmontage erzeugt Dynamik, als Gegenpol zu den statischen Einzelbildern, aus denen der Film zusammengesetzt ist. Aber auch die plastische Wirkung erhöht sich, indem einzelne Bereiche der Gebäude verschwinden und andere hinzukommen. So erhalten die Ansichten anhand ihrer Abfolge eine räumliche Tiefe.

Zwischenfazit zur Analyse und Ausblick

Der Film *Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten* wirkt im Gegensatz zu vielen anderen digitalen Visualisierungen historischer Architektur, die in der vorliegenden Arbeit analysiert werden, komplett entschleunigt. Dieser Eindruck ist auf verschiedene gestalterische und filmische Metho-

den zurückzuführen. Vor allem die Farbgebung als gestalterisches Mittel trägt hierzu bei, denn die Reduktion auf Grautöne beruhigt den optischen Eindruck. Die Konzentration des Betrachters wird dadurch insbesondere auf die Wahrnehmung der geometrischen Formen gelenkt und damit auf die Veränderung der Architektur über die Zeit. Der Verzicht auf Kamerafahrten, Schwenks und Zoomeffekte kann als filmisches Mittel betrachtet werden, das die Geschwindigkeit in der Bildabfolge und damit der Eindrücke, die auf den Betrachter einwirken, extrem reduziert. Hinzu kommt die klare symmetrische Anordnung des 3D-Modells im Bildausschnitt. Dies ist insbesondere in den Ansichten am Anfang und Ende des Films der Fall, in denen der gesamte Baukörper des Doms zu sehen und mittig angeordnet ist. In Ansichten des Innenraums befindet sich der Standpunkt des Betrachters immer auf der Mittelachse, sodass das Bild durch seine klare Ordnung sehr ruhig wirkt.

Die Übergänge zwischen den einzelnen Standbildern sind als Überblendungen zu identifizieren. Hier wurde auf den Einsatz von Zeitraffereffekten verzichtet, die weit mehr Einzelbilder erfordert hätten, um einen komplett dynamischen Ablauf der Bilder im Sinne einer fließenden Bewegung zu ermöglichen. Eine Verbindung zwischen den Bildern erzeugt auch der Sprecher. Durch seine Anmerkungen verknüpft er die Einzelbilder in einer übergeordneten inhaltlichen Wissensebene miteinander. Zudem liefert er nur einen mündlichen Verweis auf bestimmte Elemente im Bild, was zur Konzentration auf das Wesentliche im Film beiträgt.

Die in Grau gehaltenen Bilder sollen den Hypothesencharakter der gesamten Visualisierung verdeutlichen. Die Besonderheit an dieser Darstellung ist, dass Lengyel und Toulouse nicht einzelne Wahrscheinlichkeitsstufen in unterschiedlichen Grautönen wiedergeben, sondern die Detailgenauigkeit abstufen, je nachdem ob Quellen vorlagen oder wie verlässlich diese waren. So finden sich in den Bildern, die das römische Köln zeigen, keine Türen und Fenster an den Bauwerken, die nur als schematische Kuben dargestellt sind. Der Alte Dom erhält hingegen verschiedene architektonische Details, da hier auf entsprechende Nachweise zurückgegriffen werden konnte. Warum allerdings der Fußboden aus dieser Bauphase nicht im 3D-Modell wiedergegeben ist, wird weder im Film noch in der Buchpublikation thematisiert. Die Auswahl der abzubildenden Elemente in der Visualisierung bleibt damit ein Stück weit im Unklaren. In der Darstellung des gotischen Doms entfaltet sich schließlich eine Fülle an Details, während die umgebende Bebauung nur als geometrische Grundkörper erscheinen und somit einen starken Kontrast bilden. Sie treten optisch zurück und wirken wie Staffagearchitektur, wodurch der Dom in den Fokus der Aufmerksamkeit der Betrachter gerückt wird. Die Darstellung von Hypothesen erfolgt hier also vornehmlich auf der Ebene der Details. Sie unterscheidet sich damit von anderen Konzepten zur Hypothesendarstellung, die beispielsweise Farbskalen mit Grautönen oder bunten Farbtönen verwenden, um zwischen unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsgraden zu differenzieren. Auf diese wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) genauer eingegangen.

Um den Eindruck zu vermeiden, Lengyel und Toulouse verweigerten sich grundsätzlich farbiger Darstellungen in Visualisierungen, soll folgendes Projekt gleichsam als Ausblick auf weitere Arbeiten zum Kölner Dom kurz vorgestellt werden: Im Jahr 2013 erhielten die beiden Architekten von der Kölner Dommu-

sik den Auftrag, den Innenraum der Kirche um das Jahr 1856 digital zu rekonstruieren ⁴⁰⁴. ¹⁶¹⁹ Ziel war das Wissen über diese spezifische Bauphase der Kirche darzustellen. Da hierzu eine Vielzahl an Quellen und farbigen Befunden vorlagen, konnte auch eine polychrome Wiedergabe umgesetzt werden. Dennoch wurden Details wie Holzmaserungen weggelassen und beispielsweise die Seitenkapellen des Chorumgangs nicht ausgeschmückt. Denn hierzu lagen keine entsprechenden Hinweise zu deren Beschaffenheit vor. Insgesamt zeigen sich auch in diesem Projekt in sich stimmige Visualisierungen, wie es dem bereits aufgezeigten grundsätzlichen Konzept von Lengyel und Toulouse entspricht.



□ 404

Digital rekonstruierter Innenraum des Kölner Doms um 1856: Blick zur Chortrennwand aus dem 14. Jahrhundert (links) und Blick zum Hochaltar (rechts), Renderings, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2013.

■ 1619

Informationen zum Projekt nannte Dominik Lengyel im Interview. Vgl. [Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 9](#). Für Abbildungen und weitere Informationen vgl. Webseite der Architekten: <http://www.lengyeltoulouse.com/projekte14.html>.

Zu dieser digitalen Rekonstruktion des Innenraums wurde ein Film mit einer Länge von 11:02 Min. erstellt, der in der Ausstellung anlässlich des 150-jährigen Jubiläums des Kölner Domchors im Tagungszentrum des Erzbistums Köln von November 2013 bis Januar 2014 gezeigt wurde, vgl. zuvor genannte Webseite.

■ 1620

Vgl. [Schock-Werner 2010](#), S. 42–43.

■ 1621

Vgl. [Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011](#).

■ 1622

Vgl. [Appendix 1.9](#) (→ 637), [Kölner Dom \(2009–2010\)](#).

■ 1623

Vgl. [Dietmar/Trier 2011](#), S. 88, Abb. 53.

■ 1624

Vgl. [Appendix 1.9](#) (→ 637), [Kölner Dom \(2009–2010\)](#).

Mediale Präsenz und Zugänglichkeit

Öffentlich erstmals präsentiert wurde das 3D-Projekt in Form des Films [Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten](#) im Rahmen der Landesausstellung in Köln 2010/2011. Dauerhaft zu sehen ist dieser Film seit 2010 in einer Installation im Dom. Im gleichen Jahr erschien ein von der damaligen Dombaumeisterin Schock-Werner verfasster Bericht zum Entstehungskontext des Projekts in der Publikationsreihe [Kölner Domblatt. Jahrbuch des Zentral-Dombau-Vereins](#). ¹⁶²⁰ Ein Jahr später publizierten die Architekten Lengyel und Toulouse gemeinsam mit Schock-Werner ein Buch zum Film. ¹⁶²¹ Darin finden sich zahlreiche Abbildungen der digitalen Visualisierung sowie Beschreibungen zu den einzelnen Bauphasen und archäologischen Untersuchungen. Abschließend gehen die Architekten darin auch auf die visuelle Gestaltung der 3D-Modelle ein. Diese Publikation ist allerdings bereits vergriffen und nur noch antiquarisch erhältlich. Eine CD-Rom mit dem Film war dem Buch nie beigelegt. Online zugänglich ist der Film hingegen: Er findet sich auf den Webseiten des Architekturbüros LTA, des Kölner Doms, des Wissenschaftsportals der Gerda Henkel Stiftung, L.I.S.A., sowie auf YouTube. ¹⁶²²

Auch in wissenschaftlichen Publikationen zur Baugeschichte des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten werden Visualisierungen der Architekten Lengyel und Toulouse verwendet, beispielsweise in dem von Carl Dietmar und Marcus Trier 2011 veröffentlichten Buch [COLONIA – Stadt der Franken. Köln vom 5. bis 10. Jahrhundert](#), einem Überblickswerk zur Stadt Köln. Darin ist eine Ansicht des digital visualisierten Kirchenbaus zu sehen, die die Vorgängerkirche des Doms um das 6. bis 7. Jahrhundert zeigt. ¹⁶²³ Weiterhin präsent sind die digitalen Visualisierungen in zahlreichen Vorträgen, die Dominik Lengyel seit 2010 auf diversen nationalen und internationalen Konferenzen gehalten hat. ¹⁶²⁴

Im Vergleich zu anderen in der vorliegenden Arbeit untersuchten 3D-Projekten ist die Arbeit zum Kölner Dom insbesondere anhand der Buchpublikation der Ersteller sehr gut dokumentiert. Auch die Erreichbarkeit des Films über unterschiedliche Online-Plattformen stellt keine Selbstverständlichkeit dar. Diese Aspekte tragen wesentlich dazu bei, dass das Projekt auch in Zukunft sichtbar ist. Im folgenden Abschnitt werden nun weitere 3D-Projekte zum Kölner Dom vorgestellt, um sie der Arbeit von Lengyel und Toulouse gegenüberzustellen. Denn sowohl vor als auch nach ihnen wurde die Kirche digital rekonstruiert. Hier sei nun auf einige Beispiele kurz eingegangen, um die Bandbreite an Herangehensweisen und Darstellungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Weitere Projekte zur digitalen Rekonstruktion des Kölner Doms

Im Jahr 1998 wurde eine umfangreiche CD-Rom über den Kölner Dom veröffentlicht, die unter wissenschaftlicher Leitung der Dombauhütte Köln und der Mitarbeit von **COLOGNE DIGITAL Medienproduktion GmbH** und **Atelier für Mediengestaltung**, Köln, realisiert wurde. ¹⁶²⁵ Anhand von Fotos, Illustrationen, QuickTime VR-Panoramen, Filmen und Animationen werden die Bauphasen der Kirche sowie seiner Vorgängerbauten dargestellt.

Das Menü des Datenträgers ist interaktiv angelegt, sodass sich der Benutzer am Bildschirm selbstständig durch die Informationen navigieren kann. Erstmals haben Interessierte die Möglichkeit auch die archäologische Grabung, den Dachstuhl und weitere ansonsten für die Öffentlichkeit unzugängliche Orte zumindest virtuell zu betreten. In diesem Angebot finden sich auch drei vertonte Filmsequenzen, die die Baugeschichte der Kirche in Form animierter 3D-Modelle in Farbe vorstellen und zusammen gut drei Minuten umfassen. Darin erläutert ein Sprecher die Hintergründe zu einzelnen Bauphasen. Zusätzlich werden in der unteren rechten Ecke des Bildes – ähnlich wie bei Lengyel und Toulouse – relevante Jahreszahlen eingeblendet.

Der erste Film (Dauer: 1:20 Minuten) umfasst die Zeit ab 600 bis zum 12. Jahrhundert, woran der nächste (1:25 Minuten) mit der Erbauung der gotischen Kathedrale 1248 anschließt bis zum Stillstand der Baustelle. Der letzte Film (28 Sekunden) widmet sich dem Weiterbau ab 1842 bis hin zur Vollendung. Insgesamt weisen alle Sequenzen ein hohes Tempo auf, mit raschen virtuellen Kamerafahrten. So erfolgt ein Flug durch die Kirche des 6. Jahrhunderts bis zum dahinter befindlichen Taufbecken und wieder zurück innerhalb von nur knapp 20 Sekunden ⁴⁰⁵. Innerhalb dessen sind teils merkwürdige Ansichten zu sehen, beispielsweise eine halbhohe Apsiswand, in die ein buntes Glasfenster gesteckt zu sein scheint.

Bei der Innenansicht ist darauf hinzuweisen, dass der Ambo hier als geschlossen dargestellt ist, im Gegensatz zur Visualisierung der Architekten ⁴⁰⁶. Auch die Wiedergabe des Taufbeckens gestaltet sich in beiden Projekten unterschiedlich, da wie bereits erläutert, erst durch die digitale Rekonstruktion der Architekten gezeigt werden konnte, dass es sich wahrscheinlich nur um eine Treppenstufe über den Boden erhebt. In allen Einstellungen ist das Bauwerk nicht als Solitär zu sehen, sondern immer mit den umgebenden Häusern, die ohne Details nur in schematischer Weise dargestellt sind.

Teilweise erwecken einzelne Bilder die Anmutung von Theaterszenarien aufgrund des Bildaufbaus und des dramatischen Lichteinfalls mit starker Schat-

■ 1625

Das im Folgenden beschriebene Projekt ist in Form von Filmsequenzen auf der folgenden CD-Rom zu finden: »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, Köln/München/Berlin 1998 (CD-Rom). Im Informationstext auf der Hülle der CD-Rom heißt es zum Inhalt u. a.: »Geschichte – 2000 Jahre christliche Kunst in Europa / WDR und Dombauhütte stellten die Schätze ihrer Archive zur Verfügung: Das römische Köln – Erleben Sie den Bau der Vorgängerkirchen des gotischen Domes und alle seine Bauphasen in Illustrationen, Fotos, Filmen und Animationen, darunter auch die aus Quarks & Co. / Außerdem: Alle Kölner Bischöfe und Erzbischöfe in Bild und Text.« Im Begleitheft zur CD-Rom werden zwar die an der Produktion beteiligten Institution und Firmen genannt, allerdings wird keine Angabe dazu gemacht, wer explizit für die 3D-Modellierung des Kölner Doms verantwortlich zeichnete.

tenwirkung ^[405]. Wenn ein Gebäude errichtet wird, fahren Wände und Stützen aus dem Boden empor, Bedachungen senken sich aus der Luft herab ^[407]. Umgekehrt versinken Bauelemente sobald von Umbauten oder einem Abriss die Rede ist. Ein Brand der Kirche wird sogar mit animierten Flammen und Rauchschwaden dargestellt, in anderen Sequenzen liegt ein diffuser Nebel über der Stadt oder es erstrahlt ein hellblauer Himmel mit weißen Wolken ^[408].



□ 405
Virtueller Flug durch die digital rekonstruierte Kirche des 6. Jahrhunderts bis zum dahinter befindlichen Taufbecken, Filmstills, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998.



□ 406
Rekonstruktion des Ambo in der Kirche des 6. bis 7. Jahrhunderts: Filmstill, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998 (links) und Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:29, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).



□ 407
Inszenierung der Erbauung des Kölner Doms: Säulen fahren empor (oben links), Dächer sinken herab (oben rechts), der Alte Dom versinkt im Boden (unten links/rechts), Filmstills, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998.



□ 408

Inszenierung von atmosphärischen Stimmungen: lodernde Flammen und Rauch beim Brand des Alten Doms, Nebelschwaden um den Alten Dom und den gotischen Neubau, blauer Himmel über der fertiggestellten Kirche, Filmstills, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998.

■ 1626
Vgl. ebd.

■ 1627

Der Beitrag »Die Geschichte des Kölner Doms: Der lange Weg zur Kathedrale« aus der Fernsehsendung »Quarks & Co«, WDR, Autor: Jo Siegler, wurde auf »YouTube« am 25.04.2012 veröffentlicht: <https://www.youtube.com/watch?v=9VF6blRTcOI>. Im Informationstext dazu heißt es: »Schon zur Zeit der Römer beginnt die Geschichte des Kölner Doms. Dort wo heute die imposante Kathedrale steht, ist vermutlich bereits zu Beginn des 4. Jahrhunderts ein Versammlungsort der ersten Kölner Christen. Später entstehen hier eine Taufkapelle und ein erster Dom. Um 1200 n. Chr. soll der Alte Dom einer noch größeren und modernen Kathedrale weichen. Doch als der Bau 1520 in vollem Gange ist, kommt es zum Baustopp. Über 300 Jahre ist der Baukran auf einem halbfertigen Turm das Wahrzeichen der Stadt Köln. Sehen Sie im Film mehr über die Geschichte des Kölner Doms und wie er schließlich doch noch fertig gestellt wird.« Über die Ersteller der 3D-Modellierung werden keine Angaben gemacht.

■ 1628

Scheinbar waren die drei Filmsequenzen Teil eines ersten TV-Beitrags von »Quarks & Co« und wurden dann für eine spätere Sendung überarbeitet.

Untermalt sind die kurzen Filme mit diversen Geräuschen wie loderndem Feuer, klappernden Werkzeugen und gregorianischen Gesängen. Dieses Zusammenspiel aus dynamischen Bildern, Hintergrundgeräuschen, Musik sowie dramatischer Bildinszenierung führen dazu, dass die Filme keinen rein objektiven, wissenschaftlichen Blick auf die Baugeschichte vermitteln, trotz des seriös wirkenden Kommentars des Sprechers. Es scheint sich hierbei vielmehr um eine populärwissenschaftlich aufbereitete Visualisierung zu handeln, die in knapp bemessener Zeit möglichst viele Informationen in anschaulicher Weise vermitteln will. Ihre Ästhetik steht der Darstellungsweise der 3D-Modelle von Lengyel und Toulouse diametral gegenüber.

Einzelne Teile aus den soeben beschriebenen Filmsequenzen wurden zudem in einer Folge der WDR-Sendung **Quarks & Co** im Fernsehen gezeigt, worauf der Informationstext der CD-Rom-Hülle hinweist. **1626** In den Jahren 2012 und 2013 wurde ebenfalls im Rahmen dieser Sendereihe ein etwa fünfminütiger Beitrag mit dem Titel **Die Geschichte des Kölner Doms: Der lange Weg zur Kathedrale** ausgestrahlt, der auch auf YouTube online zugänglich ist. **1627** Darin sind ebenso einige Szenen zu sehen, die auch auf dem Datenträger zu finden sind. Für den TV-Film wurden noch zusätzliche Simulationen eingefügt, so beispielsweise ein Luftbild der römischen Stadt, eine neue Rekonstruktion des Taufbeckens und eine der Kirche im 6. Jahrhundert **[409]**. Diese ergänzten Sequenzen stellen das Bauwerk abstrakter dar, zudem weist das Taufbecken keine Säulen sowie eine niedrigere Höhe auf und der Ambo ist als schlüssellochförmig mit einem Eingang wiedergegeben. Offenbar wurden hier andere Informationen als Grundlage für die Visualisierung verwendet als in der früheren Version. **1628** Bemerkenswert ist, dass für diese Sendung zu großen Teilen die digitale Rekonstruktion von 1998 verwendet wurde, obwohl zu dieser Zeit bereits die auf aktueller Forschung basierende Visualisierung von Lengyel und Toulouse vorlag und vor Ort ausgestellt wurde. Immerhin scheint die Höhe des Taufbeckens reduziert worden zu sein, da es ohne Treppenstufen zu sehen ist, was auf die Erkenntnisse der beiden Architekten zurückgehen könnte.



□ 409

Digitale Visualisierung des Baptisteriums der ersten Kirche am Standort des Kölner Doms: Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:48, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (links) und Still aus dem TV-Beitrag »Die Geschichte des Kölner Doms: Der lange Weg zur Kathedrale«, WDR, 2012/2013 (rechts).

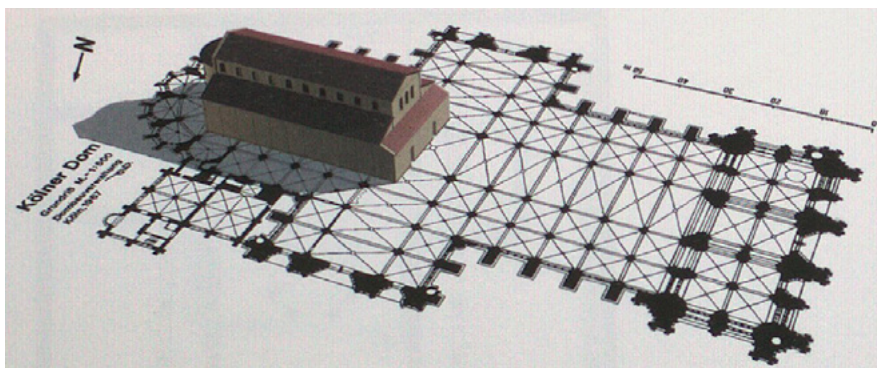
■ 1629

Abbildungen und Informationen zu den hier genannten digitalen Rekonstruktionen der Archäologen sind zu finden in: Ristow 2004.

■ 1630

Dominik Lengyel erläuterte seine Ansicht bezüglich der Darstellung des Doms in Ristows Zeichnung in einem Gespräch mit der Autorin am 26. September 2016.

Der Archäologe Sebastian Ristow – der wie bereits erwähnt Lengyel und Toulouse beriet – erstellte bereits Anfang der 2000er-Jahre im Rahmen seiner Forschung zum Kölner Dom gemeinsam mit dem Architekten und Archäologen Zsolt Vasáros digitale Rekonstruktionen des Inneren und Äußeren der Kirche des 6. bis 7. Jahrhunderts. **1629** Das Ziel war, Rekonstruktionen auf Grundlage der damals aktuellen Forschung zu realisieren, da bisherige Arbeiten in diesem Bereich hinsichtlich der Erkenntnislage nach Meinung Ristows überholt waren. Auf einem Grundriss des gotischen Doms platzierten die beiden Archäologen die räumlich modellierte ältere Kirche und versahen sie zudem mit Texturen **410**. Lengyel kritisiert diese Art der Darstellung, da sie seiner Meinung nach nicht hilfreich sei. **1630** Die Vorgängerkirche sähe darin im direkten Vergleich mit den Ausmaßen des gotischen Doms winzig aus. Dies verfälsche den Eindruck, denn die ältere Kirche war im Verhältnis zur bebauten Umgebung riesig groß. Bis auf dieses Größenverhältnis hat das Bild laut Lengyel keine Aussage. In der Tat würde die Anschaulichkeit dieser Ansicht erhöht werden, wenn auch Gebäude der unmittelbaren Nachbarschaft zumindest andeutungsweise modelliert worden wären. Im Gegensatz zu dieser Darstellungsweise bei Ristow und Vasáros haben die Berliner Architekten die Kirche in ihren Visualisierungen – mit Ausnahme der Ansichten an Anfang und Ende des Films – nie als vom städtischen Kontext isoliert gezeigt.

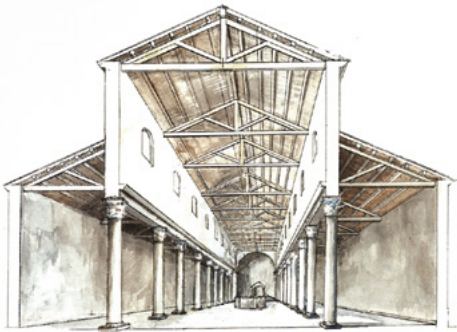


□ 410

Digitale Rekonstruktion des Kölner Doms mit Zustand im 6. bis 7. Jahrhundert (Bauphase 3a/b nach Ristow) über dem Grundriss der gotischen Kirche, Zsolt Vasáros/»Studio Namer« und Sebastian Ristow, 2004.

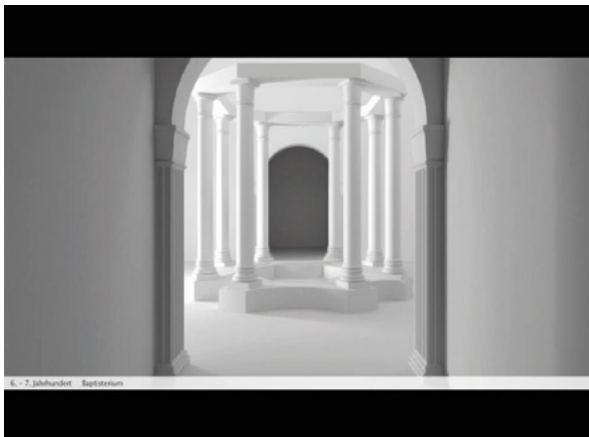
Auch den Innenraum stellten die beiden Archäologen in einer Visualisierung dar, die im Wesentlichen einer zeichnerischen Rekonstruktion von Ristow aus dem Jahr 2002 entspricht, jedoch mit mehr Details (ausgearbeitete Kapitel-

le, Leuchter, Fensterglas) ausgestattet ist ^[411]. Hier findet sich auch eine komplexe Lichtsimulation: Sowohl die in den Seitenschiffen hängenden Leuchter als auch das durch die Obergadenfenster einströmende Tageslicht erhellen den Raum und erzeugen vielfache Schatten. Oberflächen sind mit Texturen belegt, die teils auch bestimmte Materialien andeuten wie Naturstein bei den Säulen oder Holz im Falle des Gebälks. Auch von dem Taufbecken fertigten die Archäologen eine digitale Rekonstruktion an, die allerdings auf einem anderen Forschungsstand als die Visualisierung der Architekten beruht ^[412]. Wie der Innenraum ist dieses Objekt ebenfalls mit Texturen und Details – an Stangen aufgehängte Vorhänge, die mittig verknötet sind – versehen und erhält dadurch eine fotorealistische Anmutung.



□ 411

Visualisierung des Innenraums der zweiten Bischofskirche um das 6. bis 7. Jahrhundert: Rekonstruktionszeichnung, Zsolt Vasáros, 2002 (links), digitale Rekonstruktion, Zsolt Vasáros/»Studio Namer« und Sebastian Ristow, 2003 (rechts).



□ 412

Digitale Visualisierung des Baptisteriums der ersten Kirche am Standort des Kölner Doms: Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:48, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (links) und digitale Rekonstruktion, Zsolt Vasáros/»Studio Namer« und Sebastian Ristow, 2004 (rechts).

All diese Details in den von Ristow und Vasáros realisierten Darstellungen erwecken den Eindruck, es handle sich um auf durchwegs gesicherten Informationen basierende, realistische Visualisierungen des Innenraums und des Taufbeckens. Ristow stellt in seinem Aufsatz aber klar, dass für die digitalen Rekonstruktionen nicht immer ausreichende Informationen vorlagen und er daher vergleichbare Bauten der Region für die Darstellung von Elementen mit Unsicherheiten im Befund herangezogen habe. ¹⁶³¹ Ein derartiger Hinweis im Begleittext ist unbedingt notwendig, damit der Betrachter die Aussagekraft der digitalen Rekonstruktion entsprechend einordnen kann. Wünschenswert wäre hier allerdings eine dezidierte Aufstellung, die darüber Auskunft gibt, welche Bereiche im 3D-Modell auf welcher Grundlage realisiert wurden. Im Vergleich zum Projekt der Architekten wirken die Ansichten von Ristow und Vasáros insgesamt weniger hypothetisch, da sie mit einer Vielzahl an Details ausgestattet und mit farbigen Texturen versehen wurden.

■ 1631

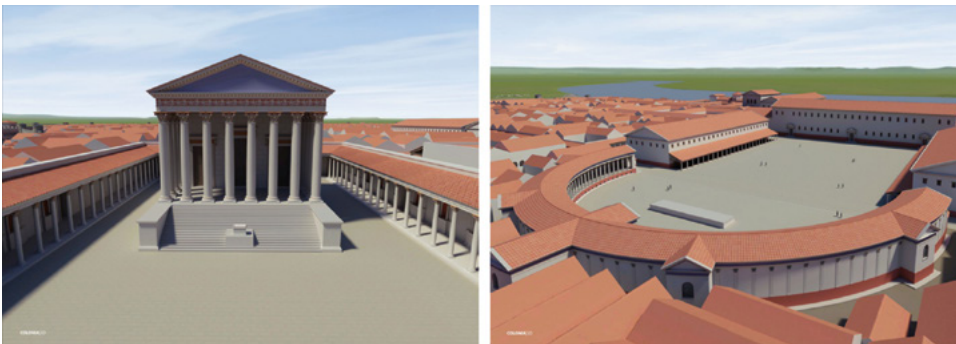
Vgl. Ristow 2004, S. 118.

■ 1632

Umfassende Informationen sowie Abbildungen zu den digitalen Rekonstruktionen aus dem Projekt »Colonia3D« finden sich auf der zugehörigen Webseite und in den dort zugänglichen Abschlussberichten von 2009 bzw. 2010: <http://colonia3d.de/colonia3d-home/>.

Abschließend sei noch auf das Projekt Colonia3D verwiesen, das von 2006 bis 2009 unter der Leitung von Henner von Hesberg, Archäologisches Institut der Universität zu Köln, und Michael Eichhorn, Köln International School of Design (KISD), realisiert und 2010 überarbeitet und abgeschlossen wurde. ¹⁶³² Da es nur das römische Köln zum Gegenstand hat und es daher den Dom nicht visualisiert, wird es hier nur kurz vorgestellt. Ziel des Projekts war unter Bezug auf aktuelle Forschungsergebnisse diese historische Phase darzustellen und in einer Echtzeitanwendung der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Ein interdisziplinäres Team aus den Bereichen Archäologie, Bauforschung, Design und Informatik war an der Erstellung und Präsentation des digitalen Stadtmodells beteiligt. Der Benutzer dieser Anwendung, die sich seit 2010 in der Dauerausstellung des Römisch-Germanischen Museums befindet, hat die Möglichkeit sich über einen Touchscreen selbstständig durch das 3D-Modell zu navigieren und Informationen abzurufen. Diese umfassen nicht nur eine Erklärung der Funktion der jeweiligen Bauwerke, sondern auch die Vorstellung der Befunde und Quellen, die zur Rekonstruktion vorlagen, sowie eine Bezugnahme zur heutigen Stadt.

Die gesamte Visualisierung ist in Farbe ausgeführt und mit vielen Details wie Dachziegeln, ornamentalen Friesen, stilisierten Personen oder bewölktem Himmel ausgestattet ⁴¹³. Die Ästhetik dieses Projekts unterscheidet sich fundamental von dem Konzept der Berliner Architekten und erweckt auf den ersten Blick den Eindruck, es handle sich hier um eine Rekonstruktion, die auf durchwegs gesicherten Quellen beruhe, da Bereiche mit deutlichen visuellen Unschärfen fehlen. Erst durch das aktive Aufrufen von Hintergrundinformationen erfährt der Benutzer, dass viele Elemente nur Hypothesen sind. Diese Schwelle existiert nicht in der Visualisierung von Lengyel und Toulouse, die anstreben, in der Darstellung der Kirchenbauten die Abstufung von Wahrscheinlichkeiten visuell abzubilden.



□ 413

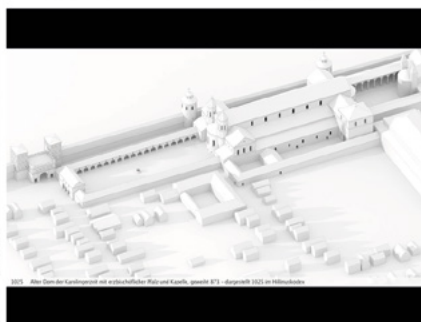
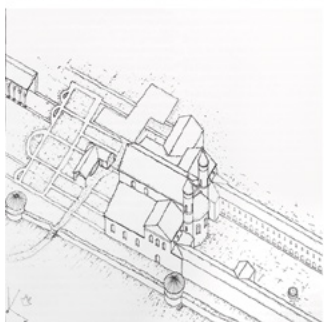
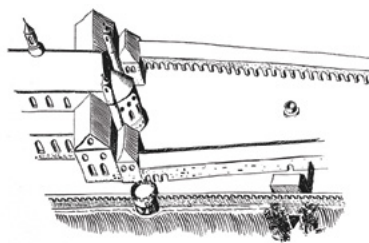
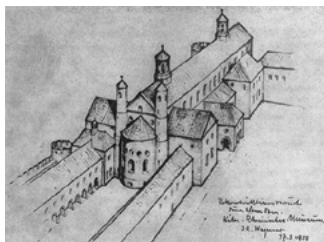
Kapitolstempel (links) und Forum (rechts) in der digitalen Rekonstruktion des römischen Köln, »Colonia3D«, 2010.

Wie dieser vergleichende Überblick zeigte, unterscheidet sich die Arbeit von Lengyel und Toulouse grundlegend von den anderen hier vorgestellten 3D-Projekten. Dies betrifft vor allem die visuelle Gestaltung, die didaktische Aufbereitung und die zugrundeliegende Forschung. Dadurch, dass sie auf die aktuellsten Daten und Erkenntnisse aus der Domgrabung zugreifen konnten, hatten sie eine verlässliche Informationsgrundlage zu Verfügung. Zudem wirkt ihre Visualisierung aufgrund der Reduktion auf das Wesentliche insbesondere gegenüber den weiteren 3D-Projekten zum Dom objektiv und seriös.

Vergleichende Analyse – Der Kölner Dom im Bild

Nachdem hier die Arbeit der Berliner Architekten anderen 3D-Projekten des Kölner Doms und der römischen Stadt gegenübergestellt wurde, erfolgt nun ein Vergleich mit Visualisierungen, die Rekonstruktionen der Kirchen auf Basis von Grabungsbefunden zeigen. Diese wurden im Rahmen oder in der Folge von archäologischen Ausgrabungen nach Ende des Zweiten Weltkriegs angefertigt, wie bereits dargelegt wurde. Im Folgenden werden exemplarisch verschiedene Bildmedien sowie das 1950 entstandene haptische Modell des gotischen Doms herangezogen. Anhand dieser unterschiedlichen Visualisierungen sollen einerseits ein Überblick über die Darstellung von Architekturrekonstruktionen in unterschiedlichen Medien geboten und andererseits unterschiedliche Bauphasen der Kirche genauer betrachtet werden. Ziel ist es zu ergründen, wie sich die computertechnisch erstellten Bilder von den zuvor existierenden unterscheiden und inwiefern sie diesen gegenüber einen visuellen Mehrwert aufweisen.

In verschiedenen Kontexten wurden beispielsweise Rekonstruktionszeichnungen des äußeren Erscheinungsbilds des Alten Doms angefertigt. Diesen Bildern lässt sich eine Ansicht des 3D-Modells des Alten Doms gegenüberstellen 414. Alle vier Ansichten zeigen das Gebäude aus der Vogelperspektive, teils den vollständigen Baukörper, teils nur den westlichen Teil in Abhängigkeit des jeweils wiedergegebenen Zeitabschnitts. Ihnen allen gemein ist die Darstellung der nahe gelegenen Stadtmauer. Jedoch variiert sowohl die Blickrichtung als auch der Blickwinkel auf die Architektur, sodass bestimmte Details, wie das westliche Giebelfeld des Langhauses, nicht in jeder Ansicht komplett sichtbar sind. In den zeichnerischen Rekonstruktionen ist der urbane Kontext ausgeblendet, lediglich die Stadtmauer gibt darin einen Hinweis auf die Verortung des Doms. Dieser ist darin als Solitär im Zentrum der Ansicht, das ihm zugehörige Atrium ist in allen Zeichnungen nur angeschnitten im Bild. Hingegen wurde in die digitale Visualisierung der vollständige Baukomplex der Kirche mitsamt der umgebenden städtischen Bebauung aufgenommen. Dies ermöglicht dem Betrachter, den architektonischen Umfang des sakralen Bauwerks wahrzunehmen und dessen bauliche Dimensionen im Verhältnis zu den umliegenden Häusern einzuschätzen.



□ 414

Visualisierung des Alten Doms in Köln aus der Vogelperspektive: Rekonstruktionszeichnung, Walter Wegener, 1950 (oben links); Rekonstruktionszeichnung, um 1951 (oben rechts); Rekonstruktionszeichnung (Zustand um 1248/1251) nach einer Grundidee von Arnold Wolff, zeichnerisch bearbeitet vom Ingenieurbüro »Fitzek/Pancinik« und F. Spangenberg, 2008 (unten links); digitale Visualisierung (Zustand um 1025), Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:20, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (unten rechts).

In den Zeichnungen werden durchwegs keine realistischen Beleuchtungssituationen wiedergegeben. Nur vereinzelt finden sich Schattierungen, die auf einen Lichteinfall hinweisen, jedoch wurden beispielsweise keinerlei Schlag- schatten dargestellt. Im Gegensatz dazu weist die digitale Visualisierung des Alten Doms eine eindeutige Lichtquelle auf, die entsprechende Schatten erzeugt. Diese Ansicht wirkt dadurch realistischer, wobei anhand der Grautöne und der schematischen Wiedergabe des urbanen Kontexts der hypothetische Charakter der Darstellung dennoch gewahrt bleibt. Abschließend ist noch festzuhalten, dass die digitale Visualisierung den aktuellen Stand der Forschung wiedergibt, während die hier vorgestellten Rekonstruktionszeichnungen den jeweils zur Zeit ihrer Entstehung gültigen Wissensstand repräsentieren.

In dem 1950 von Hans Boffin realisierten haptischen Modell ist der gotische Dom zu sehen wie er seit 1520 über Jahrhunderte hinweg als Baustelle in Köln existierte. Diese Phase ist auch Teil der digitalen Visualisierung ^[415]. Beide Darstellungen bieten einen Blick auf das jeweils mittig platzierte Bauwerk und zeigen auch sämtliche die Kirche umgebenden Häuser. Im farbig gefassten Modell sind alle Gebäude mit vertieft gearbeiteten Fenster- und Türöffnungen dargestellt. Es finden sich zudem zahlreiche architektonische Details wie Fensterrahmen und -läden, Lisenen, Zinnen, Dachgauben. Diese Darstellungsweise erweckt den Eindruck, es handle sich um eine realistische Wiedergabe des Doms und seiner Umgebung. Inwiefern diese Darstellung tatsächlich der Realität entspricht, kann mangels fehlender Angaben zur Modellerstellung hier nicht beurteilt werden und müsste daher noch gesondert überprüft werden. ¹⁶³³ Demgegenüber wurde in der digitalen Visualisierung zwar der Dom sehr detailreich dargestellt, jedoch erscheint die umliegende Bebauung nur in schematischer Weise. Durch den Unterschied des Detaillierungsgrads wird hier auf einen Blick deutlich, dass für die Kirche entsprechende Quellen für die Rekonstruktion vorlagen und die Nachbarbauten lediglich die städtische Bebauung andeuten sollen. Zudem liegt durch diese Darstellungsweise der Fokus eindeutig auf dem Dom, während das Bauwerk in dem haptischen Modell zwar mittig angeordnet, aber durch die umgebenden, detailliert dargestellten Häuser nicht unmittelbar im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit steht.

■ 1633

Arnold Wolff machte keine Angabe zur Detailgenauigkeit des Modells. Vgl.: Wolff 1986, Legende F 20, S. 109.

■ 1634

Vgl. Ristow 2002.

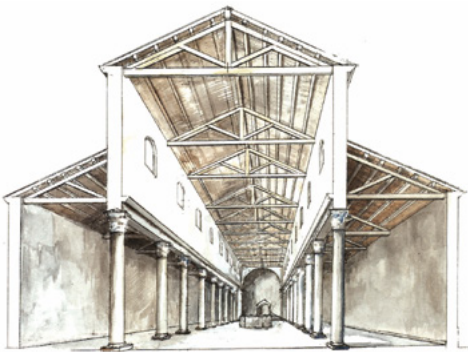


□ 415

Rekonstruktion des gotischen Doms als Baustelle: farbig gefasstes Modell des Kölner Doms mit Zustand um 1780, Hans Boffin, ca. 1925 (links); digitale Visualisierung des Kölner Doms um 1520, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 7:20, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).

An diese vergleichenden Untersuchungen der Darstellung des äußeren Erscheinungsbilds des Alten Doms beziehungsweise des gotischen Doms schließt sich nun eine Betrachtung von Visualisierungen des Innenraums unterschiedlicher Bauphasen an. In seiner 2002 erschienenen Buchpublikation untersuchte der Archäologe Sebastian Ristow die Vorgängerkirchen des Kölner Doms. ¹⁶³⁴ Darin ergänzt er beispielsweise seine Ausführungen zum Kirchenbau

des 6. bis 7. Jahrhunderts mit einer Zeichnung des Innenraums ^[416]. Diese ist farbig ausgeführt und zeigt einen Nord-Süd-Schnitt durch das Gebäude. Die Blickachse befindet sich etwas rechts von einer imaginären Mittellinie. Demgegenüber haben die Architekten eine fotografisch anmutende Ansicht des Innenraums erschaffen. Hier ist der Betrachterstandpunkt in der Mitte, wodurch das Bild einen stark symmetrischen Aufbau erhält. Darin wird zudem die Lichtsituation relativ realistisch simuliert, wohingegen in der Zeichnung keine eindeutige Lichtquelle erkennbar ist. Lediglich einige Partien der Seitenschiffe scheinen verschattet zu sein, was durch eine grau-braune Färbung der Wände angedeutet wird. Bis auf die Latten des Dachs sind sämtliche Elemente der Zeichnung weiß gehalten und anhand von schwarzen Umrisslinien definiert. Demgegenüber wirkt die digitale Visualisierung sehr ruhig, da sie eine homogene Farbgebung in Graustufen aufweist.



□ 416

Visualisierung des Innenraums der zweiten Bischofskirche um das 6. bis 7. Jahrhundert: Rekonstruktionszeichnung, Zsolt Vasáros, 2002 (links); digitale Visualisierung, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).

Im direkten Vergleich der beiden Ansichten erscheint die Zeichnung als skizzenhafte Rekonstruktion, der eine künstlerische Handschrift zugrunde liegt, und die computertechnisch erzeugte Arbeit wirkt wie eine Fotografie eines Gipsmodells. In der Zeichnung befindet sich der Betrachter explizit außerhalb des Gebäudes, das durch den Nord-Süd-Schnitt als Zeichnung entlarvt wird. Hier wird ein distanzierter Blick auf die offensichtlich rekonstruierte Kirche gezeigt. Hingegen ist der Standpunkt des virtuellen Besuchers des 3D-Modells inmitten des Kirchenraums positioniert und ermöglicht dadurch ein immersives Raumerlebnis. Die digitale Visualisierung ist zwar nur mit wenigen Details ausgestattet und erscheint als Hypothese, dennoch ist es vorstellbar, dass es sich hier um ein tatsächlich errichtetes Bauwerk handelt und sei es »nur« ein fotografisch festgehaltenes Gipsmodell. Insofern bieten die beiden Darstellungsmethoden verschiedene Raumerlebnisse mit unterschiedlich realistisch anmutendem Erscheinungsbild bei Offenlegung des darstellenden Mediums (Zeichnung) beziehungsweise der Schaffung einer räumlichen Illusion (digitale Visualisierung).

Auch der Innenraum der zweiten Kölner Bischofskirche wurde vor der digitalen Visualisierung 2010 beispielsweise in malerischer Form wiedergegeben. Der ehemalige Dombaumeister Willy Weyres publizierte 1987 im Rahmen seines Buchs **Die vorgotischen Bischofskirchen in Köln** eine kolorierte Zeichnung, die das Mittelschiff der Kirche wiedergibt. ¹⁶³⁵ Die Farbigkeit erinnert an die Darstellung des Alten Doms im Hillinus-Codex. Stellt man die Zeichnung der digitalen Visualisierung gegenüber, erscheint sie auf den ersten Blick als die farbige Entsprechung des in Grautönen gehaltenen 3D-Modells ^[417]. Beide

■ 1635

Vgl. Weyres 1987, S. 197, Abb. 156.

■ 1636

Vgl. ebd. u. Abschnitt zum Lichteinfall in diesem Kapitel.

■ 1637

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 36.

Visualisierungen geben den Blick in Richtung Westchor wieder. **1636** Zudem weisen sie die gleichen architektonischen Elemente auf, die in der Zeichnung anhand der farbigen Gestaltung näher spezifiziert sind. So findet sich darin eine detailreich anmutende Ausschmückung der Decke, eine differenzierte Darstellung von Bodenfliesen im Bildvordergrund sowie angedeutete Wandmalereien in der Apsis. Der Lichteinfall erfolgt wie in der digitalen Visualisierung von Süden, was anhand hellerer und dunklerer Wandpartien abzulesen ist.



□ 417

Visualisierung des Innenraums des Alten Doms in Köln in Richtung Westen: in malerischer Ausführung, Willy Weyres, 1987 (links); als digitale Visualisierung, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).

Neben der Kolorierung fällt noch ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Rekonstruktionen auf: der Bildausschnitt. Zwar befindet sich in beiden der virtuelle Betrachter auf der Mittelachse, jedoch ist seine Position im Verhältnis zum Chor verschieden angeordnet. Während er in der gezeichneten Kirche im Mittelschiff steht, ist er im 3D-Modell in das Querschiff zurückgerückt. Auf diese Weise erhält der Betrachter der digitalen Visualisierung zusätzliche Informationen zu weiteren architektonischen Details des Alten Doms wie dem Podest im östlichen Bereich der Kirche und zu den mit Rundbögen eingeleiteten Seitenschiffen. In der Buchpublikation zur 3D-Modellierung wird explizit darauf hingewiesen, dass der Dom eine prächtige Ausschmückung aufwies, auch wenn die darin gezeigten, in Grautönen gehaltenen Visualisierungen dies nicht andeuten. **1637** In der kolorierten Zeichnung hingegen finden sich entsprechende Hypothesen zur Ausstattung, allerdings sind diese optisch nicht als solche gekennzeichnet. Insofern bietet das 3D-Modell sozusagen eine objektivere Ansicht des Innenraums des Alten Doms mit Fokus auf der architektonischen Gestaltung, die gleichzeitig eine weitaus reduziertere Darstellung ist.

Bedeutung und Einordnung des Projekts

Die abstrahierte Darstellungsweise kann insgesamt als Grundsatz identifiziert werden, der für die gesamte Arbeit von Lengyel und Toulouse Gültigkeit hat. Wie gezeigt werden konnte, beruhen ihre 3D-Modelle auf wissenschaftlich fundierten Hypothesen, die jeweils den Dreh- und Angelpunkt des Konzepts der Berliner Architekten bilden: »Unsere Arbeitsmethode besteht in der Übersetzung der archäologischen Hypothesen in architektonische Gestaltung, oder in anderen Worten, im auf architektonische Weise visuellen Nachvollziehen der archäologischen Argumentation.« **1638** Diese konsequente Herangehensweise wurde besonders im Vergleich mit zeichnerischen, malerischen und haptischen

■ 1638

Lengyel/Toulouse 2013, S. 329.

sowie weiteren digitalen Rekonstruktionen deutlich. Denn diese Arbeiten wendeten andere Methoden für die Visualisierungen an und kamen daher zu anderen Ergebnissen im resultierenden Bild wie auch Objekt. Im Hinblick darauf und im Vergleich zu sämtlichen weiteren 3D-Projekten, die in der vorliegenden Arbeit bereits analysiert wurden, sticht das Projekt zum Kölner Dom und seiner Vorgängerbauten hervor, da sich die beiden Architekten bewusst von üblichen Gestaltungsweisen absetzen. Es ist ihnen wichtig in sich konsistente Bilder zu erzeugen, in denen bewusst darauf verzichtet wurde, sozusagen fremde Elemente wie Grundrisse oder Fotografien in das 3D-Modell zu integrieren. **1639**

■ 1639

Vgl. dazu auch Lengyels Ausführungen im Interview: [Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 5](#).

Allerdings zeigen sie in der hier untersuchten Visualisierung jeweils nur eine Hypothese zu einem bestimmten Thema, alternative Vermutungen wie beispielsweise zur Bauphase des 7. und 8. Jahrhunderts, werden allenfalls vom Sprecher erwähnt, aber nicht visuell wiedergegeben. Auch bestimmte Details wie das Fußbodenmuster, das im Hillinus-Codex dargestellt ist, fanden nicht Eingang in die Visualisierung. Möglicherweise haben diesbezüglich Schock-Werner und Ristow Vorgaben zum Inhalt gemacht. Für den Betrachter wäre es interessant gewesen, auch die Alternativen und Details konkret vor Augen zu sehen.

Da die von Lengyel und Toulouse realisierten Ansichten aufgrund des Weglassens von fotorealistischen Texturen teils relativ abstrakt wirken, ist es besonders wichtig, diese einem Betrachter gegenüber auch entsprechend zu erklären. So liefert einerseits der Sprecher im Film **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** Informationen und andererseits die zugehörige umfangreiche Buchpublikation der Architekten mit dem gleichen Titel. Dies sind zwei wesentliche Elemente, die für eine umfassende Rezeption der Arbeit essentiell sind. Zudem gewährleisteten diese Veröffentlichungen in unterschiedlichen Medien die Zugänglichkeit dieser Arbeit auch in Zukunft.

Dem hier vorgestellten Projekt kommt auch im Hinblick auf die Forschung Bedeutung zu: Die Arbeit an der digitalen Visualisierung der Vorgängerbauten des Kölner Doms konnte in verschiedenen Bereichen wissenschaftliche Erkenntnisse zur Erforschung der Bauwerke beisteuern, wie bereits dargelegt wurde. Obwohl das Projekt nicht mit dem Ziel neue Erkenntnisse zu generieren initiiert wurde, konnten dennoch im Verlauf der Arbeit wichtige Beiträge zur Forschung geliefert werden. Dies unterstreicht das große Potential digitaler Rekonstruktionen historischer Architektur als Forschungswerkzeug zu dienen.

Eine weitere Erkenntnis, die auch im Hinblick auf andere 3D-Projekte Gültigkeit hat, betrifft die Wahrnehmung und Rezeption von ebensolchen Arbeiten innerhalb der Wissenschaftscommunity: Der in diesem Kapitel vorgenommene Überblick über weitere digitale 3D-Rekonstruktionen des Kölner Doms zeigte, dass innerhalb von zehn Jahren unterschiedliche Projekte entstanden, die scheinbar nicht aufeinander aufbauten oder auch nur aufeinander Bezug nahmen. Denn in den jeweils neueren Arbeiten fehlen jegliche Hinweise auf die bereits vorhandenen 3D-Modelle, obwohl sie alle in einem relativ engen persönlichen Umkreis entstanden und insofern bekannt gewesen sein müssten. Die Tatsache, dass auf vorhergehende Arbeiten oftmals kaum oder wie hier überhaupt kein Bezug genommen wird, kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden: Zum einen sind möglicherweise insbesondere frühe 3D-Projekte aufgrund weniger Publikationen kaum bekannt. Zum anderen beabsichtigen die

Ersteller aktueller Rekonstruktionen sich explizit **nicht** in eine Reihe vorangegangener Arbeiten zu stellen. Die Gründe hierfür können vielfältig sein, denkbar wäre: Das eigene Projekt soll als einzig existierendes wahrgenommen werden, man möchte vermeiden, sich gegenüber vorherigen Arbeiten erklären und vielleicht sogar verteidigen zu müssen, es soll kein Verdacht auf Redundanzen aufkommen und Ähnliches. So erklärte beispielsweise Lengyel in einem Gespräch mit der Autorin im September 2016, dass er die CD-Rom aus dem Jahr 1998 nicht kannte und ihm am Anfang des Projekts gesagt wurde, es gäbe keine guten oder nennenswerten 3D-Rekonstruktionen des Kölner Doms und er brauche nicht danach zu suchen. Wie gezeigt wurde, existierten jedoch sehr wohl schon vor 2010 verschiedene digitale Modelle der Kirche, die auch auf wissenschaftlichen Grundlagen erarbeitet wurden. Es wäre wünschenswert gewesen auf diese Tatsache zumindest in der Buchpublikation aufmerksam zu machen, um noch einmal deutlicher darzustellen, welchen großen Mehrwert an Erkenntnis und damit an Gewinn für die Forschung die von Lengyel und Toulouse in Zusammenarbeit mit Schock-Werner und Ristow realisierte Arbeit zum Kölner Dom und seiner Vorgängerbauten bietet.

Zuletzt sei kurz auf die Besonderheit der hier analysierten Visualisierung eingegangen: Die Architekten vertreten den Grundsatz, keine perspektivisch verzerrten Ansichten ihrer digital modellierten Bauwerke zu erzeugen. Die Bilder, die auf diese Weise entstehen, entsprechen klassischer Architekturfotografie, die Gebäude dokumentarisch festhält. Wie bereits erwähnt sprechen Lengyel und Toulouse hier von virtueller Fotografie. Dies unterscheidet sie stark von sämtlichen anderen 3D-Projekten, die in der vorliegenden Arbeit vorgestellt wurden und zeichnet sie aus. Die beiden Architekten haben hier eine Gesamthypothese zum Kölner Dom und seiner Vorgängerbauten visualisiert. Ihr Konzept fokussiert sich auf das differenziert dargestellte architektonische Detail, im Gegensatz zu anderen methodischen Ansätzen zur Hypothesendarstellung, wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausführlich dargelegt wird.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

6.4 Offene Potentiale

In den vorangegangenen Kapiteln, die sich den Entwicklungen im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur in den 2000er-Jahren widmeten, konnte deren fortschreitende Etablierung in der Wissenschaftscommunity festgestellt werden. Dies zeigte sich nicht zuletzt in der Initiierung und Durchführung zahlreicher EU-Projekte, in deren Zentrum die Erstellung und Präsentation sowie das öffentliche Zurverfügungstellen von 3D-Rekonstruktionen historischer Artefakte standen. Hinsichtlich der Themen zeigte sich jedoch ein wichtiges Desiderat in EU-Projekten: Kulturelles Erbe bezog sich darin bislang immer auf bestehende Architektur und Monumente, hingegen wäre es essentiell, historische Bauwerke, die nicht mehr existieren, zukünftig in den Fokus von digitalen Rekonstruktionen zu nehmen.

Die EU-geförderte Online-Plattform **Europeana** verfügt über ein großes Potential, als zentrales Repositorium für wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle historischer Architektur zu dienen. Denn bislang existiert ein solches nicht. Hierfür wären teilweise Ergänzungen im Hinblick auf Funktionsweisen in **Europeana** notwendig, um die Plattform als für Wissenschaft und Forschung relevantes Archiv zu etablieren. So sollte die Durchsuchbarkeit, Auffindbarkeit von 3D-Projekten und allgemeine Bedienbarkeit substantiell verbessert und gezielt auf die Bedürfnisse von Wissenschaftlern ausgerichtet werden.

Im vorangegangenen **Kapitel 6.1** (→ 447) und **Kapitel 6.2** (→ 469) konnte aufgezeigt werden, dass im Bereich der Ersteller und Auftraggeber (Geisteswissenschaften, Archäologie, Museen) die Langzeitarchivierung von 3D-Modellen bis heute wenig thematisiert wird. Allerdings ist das Thema im Kontext von Bibliotheken und Archiven seit den 1990er-Jahren virulent und in der Informatik wurden bereits mögliche Lösungsstrategien wie Emulation und technische Standards erarbeitet. Scheinbar fehlt zum einen bei den Geisteswissenschaften das Bewusstsein für die Dringlichkeit der Langzeitarchivierung von digitalen Rekonstruktionen historischer Artefakte und zum anderen auch der Know-How-Transfer von der Informatik zu den Geisteswissenschaften. Hier besteht akuter Handlungsbedarf in Aufklärungs- und Entwicklungsarbeit. Ein Vorschlag wäre, wichtige nationale und supranationale Fördergeber wie die EU-Kommission in die Pflicht zu nehmen und Strategien zur standardisierten Implementierung von Langzeitarchivierungslösungen von sowohl bestehenden als auch zukünftigen 3D-Modellen zu entwickeln.

Zu diesem Kontext zählen auch Fragen zur Nachhaltigkeit der Datensicherung, Kompatibilität und medialen Zugänglichkeit. Insbesondere auf Letzteres wurde im Rahmen der Analysen einzelner 3D-Projekte in den jeweiligen Kapiteln bereits eingegangen, wobei sich teils große Unterschiede zeigten im Hinblick darauf, wie auf die digitalen Rekonstruktionen heute noch zugegriffen werden kann. Sowohl für die Erhaltung des digitalen kulturellen Erbes als auch dessen Erforschung ist es notwendig zukünftig Archivierungsstrategien zu erarbeiten.

Hier bieten die in der **London Charter** und den **Seville Principles** aufgestellten Richtlinien erste wichtige Ansätze, sich diesem Thema sowie weiteren wesentlichen Fragen wie der Dokumentation des Erstellungsprozesses und der Hypothesendarstellung zu stellen und Impulse für die Forschung zu geben. Eine selbstverständliche Umsetzung der vorgeschlagenen Richtlinien in 3D-Projekten hat sich noch nicht vollzogen. Insofern bedarf es hier weiterer Entwicklung, um Wissenschaftlern deren Bedeutung und Relevanz in den verschiedenen Fachdisziplinen zu verdeutlichen.

In der Analyse des 3D-Projekts zum Kölner Dom konnte eine individuelle Strategie zur visuellen Auszeichnung von Hypothesen exemplarisch aufgezeigt und detailliert untersucht werden. Der Blick auf andere 3D-Projekte, die Hypothesen in digitalen Modellen anhand bestimmter Farbskalen, Annotationen oder hybriden Formen bestehend aus fotorealistischen und abstrakten Elementen kennzeichneten, weist auf die große Bandbreite der Möglichkeiten hin, die noch lange nicht ausgeschöpft ist. Vor allem ist es aber notwendig in der Wissenschaftscommunity das Bewusstsein zu schärfen, dass dies wichtige Verfahren zur Kennzeichnung von Hypothesen sind, um 3D-Modelle als wissenschaftlich auszuzeichnen und sie damit auch als Forschungswerkzeuge zu etablieren.

Im Bereich der Technik konnten VR- und AR-Anwendungen als sich zunehmend etablierende und zukünftig weiter auszubauende Potentiale für die Wissensvermittlung und Präsentation sowie als Forschungswerkzeuge im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur identifiziert werden.

Mit der noch am Anfang der Anwendung im Kulturerbebereich stehenden Methode (**Historic**) **BIM** erwächst ein Forschungswerkzeug für die Rekonstruktion von historischer Architektur, das zukünftig sein Potential noch weiter entfalten wird – im Hinblick auf die Darstellung von Bauphasen, Visualisierung von Varianten, Ausgabe der Informationen in unterschiedlichen Formaten und der Möglichkeit zu kollaborativem Arbeiten.

Nicht zuletzt kann mit dieser Methode noch eine immense Vielzahl an historischen Gebäuden digital rekonstruiert werden. Denn bislang wurde erst ein kleiner Bruchteil an bedeutender Architektur wissenschaftlich 3D-modelliert. Hier besteht ein großes Potential – insbesondere für die Kunstgeschichte – in diesem Feld aktiv zu werden. Denn wie in den vorangegangenen Kapiteln ersichtlich wurde, können 3D-Modelle als erkenntnisgenerierende Forschungswerkzeuge eingesetzt werden und damit die Erforschung historischer Architektur maßgeblich bereichern.

Mit dem Aufzeigen von noch auszuschöpfenden Potentialen für die wissenschaftliche digitale Rekonstruktion von historischer Architektur schließt der vollzogene Überblick zur Entwicklung und Kontextualisierung von 3D-Modellen historischer Architektur. Im nun folgenden **Kapitel 7** (→ **563**) steht deren Analyse und kritische Reflexion im Fokus der vergleichenden Untersuchung.

Kapitel 7
→ Analyse und kritische Reflexion – Digitale
3D-Modelle historischer Architektur im
Vergleich

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

7.1 Der Untersuchungsgegenstand – Themen, Entstehungskontexte von 3D-Rekonstruktionen und Rezeption

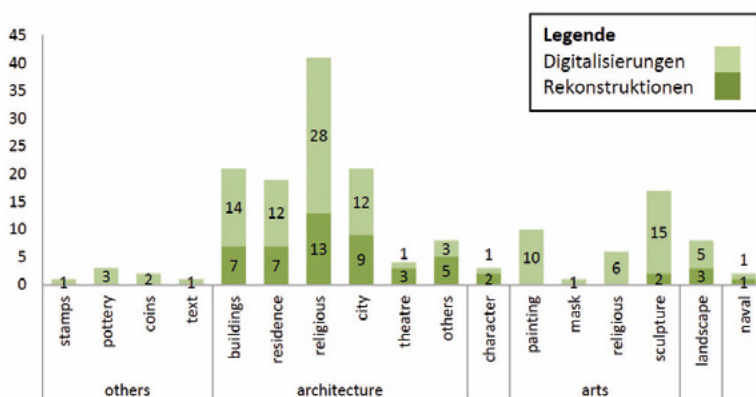
Das vorliegende sowie das nachfolgende Kapitel widmet sich einem Vergleich der neun zuvor detailliert untersuchten 3D-Projekte sowohl auf inhaltlicher – **Kapitel 7.1** (→ 565) – als auch auf visueller Ebene – **Kapitel 7.2** (→ 573). Hierzu werden auch Initiativen, die in den Überblickskapiteln vorgestellt wurden, herangezogen.

Themen

Die in den vorangegangenen Kapiteln dargelegte Entwicklung und Kontextualisierung von Projekten zur digitalen 3D-Rekonstruktion historischer Architektur in Forschungslandschaften und Diskursen bietet zugleich einen Überblick über die in 3D-Modellen dargestellten Objekte. Diese Übersicht wurde aus kunsthistorischer Perspektive erstellt, weshalb der Fokus auf Gebäuden von frühchristlicher Architektur bis Bauten des 20. Jahrhunderts liegt und antike Bauwerke nur am Rande erwähnt werden. Durch diese fachspezifische Auswahl zeigte sich, dass seit den Anfängen in den 1980er-Jahren vielfach sakrale Bauten wie Kirchen und Synagogen Gegenstand von 3D-Projekten waren. Auch Sander Münster stellt in seiner 2014 veröffentlichten Dissertation fest, dass im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur vornehmlich Sakralbauten zu finden sind [418]. 1640 Grundlage seiner Untersuchung waren englischsprachige Konferenzbeiträge und Projektberichte aus einschlägigen Publikationen der Jahre 2000 bis 2010. 1641

■ 1640
Vgl. Münster 2014, S. 130.

■ 1641
Vgl. ebd., S. 122-124.



□ 418
Statistische Auswertung von in 3D-Rekonstruktionen (dunkelgrün) und Digitalisierungen (hellgrün) vorgefundenen Objekttypen auf Basis einer bibliometrischen Analyse, einschlägiger, zwischen 2000 und 2010 publizierter Konferenz- und Projektberichte, Sander Münster/TU Dresden, 2014.

Einen möglichen Grund für den identifizierten thematischen Schwerpunkt von Sakralbauten nennt Münster nicht. Denkbar wäre anzunehmen, dass vor allem Kirchen und Synagogen ausgewählt wurden, weil es sich dabei um prestigeträchtige, kulturell und sozialhistorisch bedeutende Gebäude handelt. Darüber hinaus sind sie meist bereits gut erforscht beziehungsweise es liegen zu ihnen potentiell relevante Quellen vor. Sowohl für Wissenschaftler als auch für ein breites Publikum, sei es die allgemeine Öffentlichkeit oder die Anwohner des betreffenden Ortes, stellen sie eine lokal prägende und oft auch identitätsstiftende Architektur dar. In Abgrenzung zu anderen Bauwerken, wie Schloss- und Burganlagen, die zwar auch sämtliche zuvor genannten Charakteristika aufweisen, sind Schlösser und Burgen sehr komplexe Architekturen. Aus vielen Einzelbauwerken zusammengesetzt ergeben sie ein Baugesfüge und sind daher weit weniger einfach zu modellieren. So findet sich eines der ersten 3D-Projekte, das ein renaissancezeitliches Schloss rekonstruierte, erst Mitte der 1990er-Jahre ⁴¹⁹. ¹⁶⁴² Das in den West Midlands im Vereinigten Königreich gelegene und nur mehr in Ruinen erhaltene Dudley Castle wurde 1994 3D-modelliert, um den Gästen des Besucherzentrums vor Ort in Form eines interaktiven virtuellen Rundgangs präsentiert werden zu können.

■ 1642

Zur Rekonstruktion von Dudley Castle vgl.: Boland/Johnson 1996; Messemer 2016 (*The Beginnings of Digital Visualization*), S. 35–36.



□ 419

Dudley Castle, erbaut von Sir William Sharrington um 1550: heutiger Ruinenzustand (links) und 3D-Rekonstruktion von Peter Boland und Colin Johnson, 1994 (rechts).

■ 1643

Vgl. Kapitel 3.3 (→ 125) und Kapitel 4.3 (→ 233). Immerhin kostete die Erstellung des 3D-Modells von Cluny III rund 200.000 DM (ca. 102.260 €). Vgl. Appendix 1.2 (→ 615), Cluny III (1989).

■ 1644

Vgl. Kapitel 3.1 (→ 065).

In der Gegenüberstellung des heutigen Zustands der nur als Ruine erhaltenen Schlossanlage und der 3D-Rekonstruktion des einstigen Zustands wird deutlich, welchen Mehrwert letzteres bietet. Das texturierte 3D-Modell liefert einen realistisch anmutenden Eindruck der ehemaligen Erscheinungsweise des gesamten Bauwerks, unterstützt durch die integrierte Lichtsimulation mit resultierendem Schattenwurf.

Der Rechen- und Zeitaufwand, der in den 1980er- und frühen 1990er-Jahren in die digitale Rekonstruktion von Bauwerken investiert wurde, war enorm, auch im Hinblick auf die dabei entstehenden Kosten. Insofern bot es sich wohl an, sich zunächst sakralen Einzelbauwerken zu widmen wie beispielsweise Cluny III, das 1989 erstmals digital rekonstruiert wurde, oder die Dresdner Frauenkirche, die 1993 3D-modelliert wurde, auch wenn diese teils nicht minder komplex waren als Schlossanlagen. ¹⁶⁴³

Dennoch finden sich in den 1980er-Jahren auch andere Gebäudetypen in digitalen Rekonstruktionen wie Theater, Burgen und antike Bäderanlagen. ¹⁶⁴⁴ Erste digitale 3D-Modelle, die komplette Städte oder Teile von Orten visualisierten, entstanden um 1990. Als eines der frühesten ist das Projekt zu Heusden in

■ 1645

Vgl. ebd.; Messemer 2016 (*The Beginnings of Digital Visualization*), S. 31–32. Ein weiteres digitales Stadtmodell, das etwas später an der University of Strathclyde realisiert wurde, entstand um 1995 und stellte Edinburgh im 16. Jahrhundert dar, vgl. [Kapitel 4.1](#) (→ 165). Das in den 1990er-Jahren online gestellte, interaktive digitale Stadtmodell von Glasgow wird in [Kapitel 4.1](#) (→ 165) vorgestellt.

■ 1646

Vgl. [Kapitel 4.1](#) (→ 165); Messemer 2018.

■ 1647

Vgl. [Kapitel 4.1](#) (→ 165); [Kapitel 5.1](#) (→ 301); Messemer 2016 (*The Beginnings of Digital Visualization*), S. 36–38.

■ 1648

Vgl. Frischer 2014, S. 156.

■ 1649

Ebd.

■ 1650

Vgl. [Kapitel 4.2](#) (→ 193) zu den spätgotischen Gewölben und [Kapitel 6.2](#) (→ 469), in dem das Projekt zum Dresdner Zwinger vorgestellt wird.

■ 1651

Zum 3D-Projekt an der TU Darmstadt vgl. [Kapitel 5.3](#) (→ 367).

den Niederlanden zu nennen, das zwischen 1989 und 1993 von Patricia Alkhoven realisiert wurde. [1645](#) Auch im Bereich der Stadtplanung wurden die Möglichkeiten von CAD interessant, wie exemplarisch die am ESC durchgeführte 3D-Modellierung von Manhattan 1993 zeigt. [1646](#) 1995 entstand schließlich das Langzeitprojekt **Rome Reborn** zur digitalen Rekonstruktion des antiken Roms zu bestimmten Zeitpunkten in der Stadtgeschichte. [1647](#) Derartig umfangreiche Darstellungen verlangen eine große Rechen- und Speicherkapazität, wodurch sich erklärt, dass in der Frühphase digitaler Rekonstruktionen derlei Projekte nicht anzutreffen sind.

Bei der Erstellung von digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur spielt auch der Zeitpunkt oder Zeitraum, der in 3D-Modellen dargestellt wird, eine wesentliche Rolle. Bernard Frischer unterscheidet hier zwei grundsätzliche Ziele, die mit der Modellerstellung verfolgt werden: entweder die Wiedergabe des aktuellen Zustands eines Bauwerks oder dessen Erscheinungsweise zu einem früheren Zeitpunkt. [1648](#) Im Falle von Letzterem sieht Frischer die Tendenz vor allem den Bauzustand »when it was first created« [1649](#) darzustellen. Hinzuzufügen ist aber noch eine dritte Variante: die 3D-Modellierung von noch nie realisierten Architekturentwürfen, wie im Falle des 3D-Projekts zu den spätgotischen Gewölben oder den beiden Entwürfen des Dresdner Zwingers, die nicht gebaut wurden. [1650](#)

Im Hinblick auf die in den Analysen der 3D-Projekte gewonnenen Erkenntnisse ist hingegen festzustellen, dass die maximale Ausbaustufe eines Gebäudes oft mit dem Zustand vor dessen Zerstörung zusammenfällt, obwohl in Realität diese beiden Zeitpunkte weit auseinander liegen können, wie bei Cluny III. Allerdings existieren oftmals nur wenige Quellen, weshalb weder eine Rekonstruktion des gesamten Zeitraums von der Errichtung bis zur Zerstörung noch diejenige eines Zustands zu einem bestimmten Zeitpunkt möglich ist. Stattdessen kann meist nur ein vermuteter Zustand visualisiert werden, der ein Hybrid darstellt, zusammengesetzt aus Informationen unterschiedliche Zeitpunkte betreffend. So lagen beispielsweise für sämtliche Synagogen in Deutschland, die an der TU Darmstadt digital rekonstruiert wurden, zwar historische Pläne, Fotografien und Zeichnungen vor, diese waren jedoch unterschiedlichen Datums. [1651](#) Zudem führte Marc Grellert Interviews mit Zeitzeugen, die ihre persönlichen Wahrnehmungen schilderten und daher nicht eindeutig datierbar sind. Aus diesen heterogenen Quellen, die Informationen über einen längeren Zeitraum hinweg dokumentieren, wurden die Synagogen letztendlich rekonstruiert. Daher kann in diesen Fällen keine Aussage darüber gemacht werden, welcher Zeitpunkt in der Baugeschichte des Gotteshauses im 3D-Modell nun tatsächlich visualisiert ist.

Insofern kann das Ziel eines 3D-Projekts zwar die Darstellung der maximalen Ausbaustufe eines Bauwerks sein, aber im Laufe des Rekonstruktionsprozesses kann sich anhand einer heterogenen Quellenlage herausstellen, dass dieser Zeitpunkt nicht eindeutig im Modell wiedergegeben werden kann. Dieser Aspekt zur zeitlichen Uneindeutigkeit der Darstellung wird bislang sowohl in den jeweiligen Projektberichten als auch in der Literatur zur 3D-Modellierung kaum diskutiert.

Allerdings weisen die Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse 2013 in ihrem Aufsatz zur digitalen Rekonstruktion der Bauphasen

■ 1652

Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 334.

■ 1653

Vgl. ebd.

des Kölner Doms darauf hin, dass zwischen der Rekonstruktion des Entwurfs eines Bauwerks und der Rekonstruktion der tatsächlichen Ausführung des Baus unterschieden werden muss. **1652** Denn bei einem Entwurf und der tatsächlichen Ausführung handelt es sich mitunter um zwei äußerst verschiedene Varianten des Gebäudes. Entwürfe sind meist mit vielen historischen Quellen gut dokumentiert, während hingegen die ausgeführten und heute oft zerstörten Bauten teils weniger gut mit Dokumenten belegbar sind. Im Falle des Kölner Doms ließen sich beispielsweise die Architekturentwürfe aufgrund der vorliegenden archäologischen Hypothesen mit größerer Sicherheit rekonstruieren als die jeweils tatsächlich ausgeführten Bauten. **1653** Eine visuelle Unterscheidung im 3D-Modell, die auch die Quellenlage reflektiert, machten die beiden Architekten allerdings nicht.

Entstehungskontexte

Die Entstehungskontexte von 3D-Rekonstruktionen historischer Architektur sind sehr heterogen, was die Auswahl der detailliert analysierten 3D-Projekte widerspiegelt. Zum Teil dienten die digitalen Modelle der Visualisierung neuer Forschungsergebnisse (Old Minster in Winchester), zur öffentlichen Präsentation in Film, Fernsehen, Ausstellung (Old Minster, Cluny III, Santa Maria Maggiore in Rom, Synagoge in der Glockengasse in Köln, Kölner Dom), zur erstmaligen räumlichen Darstellung von Entwürfen (spätgotische Gewölbe), zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Wichtigkeit des realen Wiederaufbaus (Dresdner Frauenkirche), zur interaktiven und didaktischen Wissensvermittlung (Festspielhaus Hellerau), zur stadträumlichen Kontextualisierung im 3D-Modell nicht mehr existierender Bauwerke (Synagoge Neudeggergasse in Wien).

Die hier angeführten Aspekte stellen die wesentlichen Gründe, Motivationen, Interessen und Ausgangsfragen für die Realisierung der neun analysierten Initiativen dar. Doch spielten generell noch viele weitere eine wichtige Rolle für die Erstellung von digitalen Rekonstruktionen, wie die Überprüfung von Hypothesen, Sichtbarmachung der gesamten Baugeschichte, Unterstützung von Restaurierungsmaßnahmen, die Zugänglichmachung von bedrohten oder nicht öffentlich begehbaren Gebäuden. An diesem Überblick wird die große Vielfalt ersichtlich und damit zahlreiche Möglichkeiten auch in kunsthistorischen Forschungsprojekten digitale 3D-Modelle von historischer Architektur zu realisieren, denn bislang wurde innerhalb des Fachbereichs das Potential von 3D-Rekonstruktionen weder für den Erkenntnisgewinn, noch die Wissensvermittlung oder der Lehre ausgeschöpft, wie in den vorangegangenen Kapiteln deutlich wurde.

In den 1980er- und 1990er-Jahren entstanden wegweisende, innovative 3D-Projekte. Teilweise knapp 30 Jahre später wurden einige von ihnen sozusagen wieder aus der Schublade hervorgeholt, um sie zu verbessern, zu erneuern oder zu ergänzen. Dies geschah aus unterschiedlichen Gründen und in verschiedenen Kontexten: technische Aktualisierung der digitalen Rekonstruktion (Synagoge in der Glockengasse in Köln), neues Quellenmaterial zur inhaltlichen Aktualisierung des 3D-Modells (Synagoge Neudeggergasse in Wien), Zurverfügungstellen der ursprünglichen Visualisierung (Old Minster). Auf der einen Seite wurde es für Forscher somit interessant die Bauwerke mit neuen und verbesserten technischen Mitteln und bestenfalls auch mit ergänzten

Erkenntnissen nochmals digital zu rekonstruieren. Auf der anderen Seite werden digitale 3D-Modelle, die in den 1980er- und 1990er-Jahren entstanden sind, nun selbst zum Forschungsgegenstand, wie nicht zuletzt auch die vorliegende Arbeit zeigt. So führt auch Paul Reilly im Zusammenhang mit der erfolgten Wiederbelebung der digitalen Rekonstruktion von Old Minster an, dass ein Grund hierfür die in den letzten Jahren an ihn und seine Kollegen herangetragenen Anfragen nach dem 3D-Modell der frühen 1980er-Jahre waren. ¹⁶⁵⁴ Er führt dies auf den Zusammenhang mit dem zunehmenden Interesse an den Anfängen der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur zurück, das er in den letzten Jahren beobachtet hat. Auch die Gründung der Arbeitsgruppe **Digitale Rekonstruktion** im Rahmen der Konferenz **Digital Humanities im deutschsprachigen Raum** 2014, die derzeit einen Sammelband zu dem Themenkomplex erarbeitet, weist in diese Richtung. ¹⁶⁵⁵

Einen weiteren entscheidenden Faktor zur Modernisierung von 3D-Modellen führt Marc Grellert im Interview an:

»Generell kann man sagen, je älter eine Rekonstruktion wirkt, umso eher ist ein Publikum geneigt zu denken, dass vielleicht auch die Inhalte älter sind. Je mehr eine Rekonstruktion den Sehgewohnheiten entspricht, desto eher haben sie das Gefühl, dass es sich um ein aktuelles Projekt, also auch um aktuelle Forschung handelt.« ¹⁶⁵⁶

Er gibt zu bedenken, dass auch die Erwartungshaltung eines Publikums an 3D-Modelle ein zu beachtender Aspekt im Zusammenhang mit deren Kuratierung ist. Da der Architekt vornehmlich digitale Rekonstruktionen für Ausstellungen realisiert, steht für ihn der intendierte Betrachter im Fokus der Arbeit. Der ästhetische Eindruck im Wechselspiel mit der technischen Entwicklung wird im anschließenden Kapitel genauer betrachtet.

Rezeption

Nun sei abschließend die Rezeption digitaler 3D-Projekte in der Wissenschaftscommunity und insbesondere in der Kunstgeschichte in den Blick genommen. Anhand des historischen Überblicks beziehungsweise der Analyse exemplarisch ausgewählter, wegweisender 3D-Projekte wird deutlich, dass verschiedene Gebäude und Themen immer wieder im Fokus unterschiedlicher 3D-Modellprojekte stehen, aber in den Berichten zu den jeweils neueren die vorangegangenen kaum erwähnt werden. Dies ist beispielsweise im Fall der Klosterkirche Cluny III zu bemerken. Die erste digitale Visualisierung wurde 1989 in Bensheim realisiert und stellt den Beginn der Beschäftigung mit diesem historischen Bauwerk unter Verwendung moderner Technologien und Methoden dar. Wie bereits in **Kapitel 3.3** (→ 125) zur Analyse dieses Projekts dargelegt wurde, entstanden – beginnend mit dem Jahr 1990 – weitere digitale Rekonstruktionen von Cluny III vollkommen unabhängig von dem ersten 3D-Modell der Kirche. ¹⁶⁵⁷ Die Anlässe für diese späteren Projekte waren unterschiedlicher Art – Jahrestag der Gründung der Abteikirche, Verbesserung der Technologie, digitale Erfassung der historischen Bausubstanz, Vermittlung von Wissen an

■ 1654

Vgl. zu Reillys Einschätzung des Interesses an frühen digitalen Rekonstruktionen: Reilly/Todd/Walter, S. 33.

■ 1655

Vgl. Kuroczyński/Pfarr-Harfst/Münster 2018. Vgl. auch den Überblick zum aktuellen Forschungsstand in **Kapitel 1.3** (→ 569).

■ 1656

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 7**.

■ 1657

Vgl. **Kapitel 3.3** (→ 125).

Besucher – und lassen für die Zukunft erahnen, dass weitere digitale Rekonstruktionen nicht ausgeschlossen sind. Allerdings wird in den neuen Arbeiten jeweils nicht auf die bereits bestehenden 3D-Modelle von Cluny III hingewiesen.

In den Projektanalysen wurde deutlich, dass Verweise auf frühere 3D-Projekte, die das betreffende Bauwerk zum Gegenstand haben, äußerst selten erfolgen. Unterschiedliche Gründe könnten diese Situation begünstigen, wie sich in den vorangegangenen Untersuchungen andeutete: So scheint mangelnde Sichtbarkeit der Publikationen zu den 3D-Projekten ein wichtiger Faktor zu sein. Beispielsweise wurde die 1993 auf Deutsch erschienene Buchpublikation zu Cluny III international scheinbar nicht wahrgenommen. Hinzu kommt, dass Veröffentlichungen im Zusammenhang mit technischen Disziplinen zur Erstellung von digitalen Modellen in den Geisteswissenschaften weniger stark rezipiert werden. Zudem publizieren die an den 3D-Rekonstruktionen beteiligten Geisteswissenschaftler weit weniger zu von ihnen erarbeiteten digitalen Modellen als ihre Projektpartner aus den technischen Fächern. In der Folge führt dies zu einer eher geringen Rezeption von 3D-Projekten, insbesondere in der Kunstgeschichte.

Diese Annahme wurde von den für die vorliegende Arbeit interviewten Experten bestätigt, die für ihre Projekte kaum Reaktionen aus dem kunsthistorischen Umfeld erhielten, obwohl das rekonstruierte Bauwerk für den Fachbereich ein großes Forschungsinteresse vermuten lässt. **1658** Dies zeigte sich beispielsweise bei der digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore, zu der der einzige ausführliche Projektbericht in einem Konferenzband der **CAA (Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology)** erschien. **1659** Möglicherweise wäre das 3D-Projekt in der Kunstgeschichte besser wahrgenommen worden, wenn der maßgeblich daran beteiligte Kunsthistoriker Sible De Blaauw einen Aufsatz dazu in einer einschlägigen kunsthistorischen Publikation veröffentlicht hätte, um die Aufmerksamkeit der Fachcommunity zu erhalten.

Nicht nur Printpublikationen zu 3D-Projekten sind teils schwer zu finden, sondern auch im Internet zugängliche Videos oder zumindest Renderings und Bildschirmfotos von 3D-Rekonstruktionen, insbesondere wenn es sich um Arbeiten aus den 1980er- und den frühen 1990er-Jahren handelt, wie die einzelnen Projektanalysen zeigten. Da wie bereits verschiedentlich in der vorliegenden Arbeit festgestellt wurde, ein zentrales online-Repositorium fehlt, sind 3D-Modelle im Internet nur schwer fassbar. **1660**

Auch existieren nur wenige CD-Roms oder DVDs mit Videos oder Renderings zu 3D-Projekten, beispielsweise als Beilage von Buchpublikationen. Für den Fall, dass Datenträger vorhanden sind, stellt sich oftmals heraus, dass die darauf vorgehaltenen Dateien und Programme aufgrund mangelnder Kompatibilität nicht mehr gelesen werden können – hier besteht ein Handlungsbedarf, der in **Kapitel 6.2** (→ 469) erläutert wird.

Im Rahmen dieser Arbeit konnte festgestellt werden, dass Abbildungen der analysierten 3D-Projekte kaum in der Sekundärliteratur zum betreffenden Bauwerk gezeigt werden. Insofern offenbart sich, dass 3D-Rekonstruktionen möglicherweise noch nicht als eigenständige wissenschaftliche Publikationen anerkannt werden. Denn genau in der Reflexion von 3D-Rekonstruktionen in wissenschaftlichen Publikationen würde sich deren wissenschaftliche Anerkennung widerspiegeln. Eine der wenigen Ausnahmen war der Historiker Pierre Genée, der in der 2014 erschienenen Neuauflage seiner Monografie **Wiener**

■ 1658

Vgl. **Appendix 2.2** (→ 653), **Interview mit Paul Reilly, Frage 7**; **Appendix 2.5** (→ 669), **Interview mit Bernard Frischer, Frage 7**.

■ 1659

Vgl. **Kapitel 5.2** (→ 331); **Appendix 2.5** (→ 669), **Interview mit Bernard Frischer, Frage 7**.

■ 1660

Vgl. insbes. **Kapitel 3.3** (→ 569); **Kapitel 6.1** (→ 447); **Kapitel 6.2** (→ 469).

■ 1661

Vgl. Genée 2014.

■ 1662

Das transkribierte Interview ist im Anhang der vorliegenden Arbeit zu finden. Vgl. [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham.

Synagogen Renderings der an der TU Wien unter Leitung des Architekten Bob Martens entstandenen digitalen Modelle von Synagogen in Wien gleichwertig zu historischen Fotografien abbildete. ¹⁶⁶¹ Genée nahm also als Wissenschaftler einer anderen Fachdisziplin die 3D-Rekonstruktionen ernst und erkannte sie als wissenschaftliche Visualisierungen an.

Da es sich bei digitalen Rekonstruktionen noch um ein relativ junges Medium handelt – beispielsweise im Vergleich zur Fotografie – vollzieht sich dieser Anerkennungsprozess noch. Einen persönlichen Eindruck, der diese Phase charakterisiert, schilderte Richard Beacham der Autorin am Rande des Interviews im Juni 2017. ¹⁶⁶² So hatte er sich im Laufe seiner wissenschaftlichen Karriere als Theaterwissenschaftler einen Namen gemacht und konnte seiner Meinung nach genau dadurch 3D-Modelle realisieren, die trotz der Skepsis, die der Technik entgegengebracht wurde, ernst genommen wurden.

Abschließend ist festzustellen, dass die Kenntnis, Wahrnehmung, Analyse und Reflexion früherer digitaler Modelle eines bestimmten Bauwerks auch große Relevanz für zukünftige 3D-Projekte hat: So ist eine Auseinandersetzung mit damaligen Forschungsfragen und angewendeten Methoden essentiell, um die eigene geplante Herangehensweise zu schärfen. Auch können frühere Problematiken bei Rekonstruktionen bestimmter Bauwerke erkannt und im Vorfeld behoben werden. Einst verworfene Hypothesen, die letztendlich nicht im 3D-Modell dargestellt wurden, könnten inzwischen aufgrund neuer Erkenntnisse weiterentwickelt werden. Eine lebendige Diskussion ist letztendlich neben den Grundsätzen wissenschaftlicher Arbeit einer der Grundpfeiler für fundierte Forschung. Im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur bestehen hier noch Handlungsbedarf und die Notwendigkeit eines Bewusstseinswandels.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

7.2 Die Bilder – Technische Voraussetzungen, ästhetischer Eindruck, Darstellungsweise und Erkenntnisgewinn

Im vorangegangenen Kapitel wurde untersucht, welche Objekte aus welchen Gründen in den 3D-Modellen dargestellt und wie sie von der Wissenschaftscommunity rezipiert wurden. Darauf aufbauend wird nun ergründet, wie die Darstellung von historischen Bauwerken in 3D-Modellen erfolgte und inwiefern digitale 3D-Rekonstruktionen einen Erkenntnisgewinn generieren.

Technische Voraussetzungen und ästhetischer Eindruck

Um zu ergründen, wie sich technische Voraussetzungen zum resultierenden ästhetischen Eindruck, den ein 3D-Modell historischer Architektur auf einen Betrachter oder Nutzer ausübt, verhält, ist zunächst ein Blick auf die in den analysierten 3D-Projekten verwendete Soft- und Hardware nötig.

Die in den Einzelanalysen untersuchten 3D-Rekonstruktionen von historischen Bauwerken wurden mit unterschiedlicher Soft- und Hardware erstellt. Die verwendete Software reichte von Programmen, die speziell von Beteiligten für das Projekt (weiter-)entwickelt wurden (Winsom von IBM UKSC, Software für Konstruktion und Visualisierung vom IWR der Universität Heidelberg) bis hin zu kommerziell verfügbaren Produkten (speedikon von IEZ, CATIA von Dassault Systèmes, MultiGen Creator von MultiGen Paradigm, Rhinoceros von Robert McNeel & Associates sowie AutoCAD, 3dsMax und Maya von Autodesk).¹⁶⁶³ In den 3D-Projekten konnte teils auf modernste Computer mit großer Rechenleistung zurückgegriffen werden, wie am IWR der Universität Heidelberg, wo Norbert Quien und Werner Müller auch Parallelrechner nutzen konnten, oder am IBM UKSC.¹⁶⁶⁴ Dort konnten die an dem 3D-Projekt beteiligten Experten zumindest nachts die Großrechner der IT-Firma verwenden.¹⁶⁶⁵ Anderen Wissenschaftlern standen keine Großrechner zur Verfügung, sie arbeiteten mit den in der jeweiligen Institution vorhandenen Computern mit Betriebssystemen von Apple oder Windows.¹⁶⁶⁶

Die große Rechenleistung, die beispielsweise zur Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors zur Verfügung stand, gewährte dem Mathematiker Norbert Quien große Freiheiten.¹⁶⁶⁷ So entwickelte er eine eigene Software, um aufwendige Details, wie komplexe Lichtsimulationen realisieren zu können, die mit handelsüblichen Rechnern und der Anfang der 1990er-Jahre erhältlichen

■ 1663
Vgl. [Appendix 1](#) (→ 609).

■ 1664
Die Situation am IWR beschreibt Quien im Interview: [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 5](#).

■ 1665
Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 6](#).

■ 1666
Vgl. [Appendix 1](#) (→ 609).

■ 1667
Vgl. [Kapitel 4.2](#) (→ 193); [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 5 bis 7](#).

Software nicht umsetzbar gewesen wären. Insofern beeinflusste hier das technische Repertoire die visuelle Gestaltung und damit letztendlich die ästhetische Wirkung des 3D-Modells in besonderem Ausmaß.

Eine ähnliche Situation bot sich am **IBM UKSC**: So wurde dort der Anfang der 1980er-Jahre erarbeitete **Winchester Solid Modeller (Winsom)** im Rahmen der 3D-Rekonstruktion von Old Minster substantiell weiterentwickelt. ¹⁶⁶⁸ Vor diesem 3D-Projekt hatten die Computerexperten am **IBM UKSC** vor allem komplexe Molekülstrukturen modelliert, sodass mit der Rekonstruktion einer mittelalterlichen Kirche, eines im Vergleich dazu nochmals komplexeren Objekts, eine neue technische Herausforderung bestand, wie der Ingenieur und Softwareentwickler Andy Walter im Interview eindrücklich schildert:

»Winsom itself was being developed at the same time as it was being used in production, and on occasion bugs would creep in unexpectedly, of combinations of primitives, which caused problems. Toruses in particular are tricky to deal with mathematically, so when we got close to the High Altar, the toruses forming decoration to the pillars needed fixing. Sometimes random editing bugs caused a problem – I have one wonderful image I created of the Minster using a buggy version of Winsom. I love this picture!« ¹⁶⁶⁹

Da das Programm während der Anwendungsphase noch in der Entwicklung war, mussten im Erstellungsprozess einige computergrafische Probleme behoben werden, um eine fehlerfreie Visualisierung zu generieren. Denn ansonsten entstanden unbeabsichtigt surreale Bilder, die wie Andy Walter beschreibt von einem künstlerischen Standpunkt aus interessant anmuten und daher teils bis heute überdauert haben ⁴²⁰. An diesem 3D-Projekt ist festzustellen, dass mit der Weiterentwicklung der Technik eine Verbesserung der visuellen Darstellung erfolgte, zumal die Experten am **IBM UKSC** darauf bedacht waren, modernste Technik zu verwenden und diese beständig weiterzuentwickeln.



□ 420
Durch Fehler in der Software »Winsom«
entstandenes, surreal anmutendes
Rendering der digitalen Rekonstruktion
von Old Minster, Winchester, »IBM UKSC«,
ca. 1986.

Mit der Weiterentwicklung der Computertechnik scheint es demnach erwartbar zu sein, dass sich die visuelle Qualität von 3D-Modellen vor allem auch im Verlauf von Langzeitprojekten verbesserte. Diese Annahme bestätigt sich nur unter Vorbehalt, wie an dem 3D-Projekt **Theatron** ersichtlich wird.

■ 1668

Vgl. Kapitel 3.2 (→ 091).

■ 1669

Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit
Andy Walter, Frage 2.

■ 1670

Vgl. Kapitel 4.4 (→ 261).

Seinen Anfang nahm es mit der ersten digitalen Rekonstruktion des Festspielhaus Hellerau um 1994/1996 und dauerte bis 2012 an. **1670** Hier entstanden mehrere 3D-Modelle des Theaters, deren visuelle Qualität sich anders als bei Old Minster im Projektverlauf wie folgt entwickelte: So erstellten die Architekten von **atelier4d Architekten** Mitte der 1990er-Jahre die erste digitale Rekonstruktion, mit dem Ziel das Bauwerk zu restaurieren. Dieses CAD-Modell bildet nicht nur das Theater, sondern auch die umgebenden Gebäude ab und beinhaltet sämtliche Details, die aus der vorangegangenen Bauuntersuchung und den historischen Quellen stammen. Für **Theatron** wurde aufbauend auf diesem ersten Modell Anfang der 2000er-Jahre ein VRML-Modell des Festspielhauses an der University of Warwick erstellt. Im Vergleich zum CAD-Modell wirkt es weniger präzise und hat durch die kräftigen Farbtöne ein weniger realitätsgetreu anmutendes Erscheinungsbild **421**. Diese Tatsache verwundert. Denn zu erwarten wäre, dass ein neueres Modell von einem gestalterischen Gesichtspunkt aus betrachtet ästhetisch weiterentwickelt sein müsste als das vorangegangene. Allerdings war das zweite Modell für eine Online-Anwendung gedacht und konnte damit aufgrund der damaligen Limitierungen der Computertechnik nicht so komplex aufgebaut sein, wie es das von dem Architekturbüro erstellte CAD-Modell war.



□ 421

Unterschiedliche Visualisierungen des Festspielhaus Hellerau im Vergleich: CAD-Modell von 1994/1996, Jim Webster und Fabian Zimmermann/ »atelier4d Architekten« (links) und VRML-Modell, University of Warwick und King's College London, Anfang der 2000er-Jahre (rechts).

Das um 2007 im Rahmen von **Theatron 3** realisierte 3D-Modell des Theaters, das in **Second Life** integriert wurde, erinnert aufgrund der Farbigkeit und der Einbindung animierter Avatare optisch an die Ästhetik von Computerspielen **422**. Dies mag darauf zurückzuführen sein, dass die für **Second Life** erstellten 3D-Modelle darauf ausgerichtet waren, online interaktiv erkundet und auch für virtuelle Treffen von Projektgruppen und zur Inszenierung von Theaterstücken verwendet werden sollten.



□ 422

Stills aus dem »Video Festspielhaus Hellerau« mit virtuellem Rundgang durch das Festspielhaus Hellerau in »Second Life«, KVL, 3D-Modell: King's College London, Stand 2008.

Wie der Vergleich der einzelnen Versionen der digitalen Modelle des Festspielhaus Hellerau zeigen konnte, unterscheidet sich die Darstellung des Bauwerks nicht nur in Abhängigkeit von der vorhandenen Technik, sondern vor allem in Bezug auf den Zweck, für den das 3D-Modell erstellt wurde.

Dieser Zusammenhang zeigte sich auch bei anderen Projekten, wie der Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche. Hier erstellte das Büro **Architekten- und Ingenieursgesellschaft IPRO Dresden** 1993 mit der Software **CATIA** ein 3D-Modell der Kirche, dessen Ziel die Dokumentation des ursprünglichen Bauzustands war und die präzise Verortung der noch erhaltenen Trümmerteile. **1671** Es diente nur der internen Verwendung durch die am Wiederaufbau beteiligten Experten. Darüber hinaus wurde zeitgleich am **IBM UKSC** ein weiteres 3D-Modell des Gotteshauses mit **CATIA** realisiert, das hingegen für öffentliche Präsentationen gedacht war und mit Fototexturen ausgestattet wurde **423**. So wurden 1993 computeranimierte Szenen dieses Modells in Fernsehspots für Spendenaufrufe verwendet und 1994 ein interaktives VR-Modell der Dresdner Frauenkirche auf der **CeBIT** präsentiert. Auch am Beispiel dieses 3D-Projekts wird deutlich, dass der Zweck für die Erstellung eines 3D-Modells dessen Erscheinungsbild maßgeblich beeinflusst, denn in diesem Fall wurden für die unterschiedlichen Versionen sogar die gleiche Software verwendet. **1672**

■ 1671

Vgl. [Kapitel 4.3](#) (→ 233).

■ 1672

Das 3D-Modell, das zur öffentlichen Präsentation diente, wurde darüber hinaus noch mit weiterer Software bearbeitet, beispielsweise mit »NEFERTITI« zur Einbindung von Fototexturen, vgl. [Kapitel 4.3](#) (→ 233) und [Appendix 1.4](#) (→ 621), Dresdner Frauenkirche (1993).



□ 423

Die beiden mit »CATIA« 1993 erstellten 3D-Modelle der Dresdner Frauenkirche im Vergleich: Modell für internen Gebrauch, »Architekten- und Ingenieursgesellschaft IPRO Dresden« (links) und Modell für öffentliche Präsentation, »IBM« (rechts).

■ 1673

Vgl. [Kapitel 5.3](#) (→ 367).

■ 1674

[Appendix 2.6](#) (→ 675), Interview mit Marc Grellert, [Frage 7](#).

Eine andere Situation lag an der TU Darmstadt vor: Die dort 1998 realisierte Rekonstruktion der Synagoge in der Glockengasse in Köln wurde nach 15 Jahren technisch auf den neuesten Stand gebracht, um 2013 als animierte Sequenz in einen Dokumentarfilm eingefügt zu werden. **1673** Hier wurde insbesondere die Lichtsimulation verbessert, um einen realistischeren Eindruck zu erhalten und »für die BetrachterInnen dadurch zeitgemäßer« **1674** zu wirken, wie Marc Grellert im Interview erklärte. Inhaltlich wurde das 3D-Modell nicht verändert, da keine neuen Erkenntnisse über den Bau vorlagen, insofern wurde hier nur eine zielgerichtete ästhetische Verbesserung vorgenommen.

Anhand dieser Beispiele lässt sich feststellen, dass technische Innovationen Einfluss auf die Ästhetik der Bilder haben im Hinblick auf geglättete Kanten, Darstellung räumlicher Tiefe, realistischere Beleuchtungssimulation, zunehmenden Fotorealismus (auch anhand besserer Texturen beziehungsweise Fototexturen), höheres **Level of Detail** durch Erhöhung der Speicherkapazität und Verrin-

gerung der Rechenzeiten. Damit hat die verwendete Technik zwar einen grundsätzlichen Einfluss auf die Erstellung einer digitalen Rekonstruktion, für das finale Erscheinungsbild ist allerdings der Zweck und die Zielausrichtung des Modells ausschlaggebend, wie hier gezeigt werden konnte.

Generell ist zu überlegen, ob die technischen Möglichkeiten in der Erstellung von 3D-Modellen überhaupt vollkommen ausgereizt werden sollten, vor allem im Hinblick auf eine fotorealistische Erscheinungsweise des rekonstruierten Bauwerks. Der Architekt Dominik Lengyel sieht dies kritisch:

»Seit einiger Zeit kommt das Computerrendering zum archäologischen Darstellungsrepertoire hinzu, was nicht unproblematisch ist: seit der Verbreitung des Computers bei der Erstellung virtueller Architektur stehen die meisten Ergebnisse im Zeichen der gerade aktuellen technologischen Entwicklung.« ¹⁶⁷⁵

■ 1675

Lengyel/Toulouse 2013, S. 341.

In jedem Einzelfall müsste geprüft werden, inwieweit es für die Aussage der Rekonstruktion sinnvoll erscheint, die aktuellen technischen Möglichkeiten auszuschöpfen.

Darstellungsweise

Nach dem Blick auf die zugrundeliegende Technik folgt nun eine vergleichende Untersuchung der in den Einzelanalysen betrachteten 3D-Modelle. Hier werden die durch die Rekonstruktionen entstandenen Renderings, Filmstills und auch Panoramabilder hinsichtlich ihrer Darstellungsweise und deren Wirkung auf den Betrachter untersucht.

Um die Außenansichten der in den 3D-Projekten rekonstruierten Gebäude gegenüberzustellen, wurden solche Bilder ausgewählt, bei denen es sich zumeist um die erste Ansicht des kompletten Baukörpers in der Visualisierung handelt. Im Falle der Rekonstruktion von Old Minster wurden Abbildungen beider Versionen herangezogen, ebenso wie bei dem Festspielhaus Hellerau, um zu zeigen, dass innerhalb des 3D-Projekts mehrere Versionen erstellt wurden. Die Fassaden der beiden jüdischen Gotteshäuser sind jeweils nicht im Ganzen in der Visualisierung zu sehen, weshalb hier der Anschaulichkeit halber je zwei Einzelbilder zusammengestellt sind, um dies auszugleichen. Da von dem digital rekonstruierten spätgotischen Kirchenchor keine Außenansicht realisiert wurde, konnte keine Abbildung für den hier vorgenommenen Vergleich herangezogen werden. Für die Dresdner Frauenkirche wurde hier eine Ansicht aus dem Video für die Präsentation auf Konferenzen ausgewählt, jedoch keines von dem für interne Zwecke erstellten Modell, da keine Abbildung des gesamten 3D-modellierten Baukörpers veröffentlicht ist. Für den Kölner Dom wurden zwei Ansichten des vollendeten Bauwerks ausgewählt, eine vom Anfang und eine vom Ende des Videos. ¹⁶⁷⁶

■ 1676

Diese beiden Ansichten wurden aus folgender Überlegung heraus ausgewählt: Das erste Bild, das den Kölner Dom in dem Video zeigt, stellt ihn ohne umgebende Bebauung dar, jedoch steht diese Darstellungsweise nicht stellvertretend für das gesamte Video. Daher wurde noch eine Ansicht mit der Wiedergabe des stadträumlichen Kontexts herangezogen.

Die hier zusammengestellten Ansichten geben die Bauwerke vornehmlich aus der Vogelperspektive wieder ⁴²⁴. Ausnahmen hiervon bilden jedoch folgende beiden 3D-Modelle: die Synagoge in der Glockengasse in Köln und die Synagoge Neudeggergasse in Wien.



□ 424
 Außenansichten der digital rekonstruierten Bauwerke der in den Einzelanalysen untersuchten 3D-Modelle: Zeile 1, v. l. n. r.: Old Minster in Winchester, 1984–1985; Old Minster in Winchester, 1986; Cluny III, 1989. Zeile 2: Dresdner Frauenkirche, 1993; Festspielhaus Hellerau, um 1994/1996; Festspielhaus Hellerau, 2007–2012. Zeile 3 und 4: Santa Maria Maggiore, 1998–2000; Synagoge in der Glockengasse in Köln, ca. 1998 (zwei Einzelbilder); Synagoge Neudeggergasse in Wien, 1998 (zwei Einzelbilder). Zeile 5: Kölner Dom, 2009–2010.

Auffällig ist, dass in den Videos keine Gesamtansichten der Fassaden der jüdischen Gotteshäuser gezeigt werden. Die Perspektive, aus der sie zu sehen sind, entspricht einem Betrachter, der sich in einem gegenüberliegenden Haus befindet. Aufgrund der relativ engen Straßen, wäre eine Ansicht der gesamten Fassade auch für einen realen Passanten nicht möglich und wurde dementsprechend auch in der Inszenierung der 3D-Rekonstruktion im Video nicht wiedergegeben. Darüber hinaus könnte die Einbettung der Synagoge in den stadträumlichen Kontext auch damit zusammenhängen, dass beide Synagogen zerstört wurden und seit Jahrzehnten nicht mehr zum Stadtbild gehören. So könnte es für die Projektbeteiligten wichtiger gewesen sein, die Bauten in ihrem urbanen Kontext zu zeigen, denn als für sich stehende Solitäre ohne städtebaulichen Zusammenhang, zumal beide Gotteshäuser in einer Häuserzeile situiert waren. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei den anderen hier untersuchten digital rekonstruierten Gebäuden um einzeln stehende Bauwerke.

In den hier vorgestellten Modellen, die zwischen 1984 und 2010 realisiert wurden, findet sich größtenteils keinerlei Hinweis auf den jeweiligen urbanen Kontext des rekonstruierten Gebäudes. Es hätte angenommen werden

können, dass diese Darstellungsweise mit der zur Verfügung stehenden Technik zusammenhängt, insbesondere bei den frühen Modellen der 1980er-Jahre. In der Tat wäre damals eine Modellierung der umgebenden Bebauung ein großer Rechen- und Zeitaufwand gewesen, jedoch war der Fokus der Projekte inhaltlich einzig auf das Gebäude gerichtet. Im Falle von Cluny III lagen mit Kenneth John Conants Forschung durchaus Informationen und Hypothesen zum gesamten Klosterkomplex vor und hätten damit auch rekonstruiert werden können. Allerdings sollte für den Dokumentarfilm nur die Kirche visualisiert werden. Selbst in der erst vor wenigen Jahren realisierten Rekonstruktion des Kölner Doms finden sich Bilder des Bauwerks ohne umgebende Bebauung. Die zur Verfügung stehende Technik hätte eine detaillierte Darstellung der Nachbargebäude erlaubt, jedoch gab es hier wohl von Seiten der Auftraggeber bestimmte Vorgaben für die Visualisierung. Festzustellen ist demnach, dass eine Reduzierung der Detailgenauigkeit in Bezug auf die räumliche Kontextualisierung weniger technisch als maßgeblich durch den Zweck der 3D-Rekonstruktion bedingt ist.

Im finalen Ergebnis des Rekonstruktionsprozesses, den Renderings und Videos oder Panoramabildern, steht in jedem der neun detailliert analysierten 3D-Projekte das jeweils digital rekonstruierte Gebäude nicht nur inhaltlich, sondern auch visuell im Mittelpunkt. Diese Fokussierung geht so weit, dass das Bauwerk zumeist vollkommen isoliert von seiner Umgebung dargestellt wird. Das Old Minster, Cluny III, die Dresdner Frauenkirche, das Festspielhaus Hellerau, die Basilika Santa Maria Maggiore und teils auch der Kölner Dom sind ohne bebaute Umgebung visualisiert. Sie stehen meist wortwörtlich auf einer grünen Wiese unter blauem Himmel. Nur wenige ergänzende Elemente wurden bei den 3D-Modellen hinzugefügt, um die Umgebung zumindest minimal zu charakterisieren. So ist bei Cluny III andeutungsweise das umgebende Gelände mit Höhenunterschieden plastisch modelliert. **1677** In den beiden 3D-Modellen von Old Minster sind rund um den Bau befindliche Grabsteine zu sehen. Die Dresdner Frauenkirche befindet sich gleichsam vor einer Art Theaterkulisse, die die Silhouette der Stadt wiedergibt. Die Visualisierungen von Santa Maria Maggiore und dem Festspielhaus Hellerau (in der Version von 1994/1996) sind jeweils mit einem Grundriss ergänzt. Allerdings ist das Theater in der um 2012 realisierten Version in einer vollkommen fiktiven Landschaft situiert, die nicht der realen Umgebung des Bauwerks entspricht. Der Informationsgehalt hinsichtlich des räumlichen Kontexts ist damit sehr unterschiedlich. Er hängt zudem von den Intentionen derjenigen ab, die die Modelle konzipierten beziehungsweise in Auftrag gaben, wie in den einzelnen Projektanalysen der vorangegangenen Kapitel deutlich wurde.

Nicht jede filmische Visualisierung der untersuchten 3D-Modelle beinhaltet einen virtuellen Flug um das komplette Gebäude. So ist der Bau nicht immer von allen Seiten aus zu sehen und kann daher nur über eine bestimmte Auswahl an Ansichten vom Betrachter wahrgenommen werden. Der Mehrwert eines virtuellen Rundflugs um das Äußere eines Gebäudes ist vielfältig. So ergibt sich daraus eine Vielzahl an Blickwinkeln und Perspektiven, aus denen der Bau teilweise sogar erstmals zu sehen ist, denn nicht immer liegen zeichnerische, male- rische oder fotografische Visualisierungen aller Seitenansichten vor. Zwar können auch zeichnerische Rekonstruktionen mehrere Ansichten wiedergeben, jedoch fehlt darin die räumliche Erfahrung. Erst ein virtueller Rundgang ermög-

■ 1677

Im Film der digitalen Rekonstruktion von Cluny III ist zu Anfang ein Standbild zu sehen, das eine Projektion des 3D-Modells in das Stadtgefüge zeigt. Insofern wird hier der urbane Kontext angedeutet, wenn auch nur kurz und ohne Animation. Vgl. Kapitel 3.3 (→ 125).

licht es dem Betrachter, räumliche Bezüge herzustellen. Eine Wiedergabe aus Augenhöhe eines potentiellen Besuchers des Bauwerks kann zudem auch die Größenverhältnisse anschaulich vermitteln.

Die in einem Film festgelegte Route für einen virtuellen Rundgang entspricht aber unter Umständen nicht den Erwartungen eines Betrachters, der beispielsweise andere oder zusätzliche Ansichten des dargestellten Bauwerks sehen möchte. Auch die 1998 erstellten Panoramabilder der Synagoge Neudeggergasse weisen eingeschränkte Betrachtungsmöglichkeiten für den Nutzer auf. ¹⁶⁷⁸ Demgegenüber haben interaktiv angelegte Modelle, beispielsweise VRML-Anwendungen, den Vorteil, dass der Nutzer jeden beliebigen Standpunkt einnehmen kann. Den Vergleich der Außenansichten abschließend, sind folgende Erkenntnisse festzuhalten:

- Gebäude werden in 3D-Modellen häufig nicht im urbanen Kontext dargestellt, vor allem aufgrund der Zielsetzung der Rekonstruktion, weniger aufgrund der zugrundeliegenden Technik. So fehlen oft die das Bauwerk räumlich kontextualisierenden Zusammenhänge.
- Die meisten filmischen Visualisierungen beinhalten einen virtuellen Flug um das komplette Gebäude, sodass der Bau von (fast) allen Seiten aus zu sehen ist und der Betrachter räumliche Bezüge herstellen kann.
- Eine inhaltliche Ergänzung bietet die Einbindung von beispielsweise Grundrissen und Plänen.

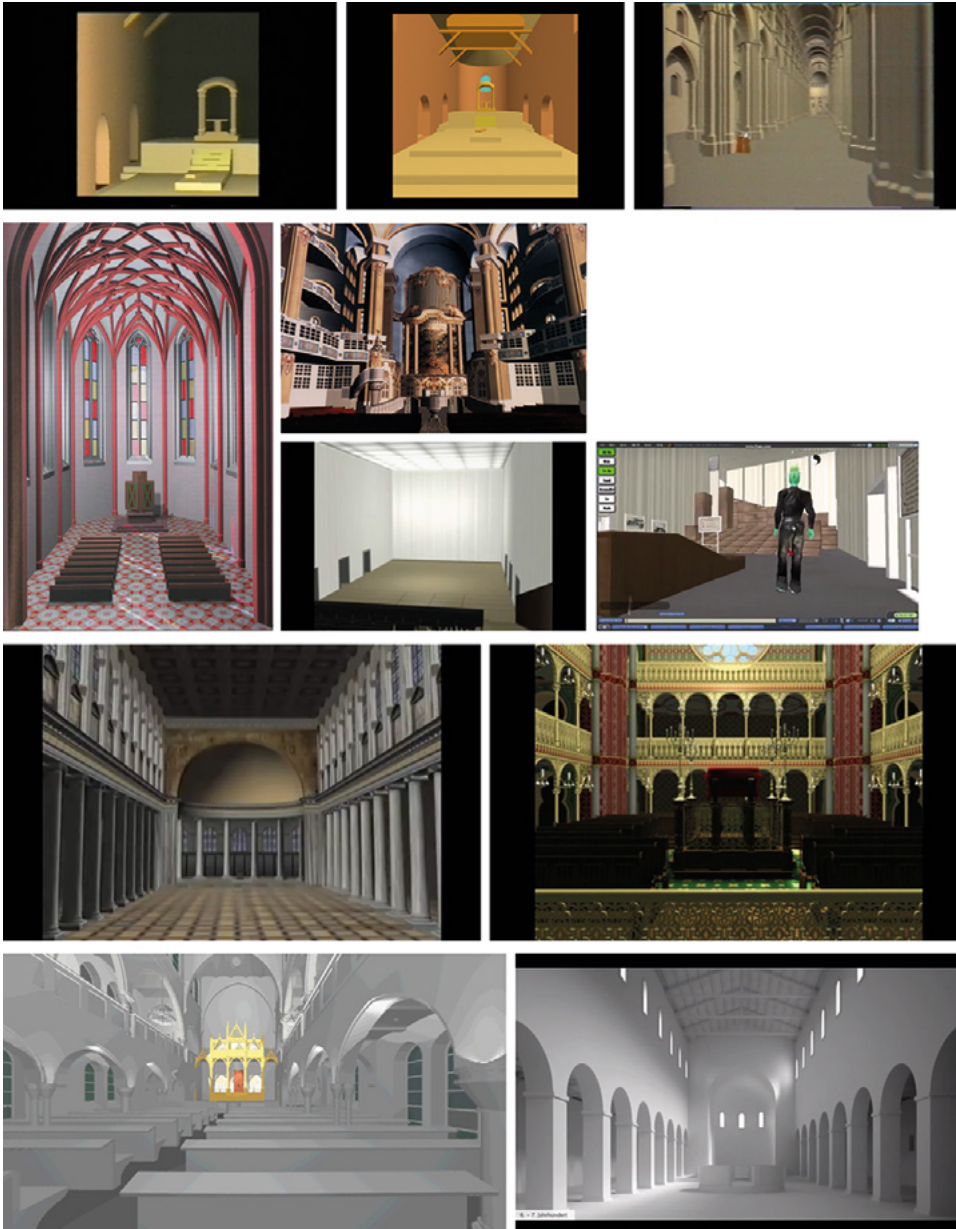
Im Anschluss daran wird nun die Darstellungsweise der Innenräume der digital rekonstruierten Bauwerke untersucht. Hierfür wurden jeweils Ansichten ausgewählt, die den Hauptraum der Gebäude zeigen ⁴²⁵. Zumeist geben sie den Raum aus der Perspektive eines realen Besuchers wieder, sodass der Betrachter des Videos oder der Panoramabilder einen Eindruck von den Größen dimensionen des Bauwerks erhält.

Allerdings finden sich in einigen Visualisierungen auch Sequenzen, die aus davon abweichenden Blickwinkeln gezeigt werden. So fliegt die virtuelle Kamera teilweise auch durch die 3D-Modelle (Cluny III, spätgotischer Kirchenchor, Dresdner Frauenkirche, Santa Maria Maggiore, Synagoge in der Glockengasse Köln) und nimmt Standpunkte ein, die ein realer Besucher in Realität nie einnehmen könnte. Auf diese Weise erhält der Betrachter eine Vielzahl an Ansichten des Innenraums, die nicht nur einen Gesamtüberblick über die räumliche Disposition bieten, sondern auch den Blick auf architektonische Details freigeben. So befinden sich die virtuellen Kameras beispielsweise hoch oben im Luftraum der Vierung von Cluny III, am Scheitel eines Maßwerkfensters im spätgotischen Kirchenchor, im Gebälk oder auch an einem Säulenfuß in der Basilika Santa Maria Maggiore sowie knapp über dem Fußbodenniveau im Festspielhaus Hellerau ⁴²⁶. Zudem verleihen die Kamerafahrten den visualisierten Innenräumen räumliche Tiefe. Eine Ausnahme bilden hier die Standbilder in der Visualisierung des Kölner Doms und in den Panoramabildern der Synagoge Neudeggergasse. Allerdings können Letztere durch den Nutzer interaktiv erkundet werden, sodass auch hier ein gewisses Maß an räumlicher Tiefe entsteht. Eine technische Einschränkung beeinflusste auch die **Minster Movies**. So war waren komplizierte Kamerafahrten hier nicht möglich, weshalb die Bewegungen der

■ 1678

Die 2016 erstellten neueren Panoramabilder von Synagogen in Wien ermöglichen eine uneingeschränkte Bewegungsfreiheit, vgl. [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 11](#).

virtuellen Kamera relativ starr im Vergleich zu den anderen hier untersuchten Visualisierungen wirken.



□ 425

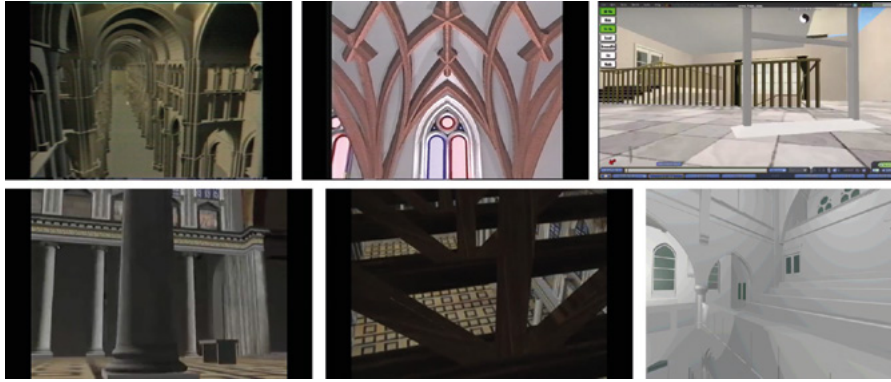
Innenansichten der digital rekonstruierten Bauwerke der in den Einzelanalysen untersuchten 3D-Modelle: Zeile 1, v. l. n. r.: Old Minster in Winchester, 1984–1985; Old Minster in Winchester, 1986; Cluny III, 1989. Zeile 2: Spätgotischer Kirchenchor, 1992; Dresdner Frauenkirche, 1993. Zeile 3: Festspielhaus Hellerau, um 1994/1996; Festspielhaus Hellerau, ca. 2012. Zeile 4: Santa Maria Maggiore, 1998–2000; Synagoge in der Glockengasse in Köln, ca. 1998. Zeile 5: Synagoge Neudeggergasse in Wien, 1998; Kölner Dom, 2009–2010.

Der räumliche Eindruck wird durch die jeweilige Lichtsimulation teilweise noch verstärkt, wie beispielsweise in der Darstellung des Kölner Doms, die sich durch eine klare Lichtregie auszeichnet. Im Gegensatz dazu ist in der 2012 realisierten Visualisierung des Festspielhaus Hellerau keinerlei künstliche Beleuchtung des Innenraums wiedergegeben, wie an dem Avatar, der sich ohne Schatten bewegt, deutlich wird.

Auf eine Besonderheit der Visualisierung des Kölner Doms sei in diesem Zusammenhang hingewiesen. Die Standbilder entsprechen, wie bereits erwähnt, den Konventionen der Architekturfotografie und zeigen somit keine Verzerrungen und sämtliche senkrechte Bildelemente sind parallel zum Bildrahmen ausgerichtet. **1679** Im Vergleich zu den Visualisierungen der anderen 3D-Rekonstruktionen handelt es sich dabei um ein Alleinstellungsmerkmal.

■ 1679

Vgl. Kapitel 6.3 (→ 521).



□ 426

Standpunkte der virtuellen Kamera, die von der Perspektive eines Besuchers abweichen, v. l. n. r.: Cluny III, 1989, spätgotischer Kirchenchor, 1992, Festspielhaus Hellerau, 2012; unten, v. l. n. r.: Santa Maria Maggiore, 1998 (links und Mitte), Synagoge Neudeggergasse, 1998.

Die Ausstattung der Innenräume gestaltet sich in den einzelnen 3D-Modellen unterschiedlich, scheint jedoch im Wesentlichen von der Überlieferung zur jeweiligen ursprünglichen Situation abzuhängen. So lagen beispielsweise bei Old Minster nur zur Grabstätte von St. Swithun und zum Altar Hinweise zu deren Existenz vor, weitere Ausstattungselemente finden sich daher nicht im Modell. Auf Fotografien zur Synagoge Neudeggergasse und in Zeichnungen zur Dresdner Frauenkirche sind Sitzbänke zu sehen, die jeweils entsprechend visualisiert wurden. Allerdings wurden auch Objekte dem Innenraum hinzugefügt, die nicht in den Quellen zum Bauwerk verzeichnet sind. So fügten Norbert Quien und Werner Müller mehrere, nicht dokumentierte Details in die Visualisierung des spätgotischen Kirchenchors ein: Altar, Sitzbänke, Wandzeichnung, Fußbodenmuster. Hauptgrund dafür war, die technischen Möglichkeiten auszureizen, wie Norbert Quien im Interview erläutert, darüber hinaus sollte beispielsweise durch den Altar der räumliche Eindruck verstärkt werden. **1680**

■ 1680

Vgl. [Appendix 2.3](#) (→ 657), Interview mit Norbert Quien, [Frage 7](#).

■ 1681

[Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 13](#).

Ein Element, das nicht alle der hier untersuchten 3D-Modelle aufweisen, sind Staffagefiguren und Avatare. Ersteres war bereits in den 1980er-Jahren visuell darstellbar, wie die digitale Rekonstruktion von Cluny III zeigt. Sich bewegend Avatare sind hingegen komplexe Einheiten, die beispielsweise in den Visualisierungen des Festspielhaus Hellerau 2012 integriert wurden. Darüber hinaus sind diese weniger zur Verdeutlichung der räumlichen Größenverhältnisse gedacht wie es Staffagefiguren sind, sondern vor allem zur Interaktion und dem Abrufen von Informationen. Beide Figurentypen werden scheinbar selten in digitale Rekonstruktionen integriert, wie nicht nur in den Einzelanalysen deutlich wurde, sondern auch in den vorangegangenen Überblickskapiteln. Dies liegt möglicherweise vor allem daran, dass sie den Bildeindruck insofern stören, als sie keine historisch dokumentierten Objekte sind, die zur Ausstattung eines Bauwerks gehören. Sie zählen eher zum ausschmückenden Beiwerk und sind aus diesem Grund optional. Bob Martens behält sich beispielsweise für die Rekonstruktion von Synagogen die Option vor, Personen in die 3D-Modelle einzufügen, sofern »wir interessante Geschichte finden.« **1681**

Zum Abschluss der vergleichenden Analyse der Innenraumdarstellungen seien folgende Erkenntnisse zusammengefasst:

- Virtuelle Flüge durch das Innere geben eine große Vielfalt an Perspektiven und Ansichten von architektonischen Details wieder. Technische Innovationen haben durchaus Einfluss auf die perspektivischen Darstellungsmöglichkeiten.

- Virtuelle Flüge unterstützen die räumliche Wirkung der 3D-modellierten Bauwerke.
- Als Alternative zu virtuellen Flügen können Panoramabilder dienen, sofern sie dem Nutzer eine größtmögliche Bewegungsfreiheit bieten.
- Die Ausstattung der Innenräume basiert weitgehend auf historischen Quellen.
- Die Zielstellung des 3D-Projekts hat Einfluss darauf, ob Staffagefiguren (zur Verdeutlichung räumlicher Größenverhältnisse) und Avatare (zur Interaktion und Abfrage von Informationen) in digitale Modelle integriert werden.

Demnach tragen virtuelle Flüge beziehungsweise Panoramabilder mit größtmöglicher Bewegungsfreiheit maßgeblich zur Erkenntnisgenerierung über das rekonstruierte Bauwerk beim Betrachter bei. Festzuhalten bleibt ferner, dass in den hier untersuchten 3D-Modellen kaum Hypothesen als solche gekennzeichnet wurden. Ausnahmen bilden hier die Visualisierungen der Synagoge Neudeggasse und des Kölner Doms, die dahingehend eine eigene Bildsprache entwickelt haben, worauf im nachfolgenden Kapitel näher eingegangen wird. Somit ist es in Bezug auf die Hypothesendarstellung in digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur nun geboten, dieses Thema verstärkt in den wissenschaftlichen Diskurs einzubringen. Denn wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausführlich dargelegt wurde, ist es für das Verständnis von 3D-Modellen essentiell darauf hinzuweisen, welche dargestellten Elemente auf Vermutungen und welche auf gesichertem Wissen beruhen und wie hoch der Wahrscheinlichkeitsgrad der Darstellung ist. Hier besteht Handlungsbedarf für zukünftige 3D-Projekte.

Die hier erfolgte Gegenüberstellung von in den 1980er-Jahren bis in die 2000er-Jahre erstellten 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur führt auch eindrücklich vor Augen, wie schnell digitale Architekturmodelle sozusagen veraltet erscheinen. Damit sind nicht vordergründig die dargestellten Inhalte gemeint, denn nicht immer ergeben sich im Laufe der Jahre neue Erkenntnisse zum Bauwerk, sondern die ästhetische Erscheinungsform. So erweckt die Farbigkeit der 3D-Modelle von Old Minster und Cluny III einen altmodisch anmutenden Charme. Die Oberflächendarstellung bei der Dresdner Frauenkirche und Santa Maria Maggiore wirkt in Bezug auf die teils wenig plastisch erscheinenden architektonischen Elemente und die nicht sehr realistisch anmutenden Fototexturen auf einen heutigen Betrachter wenig überzeugend. Denn die Computergrafik hat sich in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt, sodass 3D-Rekonstruktionen heute sehr fotorealistisch gestaltet und in hoher Auflösung ausgegeben werden können. 3D-Modelle sind demnach sozusagen Kinder ihrer Zeit, da sie durch die jeweiligen technischen Voraussetzungen bedingt sind und den jeweiligen Zeitgeist verkörpern. Dieser zeigt sich beispielsweise auch in der jeweiligen Musikuntermalung (zum Beispiel Synthesizer-Musik im Video zur Rekonstruktion des spätgotischen Kirchenchors von 1992).

Es stellt sich die Frage, wie dieser ästhetischen Veralterung entgegenge wirkt beziehungsweise vorgebeugt werden könnte, damit 3D-Modelle eine längerfristige Gültigkeit beanspruchen können. Marc Grellert äußert sich im Interview folgendermaßen zu den Sehgewohnheiten der Betrachter von 3D-Modellen:

»Generell kann man sagen, je älter eine Rekonstruktion wirkt, umso eher ist ein Publikum geneigt zu denken, dass vielleicht auch die Inhalte älter sind. Je mehr eine Rekonstruktion den Sehgewohnheiten der BetrachterInnen entspricht, desto eher haben sie das Gefühl, dass es sich um ein aktuelles Projekt, also auch um aktuelle Forschung handelt.« **1682**

■ 1682

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 7.

Ein möglicher Ansatz wäre, digitale Rekonstruktionen regelmäßig zu überarbeiten, um die Optik aktuellen gestalterischen Konventionen anzupassen. Problematisch wäre hier allerdings, dass die Betrachter bei einem Vergleich mit einer älteren Version vermuten könnten, dass in der aktuelleren Variante neue Erkenntnisse zum Bauwerk die verbesserte Darstellung bedingten, obwohl tatsächlich keine vorlagen. Demnach wäre es generell wichtig, in einer Dokumentation des Erstellungsprozesses die vorgenommenen Maßnahmen zu erläutern und damit deren Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Hier besteht zukünftig Handlungsbedarf.

Erkenntnisgewinn

In den 3D-Projekten, die in den vorangegangenen Kapiteln detailliert analysiert wurden, zeigte sich oftmals ein unbeabsichtigter Erkenntnisgewinn im Laufe des Erstellungsprozesses – unbeabsichtigt insofern, als eine 3D-Rekonstruktion nicht genuin als Forschungswerkzeug, sondern vielmehr als Präsentationsmedium intendiert war. Dies war beispielsweise bei der Arbeit zum Kölner Dom der Fall. Hier zielten die Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse gemeinsam mit der Auftraggeberin, der Dombaumeisterin Barbara Schock-Werner, darauf ab, eine moderne und auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Visualisierung der Baugeschichte der Kirche zu erstellen. **1683** Jedoch konnten im Verlauf des Rekonstruktionsvorgangs neue Erkenntnisse im Hinblick auf die Gestaltung des Taufbeckens und bezüglich der Theorie zu einem zwischen dem 5. bis 6. Jahrhundert und dem 7. bis 8. Jahrhundert erfolgten Anbau gewonnen werden. Auch bei der 3D-Rekonstruktion von Cluny III, die als Beitrag zu einem Dokumentarfilm erfolgte, wurde im Zuge der Modellierung eine Unstimmigkeit in der vorliegenden Forschung von Kenneth John Conant aufgedeckt. **1684** Im Arbeitsprozess an der digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore stellten sich Detailfragen zur Gestaltung des Fußbodens und der Wände, obwohl die am 3D-Projekt beteiligten Experten schon jahrelang zu dem Bauwerk geforscht hatten. **1685** So ergaben sich interne Diskussionen zwischen den Wissenschaftlern zu den betreffenden Details.

■ 1683

Vgl. Kapitel 6.3 (→ 521).

■ 1684

Vgl. Kapitel 3.3 (→ 125).

■ 1685

Vgl. Kapitel 5.2 (→ 331).

Wie insbesondere am letztgenannten Beispiel deutlich wurde und wie in den vorangegangenen Analysen und Untersuchungen von 3D-Projekten gewonnene Erkenntnisse nahe legen, entstehen im Verlauf eines digitalen Rekonstruktionsprozesses immer auch Fragen, die zuvor nicht gestellt worden waren. In der Folge führen diese zu neuen Interpretationen und Feststellungen, die schließlich einen Mehrwert an Erkenntnis über das zu rekonstruierende Bauwerk liefern. Der Einsatz von 3D-Modellierung in der Erforschung von historischer Architektur

■ 1686

Koob 2000, S. 1269.

■ 1687

Vgl. [Kapitel 1.2](#) (→ 023).

■ 1688

Vgl. 3D-Projekte zu folgenden Bauwerken bzw. Architekturentwurf: Cluny III, [Kapitel 3.3](#) (→ 125); spätgotischer Kirchenchor, [Kapitel 4.2](#) (→ 193); Festspielhaus Hellerau, [Kapitel 4.4](#) (→ 261); Santa Maria Maggiore in Rom, [Kapitel 5.2](#) (→ 331).

■ 1689

Vgl. insbes. 3D-Projekte zu folgenden Bauwerken: Cluny III, [Kapitel 3.3](#) (→ 125); Kölner Dom, [Kapitel 6.3](#) (→ 521).

■ 1690

Vgl. insbes. 3D-Projekte zu folgenden Bauwerken bzw. Architekturentwurf: spätgotischer Kirchenchor, [Kapitel 4.2](#) (→ 193); Dresdner Frauenkirche, [Kapitel 4.3](#) (→ 233); Santa Maria Maggiore in Rom, [Kapitel 5.2](#) (→ 331); Synagoge in der Glockengasse in Köln, [Kapitel 5.3](#) (→ 367); Synagoge Neudeggergasse in Wien, [Kapitel 5.4](#) (→ 403).

■ 1691

Vgl. insbes. 3D-Projekte zu folgenden Bauwerken: Cluny III, [Kapitel 3.3](#) (→ 125); Kölner Dom, [Kapitel 6.3](#) (→ 521).

■ 1692

Vgl. insbes. 3D-Projekt zu Architekturentwurf eines spätgotischen Kirchenchors, [Kapitel 4.2](#) (→ 193). Die Außenansicht der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom zur Zeit des Frühchristentums wurde erstmals im 3D-Modell visualisiert. Vgl. [Kapitel 5.2](#) (→ 331).

■ 1693

Vgl. insbes. 3D-Projekte zu folgenden Bauwerken: Old Minster in Winchester, [Kapitel 3.2](#) (→ 091); Santa Maria Maggiore in Rom, [Kapitel 5.2](#) (→ 331); Synagoge in der Glockengasse in Köln, [Kapitel 5.3](#) (→ 367); Synagoge Neudeggergasse in Wien, [Kapitel 5.4](#) (→ 403); Kölner Dom, [Kapitel 6.3](#) (→ 521).

kann somit potentiell immer einen Erkenntnisfortschritt erwarten lassen. Der Erkenntnisertrag kann durch eine multidisziplinäre Zusammenarbeit zusätzlich potenziert werden, da Wissenschaftler unterschiedlicher Fachbereiche jeweils andere Fragen an das untersuchte Objekt stellen und es aus anderen thematischen Perspektiven betrachten. Zudem können sich im Austausch und der Diskussion innerhalb eines Projektteams Synergieeffekte ergeben sowie durch Dissonanzen Hypothesen kritisch hinterfragt werden.

Generell bietet die Darstellung von Hypothesen im 3D-Modell einen substantiellen Mehrwert hinsichtlich des Wissens über das rekonstruierte Bauwerk. Denn durch deren Auszeichnung wird deutlich welche architektonischen Details durch Quellen wenig oder gar nicht belegbar sind. Auf diese Weise entsteht, wie es Manfred Koob im Jahr 2000 ausdrückte, ein 3D-Modell als »Fusion von bekanntem Wissen und dessen Verdichtung im Bild.« **1686** Wie zu Anfang der vorliegenden Arbeit bereits dargelegt, kann diese Aussage noch durch das im Erstellungsprozess generierte Wissen ergänzt werden, das wesentlich zum Erkenntnisgewinn durch die 3D-Rekonstruktion beiträgt. **1687** Die Thematik der Hypothesendarstellung wird in [Kapitel 6.2](#) (→ 469) ausführlich diskutiert auch in Hinsicht auf verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten.

Einen grundlegenden Erkenntnisgewinn stellen 3D-Rekonstruktionen auch insofern dar, als sie gegenüber beispielsweise zeichnerischen Rekonstruktionen eine räumliche Dimension einbringen sowie im Falle von Animationen oder interaktiven Modellen auch eine dynamische Komponente bieten. Dies wird aus den erfolgten einzelnen Analysen von 3D-Projekten deutlich. Ziel war es, zu ergründen inwiefern 3D-Modelle einen inhaltlichen und visuellen Mehrwert gegenüber historischen Visualisierungen bieten. Als Ergebnis dieser vergleichenden Untersuchungen kann festgestellt werden, dass in der Tat Mehrwerte in folgenden Bereichen identifiziert werden können:

- In Farbe wiedergegebene 3D-Rekonstruktionen (sofern entsprechende Quellen dazu vorlagen) bieten einen inhaltlichen und visuellen Mehrwert gegenüber in Schwarz-Weiß vorliegenden historischen Bildwerken. **1688**
- In 3D-Modellen kann eine realistische Darstellung der Beleuchtung in Innenräumen vorgenommen werden, was in historischen Zeichnungen oftmals nicht gegeben ist. **1689**
- Architektonische Details sind in 3D-Modellen räumlich verortet. In Detailzeichnungen sind architektonische Elemente aus dem räumlichen Kontext gerissen. **1690**
- 3D-Modelle bieten realistisch dargestellte Perspektiven in Innenräumen. In historischen zeichnerischen Ansichten sind oftmals Verzerrungen festzustellen oder Blickwinkel, die ein Besucher in Realität nicht einnehmen könnte. **1691**
- In 3D-Modellen lassen sich beliebige Perspektiven einnehmen, sodass das Bauwerk aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden kann, die in historischen Bildwerken nicht zu finden sind **426**.
- Mit 3D-Modellen können historische Architekturentwürfe oder Pläne erstmals räumlich visualisiert werden. **1692**
- Mit 3D-Modellen können Innenräume nicht mehr existierender Bauwerke oder früherer Bauphasen räumlich erfahrbar werden. **1693**

■ 1694

Vgl. insbes. Rekonstruktion der Synagoge Neudeggergasse in Wien, Kapitel 5.4 (→ 403); Kölner Dom, Kapitel 6.3 (→ 521).

■ 1695

Vgl. insbes. das in Kapitel 5.1 (→ 301) vorgestellte Projekt »Ename 974« sowie das Projekt »Digital Hadrian's Villa« in Kapitel 6.1 (→ 447).

■ 1696

Vgl. Kapitel 3.2 (→ 091).

■ 1697

Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Andy Walter, Frage 6.

- In 3D-Modellen können nicht mehr existierende Bauwerke stadträumlich kontextualisiert werden. 1694
- Hypothesen zu Fragen hinsichtlich räumlicher Bezüge oder Sichtachsen lassen sich im 3D-Modell überprüfen. 1695

Auch die Beteiligung von Forschern unterschiedlicher Disziplinen an 3D-Projekten kann entscheidend zum Erkenntnisgewinn über das dargestellte Objekt beitragen. Als Beispiel ist die Arbeit zur digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore zu nennen. Hier kooperierten Experten aus der Archäologie, Architekturgeschichte sowie Kunstgeschichte und führten Diskussionen zur Darstellung bestimmter architektonischer Details wie zuvor schon angemerkt. So konnte das Wissen und die Einschätzung unterschiedlicher Experten eingebracht werden. Zwar verlangsamte dies möglicherweise den Erstellungsprozess eines 3D-Modells, jedoch können auf diese Weise Erkenntnisse gewonnen werden, die ohne den interdisziplinären Austausch nicht zustande gekommen wären.

Ähnlich verlief auch der Arbeitsprozess zur digitalen Rekonstruktion von Old Minster. 1696 Hier lieferten Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle das archäologische Fachwissen, auf dessen Grundlage die Technikspezialisten von IBM am Computer ein 3D-Modell der Kirche erstellten. Im Gegensatz zum vorher genannten 3D-Projekt waren bei der Realisierung des ersten **Minster Movie** zwar nur zwei Parteien – die Archäologen und die Techniker – an der Rekonstruktion beteiligt, dennoch führte dies zu einer erkenntnisgenerierenden Zusammenarbeit. Gemeinsam saßen sie vor einem Rechner und diskutierten die Visualisierung, wie der Ingenieur und Softwareentwickler Andy Walte rückblickend beschreibt:

»Viewing the Minster Movie for the first time, with the archaeologist present, immediately threw up a lot of questions, such as: ›should there be a handrail to prevent monks falling into the steps down into the crypt and breaking their necks?«, rapidly followed by: ›if this reconstruction is based on similar Saxon Minsters in Europe, how do those Minsters deal with this problem?«, and so on. Given enough antiquarians collaborating, these questions could quickly be answered and the model improved accordingly.« 1697

In diesen gemeinsamen Sitzungen kamen demnach immer wieder neue Fragen auf, die sich vor der digitalen Rekonstruktion nicht gestellt hatten. Insofern trug dies substantiell zum Erkenntnisgewinn über die architektonische Gestaltung von Old Minster bei. Allerdings sind diese Diskussionen über architektonische Details nicht dokumentiert. Es existiert lediglich ein Protokoll zu einem Gespräch Ende 1985, in dem Anweisungen der Archäologin an die IBM-Experten festgehalten sind [31]. Daraus geht zudem hervor, dass auch Mitarbeiter des British Museum Vorgaben für den zweiten **Minster Movie** machten und somit ebenso Einfluss auf die Visualisierung ausübten.

Wie hier festgestellt werden konnte, trägt der Rekonstruktionsprozess potentiell immer zu einem Mehrwert an Erkenntnis bei. Der Mehrwert kann durch multidisziplinäre Kooperationen noch gesteigert werden. Gegenüber historischen Abbildungen von den zu rekonstruierenden Bauwerken ließ sich eine Vielzahl an visuellen und inhaltlichen Mehrwerten von 3D-Modellen feststellen. Diese positive Bilanz könnte zukünftig Kunsthistorikern als Anreiz dienen, 3D-Projekte zu initiieren und durchzuführen.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

7.3 Visuelle Vielfalt und gestalterische Abhängigkeiten

Anhand der Analysen von einzelnen 3D-Projekten sowie des historischen Überblicks über die Entwicklung digitaler 3D-Rekonstruktionen historischer Architektur von den 1980er-Jahren bis heute konnte festgestellt werden, dass eine visuelle Vielfalt an gestalterischen Ansätzen zur Umsetzung von digitalen Rekonstruktionen vorliegt. Die hier gemeinte Vielfalt bezieht sich auf die Wiedergabe von reinen Geometriemodellen ohne Texturen, das Einbinden von farbigen Oberflächen oder Fototexturen, Darstellungen in Graustufen, Variationen in der Detailgenauigkeit, Simulation von Lichtverhältnissen, Einfügen von Avataren oder Staffagefiguren oder auch die Überlagerung von Annotationen.

Bei den hier genannten gestalterischen Umsetzungen und Konzepten handelt es sich um zahlreiche parallele Entwicklungen, weshalb beispielsweise eine Einteilung in bestimmte Stile im Hinblick auf die Gestaltung (wie fotorealistisch versus abstrakt), Entscheidung für oder gegen die Kennzeichnung von Hypothesen im digitalen Modell, die mediale Ausgabe (Animation vs. Panoramabilder), die Interaktivität (Film/Video vs. interaktives VR-Modell) nicht zielführend erscheint. ¹⁶⁹⁸ Hingegen können verschiedene persönliche Meinungen und Sichtweisen von Experten unterschiedlicher Profession, die 3D-Rekonstruktionen realisieren, identifiziert werden sowie sich in der Wissenschaftscommunity abzeichnende Diskurse, die sich mit einschlägigen Themen (Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses und anderem) beschäftigen.

Wie im vorangegangenen Kapitel deutlich wurde, bedingen zwar auch technische Voraussetzungen die Gestaltung von 3D-Rekonstruktionen, jedoch ist die finale Erscheinungsweise im Wesentlichen von den Vorgaben der Auftraggeber und derjenigen, die das Modell konzipieren, abhängig. Jedes 3D-Modell historischer Architektur ist in ein individuelles Geflecht verschiedener Einzelkomponenten mit unterschiedlicher Gewichtung eingebunden, das unter anderem technische Voraussetzungen, Quellenlage, Vorgaben von Auftraggebern, persönliche Sichtweisen beteiligter Experten sowie Budget umfasst, und kann damit nicht einem bestimmten Stil zugeordnet werden.

Darüber hinaus kann auch einzelnen Experten, Arbeitsgruppen oder Firmen kein bestimmter, konsistenter Stil für die gestalterische Umsetzung aller von ihnen realisierten 3D-Rekonstruktionen zugeschrieben werden. Denn auch sie hängen von den Vorgaben der Auftraggeber ab. Zudem sind hier persönliche

■ 1698

Der Begriff des Stils ist hier im Sinne kunsthistorischen Verständnisses verwendet, als Begriff »für die Einführung historischer Unterschiede als auch für eine bessere Differenzierung zwischen einzelnen historischen Epochen«, wie es Marc Eli Blanchard 1986 formulierte. Zit. aus: Blanchard 1986, S. 565.

Sichtweisen im Spiel, die sich im Laufe der Zeit wandeln und im Falle von Arbeitsgruppen durch die Notwendigkeit, Kompromisse vereinbaren zu müssen, verändern können. So war beispielsweise Bernard Frischer aus persönlichen Gründen strikt gegen das Einfügen einer Sequenz in das für eine Ausstellung im Museum erarbeitete Video, die das 3D-Modell der Basilika Santa Maria Maggiore auf einer topografischen Karte zeigte:

»We did integrate the basilica onto the map of the city and it was really ugly. I always have the principle: do not put anything out to the public that isn't only correct but beautiful. And it was very ugly to have this church just sitting there on top of a map. So I vetoed the idea of putting that into the video.« ¹⁶⁹⁹

■ 1699

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 4.

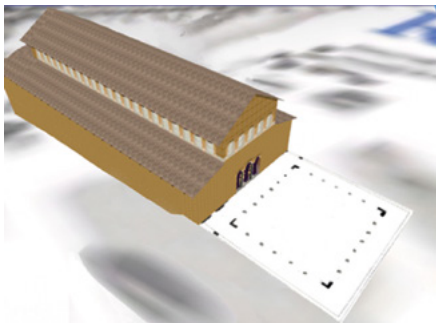
■ 1700

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 9.

■ 1701

Vgl. ebd.; Kapitel 5.2 (→ 331).

Demgegenüber wurde aber sehr wohl eine Sequenz in das Video integriert, die einen Grundriss des Atriums vor der 3D-modellierten Kirche wiedergab ⁴²⁷. Diese Darstellung widersprach somit Frischers Überzeugung, dass ein im 3D-Modell dargestelltes Objekt »should look consistent« ¹⁷⁰⁰, wie er im Interview sagt. Er vertritt demnach grundsätzlich die Meinung, dass ein 3D-Modell in sich einheitlich gestaltet sein sollte, musste aber im Verband des **Scientific Committee**, das für die digitale Rekonstruktion verantwortlich war, auch Kompromisse akzeptieren. ¹⁷⁰¹



□ 427

Verworfen Darstellung mit topografischer Karte in der digitalen Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore (links) und tatsächlich in die Rekonstruktion integrierte Darstellung eines Grundrisses des Atriums (rechts), »CVRLab«, UCLA, 1998–2000.

■ 1702

Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 5.

Eine ähnliche Auffassung haben auch die Architekten Lengyel und Toulouse, die keine Pläne oder dergleichen in ihre 3D-Modelle integrieren:

»[...] alle Darstellungen [sind] in sich geschlossen, sie sind Einblicke in eine kohärente virtuelle Welt, deren innere Gesetzmäßigkeiten denen der realen Welt ähneln. Hybride Darstellungen aus Grundrisszeichnungen und digitalen Volumina sind damit ausdrücklich ausgeschlossen.« ¹⁷⁰²

Jedoch kommen die beiden im direkten Vergleich mit Frischer zu vollkommen anders gearteten Visualisierungen. Während sich in den Rekonstruktionen des Archäologen Fototexturen und in späteren Projekten auch Menschen, animierte Rauchschwaden und Wasserflächen sowie spezifische Simulationen von Tageszeiten finden, erarbeiten die Architekten 3D-Modelle, in denen sämtliche Details in Graustufen wiedergegeben werden, ohne Texturen,

■ 1703

Die hier beschriebenen, von Frischer in 3D-Rekonstruktionen umgesetzten Details finden sich in verschiedenen Versionen von »Rome Reborn« und in »Rome Reborn VR«. Vgl. [Kapitel 5.1](#) (→ 301) und [Kapitel 6.2](#) (→ 469).

■ 1704

[Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 5](#).

■ 1705

Das Projekt zur digitalen Rekonstruktion von St. Laurentius in Ename wird in [Kapitel 5.1](#) (→ 301) vorgestellt.

■ 1706

Vgl. [Kapitel 5.1](#) (→ 301).

die ein bestimmtes Material imitieren. **1703** Lichtquellen sind auch in den Visualisierungen von Lengyel und Toulouse vorhanden, geben aber keine bestimmte Stimmung wieder. Insofern kann der Anspruch ein in sich geschlossenes, konsistent gestaltetes 3D-Modell zu erstellen in der Ausführung letztendlich vollkommen verschieden sein, je nachdem von welcher Ausgangslage aus es realisiert wird oder mit welchem (ästhetischen) Anspruch an Objektivität.

Zudem mussten auch Lengyel und Toulouse bei der Umsetzung der Visualisierung des Kölner Doms offenbar einen Kompromiss in der Gestaltung eingehen. Denn auf die Interviewfrage, wie sich ihr Projekt von vorherigen (digitalen) Rekonstruktionen der Kirche unterscheidet, antwortet Lengyel:

»Konkrete Besonderheiten gegenüber früheren Darstellungen sind die Kontextualität, dass also die Kirchen immer im städtischen Umfeld standen [...]. Auch ist der Bildausschnitt immer auf die dargestellte Welt begrenzt, die Visualisierung erscheint damit niemals als Solitär in einem Fotostudio- oder Modellbauwerkstatt-ähnlichen Kontext.« **1704**

Allerdings wurde das 3D-Modell, das den Dom in seinem heutigen Zustand zeigt und in der Anfangs- und Schlusssequenz des Videos zu sehen ist, nicht mit umgebenden Bauwerken dargestellt, sondern als Solitär ins Bild gesetzt.

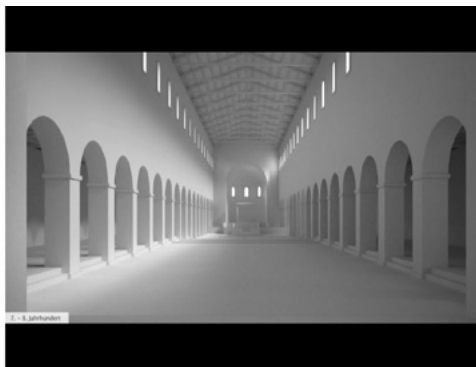
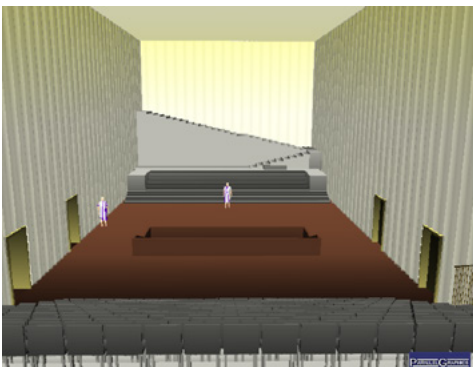
Eine bestimmte visuelle Erscheinungsweise von 3D-Modellen lässt nicht zwangsläufig auf einen bestimmten Erstellungszeitraum schließen. So wirken die digitalen Rekonstruktionen von Old Minster in Winchester (1984/1985), Cluny III (1989) und der Kirche St. Laurentius in Ename (1999) formal (Reduktion der Details, Fokus auf Geometrie) und gestalterisch (keine Fototexturen, Farbigkeit) relativ ähnlich **428**. **1705** Jedoch entstanden sie innerhalb eines Zeitraums von 15 Jahren. Für die Rekonstruktion von St. Laurentius lag bereits eine wesentlich leistungsfähigere Soft- und Hardware vor, sodass auch ein fotorealistisches Modell mit komplexer Lichtsimulation hätte erstellt werden können. Ziel dieses Modells war es, ähnlich wie bei den 3D-Projekten zu Old Minster und Cluny III, Ergebnisse der archäologischen Untersuchungen zur Kirche darzustellen und in einer Multimediapräsentation Besuchern der Ausgrabungsstätte zu präsentieren. **1706** Insofern ähneln sich hier die Zielsetzungen der drei Projekte und führten zu visuell ähnlichen Ergebnissen. Aber dieser Zusammenhang von Ziel und Ausführung trifft nicht immer zu.



□ 428

Vergleich der visuellen Gestaltung von zwischen 1984 und 1999 digital rekonstruierten Kirchen: Old Minster in Winchester, »IBM UKSC«, 1986 (links); Cluny III, »asb baudat«, 1989 (Mitte); Kirche St. Laurentius in Ename, Daniel Pletinckx, 1999 (rechts).

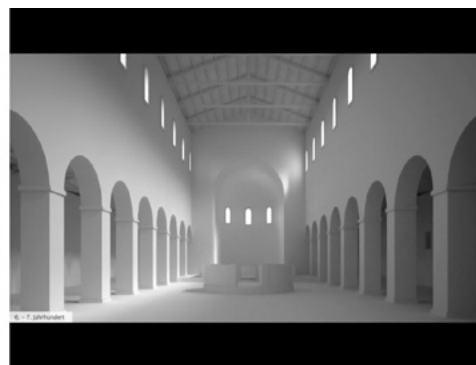
Wie in den vorangegangenen Kapiteln deutlich wurde, prägen vor allem die Ziele, die mit der Erstellung von 3D-Modellen verfolgt werden, das Gesamterscheinungsbild der jeweiligen Rekonstruktion. Selbst wenn unterschiedliche 3D-Projekte ähnlich gerichtete Ziele wie beispielsweise Wissensvermittlung aufweisen, kann das visuelle Endergebnis stark differieren. So zielte sowohl das Projekt zum Kölner Dom als auch das zum Festspielhaus Hellerau im Rahmen von »Theatron« auf eine didaktisch ausgearbeitete Rekonstruktion zur Vermittlung von Wissen ab, jedoch unterscheiden sich die finalen digitalen Modelle sehr stark: Dominik Lengyel und Catherine Toulouse stellten die Architektur des Doms und seiner Vorgängerbauten komplett in Grautönen dar, während das Team um Richard Beacham das Theater farbig gestaltete und mit Avataren ausstattete, die den Nutzern als Informationspunkte dienen sollten [429]. Der grundlegende Unterschied bestand hier darin, dass von der Rekonstruktion des Kölner Doms ein in sich geschlossenes Video und für das Festspielhaus eine interaktive Online-Anwendung erstellt wurde. Dieser Vergleich macht ferner deutlich, dass interaktive Anwendungen nur bedingt mit nicht-interaktiven Anwendungen verglichen werden können.



□ 429

Digitale Rekonstruktionen mit dem Ziel der Wissensvermittlung und unterschiedlichen visuellen Erscheinungsweisen: Festspielhaus Hellerau, VRML-Modell für die Online-Anwendung »Theatron«, University of Warwick und King's College London, Anfang 2000er-Jahre (links) und Kölner Dom, Still aus Video für öffentliche Präsentation im Kölner Dom, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2009–2010.

Umgekehrt, kann eine ähnliche Bildsprache auf vollkommen verschiedenen inhaltlichen Intentionen beruhen. Blickt man beispielsweise auf die Gestaltung der 3D-Modelle der Synagoge Neudeggasse und des Kölner Doms, so wirken sie formal ähnlich, hinsichtlich eines Schwerpunkts auf der geometrischen Darstellung der Architektur und der (überwiegend) in Grautönen gehaltenen Visualisierung [430].



□ 430

Verwendung von Grautönen als gestalterisches Mittel, aber mit jeweils anderer inhaltlicher Aussage: 3D-Modell der Synagoge Neudeggasse in Wien mit grau dargestellten hypothetischen Elementen, TU Wien, 1998 (links) und in Grautönen gehaltene Rekonstruktion des Kölner Doms in Anlehnung an Architekturmodelle in Gips, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2009–2010.

■ 1707

Vgl. Kapitel 5.4 (→ 403).

■ 1708

Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 9.

Allerdings liegt ein deutlicher inhaltlicher Unterschied zwischen den 3D-Modellen vor: Bei den von Bob Martens realisierten Rekonstruktion der Synagoge sollen die Grautöne explizit darauf hinweisen, dass hier keine Quellen zur farblichen Ausgestaltung vorlagen, im Gegensatz zu farbig dargestellten Elementen wie dem Aron Hakodesh oder der Fassade, zu denen Quellen vorlagen. **1707** Der visuelle Kontrast soll somit auf die unterschiedliche Quellenslage hinweisen. Dahingegen erstellten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse in Graustufen gehaltene 3D-Modelle aus vollkommen anderen Gründen. So lehnen sie ihre Visualisierung gestalterisch an die Ästhetik gipserner Architekturmodelle an. Zudem ging es ihnen darum, die unterschiedlichen Bauphasen, die im Modell dargestellt werden sollten, zu einer gestalterisch konsistenten Darstellung zu vereinen, »wodurch also sämtliche Bauphasen auf denselben gemeinsamen Nenner zurückgeführt wurden, nämlich die völlige Enthaltung von Materialität« **1708**, wie Lengyel im Interview erklärt.

Insofern basieren die beiden in Grautönen erfolgten Visualisierungen auf unterschiedlichen Intentionen. Um sie wirklich interpretieren zu können, muss der Betrachter auch mit den Intentionen des Erstellers vertraut sein und dessen Ziele kennen. Der Kontext der Entstehung des jeweiligen 3D-Modells ist hier also notwendig zum Verständnis der generierten Bilder. Daher ist eine Dokumentation des Erstellungsprozesses essentiell, ein wichtiger Handlungsbedarf, wie sich im historischen Überblick und den Einzelanalysen herausstellte.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

Kapitel 8

→ Zusammenfassung und Ausblick – Potentiale für die kunsthistorische Forschung

Verortung der Kunstgeschichte und Potentiale für das Fach

Die vorliegende Arbeit bietet einen erstmals in dieser umfassenden Form erstellten, breiten historischen Überblick über digitale 3D-Modelle historischer Architektur aus kunsthistorischer Perspektive und bildet damit eine thematische Ergänzung der bereits vorliegenden, von einem archäologischen Standpunkt aus betrachteten Übersichten. Ferner werden damit die zumeist auf antike Bauwerke fokussierten Publikationen, um eine weitgefaste, aus kunsthistorischer Perspektive relevante Zeitspanne – von frühchristlicher Architektur bis zu Bauten des frühen 20. Jahrhunderts – ergänzt. **1709**

Der in der vorliegenden Arbeit gebotene Überblick über digitale 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur lässt im Hinblick auf die beteiligten Fachdisziplinen erkennen, dass bislang hauptsächlich Archäologen und Architekten für 3D-Projekte – Projekte, in denen die wissenschaftliche Erstellung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur im Zentrum steht – verantwortlich zu sein scheinen, jedoch weniger Kunsthistoriker. Vor allem Archäologen interessierten sich Anfang der 1980er-Jahre für die gerade aufkommenden neuen Technologien, die eine digitale Rekonstruktion von historischen Objekten am Computer ermöglichten. **1710**

Erst beginnend in der zweiten Hälfte der 1980er-Jahre entstanden Projekte unter Beteiligung von Kunsthistorikern, in denen die Computertechnik beispielsweise zur Erforschung von Fresken und nie gebauten gotischen Gewölben herangezogen wurde: Dazu zählt das interdisziplinäre Projekt zu Raffaels Fresko **Schule von Athen**, das zwischen 1986 und 1987 unter Beratung des Kunsthistorikers Oskar Bätschmann an der Technischen Hochschule Darmstadt (heute: Technische Universität Darmstadt) durchgeführt wurde. **1711** Werner Müller, Experte auf dem Gebiet der Spätgotik, begann Ende der 1980er-Jahre in Kooperation mit dem Mathematiker Norbert Quien Entwürfe spätgotischer Gewölbe mittels 3D-Modellierung computertechnisch zu analysieren. **1712**

Bis heute ist die Anzahl der von Kunsthistorikern realisierten digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur nicht sehr hoch, verglichen mit der Vielzahl der in archäologischem Kontext durchgeführten Arbeiten. Die Gründe hierfür reichen von mangelndem technischen Wissen bis hin zu einer generellen Skepsis neuen Technologien gegenüber. **1713**

Wie in der vorliegenden Arbeit jedoch gezeigt werden konnte, stellen digitale Rekonstruktionen einerseits einen vielversprechenden Untersuchungsgegenstand für die kunsthistorische Forschung dar: So konnte anhand der kunsthistorischen Analyse der digitalen Visualisierungen festgestellt werden,

■ 1709

Trotz dieser zeitlichen Fokussierung, wurden auch 3D-Projekte zu antiken Bauwerken betrachtet, sofern diese für den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit relevant waren.

■ 1710

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 34.

■ 1711

Vgl. Kapitel 3.1 (→ 065).

■ 1712

Vgl. Kapitel 4.2 (→ 193).

■ 1713

Vgl. Stenvert 1991, S. 134; Müller 1990 (Computersimulation spätgotischer Gewölbe), S. 144; Favro 2006 (In the eyes of the beholder); Kapitel 1.3 (→ 029); Kapitel 3.1 (→ 065).

■ 1714
Vgl. Kapitel 7.1 (→ 565).

■ 1715
Vgl. Kapitel 7.2 (→ 573).

■ 1716
Vgl. Kapitel 5.1 (→ 301).

■ 1717
Ioannides/Quak 2014 (3D Research Challenges in Cultural Heritage Applications).

■ 1718
Vgl. Reilly 1992, S. 159. Zum Thema der Kennzeichnung von Hypothesen vgl. Kapitel 6.2 (→ 469).

dass die zeitliche Uneindeutigkeit in digitalen Rekonstruktionen bislang nicht thematisiert wurde. ¹⁷¹⁴ Ferner können Erkenntnisse aus den vorgenommenen Bildanalysen (meist fehlender räumlicher Kontext des rekonstruierten Bauwerks, Ansichten architektonischer Details als inhaltlicher und visueller Mehrwert) zukünftigen 3D-Projekten als Impulse zur Diskussion dienen. ¹⁷¹⁵

Andererseits bieten sich mannigfaltige Potentiale für die Kunstgeschichte, 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge einzusetzen, denn wie gezeigt werden konnte, ermöglichen es 3D-Modelle, Forschungsfragen (räumliche Bezüge, Baugeschichte, Verifizierung von Hypothesen) nachzugehen und im Laufe des Erstellungsprozesses neue Erkenntnisse über das untersuchte Bauwerk zu gewinnen. So ist seit den 1990er- bis in die 2000er-Jahre hinein festzustellen, dass auch in der Kunstgeschichte vermehrt 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge verwendet werden, wie Projekte von Werner Müller und Norbert Quien, Marilyn Aronberg Lavin, Hubertus Günther, Norbert Nußbaum und Kees Kaldenbach zeigen. ¹⁷¹⁶ Allerdings hat sich diese Tendenz bis heute nicht verstetigt, obwohl eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten für digitale Modelle als Forschungswerkzeug besteht, worauf im vorliegenden Abschnitt noch weiter eingegangen wird.

Bislang wird das Fach Kunstgeschichte im Kontext der 3D-Rekonstruktion offenbar jedoch noch nicht als relevante Disziplin wahrgenommen, die einen gewinnbringenden Mehrwert für diesen Forschungsbereich liefern könnte, wie die Einleitung zu dem 2014 erschienenen Sammelband **3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap in Digital Heritage Preservation** offenlegt:

»The aim of this book is to provide an insight into ongoing research and future directions in this novel, continuously evolving field, which lies at the intersection of digital heritage, engineering, computer science, material science, architecture, civil engineering, and archaeology.« ¹⁷¹⁷

Jedoch hat auch die Kunstgeschichte maßgeblich Anteil an der Erforschung des kulturellen Erbes, das zu ihrem Untersuchungsgegenstand gehört. In der internationalen Wissenschaftscommunity gilt es nun für die Kunstgeschichte an Sichtbarkeit und Anerkennung zu gewinnen. Dies ist notwendig, um eine disziplinbedingte Fokussierung auf antike und archäologisch relevante Bauwerke aufzubrechen und den Blick zu weiten. Denn eine Vielzahl an historischer Architektur – ob bis heute existierend, zerstört oder nur im Entwurf erhalten – wartet sozusagen darauf, digital rekonstruiert zu werden.

Anhand des historischen Überblicks und der Einzelanalysen konnte ein weiteres wesentliches Desiderat in der Realisierung von digitalen Rekonstruktionen identifiziert werden: die Kennzeichnung von Hypothesen. Zwar wird, beginnend mit Paul Reillys 1992 veröffentlichtem Aufsatz **Three-dimensional modelling and primary archaeological data**, in Publikationen über dieses Thema reflektiert, jedoch gehen die Wissenschaftler in ihren 3D-Projekten sehr unterschiedlich damit um. ¹⁷¹⁸ In den vergangenen rund 25 Jahren wurden durchaus verschiedene Strategien zur visuellen Auszeichnung von Hypothesen entwickelt,

wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) eindrücklich vor Augen geführt wurde, jedoch wurden (noch) keine allgemein anerkannten Standards dazu entwickelt. Dies mag auch damit zusammenhängen, dass in den 2009 veröffentlichten Richtlinien der **London Charter for the computer-based visualisation of cultural heritage**, dem Thema kein eigener Leitsatz gewidmet ist. ¹⁷¹⁹

■ 1719

Vgl. die jeweils 2009 veröffentlichten Fassungen der Charta auf englisch und deutsch: Denard 2009 (London Charter) und Denard 2009 (Die Londoner Charta).

■ 1720

Vgl. Favro 2006 (In the eyes of the beholder), S. 329.

■ 1721

Favro 2012, S. 273.

Allerdings konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden wie wichtig es für das Verständnis einer 3D-Rekonstruktion von historischer Architektur ist, kenntlich zu machen, welche Elemente auf sicherem Wissen und welche auf Vermutungen basieren sowie auch den jeweiligen Wahrscheinlichkeitsgrad anzugeben. Nur so kann gewährleistet werden, dass einerseits der zu vermittelnde Inhalt entsprechend rezipiert werden kann und andererseits ein 3D-Modell als wissenschaftliche Arbeit und Forschungswerkzeug sowohl in der Wissenschaftscommunity, als auch in der breiten Öffentlichkeit anerkannt wird. Denn vor allem letzterer Adressat ist hyperrealistische, hochaufgelöste 3D-Visualisierungen aus den Medien gewohnt und erwartet diese Optik auch in digitalen Rekonstruktionen, die in Museen oder Dokumentarfilmen gezeigt werden. Darüber hinaus hält das öffentliche Publikum die dort dargebotenen digitalen Modelle für Visualisierungen, die verlässlich die Realität wiedergeben und nicht mit Unsicherheiten verbunden sind. Hier gilt es für Wissenschaftler Lösungsvorschläge zu erarbeiten, um diesen Fehlinterpretationen zu begegnen.

Diane Favro sprach bereits im Jahr 2006 das Dilemma zwischen wissenschaftlichem Anspruch und der öffentlichen Erwartungshaltung hinsichtlich der visuellen Gestaltung von 3D-Rekonstruktionen an. ¹⁷²⁰ Im Jahr 2012 attestierte Favro Betrachtern von 3D-Rekonstruktionen eine gewachsene Sehkompetenz und leitete deren Erwartungshaltung folgendermaßen her:

»Today, the powerful scientific character of computing and the heightened visual sensibilities of readers have elevated hyperrealism as the gold standard of digital modeling. The seeming verism of historical reconstructions depicted in computer games and films has set the visual (not to mention kinetic and aural) bar high indeed.« ¹⁷²¹

Vor allem die Unterhaltungsmedien tragen dazu bei, dass den heutigen Betrachtern hochaufgelöste, hyperrealistische Bilder sehr vertraut sind und sich dadurch die öffentliche Erwartungshaltung in den letzten Jahren somit noch gesteigert hat. Genau hier kann nun die Wissenschaftscommunity eingreifen und wirkungsvolle Strategien entwickeln, um wissenschaftlich erstellte, digitale Rekonstruktionen eindeutig von kommerziellen Visualisierungen und Unterhaltungsmedien unterscheidbar zu machen. Ziel wäre es, nun eine eigene Bildsprache für wissenschaftliche Rekonstruktionen einzuführen und zu etablieren, um damit die öffentliche Erwartungshaltung neu zu prägen. Die intendierten Betrachter könnten an differenzierter ausgearbeitete Visualisierungen herangeführt werden, um den kritischen Blick zu schulen und zu erfahren, dass das Wissen zu historischen Objekten auch Unsicherheiten und fehlende Informationen einschließt. Die visuelle Auszeichnung von Hypothesen kann in dieser Hinsicht eine essentielle Lösungsstrategie bilden. Denn Verfahren wie Darstellungen in Grau-

stufen, bestimmte Farbskalen oder mit Annotationen versehene Visualisierungen, die in **Kapitel 6.2** (→ 469) vorgestellt wurden, können hier einen bewussten gestalterischen Gegenpol zu den hyperrealistischen Visualisierungen in Computerspielen oder Filmen bilden. Insofern könnte gerade mit der Kennzeichnung von Hypothesen eine neue wissenschaftliche Bildsprache generiert werden. Hier kann insbesondere die Kunstgeschichte als eine Disziplin, die sich intensiv mit Bildwerken auseinandersetzt, neue Strategien entwickeln und in den internationalen Diskurs einbringen.

Dahingehend ist es Aufgabe der Wissenschaftler, die große Wirkmacht der Bilder im Bereich der Wissensvermittlung zu reflektieren, um die intendierte Botschaft entsprechend darzustellen. Denn 3D-Rekonstruktionen von historischen Artefakten allgemein und historischer Architektur im Speziellen bieten ein großes Potential für die Vermittlung von Wissen (zum untersuchten Objekt sowie zu übergeordneten Zusammenhängen) und aktuellen Forschungsthemen und -ergebnissen. Hier könnte insbesondere die Kunstgeschichte neue Anwendungsbereiche für sich erschließen und digitale 3D-Modelle als eigenständige wissenschaftliche Arbeiten begreifen, um sie als Argument beziehungsweise These ähnlich einer im Text eingebundenen Abbildung zu publizieren. Hierzu bieten sich beispielsweise innovative Online-Zeitschriften wie **DAACH (Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage)** oder **Studies in Digital Heritage** an, in die auch digitale Modelle beispielsweise als **Sketchfab**-Anwendung, **WebGL**- oder Videodatei eingebettet werden können. So werden die digitalen Rekonstruktionen in den Forschungsdiskurs eingebracht, um in der Wissenschaftscommunity diskutiert zu werden. Darüber hinaus ist es möglich, mehrere Varianten eines 3D-Modells zu rekonstruieren, um verschiedene denkbare Hypothesen aufzuzeigen und damit zur Diskussion zu stellen.

Mit der Einbindung von 3D-Modellen in Online-Anwendungen für die Lehre kann ein akademisches Publikum, in Ausstellungen und Dokumentarfilmen auch die breite Öffentlichkeit erreicht werden. Wie die vorangegangenen Kapitel zeigten, wurden in diesen Präsentationskontexten bereits zahlreiche Konzepte in verschiedenen Fachbereichen entwickelt, die für die Kunstgeschichte durchaus Anschlussmöglichkeiten bieten. **1722** Insbesondere im Bereich der Wissensvermittlung in der Lehre könnten innovative Projekte konzipiert und durchgeführt werden, um Studierende einerseits für den Themenkomplex der digitalen Rekonstruktion zu sensibilisieren und andererseits in interaktiven Anwendungen gezielt an 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge in interaktiven Anwendungen heranzuführen.

So lohnt sich generell ein Blick auf Anwendungsbeispiele digitaler 3D-Rekonstruktionen in anderen Fachdisziplinen, der bisher kaum beachtete Möglichkeiten für die Kunstgeschichte erkennen lässt: Beispielsweise integrierte der Archäologe Bernard Frischer in die 3D-Rekonstruktion eines antiken Bauwerks eine Lichtsimulation, die auf von der NASA veröffentlichten Daten zum Sonnenstand vergangener Jahrhunderte basierte. **1723** Mit der Simulation der historischen Lichtverhältnisse zu einem bestimmten Zeitpunkt konnte eine These zum Lichteinfall in das Bauwerk überprüft werden. Ähnliche Szenarien wären auch für die Kunstgeschichte denkbar, wenn Fragen zum Verhältnis von Licht und Raum in der Architektur erörtert werden.

■ 1722

Hier sei insbesondere auf die komplex aufgebaute Ausstellung »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« im Jahr 2000 hingewiesen, vgl. **Kapitel 5.3** (→ 367). Weitere Ausstellungen von digitalen Rekonstruktionen wurden im Zusammenhang weiterer 3D-Projekte realisiert, die in vorangegangenen Kapiteln eingehend vorgestellt wurden, vgl. dazu: **Kapitel 4.2** (→ 193), **Kapitel 4.3** (→ 233), **Kapitel 5.2** (→ 331), **Kapitel 5.4** (→ 403) und **Kapitel 6.3** (→ 521). Online-Anwendungen zur Wissensvermittlung durch 3D-Rekonstruktionen wurden in **Kapitel 5.1** (→ 301) genauer untersucht.

■ 1723

Vgl. **Kapitel 6.1** (→ 447).

■ 1724

In der Kunstgeschichte findet sich mit dem um 2000 realisierten Projekt zum Altenberger Dom eine online-Anwendung im Bereich der Wissensvermittlung, jedoch lag das 3D-modellierte Bauwerk hier nicht als in Echtzeit frei zu erkundendes VR-Modell vor, vgl. [Kapitel 5.1](#) (→ 301).

■ 1725

Beacham 1999 (Reconstructing Ancient Theater), S. 193.

■ 1726

Vgl. [Kapitel 6.1](#) (→ 447).

Ähnlich wie es in der Theaterwissenschaft bereits mit **Theatron** realisiert wurde, könnten virtuelle Lern- und Forschungsumgebungen eingerichtet werden, die es ermöglichen digital rekonstruierte historische Bauwerke interaktiv zu erforschen. **1724** Denkbar wäre es, damit historische Ereignisse wie Zeremonien, Feierlichkeiten, Belagerungen, Angriffe mit Avataren zu simulieren und beispielsweise Fragen zur Herrschaftsrepräsentation und Festungsarchitektur zu erforschen. Die 1999 von dem Theaterwissenschaftler Richard Beacham formulierten Potentiale, die er für ein digitales 3D-Modell, das sowohl Einblick in ein historisches Bauwerk als auch in historische Theaterpraxis erlaubt, identifiziert, lassen sich auch auf kunsthistorische Forschungsfelder übertragen:

»Such use of computer-based architectural models, when presented through a user-interface allowing interaction with the material on display, can enable visitors to the ›digital-museum‹ not only to be virtually present in long-vanished theaters, but even in effect to find themselves on stage taking part in performances from the remote past. The resulting experience would be far more engaging and stimulating than they are ever likely to experience in a conventional museum. This potential to evoke theater's essential constituent elements of time, space, movement, and visibility allows their interrelationship to be understood, analyzed and communicated far more readily and effectively than previous approaches.« **1725**

Tauscht man einzelne Begriffe dieses Zitats aus, ergeben sich Hinweise auf mögliche Untersuchungsgebiete für die Kunstgeschichte: Auch hier könnten nicht mehr existierende Bauwerke immersiv in VR-Modellen erforscht werden und wie bereits erwähnt historische Ereignisse nachgestellt werden. So würde sich ein weitaus unmittelbarer Zugang zum jeweiligen Forschungsgegenstand eröffnen.

Mit interaktiven VR-Modellen wäre es Kunsthistorikern darüber hinaus möglich beispielsweise heute in Museen befindliche Kunstwerke wie Altarretabeln, Gemälde, Skulpturen und Möbel, die einst für einen bestimmten Raum gearbeitet wurden, in ihren früheren räumlichen Kontext zu positionieren. So könnten auch historische Ausstellungen digital nachgebaut werden.

Virtuelle Umgebungen bieten zudem die Möglichkeit für kollaboratives Arbeiten. Ein innovatives Projektionssystem, wie es der Informatiker Bernd Fröhlich von der Bauhaus Universität in Weimar 2017 vorstellte, könnte zukünftig das gemeinschaftliche Arbeiten von internationalen Forscherteams an digitalen Rekonstruktionen nachhaltig verändern und darüber hinaus fördern. **1726**

Im Zuge der Untersuchung von in den 2010er-Jahren durchgeführten EU-Projekten konnte festgestellt werden, dass die Erforschung nicht mehr existierender Architektur mittels neuer Technologien bislang nicht im Fokus der

■ 1727
Vgl. ebd.

EU-geförderten Initiativen stand. **1727** Hier könnten insbesondere in der Kunstgeschichte wegweisende Forschungsprojekte auf europäischer Ebene initiiert werden. In diesem speziellen Forschungsförderungskontext, aber auch ganz allgemein sind die Potentiale, die digitale Rekonstruktionen für die kunsthistorische Erforschung von historischer Architektur bieten, noch lange nicht ausgeschöpft, wie im Vergleich mit anderen Fachdisziplinen beispielsweise der Archäologie und Theaterwissenschaft deutlich wird.

Wie diese Zusammenfassung zeigt, liegen mannigfaltige Möglichkeiten vor, um 3D-Modelle als Präsentationsmedien und Forschungswerkzeuge einzusetzen. Nun ist es an den Kunsthistorikern, hier ihre Expertise einzubringen, um die bisherige thematische Fokussierung auf archäologisch relevante Bauwerke zu ergänzen.

Desiderate und Handlungsbedarfe

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten wesentliche Desiderate in unterschiedlichen Bereichen identifiziert werden, in denen dringender Handlungsbedarf besteht. Im Folgenden seien diese daher zusammengefasst.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass bislang einheitliche Definitionen von Begrifflichkeiten weder innerhalb von Fächern noch über Disziplinen hinweg vorgenommen wurden. **1728** So existieren in der Wissenschaftscommunity für die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Termini ›digitale 3D-Rekonstruktion‹ und ›digitales 3D-Modell‹ eine Vielzahl an synonym gebrauchten Begriffen. **1729** So spricht der Archäologe Bernard Frischer von **3D (archaeological) model**, sein Fachkollege Paul Reilly von **model**, ergänzt durch zusätzliche, charakterisierende Hinweise in Bezug auf die Darstellungsweise (**solid model**) oder die Erstellungsweise (**computer-generated model**, **CATIA-based model**). **1730** Die Architektin Mieke Pfarr-Harfst definierte in ihrer Dissertation den Begriff **Digitale Rekonstruktion**, ihr Fachkollege Marc Grellert verwendete in seiner Doktorarbeit den Terminus **3D-Computer-Rekonstruktion**. **1731** Hingegen spricht die Architekturhistorikerin Diane Favro von **digital re-creations** beziehungsweise **Virtual Reality re-creations**. **1732**

Insbesondere ›digital‹ und ›virtuell‹ werden im Zusammenhang mit 3D-Modellen häufig synonym verwendet, obwohl hier ein Bedeutungsunterschied vorliegt. **1733** Auch sollte geklärt werden was unter digitaler Rekonstruktion im engeren Sinn verstanden wird – unter welchen Umständen beispielsweise auch mit Laserscans erstellte Modelle dazu zählen. All dies wäre sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene zukünftig zu klären.

In den Einzelanalysen zeigte sich ferner ein wichtiges Desiderat in der Reflexion über das rekonstruierte Bauwerk. So konnte festgestellt werden, dass die für die Rekonstruktionen Verantwortlichen in ihren Publikationen über die 3D-Projekte nicht darlegen, inwiefern die digitale Rekonstruktion in den meisten Fällen nicht **einen** bestimmten Zeitpunkt darstellt. **1734** So werden für die 3D-Modellierung meist heterogene Quellen wie Grundriss des geplanten Bauwerks, Fotografie des errichteten Gebäudes oder Zeitzeugenbericht nach Zerstörung herangezogen, die Informationen zum Zustand des Bauwerks zu unterschiedlichen Zeitpunkten oder Zeiträumen geben. Alle diese Quellen geben eine eigene Variante des Bauwerks wieder. In der Folge ihrer Vermischung im 3D-Modell entsteht sozusagen ein Hybrid aus Elementen unter-

■ 1728
Vgl. Kapitel 1.1 (→ 017).

■ 1729
In der vorliegenden Arbeit wird explizit der Begriff ›digital‹ – in Abgrenzung zu ›virtuell‹ verwendet – um den Bezug zur computertechnischen Erstellung wiederzugeben.

■ 1730
Vgl. Frischer 2008 (Introduction); Reilly 1996.

■ 1731
Vgl. Pfarr 2010, S. 7 u. Grellert 2007, S. 162.

■ 1732
Vgl. Favro 2006 (In the eyes of the beholder).

■ 1733
Vgl. Kapitel 1.1 (→ 017) u. Kapitel 5.1 (→ 301).

■ 1734
Vgl. Kapitel 7.1 (→ 565).

schiedlicher Zeiträume. Diese zeitliche Uneindeutigkeit der Darstellung im 3D-Modell wird allerdings in den Publikationen zu 3D-Projekten kaum reflektiert, obwohl es sich um einen zentralen Aspekt digitaler 3D-Rekonstruktion handelt.

Wie bereits umfassend dargelegt, zählen Hypothesendarstellung im 3D-Modell und die Dokumentation des Erstellungsprozesses von digitalen Rekonstruktionen zu dringenden Handlungsbedarfen. ¹⁷³⁵ Hiermit gilt es nicht nur zur Nachvollziehbarkeit der Arbeiten, sondern auch zur Anerkennung von 3D-Rekonstruktionen als wissenschaftliche Visualisierungen inner- und außerhalb der Wissenschaftscommunity beizutragen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass Konventionen des Wissenschaftlichen Arbeitens – wie sie beim Verfassen von wissenschaftlichen Publikationen etabliert sind – auch im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischen Artefakten als selbstverständlich gelten und fest etabliert sein sollten. Das betrifft vor allem die Einordnung in den Forschungskontext (unter Verweis auf frühere digitale Modelle des vorgestellten Artefakts soweit vorhanden), die Offenlegung von Quellen, die Begründung von Entscheidungen und die Erläuterung von Hypothesen. Bislang werden diese Aspekte nicht grundsätzlich in Publikationen zu 3D-Projekten umgesetzt, wie in den Einzelanalysen der vorliegenden Arbeit deutlich wurde.

Auch die Wahrnehmung von Richtlinien wie der **London Charter** müsste zukünftig verbessert werden, damit darin genannte Prinzipien in 3D-Projekten umgesetzt werden. ¹⁷³⁶ Fachspezifische Zugänge könnten hier hilfreich sein, um die Akzeptanz der Charta bei Experten einzelner Disziplinen zu steigern.

Eine im Kontext des Kulturerbes noch relativ neue und vielversprechende Methode für die digitale Rekonstruktion von historischer Architektur ist **Historic BIM**. Wie bereits in **Kapitel 6.2 (→ 469)** erörtert wurde, birgt diese viele Anwendungsmöglichkeiten und vor allem zahlreiche Funktionen, die gegenüber anderen Rekonstruktionsmethoden einen großen Mehrwert darstellen. Hierzu zählen die Verknüpfung mit Dokumenten, Anreicherung mit Metadaten, das Erstellen mehrerer Versionen aus einem zentralen Modell, die Ausgabe in unterschiedlichen Medien und die Plausibilitätsprüfung im Hinblick auf Statik und Funktionsweise. Bislang wird **BIM** in Deutschland noch von wenigen Architekten eingesetzt, schätzte der Architekt Fabian Zimmermann von **atelier4d Architekten** in Berlin bei einem Gespräch mit der Autorin Anfang 2018. ¹⁷³⁷ Jedoch sieht er für **BIM** als neue Methode im Bereich der digitalen Rekonstruktion zukünftig ein großes Potential, auch wenn einzelne Funktionen noch an die Besonderheiten von historischer Architektur angepasst werden müssen. ¹⁷³⁸ Hier könnten Best Practice-Beispiele die Weiterentwicklung von **Historic BIM** entscheidend befördern.

Das Einführen von Peer Review-Verfahren in den Veröffentlichungsprozess von 3D-Modellen wurde bereits mehrfach von Wissenschaftlern vorgeschlagen, die im Kontext der digitalen Rekonstruktion tätig sind, wie John Wilcock 1996, Richard Beacham 1999 oder später David Koller, Bernard Frischer und Greg Humphreys 2009. ¹⁷³⁹ Auf diese Weise könnte die Wissenschaftlichkeit der Arbeit oder die Einhaltung von Standards und Richtlinien (beispielsweise anhand der **London Charter**) überprüft werden. Diese große Zeitspanne zwischen den jeweiligen Vorschlägen der hier genannten Forscher weist darauf hin, dass das

■ 1735

Vgl. **Kapitel 6.2 (→ 469)**.

■ 1736

Vgl. ebd.

■ 1737

Seine Einschätzungen zu »BIM« erläuterte Fabian Zimmermann der Autorin in einem Gespräch am 19.01.2018.

■ 1738

Zu Vorschlägen mit spezifischen Ergänzungen vgl.: Boeykens/Himpe/Martens 2012, S. 733; **Kapitel 6.1 (→ 447)**.

■ 1739

Vgl. Wilcock 1996, S. 409; Beacham 1999 (*Reconstructing Ancient Theater*), S. 194-195; Koller/Frischer/Humphreys 2009.

Thema des Peer Review in der Wissenschaftscommunity nicht intensiv diskutiert wurde. Zu einem möglichen Peer Review-Verfahren gibt es noch viele offene Fragen: Es müsste festgelegt werden in welchen Fällen es durchgeführt werden sollte, ob nur bei Publikationen in Zeitschriften, Sammelbänden, Monografien, bei Installationen in Ausstellungen oder vor Vorträgen (oder vor Publikation zugehöriger Tagungsbände). Die Dauer eines solchen Verfahrens müsste zeitlich begrenzt werden, damit der ohnehin lange Weg bis zur Veröffentlichung nicht übermäßig verlängert wird. Auch müsste geklärt werden, wer sich als Reviewer qualifizieren kann.

Ein wichtiges Desiderat stellt auch die Langzeitarchivierung von 3D-Projekten zur nachhaltigen Sicherung und Vorhaltung des kulturellen Erbes und wissenschaftlicher Forschungsarbeiten dar. **1740** Da es sich bei digitalen 3D-Modellen historischer Artefakte um wissenschaftlich erarbeitete Objekte handelt, ist es essentiell diese für die Forschung relevanten Wissensträger für die Zukunft zu bewahren und zugänglich zu halten. Hier sollten sowohl diejenigen, die digitale Rekonstruktionen realisieren, als auch diejenigen, die sie in Auftrag geben oder finanziell fördern, die Langzeitarchivierung der generierten Daten als eine verpflichtende Aufgabe im gemeinsamen Interesse erachten. Denn bislang vereitelt oft eine knappe Budgetierung von 3D-Projekten die nachhaltige Erstellung von digitalen 3D-Modellen historischer Architektur. So ist meist bei der Budgetplanung kein (ausreichender) Geldbetrag für die Dokumentation und nachhaltige Datensicherung und Datenvorhaltung des Projekts vorgesehen.

Ohne eine Strategie zur langfristigen Sicherung und Zugänglichkeit würden Zeit und Geld, die in die Erstellung fließen, unnötig verschwendet werden, ganz abgesehen von dem einhergehenden immensen Wissensverlust. Hier besteht somit dringender Handlungsbedarf zu einem Umdenken seitens der Förder- und Auftraggeber, die verbindliche Vorgaben zur Dokumentation des Erstellungsprozesses und zur Langzeitarchivierung standardmäßig einfordern und vor allem auch entsprechend finanziell fördern sollten. Damit hängt auch die Lizenzierung von 3D-Modellen zur Verwendung in bestimmten Kontexten wie Museum, Dokumentarfilm, Internet zusammen, für die (standardisierte) Umsetzungsmöglichkeiten noch erarbeitet werden müssen. **1741**

Die Entwicklung einer gemeinsamen zielführenden Strategie zur Langzeitarchivierung ist zeitnah geboten, denn auch die Archivierung von bereits abgeschlossenen Projekten stellte sich im Verlauf der vorliegenden Arbeit als wichtiger Handlungsbedarf heraus, da sich viele Daten und Materialien in Privatarchive ehemaliger Projektbeteiligter befinden und daher nur eingeschränkt zugänglich sind. Zudem ist die Kompatibilität der Daten mit dieser Sicherung kaum zu gewährleisten. Hier bietet sich die aktive Kuratierung von digitalen Daten an, die die Wahrung und Überprüfung von deren Funktion und Kompatibilität während der Langzeitarchivierung ermöglicht. **1742**

Neben der nachhaltigen Sicherung könnte auch die Sichtbarkeit und Zugänglichkeit von 3D-Projekten anhand eines bislang noch nicht existierenden zentralen oder vernetzten online-Repositorys gesteigert werden. Durch die bessere Auffindbarkeit könnten die digitalen Modelle verstärkt wahrgenommen, reflektiert und diskutiert werden. In der Folge würde dies die Forschung zu den rekonstruierten Bauwerken vorantreiben. Denn wie in den Interviews festgestellt

■ 1740

Vgl. [Kapitel 6.2](#) (→ 469).

■ 1741

Vgl. [Frischer 2006 \(New Directions\)](#), S. 172; [Kapitel 6.2](#) (→ 469).

■ 1742

Vgl. [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 8; [Kapitel 6.2](#) (→ 469).

wurde, werden in der kunsthistorischen Forschung 3D-Projekte, die außerhalb des Fachs publiziert wurden, kaum wahrgenommen. Unter anderem, weil es sich zumeist um Veröffentlichungen von Wissenschaftlern aus technischen Disziplinen handelt. Hier besteht ein wichtiger Handlungsbedarf, um den Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur weiter zu etablieren.

Um der Frage nach der Rezeption von digitalen 3D-Modellen historischer Architektur in der kunsthistorischen Forschung weiter nachzugehen, könnte in einem künftigen Forschungsprojekt eine systematische Untersuchung auf den hier dargelegten Beispielen aufbauen. Interessant wäre beispielsweise zu ergründen, inwiefern die fachliche Reputation der Leiter von 3D-Projekten eine Rolle für die Akzeptanz ihrer Arbeiten im Bereich der digitalen Rekonstruktion spielt. Der Theaterwissenschaftler Richard Beacham vermutet, dass es für die Durchführung seiner 3D-Projekte von Vorteil war, dass er als Wissenschaftler bereits anerkannt und akademisch etabliert war. ¹⁷⁴³ Hier könnten Methoden der Netzwerkforschung zum Einsatz kommen, um das Umfeld der Wissenschaftler zu ergründen.

Grundsätzlich wäre es gewinnbringend aufzuschlüsseln, in welchen Publikationsformaten (Fachzeitschriften, Monografie, Konferenz- oder Sammelband) und in welchem disziplinären Rahmen die Verantwortlichen der 3D-Projekte über diese berichten. ¹⁷⁴⁴ Damit einhergehend würde auch eine Untersuchung zur Zitation der Publikationen Aufschluss darüber geben, in welchen Fachbereichen sie Beachtung finden. Die Ermittlung dieser Faktoren könnte dazu beitragen herauszufinden, warum insbesondere 3D-Projekte zu einschlägig kunsthistorisch relevanten Gegenständen und Themen kaum oder wenig Beachtung in der kunstgeschichtlichen Forschung finden. In der Folge ist es möglich darauf aufbauend Strategien zu erarbeiten, um die Sichtbarkeit der Projekte im Fach zu erhöhen. Dies wäre ein entscheidender Beitrag zur weiteren Etablierung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur sowohl als Untersuchungsgegenstand als auch als Forschungswerkzeug in der Kunstgeschichte.

Vorschlag für ein ideales digitales 3D-Modell

Der in der vorliegenden Arbeit gebotene Überblick über digitale Architekturekonstruktion und -visualisierung hat eine Vielzahl an Möglichkeiten der Ausgestaltung, Einbindung und Anwendung von digitalen 3D-Modellen historischer Architektur in der Wissenschaft präsentiert. Auch wichtige Diskurse in diesem weiten Forschungsfeld wurden aufgezeigt. Auf dieser Basis lassen sich bestimmte Hauptmerkmale, Erfordernisse und Best Practice-Beispiele herausgreifen, um einen Vorschlag für einen Prototyp eines sozusagen idealen digitalen 3D-Modells historischer Architektur zu formulieren. Ein solches ideales Modell könnte folgende wesentliche Bestandteile und Charakteristika aufweisen:

- Methodische Grundlage: Die **London Charter** sollte als Grundlage und Orientierung für die Realisierung digitaler Rekonstruktionen dienen und hierfür einen international anerkannten und verbindlichen Rahmen bilden.
- Räumliche Kontextualisierung des rekonstruierten Bauwerks: Das Gebäude sollte mit der es umgebenden (baulichen/landschaftlichen) Situation dargestellt werden, um den räumlichen Bezug zur Umgebung zu wahren und um die Größenverhältnisse zu verdeutlichen. So können Sichtbezüge,

■ 1743

Diese Vermutung äußerte Richard Beacham der Autorin gegenüber am Rande des Interviews am 17. Juli 2017. Vgl. auch Ausführungen dazu in [Kapitel 7.1](#) (→ 565).

■ 1744

Hier kann auf die von Sander Münster vorgenommene bibliometrische Analyse von Publikationen im Bereich der digitalen Rekonstruktion aufgebaut werden, die er 2014 in seiner Dissertation veröffentlichte. Er untersuchte darin Veröffentlichungen aus ausgewählten Konferenzbänden innerhalb des Zeitraums 2000 bis 2010, vgl. Münster 2014, S. 123-141; [Kapitel 7.1](#) (→ 565).

Sichtachsen und Proportionen anschaulich visualisiert werden. Die Umsetzung hängt von mehreren Faktoren ab und kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. Insbesondere bei heute nicht mehr existierenden Gebäuden wäre beispielsweise zu überlegen, in welchen baulichen Kontext das zu rekonstruierende Bauwerk gestellt werden soll. So kann es in die historische Situation eingebettet werden, sofern dazu Quellen vorliegen. Andernfalls kann das Gebäude auch in den gegenwärtigen baulichen Kontext eingefügt werden, um zu verdeutlichen, wie der Ort wirken würde, wenn das Bauwerk heute noch existieren würde. Eine weitere, weniger aufwendige Alternative könnte die Einbindung von historischen Grundrissen sein. Damit könnte zusätzlich die Verlässlichkeit der Rekonstruktion verstärkt und auf diese Weise auch auf die wortwörtlich zugrundeliegenden historischen Quellen hingewiesen werden. Bei interaktiven Modellen könnte der Grundriss optional eingeblendet werden.

- Hypothesendarstellung: Im 3D-Modell sollten Hypothesen und fundierte Fakten eindeutig kenntlich gemacht werden, möglichst unter Angabe des Wahrscheinlichkeitsgrads. Hierzu stehen bereits einige Lösungsvorschläge zur Verfügung wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausgeführt.
- Dokumentation des Erstellungsprozesses der Rekonstruktion: Anhand einer Dokumentation des Erstellungsprozesses der Rekonstruktion können alle angewendeten Methoden und zugrundeliegenden Entscheidungen erläutert und mit Quellen belegt werden. Zudem sollten Metadaten (unter anderem Informationen zu Erstellern/Beteiligten, Technik, Software, Hardware, Quellen) mit dem Datensatz des 3D-Modells verbunden sein, beispielsweise unter Verwendung von **Historic BIM**, wie in **Kapitel 6.1** (→ 447) dargelegt. Dies würde die Nachvollziehbarkeit erhöhen sowie die Anerkennung digitaler Rekonstruktionen als wissenschaftliche Publikationen fördern.
- Mediale Zugänglichkeit: Zumindest das finale 3D-Modell sollte in Form von Videos und Renderings frei zugänglich im Internet veröffentlicht werden. Idealerweise sollten auch die Rohdaten veröffentlicht werden, um von anderen Forschern weiterentwickelt und im Sinne eines Forschungswerkzeugs verwendet werden zu können. Dies würde die Diskussion zum dargestellten Objekt verstärken.
- Nachhaltige Nutzbarkeit, Archivierung und Kompatibilität: Der gesamte Datensatz sollte in einem auf die Vorhaltung wissenschaftlicher Daten spezialisierten, digitalen Archiv gespeichert werden. Die Kompatibilität und nachhaltige Nutzbarkeit sollte durch eine aktive Kuratierung und gegebenenfalls Emulation gewährleistet werden.
- Ein abschließender Projektbericht zum Kontext der Entstehung, zu beteiligten Institutionen/Personen, Förderung, technischer Umsetzung unter anderem sollte online und als Open Access-Publikation veröffentlicht werden.

Idealerweise könnten wissenschaftlich erstellte digitale 3D-Modelle historischer Architektur und zugehörige Materialien wie Projektbericht, Abbildungen, Videos, historische Quellen in einem internationalen Repositorium gesammelt und gespeichert werden. Ein solches Repositorium könnte zentral

verwaltet werden oder auch aus einem Netzwerk aus mehreren Archiven bestehen. Es sollte online frei zugänglich sein, der Vernetzung und dem Austausch von Experten dienen und eine Grundlage für zukünftige 3D-Projekte bieten.

Ziel der vorliegenden, aus kunsthistorischer Perspektive unternommenen Arbeit war es, mit dem historischen Überblick und der Analyse ausgewählter, herausragender 3D-Projekte Potentiale für die kunsthistorische Forschung im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur aufzuzeigen und Anschlussmöglichkeiten für weiterführende Arbeiten zu bieten. Die Darlegung wichtiger Desiderate, Handlungsbedarfe und eines Vorschlags für ein ideales 3D-Modell soll hierzu einladende Impulse setzen.

Appendix 1

→ Kerninformationen zu 3D-Projekten

Publiziert in: Messemer, Heike,
 Digitale 3D-Modelle historischer
 Architektur. Entwicklung, Potentiale und
 Analyse eines neuen Bildmediums aus
 kunsthistorischer Perspektive.
 Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
 2020 (Computing in Art and Architecture,
 Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
 arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

1. Old Minster, Winchester (1984–1986)

Rekonstruiertes Bauwerk	Old Minster, Winchester, Großbritannien
Projekte	Erster Minster Movie, 1984–1985 Zweiter Minster Movie, 1985–1986
Initiierung der Projekte	Erster Minster Movie: 1984 initiiert durch die Archäologen Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle, 1985 erster Film fertiggestellt Zweiter Minster Movie: Auf Anfrage des British Museum 1986 erstellt für die Ausstellung <i>Archaeology in Britain since 1945</i> im British Museum, London, 03. Juli 1986–15. Februar 1987
Realisation der Projekte	Erster Minster Movie: Ort: realisiert am IBM UK Scientific Centre (IBM UKSC), Winchester Länge: 1:38 Min. Software: Winsom (WINchester Solid Modeller) entwickelt am IBM UKSC, unter Leitung von Dr. Peter Quarendon; FastDraw (zur Erstellung von Drahtgittermodellen), entwickelt am IBM UKSC von Alan R. Halbert Hardware: IBM 4381 3D-Modellierung: Unter der Leitung von Andy Walter (Experte für Computergrafik und -animation, IBM UKSC) mit den Studierenden Phil Barlow, Alison Bradley, Mike Stanley u. Stephen Watt, in Rücksprache mit Birthe Kjølbye-Biddle (Archäologin) Technische Daten: Auflösung von 512 × 512 Pixel, 2 × 12,5 Bilder pro Sekunde Produziert von: Mike Stanley Regie: Andrew Walter Video Animation: Tim Williams Projekt-Budget: keine Angabe

Zweiter Minster Movie:**Ort:** realisiert am IBM UKSC**Länge:** 2:31 Min.**Software:** Winsom**Hardware:** IBM 3080 Mainframe**3D-Modellierung:** Andy Walter und Studierende**Grafik:** IBM UK Scientific Centre Graphics Systems Research**Bildüberschriften:** British Museum**Technische Daten:** 32 Bilder/keypoint-interval, Auflösung von 512 × 512 Pixel, 25 Intervalle, 2 × 12,5 Bilder/Sekunde, insg. 800 Bilder**Projekt-Budget:** keine Angabe**Realisations-
zeitraum**

1984–1986

Ansprechpartner

Dr. Paul Reilly, Southampton, Vereinigtes Königreich

Andy Walter, Southampton, Vereinigtes Königreich

Prof. Martin Biddle CBE, FBA, Oxford, Vereinigtes Königreich

Veröffentlichungen (Auswahl)**Vorträge****1985:** Präsentation des ersten **Minster Movies**, Tom Heywood, damals IBM-Manager der Graphics Group, IBM Annual Meeting, Southampton**2015:** Vortrag **Restoring the Digital Old Minster of Winchester** von Paul Reilly, Stephen Todd und Andrew Walter (University of Southampton) für Konferenz **Virtual Heritage Network Ireland 2015 (VHN)** in Maynooth, Irland, (20.–21. November 2015), am 21. November 2015**Ausstellungen****1986–1987:** Präsentation des zweiten Minster Movie auf Fernsehmonitor in der Ausstellung **Archaeology in Britain: new views of the past** im British Museum, London, 03. Juli 1986–15. Februar 1987**Fernsehen****1986:** Ausstrahlung unterschiedlicher Versionen des **Minster Movie** im britischen Fernsehen im Rahmen verschiedener Sendungen, z. B. **BBC South Today**, 1986**Datenträger****1986:** unverkäufliche CD-Roms mit dem zweiten **Minster Movie** sowie den zugehörigen TIFF-Bilddateien für Projektbeteiligte u. a.**In Planung:** CD/DVD für geplante Publikation **The Anglo-Saxon Minsters** (= Winchester Studies 4.i), hrsg. von Birthe Kjølbye-Biddle und Martin Biddle bei Oxford University Press**Literatur
(Auswahl)**Bentkowska-Kafel, Anna: **The Fix vs. the Flux. Which digital heritage?**, in: Daniels, Dieter u. Günther Reisinger (Hrsg.): **netpioneers 1.0 – archiving, representing and contextualising early netbased art**, Berlin/New York 2009, S. 145–162.Burridge, J.M., B.M. Collins, B.N., Galton, A. R. Halbert, T. R. Heywood, W. H. Latham, R.W. Phippen, P. Quarendon, P. Reilly, M.W. Ricketts, J. Simmons, S. J. P. Todd, A. G. N. Walter u. J. R. Woodwork: **The WINSOM Solid Modeller and Its Application to Data Visualization**, in: **IBM Systems Journal**, Bd. 28 (1989), Nr. 4, S. 548–568.Reilly, Paul: **Data Visualization in Archaeology**, in: **IBM Systems Journal**, Bd. 28 (1989), Nr. 4, S. 569–579.

Reilly, Paul u. Stephen Shennan: Applying Solid Modelling and Animated Three-Dimensional Graphics, in: Rahtz, Sebastian (Hrsg.): Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1989. CAA89, Oxford 1989 (= BAR International Series 548), S. 157–165.

Reilly, Paul u. Felix Weber: Computer-Reisen in die Vergangenheit, in: Die Weltwoche, 24. Oktober 1991, 1991, Nr. 43, S. 53 u. 55.

Reilly, Paul: Three-dimensional modelling and primary archaeological data, in: Reilly, Paul u. Paul Rahtz (Hrsg.): Archaeology and the information age. A global perspective, London u.a. 1992, S. 147–173.

Reilly, Paul, Stephen Todd u. Andy Walter: Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester, in: Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Bd. 3 (2016), S. 33–41.

Woodward, John: Reconstructing History with Computer Graphics, in: IEEE Computer Graphics and Applications, Bd. 11 (1991), Nr. 1, S. 18–20.

Links

3DVisA: Projektbeschreibung auf der Webseite 3DVisA des King's College, London: <http://3dvisa.cch.kcl.ac.uk/project12.html>.

YouTube: Video des zweiten *Minster Movie*, YouTube-Kanal IBM Miscellaneous des Hursley Museum seit 20. Januar 2015 online zugänglich: <https://www.youtube.com/watch?v=WaorE1yecG4&list=PLu6u2JOquER-JaD-MdkNPazVmDUi-p1icY&index=12>.

Vimeo: Video *The Old Minster, Winchester (2nd Version, 1985)*, 2:30 Min., von Paul Reilly am 14. Juni 2016 auf Vimeo online gestellt: <https://vimeo.com/170699480>.

ScienceDirect: Kostenfreier Zugang (über bestimmte Institutionen) zu folgendem Aufsatz mit Bild- und Videodateien bzw. kostenpflichtiger personalisierter Zugang: Reilly, Paul, Stephen Todd u. Andy Walter: Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester, in: Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Bd. 3, 2016, S. 33–41, online gestellt über Webseite von ScienceDirect: <http://dx.doi.org/10.1016/j.daach.2016.04.001>.

Programbits: interaktives 3D-Modell des Old Minster, Winchester, von 1984, aufbereitet für aktuelle Software von Paul Reilly, Stephen Todd u. Andy Walter, online zugänglich: <http://programbits.co.uk/minster/minstv3.html>.

Zusatzmaterial – Transkriptionen zum ersten »Minster Movie«

Text des Vorspanns:

1. Standbild: »Believed to be the first ever 3D Archaeological / reconstruction on computer. Created circa 1985, / this is the first version of the »Minster Movie« as it / came to be known. Dr Peter Quarendon's WINSOM / solid modeller ran on an IBM 4381, each frame / separately rendered and taking approx. 1 hour. / Only a single unit-cube of CSG volume was / rendered using perspective viewing, so we had to / heavily depth-cue the lighting to hide the lack of / rendering of parts of the interior that extended well / beyond the back-face of the unit-cube!«

2. Standbild: »THE OLD MINSTER / WINCHESTER / GRAPHICS BY / IBM / UK Scientific Centre / Graphics Systems Research«

Text des Abspanns:

»Solid Model / Peter Quarendon Stephen Watt / Alison Bradley Phil Barlow / Bertha Kolbe-Biddle / Produced by / Mike Stanley / Directed by / Andrew Walter / Video Animation / Tim Williams«

Transkriptionen zum zweiten »Minster Movie«

Vor der Sequenz mit virtuellem Flug:

1. Phase: »About 648 AD. King Cenwalh's church.«

2. Phase: »700-800 AD. St. Martin's tower gatehouse built. / 903-71 AD. Facade and chapels built.«

Schwarzes Standbild mit weißer Schrift: »St. Swithun who died in 862 AD was buried / inside the west door. Later rebuilding / enclosed and focused on his tomb / which became a centre of pilgrimage.«

3. Phase: »971-4 AD. Great apses link the / church and St. Martin's tower.«

4. Phase: »974-93 AD. West end remodelled / with extensions eastwards.«

Schwarzes Standbild mit weißer Schrift: »A tour of OLD MINSTER, about 1000 AD, / moving inside from the west door past St. Swithun's tomb and east to the high altar and crypt entrance.«

Nach der Sequenz mit virtuellem Flug:

»THE OLD MINSTER / WINCHESTER / Graphics by / IBM / UK Scientific Centre / Graphics Systems Research«

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

2. Cluny III (1989)

Rekonstruiertes Bauwerk	Cluny III, Burgund, Frankreich
Realisation	<p>Projektidee: Ulrich Best (Südwestfunk Baden-Baden, Erstellung des Drehbuchs zu <i>Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier</i>), Horst Cramer (SWF-Redakteur)</p> <p>Technische Umsetzung: asb baudat, Bensheim (Geschäftsführer Manfred Koob)</p> <p>Software: speedikon von IEZ AG mit einem erst kurz zuvor entwickeltem 3D-Modul</p> <p>Projekt-Budget: 200.000,- DM (ca. 102.260 €)</p>
Realisationszeitraum	Sechswöchige Arbeit 1989 (Fertigstellung des vierminütigen Films am 6. Oktober 1989)
Ansprechpartner	Dr.-Ing. Marc Grellert, Technische Universität Darmstadt
Veröffentlichungen (Auswahl)	
Fernsehen	<p>1991: Vierminütiger Film mit einer virtuell simulierten Kamerafahrt in und um das digital erstellte Cluny III als Teil des zweiten Teils der in internationaler Co-Produktion entstandenen Dokumentation <i>Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier</i> des Südwestfunk Baden-Baden, Erstausstrahlung des zweiten Teils in der ARD am Sonntag, den 24.03.1991, 10–11 Uhr</p> <p>1991: Fernsehdokumentation zu Cluny III in der Sendung <i>Computer & Schule</i>, Folge 10, im SWF III am 25. November 1991</p>
Ausstellung	1993: Ausstellung <i>New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen</i> , Museum für Gestaltung, Zürich, 27. Januar – 4. April 1993. Dort wurde das Video der 3D CAD-Simulation Cluny III aus <i>Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier</i> (VHS), 7:20 Min. gezeigt sowie ein Ausschnitt aus der Fernsehdokumentation zu Cluny III in der Sendung <i>Computer & Schule</i> , 18:40 Min. (Folge 10, ausgestrahlt im SWF III am 25. November 1991)
Literatur (Auswahl)	<p>Behringer, Anja: Cluny III. Auferstanden aus Ruinen: Cluny, das glühende Herz des Abendlandes, in: Frankfurter Allgemeine Magazin, 01.03.1991, 1991, Nr. 90, S. 62–68.</p> <p>Behringer, Anja: Auferstanden aus Ruinen, in: Börsenblatt, 11.11.1994, 1994, Nr. 90, S. 49–53.</p> <p>Best, Ulrich: <i>Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier im 11. Jahrhundert</i>. Manuskripte zur 3teiligen Fernsehserie des Südwestfunks, München 1991.</p> <p>Cluny III mit dem Computer rekonstruiert, in: Stein. Steinmetz und Bildhauer, 1991, Nr. 5, S. 65–69.</p>

Cluny aus dem Computer, in: Der Spiegel, 28.03.1994, 1994.

Cramer, Horst u. Manfred Koob (Hrsg.): Cluny. Architektur als Vision, Heidelberg 1993.

Dechau, Wilfried: Cluny IV, in: Deutsche Bauzeitung. Zeitschrift für Architekten und Bauingenieure, Jg. 124, Bd. 12 (1990), S. 114–115.

Koob, Manfred: Die dreidimensionale Rekonstruktion und Simulation von Cluny III, in: Cramer, Horst u. Manfred Koob (Hrsg.): Cluny. Architektur als Vision, Heidelberg 1993, S. 58–86.

Koob, Manfred: Die 3-Dimensionale Rekonstruktion und Simulation von Cluny III, in: EDV in der Denkmalpflege. Fachtagung 1993, 27. bis 29. Oktober 1993 in der Abtei Brauweiler, Köln 1994 (= Mitteilungen aus dem Rheinischen Amt für Denkmalpflege, Heft 10), S. 108–117.

Koob, Manfred: Virtuelle Rekonstruktion von Bauwerken – Voraussetzungen, Nutzen, Beispiele, in: Detail. Zeitschrift für Architektur, 40. Serie, 2000, Nr. 7, S. 1269–1272.

Krömer, Rupert: Cluny als Vision? Cluny as a Vision? Cluny, une vision?, in: Betonwerk + Fertigteile-Technik, (1995), Nr. 1, online abrufbar unter: http://www.ika.tu-darmstadt.de/g_pdf/cluny/print_1995_01_betonwerk.pdf.

Krömer, Rupert: Cluny – Vorbild für moderne Vorfertigung. Cluny – A Model for Modern Prefabrication, in: Betonwerk + Fertigteile-Technik, (1995), Nr. 1, online abrufbar unter: http://www.ika.tu-darmstadt.de/g_pdf/cluny/print_1995_01_betonwerk.pdf.

Ulrich Best, Bundeskunsthalle Bonn. Interview mit Ulrich Best, Leiter der Abteilung Technische Medien der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, am 5. September 2003, in: Grellert, Marc: Immaterielle Zeugnisse. Synagogen in Deutschland. Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur, Bielefeld 2007, S. 495–500.

Sätzler, Kurt: Cluny. Architektur als Vision (Buchbesprechung), in: Spektrum der Wissenschaft, Bd. 5 (1996), S. 130.

Zu Fuß durch ein Gebäude, das es gar nicht gibt. Wie in Bensheimer Computern aus einer Fata Morgana Cluny III wurde / Teil eines Fernsehfilms (Autor: sl), in: Bergsträßer Anzeiger, 06.10.1990, 1990.

Links

TU Darmstadt: Kurzinfo zum Projekt auf der Webseite der Informations- und Kommunikationstechnologie in der Architektur, Fachbereich Architektur der TU Darmstadt: http://www.ika.tu-darmstadt.de/d_projects/index.html.

Zürcher Hochschule der Künste: Online-Archiv der Zürcher Hochschule der Künste, Zürich: <https://www.emuseum.ch/objects/148724/3d-cadsimulationen-cluny-iii-aus-nomaden-auf-dem-kaiserthr?ctx=67d0e095-a4f2-4359-bf86-9a4d-c623b4dc&idx=0>.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

3. Spätgotischer Kirchenchor (1992)

Rekonstruiertes Bauwerk	Spätgotischer Kirchenchor, basierend auf Architekturzeichnungen im Stromerschen Baumeisterbuch I (zwischen 1595 und 1603)
Realisation	<p>Projektidee: Werner Müller</p> <p>Technische Umsetzung: Norbert Quien und die Mitarbeiter Markus Herrmann, Christoph Kindl, Martin Pasdzierny und Joachim Simon seiner Arbeitsgruppe am Interdisziplinären Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR) der Universität Heidelberg</p> <p>Hardware: Abekas A60, Apple Macintosh, IBM Personal Computer, Parsytec Transputer- SuperCluster 128, SiliconGraphics Workstations, Sony CVR Video-Disc, Sun Workstations</p> <p>Software und Video Design: Eigenentwicklungen von Norbert Quien und den Mitarbeitern Markus Herrmann, Christoph Kindl, Martin Pasdzierny und Joachim Simon seiner Arbeitsgruppe am Interdisziplinären Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR) der Universität Heidelberg</p>
Realisationszeitraum	1992: realisiert innerhalb des DFG-Projekts CAD spätgotischer Gewölbe (1989–1993)
Ansprechpartner	Dr. Norbert Quien, St. Ingbert
Veröffentlichungen (Auswahl)	
Vorträge	<p>1989: Vortrag Computersimulation spätgotischer Gewölbe. Ein Diskussionsbeitrag zum Thema »CAD als Ende der Baukunst«, von Werner Müller, Kolloquium Wölbkonstruktionen der Gotik, Nachgotik und Neugotik im Rahmen des Teilprojekts C3 Geschichte des Konstruierens im Sonderforschungsbereich 230 Natürliche Konstruktionen, Institut für leichte Flächentragwerke, Universität Stuttgart, 16.–17. Februar 1989</p> <p>1992: Vortrag Computergraphik und Video nach Algorithmen spätgotischer Steinmetzkunst von Werner Müller und Norbert Quien, XXVIII. Internationaler Kunsthistoriker Kongress in Berlin, 15. bis 20. Juli 1992. Dort präsentierten sie das Video Play Gothics ... (11:44 Min., VHS)</p> <p>1993: Vortrag Visualisierung gotischer Architektur mittels Computergraphik und Video von Norbert Quien, Interdisziplinärer Arbeitskreis Musik- und Kunstinformatik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 20. Januar 1993</p> <p>1993: Vortrag Rekonstruktion spätgotischer Gewölbe mit CAD von Norbert Quien und Werner Müller, Fachtagung: EDV in der Denkmalpflege, Landschaftsverband Rheinland. Rheinisches Amt für Denkmalpflege, 27.–29. Oktober 1993</p>

Fernsehen	1992: Ausstrahlung eines etwa 9-minütigen Beitrags in der Wissenschaftssendung Sonde im SWR mit Videosequenzen und Bildern aus dem Video Play Gothics ...
Ausstellungen	<p>1993: Video Play Gothics ... gezeigt in der Ausstellung New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen, Museum für Gestaltung, Zürich, 27. Januar – 4. April 1993</p> <p>1997: Ausstellung Spätgotik virtuell in der Galerie BASF Schwarzheide GmbH im Land Brandenburg, im Rahmen der Veranstaltungsreihe zum Thema Kunst im Dialog, 03.–29. Oktober 1997</p> <p>1999–2000: Ausstellung Hammer, Meißel und Computer – Spätgotik im rechten Maß im Museum für Technik, Mannheim, 22. Juni 1999 – 09. Januar 2000. Dort wurde ein ca. zehnmütiges Video gezeigt, das auch im SWR ausgestrahlt wurde.</p>
Literatur (Auswahl)	<p>Jäger, Willi, Werner Müller u. Norbert Quien: Gotische Ziergewölbe aus dem Computer, in: forschung. Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft. spezial 2004, 2004, S. 48–51.</p> <p>Müller, Werner u. Norbert Quien: Ziergewölbe aus der Dürerzeit. Spätgotische Gewölbeentwürfe in dreidimensionalen Computergrafiken, Nördlingen 1991 (nur als Manuskript vorhanden, wurde nie publiziert).</p> <p>Müller, Werner u. Norbert Quien: Computergraphik und Video nach Algorithmen spätgotischer Steinmetzkunst, in: Gaehtgens, Thomas W. (Hrsg.): Künstlerischer Austausch. Artistic Exchange. Akten des XXVIII. Internationalen Kongresses für Kunstgeschichte, Berlin, 15.–20. Juli 1992, Berlin 1993, Bd. 3, S. 271–282.</p> <p>Müller, Werner u. Norbert Quien: Von deutscher Sondergotik. Architekturphotographie, Computergraphik, Deutung, Baden-Baden 1997.</p> <p>Müller, Werner u. Norbert Quien: Hammer, Meißel und Computer – Spätgotik im rechten Maß, Ausstellung im Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim, Mannheim 1999.</p> <p>Müller, Werner u. Norbert Quien: Spätgotik virtuell. Für und Wider die Simulation historischer Architektur, Weimar 1999.</p> <p>Müller, Werner u. Norbert Quien: Virtuelle Steinmetzkunst der österreichischen und böhmisch-sächsischen Spätgotik: die Gewölbeentwürfe des Codex Miniatus 3 der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien, Petersberg 2005 (= Studien zur internationalen Architektur- und Kunstgeschichte, Bd. 38).</p> <p>Quien, Norbert u. Werner Müller: Ray tracing on transputers and late gothic vaults, Heidelberg 1990 (= Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen der Universität Heidelberg. Preprint 90–04).</p> <p>Quien, Norbert u. Werner Müller: Gotische Rippengewölbe mit CAD-Hilfe rekonstruiert. Beispiel: Das Ulmer Ölberggewölbe, in: Steinmetz und Bildhauer, Heft 6 (1990), S. 20–22.</p> <p>Quien, Norbert u. Werner Müller: Computergraphik und gotische Architektur, I: Von der Norm zur Form, II: Der Virtuelle Steinmetz, in: Spektrum der Wissenschaft, Dezember (1991), S. 120–133.</p> <p>Quien, Norbert u. Werner Müller: Gothic Vaults and Transputers, in: IEEE Computer Graphics and Applications, Bd. 12 (1992), Nr. 2, S. 12–13.</p> <p>Quien, Norbert: Nie gebaut und doch zu sehen. Visualisierung gotischer Architektur durch Parallelrechner, in: DAS MAGAZIN. Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, 3. Jg. (1992), Ausgabe 2, S. 22–23.</p>
Links	Online-Archiv der Zürcher Hochschule der Künste, Zürich: https://www.emuseum.ch/objects/148722/play-gothics .

Zusatzmaterial – Transkription des Vorspanns des Videos »Play Gothics ...«

Einzelne Sequenzen des Vorspanns:

Standbild mit Text zu Informationen zur Institution:

»Interdisziplinäres Zentrum für / Wissenschaftliches Rechnen / IWR / Interdisciplinary Center for Scientific Computing / University of Heidelberg«

Standbild mit Text zur Danksagung:

»We wish to thank the / Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) / for the financial support of this project. / We are especially grateful to the initiators of this work / Willi Jäger and Werner Müller / for their encouragement.«

Standbild mit Text zu Informationen zu Beteiligten:

»Art historical research: Werner Müller / Software development and video design: Markus Herrmann / Christoph Kindl / Martin Pasdzierny / Norbert Quien / Joachim Simon«

Standbild mit Text zur technischen Ausstattung für die Realisierung des Projekts:

»The following equipment was used for the realization of this video: Abekas A60, Apple Macintosh, IBM Personal Computer, Parsytec Transputer- SuperCluster 128, SiliconGraphics Workstations, Sony CVR Video-Disc, Sun Workstations«

Standbild mit Titel der Arbeit und Copyright:

»Play Gothics ... / © IWR University of Heidelberg 1992«

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

4. Dresdner Frauenkirche (1993)

Rekonstruiertes Bauwerk	Dresdner Frauenkirche
Realisation	<p>Projektidee: Erstellung eines virtuellen Flugs außer- und innerhalb der digital rekonstruierten Dresdner Frauenkirche, im Rahmen des Fundraisings zum Wiederaufbau der zerstörten Frauenkirche in Dresden, 1993</p> <p>Technische Umsetzung: Brian Collins u. Dave Williams, IBM UK Scientific Centre, Winchester, Vereinigtes Königreich; Robert Haak, Martin Trux u. Herbert Herz, IBM Deutschland Informationssysteme, Stuttgart; Luc Genevriez, Pascal Nicot, Pierrick Brault u. Xavier Coyere, ARC (Audiovisuel Realisation Conseil), Pantin, Frankreich; Burkhard Krause, Jens Kluckow u. Armin Pfaffenholz, TransCAT Nord, Dortmund</p> <p>Software: CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) von Dassault Systèmes für das Geometriemodell; NEFERTITI (Version 2.4) von Little Big One, Belgien, für die Bearbeitung der 2D Bilder und deren Umwandlung in 3D-Bilder; TDImages (Version 3.0) von Thomson Digital Interactive für die Bearbeitung der Farbgebung und der Beleuchtung, für die Erstellung einer Kamerafahrt für eine Testversion der Animation sowie für das Raytracing der fertigen Animation; Data Explorer (Version 1.2) von IBM Corporation für die Erstellung der Testanimation durch Raycasting</p> <p>Hardware: IBM RISC System/6000 (Modelle 530H u. 560) von IBM Corporation; IBM Power Visualization System (Modell 3) von IBM Corporation; Supernova (Modell 24.2) von Spaceward; Beatacam-SP (Modell BW-75P) von Sony Corporation</p> <p>Projekt-Budget: ca. 1,5 Millionen DM (Juni 1992 bis November 1993)</p>
Realisationszeitraum	Dauer der digitalen Rekonstruktion (Geometriemodell, fotorealistisches Modell in 2D und 3D, Rendering, Postproduktion): insges. 12 Wochen
Ansprechpartner	Dr. Paul Reilly, Southampton, Vereinigtes Königreich Dr. Brian Collins, Vereinigtes Königreich
Veröffentlichungen (Auswahl)	
Modellversionen	<p>CATIA-3D-Modell zur Unterstützung der Maßnahmen zum Wiederaufbau der Dresdner Frauenkirche</p> <p>Fotorealistisches 3D-Modell zur öffentlichen Präsentation im Fernsehen anhand von Werbespots im Rahmen der Spendenkampagne zum Wiederaufbau der Frauenkirche sowie auf der internationalen IT-Messe CeBIT, Hannover, in Form eines interaktiven VR-Modells</p>
Film	IBM presents Frauenkirche zu Dresden, 2:46 Min., IBM/ARC, 1993

- Fernsehen** Insgesamt sechs Fernsehspots mit computeranimierten Szenen u. a. des CATIA-3D-Modells, ausgestrahlt auf SAT.1 im November und Dezember 1993 in Deutschland
- Ausstellungen** 1994: Präsentation der digitalen 3D-Rekonstruktion als interaktives VR-Modell in einem VR-Raum via Head-mounted-Display am Stand von IBM, CeBIT 1994, Hannover
- Literatur (Auswahl)**
- Brückner, Martina: Von der Ruine zum barocken Prachtstück, in: IBM-Nachrichten, (1993,) Nr. 43, S. 60–65.
- Collins, Brian et al.: The Dresden Frauenkirche – Rebuilding the past, in: Wilcock, John u. Kris Lockyear (Hrsg.): Proceedings of the 21st CAA conference held at Staffordshire University, Stoke-on-Trent, 3. bis 8. April 1993, Oxford 1995 (= BAR International Series, S598), S. 19–24.
- Collins, Brian N.: From Ruins to Reality – The Dresden Frauenkirche, in: IEEE Computer Graphics and Applications, November (1993), S. 13–15.
- Froitzheim, Ulf J.: CEbit. Im Labyrinth, in: FOCUS Magazin, 14.03.1994, (1994), Nr. 11, online abrufbar auf der Webseite FOCUS online: http://www.focus.de/wissen/natur/cebit-im-labyrinth_aid_145662.html.
- Jalili, Reza, Peter D. Kirchner, Jorge Montoya, Stephen Duncan, Luc Genevriez, James S. Lipscomb, Robert H. Wolfe u. Christopher F. Codella: A Visit to the Dresden Frauenkirche, in: Presence. Teleoperators and Virtual Environments, Bd. 5 (1996), Nr. 1, S. 87–94.
- Krull, Dieter u. Dieter Zumppe: Memento Frauenkirche. Dresdens Wahrzeichen als Symbol der Versöhnung, Berlin 2001.
- Montoya, R. Jorge: Applied Virtual Reality at the Research Triangle Institute, in: NASA. Johnson Space Center, ISMCR 1994: Topical Workshop on Virtual Reality. Proceedings of the Fourth International Symposium on Measurement and Control in Robotics, o.O. 1994, S. 11–18.
- Müller, Peter: Die Frauenkirche in Dresden. Baugeschichte, Vergleiche, Restaurierungen, Zerstörung, Wiederaufbau, Weimar, Köln, Wien 1994, insbes. S. 118–130.
- Reilly, Paul: Access to Insights: stimulating archaeological visualisation in the 1990s, in: Márton, Erzsébet (Hrsg.): The Future of Our Past '93-'95. International Conference of Informatics, Budapest 1996, S. 38–51, insbes. S. 44–45.
- Ronchi, Alfredo M.: eCulture: Cultural Content in the Digital Age, Berlin, Heidelberg 2009, S. 341.
- Runkel, Wolfram: Das Wunder von Dresden. Die Frauenkirche feiert Auferstehung als Computermodell und Bauprojekt, in: Zeit-Magazin, Beiheft zur Wochenzeitung Die Zeit, 11. März 1994, 1994, S. 14–24.
- Steinerne Glocke im Computer bereits restauriert, in: Computerwoche, 07.01.1994, 1994, online abrufbar im Archiv der Webseite der Computerwoche: <http://www.cowo.de/a/1119000>.

Zusatzmaterial – Transkription des Abspanns

»Director and/Production manager:/Genevriez Luc/First Assistant Director: Brault Pierrick
 Second Assistant Director:/Nicot Pascal/2d Graphic designer: Coyere Xavier
 Technical Direction:/Baskerville Phil/Collins Brian/Williams Dave/IBM UKSC
 Music:/Johann Sebastian Bach/Toccatina-and Fugue/in F major.
 Producer:/Anne Laroche/ARC Paris/Project Manager:/Haak Rober/IBM Germany
 3d Software:/TDImage Version 3.0.1/Modelling Software:/CATIA Version 3/2d
 Software:/NEFERTITI Version 2.4
 Hardware:/IBM RISC System/6000/IBM/POWER Visualisation System/© IBM Corporation, 1993«

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

5. Festspielhaus Hellerau (um 1994/1996–2012)

Rekonstruiertes Bauwerk	Festspielhaus Hellerau, erbaut 1911
Realisation	<p>Erste digitale Rekonstruktion: CAD-Modell um 1994/1996 erstellt von Fabian Zimmermann und Jim Webster, atelier4d Architekten, Berlin, im Rahmen der Restaurierung des Festspielhaus Hellerau</p> <p>Integration in das Forschungsprojekt Theatron: 3D-Modell als Teil des von Richard Beacham (School of Theatre Studies der University of Warwick) und Fabian Zimmermann (atelier4d Architekten) konzipierten Projekts Theatron (Theatre History in Europe: Architectural and Textual Resources Online), das 1998 bis 2001 als online-Lernanwendung im 4. Forschungsrahmenprogramm der EU finanziell gefördert wurde</p> <p>Integration in Theatron 2 module: 3D-Modell des Festspielhaus Hellerau ist Teil der Anfang der 2000er-Jahre überarbeiteten Online-Lernumgebung Theatron 2 module</p> <p>Integration in Second Life: 3D-Modell im Rahmen des Teilprojekts Theatron 3 (gefördert von EduServ Foundation, 2007–2009) in virtuelle Welt von Second Life integriert</p> <p>Software: AutoCAD, 3DStudioMax</p> <p>Projekt-Budget: Kein eigenes Budget für die digitalen Modelle des Festspielhaus Hellerau, da sie je Teil von größeren Projekten waren</p>
Realisationszeitraum	Um 1994/1996 bis 2012
Ansprechpartner	<p>Prof. Dr. Richard Beacham, Warwickshire, Vereinigtes Königreich</p> <p>Fabian Zimmermann, atelier4d Architekten, Berlin</p> <p>Jim Webster, HOUSE, Glasgow, Großbritannien</p>
Veröffentlichungen (Auswahl)	
Datenträger	<p>2006: Video (1:42 Min.) mit virtuellem Rundgang durch das CAD-Modell des Festspielhaus Hellerau (Rekonstruktion und Videoerstellung: Jim Webster und Fabian Zimmermann, atelier4d Architekten), publiziert auf CD-Rom zu Richard Beachams Aufsatz ›Bearer of the Flame‹. Music, dance, design, and lighting, real and virtual – the enlightened and still luminous legacies of Hellerau and Dartington</p>

Vorträge	<p>2006: Keynote »Bearers of the Flame«. Music, dance, design, and lighting, real and virtual – the enlightened and still luminous legacies of Hellerau and Dartington von Richard Beacham, MOISTMEDIA AND MULTIPLE SELVES: 11th Annual Conference, Digital Resources for the Humanities and Arts (DRHA), Dartington, Großbritannien, 3. September 2006</p> <p>2009: Vortrag The Future of the Past: New Developments in Computer-Based Cultural Heritage Research von Richard Beacham, The 1st International Symposium on Digital Humanities for Japanese Arts and Cultures, DH-JAC2009, Ritsumeikan University, Kyoto, Japan, 27. Februar 2009</p>
Internet	<p>Anfang 2000er-Jahre: Interaktives VRML-Modell des Festspielhaus Hellerau im Rahmen des Theatron 2 module online gestellt</p> <p>2009: Interaktives 3D-Modell des Festspielhaus Hellerau im Rahmen des Projekts Theatron 3 in Second Life online gestellt</p>
Ausstellungen	Keine Präsentation der 3D-Modelle in öffentlichen Ausstellungen
Literatur (Auswahl)	<p>Antike Theater »Online«. Das EU-Projekt THEATRON lädt zum (virtuellen) Gang durch die Theatergeschichte, in: Bühnentechnische Rundschau, (1999), Nr. 2, S. 8–11.</p> <p>Beacham, Richard: Reconstructing Ancient Theater with the Aid of Computer Simulation, in: Syllecta Classica, Bd. 10 (Crossing the Stages: The Production, Performance and Reception of Ancient Theater), 1999, S. 189–208.</p> <p>Beacham, Richard: THEATRON – Theatre History in Europe: Architectural and Textual Resources Online, in: Didaskalia – The Journal for Ancient Performance, Bd. 6 (2005), Nr. 2, o.S., online abrufbar unter: http://www.didaskalia.net/issues/vol6no2/beacham.htm.</p> <p>Beacham, Richard: »Bearers of the Flame«. Music, dance, design, and lighting, real and virtual – the enlightened and still luminous legacies of Hellerau and Dartington, in: Performance Research. Digital Resources, Bd. 11 (2006), Nr. 4, S. 81–94.</p> <p>Beacham, Richard: The Future of the Past: New Developments in Computer-Based Cultural Heritage Research (Manuscript), 2009, online abrufbar über die Webseite zu The 1st International Symposium on Digital Humanities for Japanese Arts and Cultures, DH-JAC2009: http://www.arc.ritsumei.ac.jp/archive01/jimu/DH-JAC2009/ENG/pre_beacham.html.</p> <p>Beacham, Richard C., Hugh Denard u. Drew Baker: Virtual presence and the mind's eye in 3-D online communities, in: Remondino, F. u. S. El-Hakim (Hrsg.): 4th ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2011 »3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures«, 2. bis 4. März 2011 in Trient, Volume XXXVIII-5/W162011, S. 461–466, online abrufbar unter: http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-5-W16/461/2011/.</p> <p>Childs, Mark: Using a Mediated Environments Reference Model to evaluate learners' experiences of Second Life, in: Hodgson, Vivien, Chris Jones, Theodoros Kargidis, David McConnell, Symeon Retalis, Demosthenes Stamatis u. Maria Zenios (Hrsg.): Proceedings of the 6th International Conference on Networked Learning, Lancaster 2008, S. 38–45.</p> <p>Ravelhofer, Barbara: Virtual Theaters, in: Braungart, Georg, Karl Eibl u. Fotis Jannidis (Hrsg.): Jahrbuch für Computerphilologie, Bd. 4, Paderborn 2002, online abrufbar unter: http://computerphilologie.digital-humanities.de/jg02/ravelhofer.html.</p> <p>Ross, Seamus, Martin Donnelly u. Milena Dobrova (Hrsg.): New Technologies For the Cultural and Scientific Heritage Sector. DigiCULT Technology Watch Report, o. O. 2003, online abrufbar unter: http://www.digicult.info/pages/techwatch.php.</p> <p>Saltz, David Z.: Performing Arts, in: Schreibman, Susan, Ray Siemens u. John Unsworth (Hrsg.): A Companion to Digital Humanities, Oxford 2004, S. 121–131.</p>

Links

Theatron: Webseite des Projekts Theatron: <http://www.theatron.org/>.

Theatron 2 module: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/>.

Theatron 3: Link zu Kurzinformationen zum Festspielhaus Hellerau mit Abbildung der 3D-Rekonstruktion auf der Webseite des Projekts Theatron 3: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=102.html>.

YouTube: Video mit virtuellem Rundgang durch das 3D-Modell des Festspielhaus Hellerau, online gestellt am 27.04.2008: <https://www.youtube.com/watch?v=EnhmOvE73iU>.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

6. Santa Maria Maggiore, Rom (1998–2000)

Rekonstruiertes Bauwerk	Basilika Santa Maria Maggiore, Rom
Realisation	<p>Projektidee: Im Rahmen des Langzeitprojekts Rome Reborn entstanden</p> <p>Principal Investigator: Bernard Frischer (UCLA)</p> <p>Scientific Committee: Diane Favro (UCLA) als Vorsitzende, Sible de Blaauw (Koninklijk Nederlands Instituut Rome), Paolo Liverani (Vatikanische Museen) u. Arnold Nesselrath (Vatikanische Museen)</p> <p>3D-Modellierung: Dean Abernathy, Cultural Virtual Reality Laboratory (CVRLab), UCLA</p> <p>Software: MultiGen Creator</p> <p>Finanzielle Förderung: Intel, ca. 50.000 \$</p>
Realisationszeitraum	1998–2000
Ansprechpartner	<p>Prof. Dr. Bernard Frischer, Indiana University, Bloomington, USA</p> <p>Prof. Dr. Sible De Blaauw, Radboud Universiteit Nijmegen, Nijmegen, Niederlande</p>
Veröffentlichungen (Auswahl)	
Ausstellungen	<p>2000–2001: Präsentation des ca. 9-minütigen Videos The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A.D. auf TV-Bildschirm in Endlosschleufe in einer englischen und einer italienischen Version in der Ausstellung Aurea Roma, 22. Dezember 2000 – 22. April 2001 im Palazzo delle Esposizioni, Rom</p> <p>Seit 2001: Video in Dauerausstellung im Museum der Basilica di Santa Maria Maggiore in Rom</p>
Datenträger	<p>2000: CD-Rom The Basilica of Santa Maria Maggiore. Restoration Project mit vielen Hintergrundinformationen (Baugeschichte, Bibliografie, frühere Rekonstruktionen, Mosaik) sowie digitale Version des Aufsatzes von Frischer et al. 2000 mit Farbbildungen (nur als unverkäufliche Exemplare weitergegeben); Inhalt der CD-Rom als Webseite veröffentlicht, zugänglich unter: https://web.archive.org/web/20180710013100/http://www.cvrlab.org/humnet/index.html (letzte Version vom 10. Juli 2018)</p>
Internet	<p>Seit 2002: Kurzinfo zum Projekt und vier Abbildungen der 3D-Rekonstruktion auf Webseite des CVRLab der UCLA veröffentlicht</p> <p>Seit 2010: Video aus dem Jahr 2000 online zugänglich auf YouTube und Vimeo</p>

Vorträge	<p>1998: Vortrag bzw. Paper <i>Virtual Reality and Ancient Rome: The UCLA Cultural VR Lab's Santa Maria Maggiore Project</i> von Bernard Frischer, Diane Favro, Paolo Liverani, Sible De Blaauw und Dean Abernathy, <i>Festival of Virtual Reality in Archaeology</i> im Rahmen der CAA im März 1998 in Barcelona</p> <p>2015: Vortrag <i>Anomalous architecture: the case of Santa Maria Maggiore, Rome</i> von Sible de Blaauw, am 9. Juni 2015, <i>Workshop at the NIAS: Digitizing Visual Memoires in Architecture: Rome and Amsterdam</i>, 9.–10. Juni 2015, <i>Netherlands Institute for Advanced Study (NIAS)</i>, Wassenaar, Niederlande</p>
Literatur (Auswahl)	<p>D'Arcangelo, Mauro u. Fabio Della Schiava: <i>Dall'antiquaria umanistica alla modellazione 3D: una proposta di lavoro tra testo e immagine</i>, in: <i>Camenae</i> (2012), Nr. 10, S. 1–23, insbes. S. 3–4 u. S. 21.</p> <p>De Blaauw, Sible: <i>Anomalous architecture: the case of Santa Maria Maggiore, Rome</i> (unveröffentlichtes Skript zum Vortrag am 9. Juni 2015, <i>Workshop at the NIAS: Digitizing Visual Memoires in Architecture: Rome and Amsterdam</i>, 9.–10. Juni 2015, <i>Netherlands Institute for Advanced Study (NIAS)</i>, Wassenaar, Niederlande).</p> <p>Friedrichs, Kristina: <i>Episcopus plebi Dei. Die Repräsentation der frühchristlichen Päpste</i> (Dissertation 2015, TU Dresden), Regensburg 2015 (= <i>EIKONIKÁ. Kunstwissenschaftliche Beiträge</i>, Bd. 6), insbes. S. 155–156 u. S. 321.</p> <p>Frischer, Bernard, Diane Favro, Paolo Liverani, Sible De Blaauw u. Dean Abernathy: <i>Virtual Reality and Ancient Rome: The UCLA Cultural VR Lab's Santa Maria Maggiore Project</i>, in: Barceló, Juan A., Maurizio Forte und Donald H. Sanders (Hrsg.): <i>Virtual Reality in Archaeology</i>, Oxford 2000 (= <i>British Archaeological Reports, International Series</i> 843), S. 155–162.</p> <p>Frischer, Bernard: <i>Mission and recent projects of the UCLA Cultural Virtual Reality Laboratory</i>, in: <i>Tiré-à-part des Actes du colloque. Virtual Retrospect 2003</i>, 6.–7. November 2003 in Biarritz (France), Bordeaux 2004 (= <i>Archéovision</i>, Bd. 1), S. 65–74.</p>
Links	<p>YouTube: Link zum Video aus dem Jahr 2000, hochgeladen von Bernard Frischer am 13.02.2010: https://www.youtube.com/watch?v=ciTZq8beKhA.</p> <p>Vimeo: Link zum Video aus dem Jahr 2000, hochgeladen von Bernard Frischer am 12.02.2010: https://vimeo.com/9408030.</p> <p>CVRLab: Link zur Webseite von The Basilica of Santa Maria Maggiore. Restoration Project im Rahmen des CVRLab an der UCLA, nur noch zugänglich über die Wayback Machine des Internet Archive unter: https://web.archive.org/web/20180710013100/http://www.cvrlab.org/humnet/index.html (letzte Version vom 10. Juli 2018).</p> <p>CVRLab: Link zur Kurzübersicht zum Projekt im Rahmen des CVRLab an der UCLA, erstellt 2002, nur noch zugänglich über die Wayback Machine des Internet Archive unter: https://web.archive.org/web/20180709220528/http://www.cvrlab.org/projects/real_time/sta_maria_maggiore/santa_maria_maggiore.html (letzte Version vom 09. Juli 2018).</p>

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

7. Synagoge in der Glockengasse, Köln (um 1998)

Rekonstruiertes Bauwerk	Synagoge in der Glockengasse in Köln sowie weitere Synagogen in Deutschland
Realisation	<p>Projektidee: Idee zur digitalen Rekonstruktion von Synagogen in Deutschland stammt von dem damaligen Architekturstudent Marc Grellert an der TU Darmstadt 1994, Auslöser war Brandanschlag auf Lübecker Synagoge im gleichen Jahr</p> <p>Umsetzung durch: Studierende des Fachbereichs CAD in der Architektur der TU Darmstadt unter der Leitung von Manfred Koob (bis 2011) und Marc Grellert sowie im Rahmen der <i>Architectura Virtualis</i>, Kooperationspartner der TU Darmstadt (Manfred Koob, Marc Grellert und Mitarbeiter)</p> <p>Hardware: Pentium 500 Doppelprozessoren, 1 GB Ram, Betriebssystem Windows NT (innerhalb des Projekts <i>Synagogen in Deutschland – eine virtuelle Rekonstruktion</i>)</p> <p>Software: Maya 2.0–3.0, speedikon, 3D Studio MAX</p> <p>Finanzielle Unterstützung u.a.:</p> <p>1997: Hessischer Rundfunk, Förderung der Erstellung von Simulationsfilmen des inneren und äußeren Erscheinungsbilds der Synagogen in Frankfurt</p> <p>ca. 1998–2000: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Förderung der Rekonstruktion von Synagogen Köln (Glockengasse), Hannover und Plauen sowie der Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn im Jahr 2000</p> <p>ca. 1998–2000: Städte Kaiserslautern, München und Nürnberg, Förderung der Rekonstruktion von Synagogen der jeweiligen Stadt</p> <p>2004: Kulturstiftung der Deutschen Bank und Deutsche Bank Americas Foundation (insges. 400.000 Euro), Ermöglichung der internationalen Wanderausstellung <i>Synagogues in Germany – A Virtual Reconstruction</i></p>
Realisationszeitraum	<p>1995–1998: Visualisierung des Zerstorten (Rekonstruktion von drei Frankfurter Synagogen: Börneplatz, Friedberger Anlage, ehemalige Judengasse), Erklärung des Ziels, 15 weitere Synagogen zu rekonstruieren</p> <p>1998–2003: Forschungsprojekt an der TU Darmstadt und gleichnamige Ausstellung <i>Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion</i> in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn im Jahr 2000 (Präsentation der Rekonstruktion von Synagogen in Berlin, Dortmund, Dresden, Frankfurt, Hannover, Kaiserslautern, Köln, Leipzig, München, Nürnberg, Plauen) und Rekonstruktion weiterer Synagogen (Mannheim [2002], Worms [2000–2001])</p>

seit 2004: Auslandsausstellung **Synagogues in Germany – A Virtual Reconstruction** in Tel Aviv 2004 und Rekonstruktion weiterer Synagogen v. a. im Rahmen der **Architectura Virtualis**, Kooperationspartner der TU Darmstadt (Rekonstruktion von Synagogen in Bad Kissingen [2007], Darmstadt [2004], Frankfurt Höchst [2010], Hamburg [Außenfassade, ca. 2005], Horb [2013], Langen [2009], Mutterstadt [2005], Speyer [2004]; Aktualisierung der 3D-Modelle der Synagogen in Köln und Dortmund [2013]; Frankfurts Hauptsynagoge an der ehemaligen Judengasse [2006])

Ansprechpartner Dr.-Ing. Marc Grellert, Darmstadt

Veröffentlichungen (Auswahl)

Ausstellungen in Deutschland **1996:** Ausstellung **Rekonstruktion und Fragment**, 20. Juni – 15. September 1996 in der Dependence des Jüdischen Museums Frankfurt am Börneplatz (3D-Computer-Rekonstruktionen der drei großen 1938 zerstörten Frankfurter Synagogen), 20 gerahmte auf Papier gedruckte Abbildungen der digitalen Rekonstruktionen von den drei großen Frankfurter Synagogen aus unterschiedlichen Perspektiven (ca. 70 × 50 cm), Stelen mit stereoskopischen Rekonstruktionsbildern

2000: Ausstellung **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion**, 17. Mai – 01. Oktober 2000 in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn

Ausstellungen im Ausland Internationale Wanderausstellung **Synagogues in Germany – A Virtual Reconstruction** mit folgenden Stationen:

2004: Tel Aviv, Israel, im Diaspora Museum (Beit Hatfutsot. Musuem of the Jewish People), 25. Februar – 27. August 2004

2010: Farmington Hills, Michigan, USA, im Holocaust Memorial Center, 29. August – 29. November 2010

2015: Farmington Hills, Michigan, USA, im Holocaust Memorial Center, 30. August – 27. Dezember 2015

2017: Mennonite Heritage Centre Gallery, Winnipeg, Kanada, 28. Januar – 04. März 2017

Vorträge

2000: Vortrag **Visualisierung des Zerstörten – Gedenken an die in der NS-Zeit zerstörten Synagogen**, Marc Grellert, Tagung **Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte**, Darmstadt, April 2000

2015: Bericht über die Rekonstruktion von Synagogen an der TU Darmstadt, Marc Grellert, Abschlussvortrag im Rahmen der **Holocaust Education Week**, im Holocaust Education Centre, Toronto, Kanada, 9. November 2015

Filme

2000: Dokumentarfilm **Synagogues destroyed in Germany. Computerized Memories** (ca. 29 Min.), realisiert durch Bernhard Pfletschinger, produziert durch die Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn

2000/2004: Film **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion** (ca. 22 Min.), realisiert von der TU Darmstadt, Fachgebiet CAD in der Architektur, Manfred Koob, mit Filmsequenzen von fünf Synagogen-Rekonstruktionen (Köln, Hannover, Berlin, Plauen, München), gezeigt in der gleichnamigen Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn im Jahr 2000 und als DVD im Ausstellungskatalog von 2004 beiliegend.

2005: Film **Shalom Hamburg** von Nicole Rinza, gefördert von der Landeszentrale für Politische Bildung, mit einer von der **Architectura Virtualis** realisierten digitalen Rekonstruktion der Außenansicht der Hamburger Synagoge am Bornplatz

2013: Film **Synagogen – Monumente gegen das Vergessen** (28:31 Min.) von Martin Papirowski, Produktion des WDR, mit von der **Architectura Virtualis** realisierten digitalen Rekonstruktionen der Synagogen in Köln (Glockengasse), der mittelalterlichen Synagoge in Köln und der Synagoge in Dortmund

Fernsehen	<p>1998: Reportage eines Kamerateams aus Atlanta, USA, ausgestrahlt auf CNN im August 1998</p> <p>1998: Feature in der BBC</p> <p>1998: Bericht über das Projekt im ZDF-Magazin Aspekte, 13. November 1998</p> <p>2000: fünf-minütiger Beitrag in der Sendung mit der Maus mit der digitalen Rekonstruktion der Synagoge in der Glockengasse in Köln, ARD, 5. November 2000, 11:30 Uhr</p>
Webseiten	<p>Seit 09. November 2002: Synagogen-Internetarchiv mit Zeitzeugenberichten, Fotos und Kommentaren, nur noch über die Wayback Machine des Internet Archive zugänglich unter: https://web.archive.org/web/20170725161735/http://www.synagogen.info/ (Stand vom 25.07.2017).</p> <p>Seit ca. 2004: Präsentation der Synagogen-Rekonstruktionen auf eigener Webseite, bis heute sind unter dem Titel Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion digitale Rekonstruktionen von Synagogen aus 11 Städten online dokumentiert.</p>
Literatur (Auswahl)	<p>Badde, Paul: Frankfurts Synagogen sind unzerstörbar geworden, in: Frankfurter Allgemeine Magazin, 06.11.1998, Nr. 975, S. 16–24.</p> <p>Grellert, Marc: Computer Reconstruction of German Synagogues, in: Serageldin, Ismail, Ephim Shluger u. Joan Martin-Brown (Hrsg.): Historic Cities and Sacred Sites – Cultural Roots for Urban Futures, Washington 2001, S. 286–289.</p> <p>Grellert, Marc: Immaterielle Zeugnisse. Synagogen in Deutschland. Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur, Bielefeld 2007.</p> <p>Grellert, Marc: Synagogen in Deutschland – Erinnerung aus dem Computer, in: Frenzel, Martin (Hrsg.): »Eine Zierde unserer Stadt«. Geschichte, Gegenwart und Zukunft der Liberalen Synagoge Darmstadt, Darmstadt 2008, S. 203–211.</p> <p>Grellert, Marc: Erinnerungskultur im immateriellen Raum: Potenziale digitaler Technologien für die Erinnerung an zerstörte Synagogen, in: Meyer, Erik (Hrsg.): Erinnerungskultur 2.0 Kommemorativ Kommunikation in digitalen Medien, Frankfurt, Main [u.a.] 2009, S. 113–143.</p> <p>Haß, Frauke: Im Computer entstehen Synagogen Stein für Stein neu. Mit Rechnerhilfe werden zerstörte Gotteshäuser sichtbar gemacht Grundrißpläne und Fotos als Grundlage in: Frankfurter Rundschau, 08.06.1996, 1996, S. 15–16, online abrufbar unter: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/g_pdf/synagogen/print_1996_06_08_fra_rundschau.pdf.</p> <p>Koob, Manfred: Virtuelle Rekonstruktion von Bauwerken – Voraussetzungen, Nutzen, Beispiele, in: Detail. Zeitschrift für Architektur, 40. Serie, (2000), Nr. 7, S. 1269–1272.</p> <p>Koob, Manfred u. Marc Grellert: Visualisierung des Zerstörten – Die virtuelle Rekonstruktion von Synagogen, in: Internet und Geschichtsunterricht, Themenheft der Zeitschrift Praxis Geschichte, Heft 05 2001, Braunschweig 2001, S. 52–54.</p> <p>Synagogen in Deutschland – Eine Virtuelle Rekonstruktion, Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, 17. Mai bis 16. Juli 2000, Bonn 2000.</p> <p>Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion, Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, 17. Mai – 16. Juli 2000, Darmstadt u.a. 2004.</p> <p>Zeilig, Martin: Synagogues in Germany: A Virtual Reconstruction, in: The Jewish Post & News, 15. Februar 2017, 2017, S. 6–7.</p>
Links	<p>TU Darmstadt: Webseite zum Projekt Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/intermenu.html.</p> <p>Architectura Virtualis: Übersicht zu digitalen Rekonstruktionen von Synagogen: http://www.architectura-virtualis.de/projekte/index.php?lang=de.</p>

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

8. Synagoge Neudeggergasse, Wien (1998)

Rekonstruiertes Bauwerk	Synagoge Neudeggergasse, Wien, Österreich, sowie weitere Synagogen in Wien
Realisation	<p>Projektidee: Bob Martens, TU Wien</p> <p>Technische Umsetzung: Studierende der Architektur an der TU Wien unter der Betreuung von Bob Martens</p> <p>Hardware: Computer von Apple u. teils Windows-PCs, keine Großrechner</p> <p>Software: ArchiCAD, QuickTime VR Authoring Studio</p> <p>Finanzielle Unterstützung:</p> <p>1998: Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien, Förderung der Rekonstruktion der Synagoge Neudeggergasse in Wien</p> <p>später: teils Kulturamt der Stadt Wien</p>
Realisationszeitraum	1998–2009 (1998: erste Synagoge rekonstruiert; 2009: Erscheinen des Stadtführers in 1. Auflage; 2010: 2. Auflage des Stadtführers)
Ansprechpartner	<p>Prof. Dr. Bob Martens, TU Wien</p> <p>Dipl.-Ing. Herbert Peter, TU Wien/artuum architecture</p>
Veröffentlichungen (Auswahl)	
Datenträger / Buch	<p>1998: CD-Rom zur digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggergasse als unveröffentlicher Prototyp</p> <p>2009/2010: Buchpublikation des Stadtführers <i>Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtpaziergänge</i>, hrsg. von Bob Martens und Herbert Peter (2010: 2. Auflage) mit Abbildungen digitaler 3D-Rekonstruktionen von 21 Wiener Synagogen</p>
Ausstellungen / Präsentationen	<p>1998: Gedenkveranstaltung <i>Verlorene Nachbarschaften</i> anlässlich des 60. Jahrestags der Pogromnacht</p> <p>2001: Präsentation <i>Synagogen in Wien</i>, mit Vortrag von Dr. Pierre Genée, 25. Juni 2001, Jüdisches Museum Wien</p> <p>2010: Ausstellung <i>Zerstörte Synagogen</i>, 13.–29. Oktober 2010 im Grätzelzentrum der Gebietsbetreuung Wien 2</p> <p>2016: Ausstellung <i>Wiener Synagogen. Ein Memory</i>, 19. Mai – 20. November 2016 im Museum Judenplatz, Wien</p> <p>2016: Dauerinstallation mit Touchscreens zum interaktiven Erkunden von Panoramen im Jüdischen Museum Wien seit Ende 2016</p>

**Literatur
(Auswahl)**

Kugler, Martin: Zu Besuch in 21 Wiener Synagogen, in: Die Presse, online gestellt am 02.01.2010, abrufbar unter: <http://diepresse.com/home/science/530733/Zu-Besuch-in-21-Wiener-Synagogen>.

Martens, Bob, Matthias Uhl, Wolf-Michael Tschuppik u. Andreas Voigt: Synagogue Neudeggasse: A Virtual Reconstruction in Vienna, in: Clayton, M. u. G. P. Vasquez de Velasco (Hrsg.): Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture. Proceedings of the 22nd Annual Conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture, Washington D.C., 19. bis 22. Oktober 2000, o. O. 2000, S. 213–218.

Martens, Bob: Über die virtuelle Rekonstruktion von Wiener Synagogen, in: David. Jüdische Kulturzeitschrift, (2001), Nr. 50, S. 14–16.

Martens, Bob u. Herbert Peter: Virtual Reconstruction of Synagogues. Systematic Maintenance of Modeling Data, in: Connecting the Real and the Virtual – design e-ducation: 20th eCAADe Conference Proceedings, Warsaw University of Technology, 2002, S. 512–517.

Martens, Bob u. Herbert Peter: Virtual Reconstruction of Viennese Synagogues: Sustainable 3D Models, in: Enter the Past. The E-Way into the Four Dimensions of Cultural Heritage. CAA 2003. Computer Applications and Quantitative Methods in Archeology, Proceedings of the 31st Conference, Vienna, April 2003, Oxford 2004 (=BAR International Series, 1227), S. 204–207.

Martens, Bob: Virtuelle Rekonstruktion dreier Synagogen von Max Fleischer in Wien, in: David. Jüdische Kulturzeitschrift, (2007), Nr. 74, S. 6–8.

Martens, Bob u. Peter Herbert (Hrsg.): Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtpaziergänge, Wien 2010 (2. Auflage).

Martens, Bob u. Herbert Peter (Hrsg.): The Destroyed Synagogues of Vienna. Virtual city walks, Wien/Berlin 2011.

Niessner, Georg u. Peter Schilling: Virtuelle Rekonstruktion dreier Synagogen von Max Fleischer in Wien (Diplomarbeit, TU Wien, Wien 2004), insbes. S. 53–83.

o. Autor: Wiener Synagoge: Von Nazis zerstört, von Studenten rekonstruiert, in: Universum, (1999), Nr. 11, S. 81.

Links

TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/>, Projekt Neudeggasse.

Zusatzmaterial – Beschreibung der über die Hotspots sichtbaren Panoramabilder der 3D-Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse

Ausgangspanorama: Fotografie der Straßenansicht von 1998 mit Standpunkt in der Mitte der Fahrbahn, mittig vor dem Gebäude in der Neudeggasse 12

Panorama Nord (Hotspot: Zwischenraum der Häuserschlucht): Fotografie der Straßenansicht von 1998 mit Standpunkt in der Mitte der Fahrbahn, vor dem nördlich angrenzenden Nachbargebäude

Panorama Süd (Hotspot: Zwischenraum der Häuserschlucht): Fotografie der Straßenansicht von 1998 mit Standpunkt in der Mitte der Fahrbahn, vor dem südlich angrenzenden Nachbargebäude

Panorama Fassadenansicht (Hotspot: obere Fensterreihe des schräg gegenüberliegenden Gebäudes in der Neudeggasse 11): Fotografie der Fassadenansicht des Gebäudes in der Neudeggasse 12 von 1998, Standpunkt befindet sich im obersten Geschoss des schräg gegenüberliegenden Gebäudes in der Neudeggasse 11

Panorama mit Überblendung der rekonstruierten Fassadenansicht EG (Hotspot: Gedenktafel an der Neudeggasse 12): Außenansicht der digitalen Rekonstruktion (nur EG), eingebettet in die Fotografie der Straßenansicht 1998, Standpunkt befindet sich in der Mitte der Fahrbahn, mittig vor dem Gebäude in der Neudeggasse 12

Panorama mit Überblendung der rekonstruierten Fassadenansicht OG (Hotspot: obere Fensterreihe des schräg gegenüberliegenden Gebäudes in der Neudeggasse 11): Außenansicht der digitalen Rekonstruktion (nur Gebäudeteil über dem EG sichtbar),

eingebettet in die Fotografie der Straßenansicht 1998, Standpunkt befindet sich im obersten Geschoss des schräg gegenüberliegenden Gebäudes in der Neudeggasse 11 (Navigation in diesem Panoramabild nicht möglich)

Panorama rekonstruierte Innenansicht (Hotspot: mittleres Portaltor der rekonstruierten Fassade): Innenansicht der rekonstruierten Synagoge, Standpunkt befindet sich in einer hinteren Bankreihe auf der rechten Seite im Mittelschiff

Panorama rekonstruierte Innenansicht mit Nahansicht des Thoraschreins (Hotspot: Thoraschrein): Innenansicht der rekonstruierten Synagoge, Standpunkt befindet sich vor dem Podest zum Toraschrein

Panorama rekonstruierte Innenansicht mit Blick in den Innenraum von der Empore aus (Hotspot: Empore über dem Eingangsportal): Innenansicht der rekonstruierten Synagoge, Standpunkt befindet sich auf der Empore über dem Eingangsportal

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

9. Kölner Dom (2009–2010)

Rekonstruiertes Bauwerk	Kölner Dom und seine Vorgängerbauten
Realisation	<p>Projektidee: Im Jahr 2009 von Barbara Schock-Werner (Dombaumeisterin des Kölner Doms 1999–2012)</p> <p>Technische Umsetzung: Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse, Erstellung der Abbildungen unter Mitarbeit von S. Jahnke, C. Krause, R. Patz, O. Schäfer, P. Trabs, R. Wohlfeil</p> <p>Hard- u. Software für digitale Rekonstruktion: PC mit 64 GB Speicher (Hardware); Rhinozeros, Maxwell (hauptsächlich verwendete Software)</p> <p>Filmbearbeitung: Drehbuch: Lengyel Toulouse Architekten (LTA), Berlin, Dombaumeisterin Barbara Schock-Werner und Sebastian Ristow; Bildberechnung: LTA; Software: Maxwell</p> <p>Förderung: Hohe Domkirche zu Köln, Römisch-Germanisches Museum der Stadt Köln und Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen</p>
Realisationszeitraum	2009 bis Mai 2010
Ansprechpartner	<p>Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel, Lengyel Toulouse Architekten, Berlin/Brandenburgische Technische Universität Cottbus</p> <p>Dipl.-Ing. Catherine Toulouse, Lengyel Toulouse Architekten, Berlin</p>
Veröffentlichungen (Auswahl)	
Ausstellungen	<p>Seit Mai 2010: Film Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten als Teil der Installation im Zugangsbereich zur Turmbesteigung des Kölner Doms</p> <p>2010: Landesausstellung des Landes Nordrhein-Westfalen Fundgeschichten. Archäologie in Nordrhein-Westfalen, 19. März 2010 – 02. Januar 2011, Römisch-Germanisches Museum der Stadt Köln</p>
Vorträge	<p>2010: Vortrag im Rahmen der Konferenz der European Association of Endoscopy in Architecture, Politecnico di Milano</p> <p>2010: Vortrag im Rahmen des Internationales Kolleg Morphomata, Universität Köln</p> <p>2011: Vortrag Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten von Dominik Lengyel und Catherine Toulouse, Tagung Diagrammatik der Architektur, Köln, 28. Januar 2011</p> <p>2016: Vortrag im Rahmen der Jahrestagung des Vereins der Digital Humanities im deutschsprachigen Raum, Universität Leipzig</p> <p>2016: Antrittsvortrag in die Koldewey-Gesellschaft, Universität Innsbruck</p> <p>2016: Vortrag im Rahmen des Tages der Offenen Tür, Universität Potsdam</p>

2016: Vortrag im Rahmen der Jahres-Konferenz der International Association of Empirical Aesthetics, Universität Wien

2016: Vortrag im Rahmen der Abschlusstagung **Wesersandstein als globales Kulturgut**, Universität Paderborn

2017: Vortrag im Rahmen des **11. Dresdner Farbenforum**, Universität Dresden

2017: Vortrag auf Einladung zur Tagung **Cash Flow im Mittelalter**, Universität Bern

**Literatur
(Auswahl)**

Lengyel, Dominik u. Catherine Toulouse: Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten. Gestaltung zwischen Architektur und Diagrammatik, in: Boschung, Dietrich u. Julian Jachman (Hrsg.): Diagrammatik der Architektur, Tagungsband. Internationales Kolleg Morphomata der Universität zu Köln, Paderborn 2013, S. 327–352.

Lengyel, Dominik u. Catherine Toulouse: Die digitale Visualisierung von Architektur, in: Blickpunkt Archäologie, Bd. 2, 2016, S. 91–98.

Schock-Werner, Barbara: 51. Dombaubericht. Von Oktober 2009 bis September 2010, in: Schock-Werner, Barbara u. Klaus Hardering (Hrsg.): Kölner Domblatt. Jahrbuch des Zentral-Dombau-Vereins, 75. Folge, Köln 2010, S. 8–65.

Ristow, Sebastian, Dominik Lengyel u. Catherine Toulouse: Rekonstruktionen zur Baugeschichte des Kölner Domes, in: Otten, Thomas (Hrsg.): Fundgeschichten. Archäologie in Nordrhein-Westfalen, Ausstellung im Römisch-Germanischen Museum der Stadt Köln, Mainz 2010 (= Schriften zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen, Bd. 9), S. 546–547.

Schock-Werner, Barbara, Dominik Lengyel u. Catherine Toulouse: Die Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten. Cologne Cathedral and Preceding Buildings, Köln 2011.

Links

Webseite der Architekten Lengyel/Toulouse: Film Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten auf der Webseite der Architekten Lengyel/Toulouse: <http://www.lengyeltoulouse.com/film02.html>.

Webseite zum Kölner Dom: Film Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten auf der Webseite zum Kölner Dom: <http://www.koelner-dom.de/index.php?id=19261>.

Gerda Henkel Stiftung: Film Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten auf der Webseite L.I.S.A. dem Wissenschaftsportal der Gerda Henkel Stiftung: https://lisa.gerda-henkel-stiftung.de/die_bauphasen_des_koelner_doms_digital?nav_id=1199.

YouTube: Film Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten auf YouTube abrufbar: <https://www.youtube.com/watch?v=1ZiDbLNxALY>.

Appendix 2

→ Experteninterviews

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

1. Interview mit Andy Walter, vormals am IBM UK Scientific Centre, Winchester

Computertechnologien der 1980er-Jahre, 3D-Projekt zu Old Minster, Winchester

Southampton und München, 17. und 20. Dezember 2017

Frage 1, Heike Messemer: From a technical point of view could you please describe the setting in which the digital reconstructions of Old Minster were created at the IBM UKSC?

Andy Walter: We're looking at 1984/1985. The IBM PC appeared in 1981, but the version with the ability to emulate an IBM terminal, and so be connected usefully to the corporate network, didn't appear until the end of 1983.

These Personal Computers had very limited memory, 640 kBytes typically, and little disk space, 20 MBytes typically. Images of 512 × 512 using an 8-bit LUT ¹⁷⁴⁵ took 1/4 MByte to store, so any serious image/graphics work needed to be done on large, expensive workstations, or on shared access to large, expensive mainframes. PCs really weren't up to serious graphics use.

Firms such as Ramtek sold expensive custom hardware capable of 1024 × 1024 display with 8-bit LUT, or 1024 × 1024 full RGB (3 bytes/pixel). You could load this display-buffer with for e. g. 64 images each of 128 × 128 pixel size, and the Ramtek could then zoom each of these to fill the display, then select the next image in turn, so creating an animation of 128 frames with very blocky images in that animation. The images to be displayed had to be precomputed; there was no Z-buffer ¹⁷⁴⁶ or ability to send polygons to that device. Fewer images of larger resolution or more images of lower resolution could be displayed, subject to the storage capacity of the frame buffer.

Vector Graphics sold a black-and-white vector wireframe display which had real-time pan, zoom and rotation, plus depth cueing which helped with 3D perception; this had no hidden-surface removal. This device had analogue inputs as well as it's own vector font-set, so it was capable of useful real-time visualisation.

At IBM UKSC the Ramtek was controlled by a smallish 16-bit Series One minicomputer which in turn was interfaced to the mainframe 4381. The Vector Graphics display also had it's own Series One minicomputer to control and

■ 1745

Unter LUT (Lookup Table) wird eine Wertetabelle verstanden, die zu folgendem Zweck erstellt wird: »In einer LUT-Tabelle werden vorberechnete Werte eingetragen, die einen hohen Rechenaufwand erfordern. Dieser kann dadurch verringert werden, indem man bei der Wertermittlung keine Berechnung durchführt, sondern direkt auf die im Lookup Table eingetragenen Werte zugreift.«, zit. aus: LUT (lookup table), in: ITWissen.info: <http://www.itwissen.info/LUT-lookup-table-Wertetabelle.html> [veröffentlicht am 29.01.2014].

■ 1746

In der Computergrafik beschreibt der Z-Buffer die z-Koordinate, also die Tiefe eines Pixel an einem bestimmten Punkt im Raum. Vgl. z. B.: Vornberger, Oliver u. Olaf Müller: Computergrafik. Vorlesung gehalten im SS 2000, Fachbereich Mathematik/Informatik, Universität Osnabrück, Osnabrück 2000: http://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/~cg/2000/skript/17_2_1_z_Buffer_Algorithmus.html.

interface it. A very few of IBM's own 5080 graphics workstation devices were available, and these could display 1024 × 1024 images using an 8-bit LUT; they could also display wireframe images and do 3D pan/rotate operations on line vectors and markers, but there was no Z-buffer or hidden-surface assistance available.

With all of these devices you had some ability to interact in some way with the precomputed images (change LUT, animate it, zoom/pan it maybe). But what you lacked then was the ability to send the results of that interaction back to the mainframe and get a brandnew image recomputed in real-time using the new input values you gave.

IBM UK Hursley Laboratory had been working on an experimental graphics workstation at the time I joined in 1984, and this was codenamed Titanic – we joked that it was destined never to cross the Atlantic! This was IBM UK bidding to develop the next range of IBM's workstation hardware, but it got rejected. However, I was given one to use for research at UKSC, and I was able to rewrite the bit-slice microcode internally to make it more flexible. The initial instruction set coded in was aimed at rendering lists of lines and polygons onto the screen; the idea was that the clever mainframe would run a massive program to compute some engineering visualisation and provide this list of coloured lines/polygons/text to be displayed, and the rather dumb-but-hi-res colour display would allow limited interaction with this object. There was no effort to do any modeling inside the display device itself. That was the then state-of-the-art for mainframe-attached engineering graphics workstations (IBM 5080 family).

It was possible to get Titanic to do hidden-surface removal with 3D-rotation in real time, even though it lacked a Z-buffer, if you precomputed the polygons of your 3D object and stored them in a binary-space-partition tree-structure. Some demos of this had been worked out for Titanic before I got hold of it, and they were very impressive – looking exactly like a simple model rendered using OpenScad on today's hardware.

After I recoded the internals to provide a microprocessor-like instruction, with looping, testing/load/store etc. added, I used it to animate an experiment to research using a Polhemus 3-Space Tracker 3D input device to build a 3D brick tower out of blocks; you would use a 3D mouse to pick solid cubic coloured blocks from a corner of the screen, move them and rotate in 3D perspective until the faces matched the colours, and you placed the new block on top of the existing tower to grow it. This was a simple hidden-surface problem, as it's not hard to prevent two cubes intersecting each other, so a red warning bar was flashed up if you tried to intersect them, and movement stopped. This was a crude version of optical feedback used to try to simulate tactile feedback, but also showed that the freedom of waving a mouse in the air was far faster than the conventional knobs and dials then in use. It also showed the growing power of bit-sliced hardware, which was at that time being imported into single-chip CPUs such as Motorola 68000 family, and IBM's own 32-bit RISC chips being developed at that time.

In my Titanic tower-building experiment, all the hidden-surface removal calculations were done using integer arithmetic in real time around 30 frames/second, as well as the two-body collision calculations. But it was a custom program, so this device still lacked the real power and flexibility needed for

something like rendering a church. So for us at least, the only hardware with the amount of memory available to handle really complex models was the main-frame. And this produced the best quality images. So the challenge was, how do you make these images better, more accurate, more realistic, and how do you present the result to the outside world for more people to appreciate.

As of 1984, the UKSC could produce texture mapped, very high quality still images with glossy/matt shading etc. of objects created using the WINSOM CSG modeler. This did not output polygons or lines, instead it worked out each pixel as it should look. So this avoided the sharp edges associated with polygon rendering of curved surfaces (spheres, cylinders, cones, toruses, helices etc.). WINSOM could also render 3D volumetric information, such as producing a cloudy view of the computed electrostatic field around a charged molecule, or rendering a skull from MR data.

Typically, these 1024 resolution images took around one hour of CPU time to compute. Ray tracing was possible, and WINSOM could do this at the expense of a huge amount of CPU time taken. Ray tracing was a favourite challenge for graphics teams, as it produced very pretty pictures of objects reflected in silver balls and that kind of glossy reflection art. But scientifically it wasn't particularly useful, as most illumination met in life is a distributed/reflected type, with unimaginably huge numbers of rays of light bouncing off many matt surfaces and being rebroadcast split many ways. The technical challenge of how to illuminate a model using that kind of distributed light source had not yet been solved.

The Minster was lit with two lights, one being a powerful one representing the sun shining through all walls and roofs and illuminating everything, plus a »mini-sun« of much lower intensity placed on the opposite side of the model, underground in the case of the Minster! This provided a low-level of illumination on the reverse-faces of objects not otherwise illuminated by sunlight. This kind of illumination was the standard way at that time. So the technical challenge of realistic lighting was well understood, but unsolved, and we did not attempt to tackle that problem.

So there was a large mix of graphics hardware present at UKSC, and each type of device had its strengths and weaknesses. Vector devices with real-time 3D rotation were excellent for helping the brain to perceive volumetric relations – a clump of static dots on a screen may look like random noise, but add a small amount of rotation and the random noise suddenly turns into the surface map of say a dog – imagine a Dalmatian photographed against a white background if you like!

The Vector Graphics device was superfast to interact with and rotate objects, but lacked colour and polygons. The Ramtek had 24-bit colour at high resolution which was excellent for high quality display, but 3D interaction was non-existent and animation support was crude, though useful. The IBM 5080 lacked the capacity to store huge numbers of polygons or the speed to animate them, and the 3D interaction was clunky; but it was a useful high-resolution display with an 8-bit LUT, and it connected easily to the IBM Mainframes. PCs were feeble at that time, as far as graphics was concerned.

Frage 2: Which technical aspects made the digital reconstructions of Old Minster outstanding in the mid-1980s?

WINSOM was originally designed to render models of modest complexity, such as molecules consisting of 50 or so spheres. The Old Minster project had far more primitive shapes in it, numbering in the thousands, and this had to be done within the memory limitations of a 16 MByte virtual machine. WINSOM was written using a spatial subdivision technique, effectively this divides the cubed volume to be rendered into eight smaller cubes, four at the front, then four at the back. If rendering one of the front cubes results in drawing all the pixels it can represent in the frame buffer, then clearly the cube behind it cannot affect the image, so is discarded. At the same time, being a smaller cube, it may well have fewer of the primitive shapes affecting it, so any which are completely outside it can be pruned.

This process repeats recursively, so at the limit, a tiny cube sized $1 \times 1 \times 1$ pixel is rendered, and hopefully has very few primitive surfaces going through it. But where objects meet, you inevitably can end up with more than one surface present, and the challenge then is to decide, which of these is the correct one to draw. Get this decision wrong, and you can, and do, end up with unexpectedly bright pixels where the brain expects a dark one, and this looks disturbing and wrong. The Old Minster threw up a lot of this kind of problem, and the inaccuracy inherent in floating-point number representations means that different surfaces may be coplanar in theory, but inside the computer they aren't, as they have been subjected to moves and rotations in different combinations or in a different order.

IBM UKSC published several papers on improving the process of discriminating between multiple co-located primitives; in CSG these primitives can be logically added, logically subtracted, or be an exclusive-OR. So the Minster acted as a particularly tough challenge for WINSOM to cope with, starting with the very large size of the initial model needing to be rendered in what today is seen as a tiny amount of memory.

WINSOM originally had limited perspective capability, and only rendered a single unit volume of space; this was fine for technical illustration of small objects (molecules, widgets) where you, the human, are larger than, and outside the object, looking down at a smaller one. The Old Minster reversed this scenario; suddenly you become the small object, and the model is far larger than you are, surrounding you, so perspective immediately becomes a vital part of making the rendering somewhat lifelike. In terms of the view volume WINSOM handles, this meant extending the single-unit volume backwards several more volumes; the primitives in the model are distorted by the geometric transformation – imaging the objects in the further back volumes being progressively shrunk in size. WINSOM then proceeded to iterate through this series of unit volumes, starting at the front, working back, and only finishing when some far distant back-clipping plane was reached. Again, this was all done within a 16 MByte ram space. So technically, adding perspective capability adds hugely to the quantity and complexity of the calculations involved.

So far this gave us the ability to render a high-quality image of the inside of a non-existent building. WINSOM worked as a one-pass process; the model was read in, parsed, geometry applied to the primitives, and then the resulting

structure was recursively rendered to produce a single image. There was no animation capability, other than loading a sequence of low-resolution images into the Ramtek and quickly flipping through them. Interactivity was minimal due to rendering delays. WINSOM typically took about an hour to render a MByte image, maybe a little more for the Old Minster thanks to the huge number of primitives. So a low-resolution movie of 64 128 × 128 images could also be rendered in about an hour or two, and this could then be shown using the Ramtek, allowing a few seconds of real-time payback to be simulated.

So the process of making an animation was simply to reposition the camera for each new frame, create the new image, and add it to the list to be taped to a Sony PAL U-Matic recorder, or later to a Sony Betacam broadcast-quality recorder. We then had the problem of how to generate the camera-path; clearly this needed to be smooth and continuous, with minimal jerks. This problem was remarkably similar to computing robot-mechanism movements, something I'd worked on in my previous job in R&D at an engineering company.

A trial animation run would then be done at low resolution to see how the camera path worked out; we needed to avoid walls, also we needed to show features and views the archaeologists wanted to see. Frequently the low-resolution animation would crash into a wall; this meant modifying a key-point. The guilty key-point was discarded, to be replaced by a newer version. This animation was carried on using a succession of key-points; we ended up with about 28 key-points finally.

Frequently the low-resolution movie looked fine, so we proceeded to generate a movie with a higher resolution, or maybe one with more frames per interval. As we did this, a problem would crop up quite often with the camera path, for example as a tiny corner of an archway would interfere with the rendering. Not all of these instances were corrected!

WINSOM itself was being developed at the same time as it was being used in production, and on occasion bugs would creep in unexpectedly, of combinations of primitives, which caused problems. Toruses in particular are tricky to deal with mathematically, so when we got close to the high altar, the toruses forming decoration to the pillars needed fixing. Sometimes random editing bugs caused a problem – I have one wonderful image I created of the Minster using a buggy version of WINSOM. I love this picture!

Finally we generated 32 images in each of 25.4375 arcs, for a total of 814 ›action‹ images. The storage for these was about 250 MBytes – that was a lot by mainframe standards of the time!

Other technical issues abounded. Staircasing or jaggies or aliasing is where thin features occupy an entire pixel when they should really be fading away. Anti-aliasing was something we did not have time to do; the easiest way to do this is simply to render at higher resolution than you want, then average the results of each 2 × 2 set of pixels to give one smoother pixel. So you generate a 1024 × 1024 image, then average-down to a 512 × 512 one. You then hope the badly-calculated pixel is averaged-down enough by the other three hopefully correct pixels, that the error is no longer noticed. In the case of the Minster, doing this would have quadrupled the computation time.

We were pushed for time, so simply had the tools available to hand, and delays to research and shop for graphical editing tools weren't acceptable at

that point. We had no special tools to post-edit images – we aimed to create them correctly to begin with, and we were not doing photoshopping work or developing that kind of application.

An example of this jaggies/aliasing problem can be seen at the end of the Minster Movie, as the camera pans upwards to view where the King sat high up at the rear of the Church; details of the steps below the altar appear and disappear, and jagged features run up the corners of the arches at the side of the view. Other examples can be seen by single-stepping through the movie; as you approach the altar, with an angled tomb on the floor in front of you, look closely at the curved conical inside of the roof where it meets the sloping flat roof: the join appears to have bright dots moving upwards at the join. This is an example of multiple primitives meeting within a single pixel volume, and WINSOM has chosen a wrong-directioned primitive surface to illuminate.

At the same place in the movie, where the cylindrical end wall meets the sidewall on the left, the join varies from frame to frame. This may be a floating-point rounding variation, combined with trigonometrical calculations involved with the cylinder that don't apply to the wall. Theoretically they meet perfectly; in practice rounding errors occur.

To summarise – what made the movie outstanding? Probably more than just the technical challenges outlined above. There were the programming problems, storage problems (cost and management of disks etc.), collating the images problems (solved by the naming convention described above), and then recording onto U-Matic tape which needed yet another set of hardware and RS-232 controls which I managed, not described here; that recording process was not flawless – occasional frames going to tape would be missed, resulting in restarting the taping process until we got a clean recording. There was the challenge of building and debugging the Minster models – this was helped largely by parameterising the models, so that sections of the walls and roof were done by ›House(X,Y,Z, roof=conical)‹ style code, and a conical request meant a rounded end to the box-shaped bit. Arches were similarly parameterised, so we could vary the style and size etc.

Additionally there was the challenge of meeting the archaeologist's requirements, and others which occurred. For example, the archaeologist theorised a wooden tower structure holding a bell, located above the high altar. As an engineer, I pointed out, that this would have needed some internal support, so we jointly agreed the simple wooden beams holding a wooden base above the altar. Everything we did was some sort of challenge, numerical as well as logistical, and the deadline of the exhibition of this video at the British Museum was a deadline we had to meet.

Frage 3: How did you cope with the colours and the display of depth in the digital reconstructions of Old Minster?

We had 256 entries which had to cover every possible colour we might want to make, so we had six levels of red, seven of green, six of blue, giving $6 \times 7 \times 6 = 252$ entries used in the LUT table. Two others were used for background colour, one was used to set a bright yellow dot to indicate ›buggy‹ pixels where WINSOM didn't have a clue what to do and needed debugging or further coding to sort it out. Can't remember what the remaining one was used for, if

anything at all. So the grainy appearance is WINSOM ›dithering‹ the pixels, trying to get the exact shade it wants by oscillating around the nearest close-fit entries it has. A sort of Pointillism in a way. Had we used 24-bit images it would have been less grainy, but would have needed 750 MBytes to store – that was a huge amount back then! Yes, we could have compressed images, but then that impacts CPU time available, so we avoided doing that.

From a technical problem aspect, at this stage in 1985 WINSOM had only just had perspective projection added in, and it was still limited to rendering a conceptual single cube of volume (which becomes trapezoidal under perspective, if you see what I mean), so by the time we set the camera values, this meant the front-to-back depth we could render was rather limited. You didn't want anything placed immediately in front of the camera, as that was too close; at the same time, anything that went out of the back face of the cube wouldn't be rendered, as being too far away. In this particular image, ›too far away‹ starts somewhere just behind the high altar! The far end curved wall of the Minster has been chopped off by the back clipping plane, and WINSOM leaves these unrendered pixels as black!

Fortunately for us, WINSOM had an option to ›depth cue‹ the lighting; this means that objects further away are drawn darker, and generally helps the brain perceive depth in CGI images. By turning the depth cueing feature to a rather extreme value, I was able to make objects in the back of the cube fade to black just as they got clipped! So that was a big cheat, if you like. By complete coincidence, the effect this has is to make the Minster look as though it's night-time, and you're walking through it with only a small candle to light the way. The effect is very atmospheric, and I must say I much prefer it to the brightly lit second version of the movie!

Frage 4: The digital reconstructions of Old Minster were created by an expert team at IBM UKSC in cooperation with the archaeologists Martin Biddle and Birthe Kjølbye-Biddle. What was the workflow like and what was your part?

I directed the making of the movie. As a technical person, I supervised the students who did the legwork of making and testing the models. I designed and wrote the animation control software, and wrote software and connected a Spaceward Supernova framestore system to an IBM PC which acted as a slave tape recorder controller; this hardware then downloaded images from the mainframe and dropped them onto tape until the recording was done. Any bugs or problems found with WINSOM were fed by me back up to the authors of the program, and I'd test their fixes. So my job was to get the film done by the deadline.

The workflow went well; Birthe visited regularly and advised on the models we made, the colours used and so on. The graphics developers continued to enhance WINSOM, the students worked hard and the team as a whole produced what we believed to be the world's first ever animated reconstruction video of a non-existent building. IBM itself saw this as excellent PR, as well as driving the publication of more papers on graphics.

Frage 5: How did the scientific community react on the digital reconstructions of Old Minster and the Minster Movies in the 1980s/early 1990s?

I don't think the scientific community noticed particularly! There were many teams, often based in American Universities, all working on the challenges of advancing the state-of-the-art in CGI. The field was advancing so rapidly that you simply noted improvements all over the place – improvements you expected to appear anyway.

Archaeologists who saw the work we had done on the Minster and other sites such as Potterne using database techniques, were very envious of the equipment and manpower available, but lacked the funds to benefit from the technology of the day.

Frage 6: In retrospect: Which aspects about the digital reconstructions of Old Minster would you have done differently, if there had been enough resources of time/money/expertise etc. in the beginning, and why?

The movie seen today looks jerky and flickery. So the visual quality aspects would have been targeted.

Firstly we would have generated the movie at 25 frames/second rather than 12.5, and this would have required a doubling of the CPU time available, plus doubling the disk storage available. A lot of the images were generated overnight on mainframes off-site to UKSC, so these had to be sent across the IBM network to UKSC, so we might have needed more bandwidth to cope with the volume of data. 25 frames was the original desire, but it quickly became apparent we lacked the time.

Secondly we would have tackled the aliasing problem. Easily done by increasing the image resolution to 1024 x 1024 and averaging down, but a more intelligent approach might have been recognising pixels which suffered the multiple-primitives problem, and throwing more CPU-power at them to solve it; perhaps a mini-recursion into just that pixel-volume, or ray-tracing at multiple parts of the pixel would have solved this.

Thirdly we would have extended the image size to fill the screen completely. This would have meant rendering at 768 x 576 resolution. WINSOM got this capability soon after. This helps to give a TV viewer the feeling that they are actually inside the building, rather than simply looking inside a Lego model of one.

We didn't lack expertise; we had two of the world's best graphics software writers on hand, plus several students. We lacked enough CPU time to generate the 1600, or more, images originally wanted. The version of the Old Minster movie that the world has seen was in fact the second version ever made; there is an earlier prototype, which is rather crude by comparison, made about a year earlier, and this version takes a different, and longer, path through the Minster. We did not use that path for the British Museum version as the longer path would have taken more computation time than we had available. The earlier version now only exists as a capture from poor-quality VHS tape, but is interesting to show the limitations of the earlier single-volume WINSOM doing its first-ever version of perspective.

Frage 7: Today in academia there are discussions of how to document the reconstruction process of a 3D project, and of how to cope with a long-term preservation of it. How was that in the mid 1980s with regard to the digital reconstructions of Old Minster especially, and later academic 3D projects at the IBM UKSC?

Arguably there should be no need to preserve it at all. It is not original material in an archaeological sense. Historians always want to get back to the original material rather than be constrained/influenced by interpretations made more recently than the events and literature of the time. There were no thoughts about long-term preservation of the Minster materials at the time. Copies were made of the various videos, and it is quite by chance that I kept copies of the original images of the second Minster Movie, the one made for the British Museum exhibition. Disk space limitations meant these images were shuffled off onto backup tape, should you want to keep them. Sadly I didn't keep the images from the very first movie. Frankly, they weren't very good by our demanding standards!

However you can argue that the Minster models could be a useful starting point for anyone else wanting to improve or reinterpret them. The CSG models remain (almost) intact, as by chance a copy of the Minster was used to develop a Graphical Solid Model Editor named ESME, and these have been ported to run on OpenSCAD which is freely available.

Other academic work at UKSC was published at the time in the relevant journals, so should be there to be read. I would hope that material of that age would be available for free to everyone, but sadly many ancient papers I see referenced on the Internet require payment to download them. Surely these should become free after some finite number of years?

Frage 8: Since the beginnings of digital reconstructions of historical architecture in the 1980s and the first boom in the 1990s the technology developed rapidly and the possibilities for application also multiplied. Where do you see the greatest development and progress respectively in this regard – especially for 3D models in the academic context? What future do you predict for digital reconstructions of historical architecture in the academic context?

VR is certain to become mainstream. I have seen a VR version of the Old Minster, and the way that the views change dramatically, in response to head motion, really does give a convincing effect of reality. That's fine for the perception side of things. For the academic use side, I can see the models making greater use of parameterisation; for example the Old Minster is shown undecorated, and none of the megalithic-style building techniques the Saxons used is shown. It would now be relatively easy to allow the viewer to choose details such as architecture like Jarrow church where some windows have pointed arrow-shaped arches as opposed to Romanesque rounded ones. Details of internal paintwork and wall decoration could be added, borrowed from a selectable list taken from other Saxon churches and literature of that time.

It would be straightforward to edit the models interactively with a group of collaborating archaeologists, and missing details such as the bell in the tower, and a weathervane, which were drawn in one early manuscript, could be added.

Viewing the Minster Movie for the first time, with the archaeologist present, immediately threw up a lot of questions, such as: ›should there be a handrail to prevent monks falling into the steps down into the crypt and breaking their necks?«, rapidly followed by: ›if this reconstruction is based on similar Saxon Minsters in Europe, how do those Minsters deal with this problem?«, and so on. Given enough antiquarians collaborating, these questions could quickly be answered and the model improved accordingly.

On the other hand, the aim of this movie was to illustrate the evidence found at the excavation of the site, not to present a well-imagined church, so you could argue that no such handrail adding should be done, as we simply don't have any evidence for that being present. Maybe there was a low wall instead? Or maybe you parameterise all the options, leaving the ›no-handrail« as the ›original« default setting? This all depends on what you want to use the model for!

3D laser scanning is also fantastically useful. We now have the ability to scan existing buildings. It would be useful and interesting to be able to merge these datasets with the CSG models, maybe build CSG objects using the boundaries and measurements from the laser scan; this would allow real-time cut'n'paste of a genuine Saxon church arch/window etc. into the model, so giving a far more realistic result. But the danger is you then say ›this is how it was«, or maybe the viewer believes that's how it must have been because they've just seen a video reconstruction. There's a danger of history being rewritten if we're not careful.

Frage 9: The sources available are often not enough to answer all questions coming up in the process of the creation of a 3D model of historical architecture. How do you cope with these gaps in your projects? How could hypotheses be marked in 3D models according to you? Would that be necessary after all?

There are certainly plenty of gaps. We know there was an impressive organ of some kind at Winchester, but no idea where it was placed, what it looked like and so on. So we would not dare to try to model that!

But there are enough similar Minsters around, of that period, to be able to suggest a reasonable possible building appearance. So it should be easy enough to adapt, let's say, the position/existence of the Bell Tower, and let the viewer select different interpretations of the model. Some details such as general dimensions are known sufficiently well from the robbed-out foundations that there would be little argument about them; but such things as the heights of walls or quantity and placement of windows are not known, so have to be estimated. If all Saxon Minsters were somehow visualised in one environment, it might be possible to scroll through them and come to some definitive rules about certain things; for example, you might be able to say ›there was always a window in the very East end«, or not. These things are well able to be parameterised.

Another question was prompted by doing the animation: We know there was a crypt under the altar, so that must have been raised. Presumably there was access to the far end, around the side of the crypt. But then, wouldn't there be a danger of a monk falling off the raised altar area and breaking his neck? So, just like the crypt steps behind the altar, surely there must have been some railing to prevent accidents? As some of the Minster details were borrowed from

existing Saxon Minsters elsewhere, it would seem reasonable to borrow whatever protection they used; and if more than one type, why not borrow the lot and parameterise this selection? You could have Old Minster, Winchester as it might have looked like, based on Barton-on-Humber for example.

The existence of hypothesis in a model could be indicated verbally by the computer knowing what part of the model you're looking at closely, and providing you with a tour guide style commentary. Or the object could appear a bit indistinct/shadowy/vague in some way. Or the hypothetical arch could cycle slowly through the range of known variations of such an arch. Lots of possibilities.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

2. Interview mit Dr. Paul Reilly, University of Southampton

3D-Projekt zu Old Minster, Winchester

Southampton und München, 30. Juni 2017

Frage 1, Heike Messemer: Which factors would you say, contribute to the 1980s digital reconstruction of Old Minster being an unique project at that time?

Paul Reilly: It was a large and complex model for the period. It was based on CSG modelling, and the development of perspective views was novel for this kind of solid modelling technology. The investment in CPUs and storage, not to mention the investment in very high-calibre computer scientists was unheard off at that point in time. And of course it had the animation, which could be played in public places and broadcast on TV.

Frage 2: What was your part in the digital reconstruction projects of Old Minster?

None. The project had started before I arrived. My impact was via the other projects I was working on, that changed the features and functions in Winsom. My other role was to present the work of the IBM UKSC so I often included the project in my presentations/papers. That said, I was the Catalyst for rematerialising the Old Minster as a phygital entity, and problematising the status of (im)materiality in archaeological theory.

Frage 3: What was the budget of the digital reconstruction in 1984–1985?

Sorry, I don't know. We didn't work like a development lab back then. We were in research. The UKSC had a budget and three main research groups. Shared between us we had two buildings, two mainframes, a load more machines of different types over the years, a bunch of IBM computer scientists and managers and a set of research fellows (like me) and students (very clever ones) on work experience. I do know it took almost six months of Andy Walter working full-time with two students and occasional fixing efforts from the Winsom modelling team.

Frage 4: What was the budget of the digital reconstruction in 1986?

Same as before, i.e. no budget – the work load was less as the model was the same, but more editing was applied to remove all aliasing.

Frage 5: The sources for the digital reconstruction of Old Minster were historical descriptions, plans, drawings, as well as images from comparable buildings in Europe. How were the decisions made about which details to visualise in the reconstructions?

The process was iterative. Birthe Kjølbye-Biddle would describe what she thought something might look like – e.g. the throne or St Swithun's tomb. The modelling team would make a first impression and Birthe Kjølbye-Biddle would say this or that was wrong or this or that could be added. Her arguments were written up (see ref in Reilly et al. 2016). The full report is still pending 50 years after the dig. I'm told it is to appear soon – but I was told that in 1990, too.

Frage 6: Why were there no photorealistic textures integrated into the second version of the digital reconstruction? Was there no excavated original material, which could have been used for inspiration in creating textures?

There was no archaeological evidence of what the building looked like. It was completely dismantled to just the footprint left by the robbed-out foundation trenches. We had used textures on other buildings such as the west gate, however, I doubt we would have contemplated it then as the problems of our very low high-resolution video standard (!) would have generated far too many aliasing – visual bugs arising from rounding calculations to render each pixel. It would have been a nightmare video. There was some evidence of wall plaster – a dirty pink colour, which is how the walls in the movie are rendered.

Frage 7: How were the digital reconstruction and the Minster Movies received in archaeological, art historian, architectural academia in the 1980s/early 1990s?

I think the project inspired many subsequent projects in the next couple of years, mostly involving computer scientists and archaeologists.

Frage 8: How is the resonance in academia on your 2015 project of modernising the digital Old Minster?

I think that project and the DAACH paper has reinforced awareness that these models are transient things unless actively curated, which in turn stimulates a historical interest in the projects, approaches, media, and the models themselves.

Frage 9: In your 2016 paper ›Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester‹ you analyse the digital reconstruction of Old Minster in respect of the London Charter and Seville Principles. Can you explain why this contextualisation is essential?

Actually, it was meant to be a provocation. When we were drafting the papers I placed copies on Academia.edu and Hugh Denard and Michael Carter especially asked questions concerning how the project fitted with the London

Charter and Seville Principles. Of course it predated them by one and two decades respectively. The conclusion that the project stood the test of time concerning London and Seville was possible because the work was based on excellent critical scholarship and contemporary technology. These charters codify principles, which have always underpinned good scholarship and science. They don't make it happen, they probably stifle the creative strides that epitomise good science and scholarship, by being overly prescriptive. I have major concerns with the notion of paradata – how the data were arrived at, as the selection of the paradata to be recorded is itself a form of bias.

Frage 10: Which future plans exist for the digital reconstruction of Old Minster and/or the Minster Movies?

Since the DAACH paper we used the virtual model as an exhibition space in an event called the ›Annihilation Event‹ we also incorporated the 3D print of the half section in an art work called ›the archaeology of a digital file‹ (Ian Dawson & Paul Reilly 2017) – see my facebook! We need to write this up. Stephen is working on an open source version of GoW (Grandson of Winsom). When that happens we need to publish the Winsom code as well as the TIFFs – I may see if I can add them to the DAACH paper.

Frage 11: Since the beginnings of digital reconstructions of historical architecture in the 1980s and the first boom in the 1990s the technology developed rapidly and the possibilities for application also multiplied. Where do you see the greatest development and progress respectively in this regard – especially for 3D models in the academic context? What future do you predict for digital reconstructions of historical architecture in the academic context?

The digital reconstructions of the 1980s and indeed until the present day, have mostly focussed on ›illustrating the monument‹; that is giving an impression (hypothesis) of what buildings might have looked like. They are usually empty and devoid of people or the activities for which they were erected for and subsequent uses. I see two strands emerging. One is a continuation of the creative interpretive approach – visual hypotheses to stimulate thoughts (Alice Waterson and Grant Cox are two such practitioners that jump to mind). The second area (which I feel should have been addressed long ago) are the mechanical/engineering aspects of reconstructions. Finite element and load bearing/stresses analyses to investigate if the model could stand up and to gain insights of the problems the builders had to overcome (and still only hypotheses). Finally, of course, full material instantiations (additive manufacturing) is a possibility and raises very big ethical and disciplinary issues surrounding reconstruction (which phase and states matter most, whose narrative is rendered physical?), preservation and the biography of the site/monument.

Frage 12: The sources available are often not enough to answer all questions coming up in the process of the creation of a 3D model of historical architecture. How do you cope with these gaps in your projects? How could hypotheses be marked in 3D models according to you? Would that be necessary after all?

I think that perhaps too much attention, time and resources, have been given to this topic which I, personally, regard as a 1990s backlash by established archaeologists who feared non-archaeologists would be in the driving seat as far as orthodox interpretations of sites presented to the public were concerned. There is very little literature that critiques specific reconstructions. I do feel the need to show the basis of what is secure knowledge (what we found/ still have) and highlight (a fade to transparency) showing what is interpretation and guesswork.

Frage 13: How should the documentation and long-term preservation of digital reconstructions of historical architecture be handled in the future to preserve the work for researchers and interested people to come?

Personally, I think the authors should describe in broad brush what their interpretation was based on and implement using their best efforts. The data they have based their ›hypotheses‹ on is still there and can be challenged or superseded as new insights/data/evidence arise. I don't accept that models have significant impact on the long-term perceptions or understanding of specific heritage – Gaming might change that in the short term.

Frage 14: The London Charter from 2009 constituted a guideline to be followed in the creation of 3D models. Were these principles part of your work?

The London Charter didn't exist then and there was no real concern then about the authenticity of the model, at least from the IBM side as 1) they were focussed on the technological innovation the project engendered and 2) a world leading specialist archaeologist, who actually worked on the digs and archive research was the collaborator. Having said that as we laid out in Reilly, Todd & Walter 2016 (DAACH), our approach would have stood up to a critique with regards to implementing London Charter and Seville Principles.

Frage 15: How does the London Charter play a part in the 3D projects of your colleagues you meet at conferences?

London Charter is a widely advocated and a component of many Virtual Heritage/Archaeology syllabi. However, I have never met or heard of anyone who has actually reviewed a model for compliance. Moreover, with the inbuilt obsolescence of software and hardware, I have my reservations that this is a realistic objective. The Reilly et al 2016 paper is a rare example of this introspective assessment.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

3. Interview mit Dr. Norbert Quien, vormals am IWR, Universität Heidelberg

3D-Projekt zu einem spätgotischen Kirchenchor

St. Ingbert, 21. Mai 2016

Frage 1, Heike Messemer: Wie ist die Zusammenarbeit mit Ihnen und Herrn Müller entstanden?

Norbert Quien: Das entstand über das Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen an der Universität Heidelberg, an dem ich beschäftigt war, genauer gesagt über unseren Institutsdirektor, Prof. Dr. Willi Jäger. Herr Müller hatte ihn angesprochen und gefragt, ob er jemanden hätte, der ein Projekt bearbeiten könnte, in dem es um die Visualisierung von gotischen Gewölben geht. Weil er es sehr spannend fand, hat Herr Jäger sofort zugesagt und hatte dabei wahrscheinlich mich als einen seiner Postdocs im Hinterkopf. Er hat mich dann gebeten, dieses Projekt in Angriff zu nehmen. Nach kurzer Zeit hat es auch ziemlich Spaß gemacht und es hat sich eine sehr intensive Zusammenarbeit mit Herrn Müller entwickelt.

Frage 2: Was war der Gegenstand und das Ziel Ihrer Zusammenarbeit?

Herr Müller war immer schon an Anwendungen von Computern und digitalen Techniken in der Kunsthistorik interessiert. Er war Fachmann für gotische Architektur und hatte die Idee, gotische Maßzeichnungen zu visualisieren. Damals war die Technologie, die man dazu brauchte – also die Computergrafiktechnologie – noch relativ am Anfang. Das heißt es gab kein fertiges Programm, das man kaufen konnte, das diese Arbeit hätte machen können.

Herr Müller gab uns die fachlichen Vorgaben aus dem Bereich der Gotik, die Konstruktionslehre, nach welchen Prinzipien damals gearbeitet wurde. Das waren mehr oder weniger mathematische Prinzipien, das heißt die alten Baumeister und Steinmetze wussten wie man aus diesen zweidimensionalen, planen Zeichnungen das dreidimensionale Rippensystem entwirft, konstruiert. Den dahinterliegenden Algorithmus konnte man in relativ einfacher Weise in mathematische Formen fassen und damit auch programmieren. Das war eigentlich die Idee von Herrn Müller, die wir dann zusammen umgesetzt haben.

Herr Müller war der Gotik-Fachmann und ich war der Informatik-, Mathematik- und Programmierfachmann. So haben sich dann die beiden Welten der Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft dort getroffen und relativ schnell und gut ergänzt.

Frage 3: Wie erfolgte die Auswahl für die digitale Rekonstruktion gotischer Gewölbe?

Die Auswahl der gotischen Gewölbe nahm Herr Müller vor, weil ich absolut kein Fachmann in dem Bereich bin. So entstanden dann auch die Bücher, die wir gemacht haben, in fachlicher Aufteilung zwischen Herrn Müller und mir. Digitale Rekonstruktionen waren damals relativ neu. Parallel zu unserer Arbeit entstanden weitere Projekte wie zum Beispiel Cluny III und ein zwei andere, die uns bekannt waren, die aber alle wirklich Neuland betreten haben. Es gab auch durchaus Ressentiments, daran erinnere ich mich auch noch. Da musste man auch gegen gewisse Widerstände kämpfen. Die Computergrafik war damals wirklich noch in den Kinderschuhen, kein etablierter Fachbereich. Und es hat sich gezeigt, dass es durchaus sinnvoll ist, sie als einen Teil der Fachsprache der Kunsthistorik zu benutzen.

Frage 4: Sie haben eben Cluny III angesprochen, das heißt Sie haben damals auch andere 3D-Rekonstruktionsprojekte wahrgenommen?

Ja klar. Es gab damals natürlich noch kein Internet. Das Internet war grade noch in den Anfängen, Anfang der 1990er-Jahre. Also, wir haben davon gelebt, Informationen von Herrn Müller zu erhalten und zu sehen, was in den öffentlichen Medien gezeigt wurde, beispielsweise in Fernsehberichten und Fernsehfilmen, wo auch Cluny zu sehen war – kurz vor uns. Das hat uns natürlich etwas gewurmt, dass uns andere etwas zuvor gekommen sind. Denn damals gab es schon ein leichtes Konkurrenzdenken. Der Kreis der Leute, die in dem 3D-Bereich gearbeitet haben, war relativ klein. Die meisten kannten sich. Manchmal gab es gewisse Rivalitäten und so hat man sich bemüht, dass man möglichst schnell, möglichst weit vorne war.

Frage 5: Inwiefern haben Sie mit Ihren Projekten hinsichtlich der Technik Neuland betreten?

Wir haben damals auf verschiedensten Gebieten Neuland betreten. Das IWR – das Interdisziplinäre Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen – wurde von Herrn Jäger Ende der 1980er-Jahre gegründet und hatte den Anspruch an vorderster Front Numerik, also die Lösung von mathematischen Problemen des Computers, zu betreiben. Die Hauptprobleme, die es immer gibt, sind der Speicherplatz und die Rechenzeit. Damals brauchte man riesige Mengen an Hardware und auch Software, wenn man komplexe Rechnungen durchführen wollte. Das IWR ging dann in die Richtung des Parallelrechnens und kaufte einen Parallelrechner, der 128 Chips hatte, also Rechenknoten. Das war ein sogenannter Transputer-Rechner, einer der größten für wissenschaftliches Rechnen zu der Zeit in Deutschland. Wir hatten die Idee, die Visualisierungssoftware, also das Raytracing, auf einem Parallelrechner laufen zu lassen, weil dann die Software – so unsere Hoffnung – vielleicht auch 128-mal schneller läuft als auf

einem normalen Rechner. Das haben wir nicht ganz geschafft, weil es immer einen gewissen Overhead von Kommunikation zwischen den Knoten gibt, das heißt wir sind nicht 128-mal schneller, sondern 50-mal schneller als auf einem normalen Desktop-Rechner. Wir haben dann sowohl das Raytracing als auch die spezielle Software, die die Gewölberippen geometrisch erzeugt hat, auf dem Parallelrechner programmiert. Denn die Anforderungen, die an die Software gestellt wurden, konnten wir damals nicht mit einem handelsüblichen CAD-System abbilden. Wir mussten die Software selber entwerfen. Jegliche Software, die im Projekt verwendet wurde, also sowohl die Konstruktionssoftware zur Erzeugung der Gewölberippen als auch die Visualisierungssoftware, das sogenannte Raytracing – als Standardmethoden der Computergrafik – haben wir selber programmiert.

Das war sozusagen eine Verbindung verschiedener Dinge an vorderster Front: einerseits eine komplett neue Software für die geometrische Darstellung dieser kunsthistorischen Probleme zu entwickeln und andererseits die auf diese Weise erzeugten Daten in das Raytracing-Programm zu setzen und dann das Raytracing-Programm auf dem modernsten Parallelrechner laufen zu lassen. Dies war es der Zeitschrift Spektrum der Wissenschaften wert, dass wir darin einen Artikel bekamen, der an anderen Instituten relativ gute Resonanz gefunden hat. Da waren wir, denke ich, ganz vorne in der Forschung mit dabei.

Frage 6: Wie gestaltete sich der Arbeitsablauf zwischen Ihnen und Herrn Müller?

Wir hatten natürlich regelmäßige Treffen, in denen Herr Müller mir dann einen neuen Katalog oder Vorlagen für weitere Gewölbe mitgebracht hat. Zweidimensionale Skizzen habe ich auf Millimeterpapier kopiert. Daraus habe ich dann die Koordinaten und Daten abgelesen, die ich brauchte, um meine Startfiles zu generieren, die ich wiederum für das Programm benötigt habe. Das heißt ich bin da gesessen, habe die Daten ausgelesen und sie über die Tastatur in den Computer – Workstations von SiliconGraphics – eingegeben und habe dann die Software gestartet. Diese hat die Daten eingelesen, die Objekte dreidimensional konstruiert und sie mir dann als Linienmodell am Computer gezeigt. Diese dienten als erste Kontrolle – ohne Farben, keine aufwendige Grafik, einfach nur die Eckpunkte und Verbindungslinien. Da konnte ich schon erkennen, ob irgendwo ein Bug, also ein Fehler vorlag, oder ob alles ok war. Wenn das in Ordnung war, hat mir der Rechner ein Datenfile mit weiteren Daten ausgegeben, den Eckpunkten dieser Geometrie bzw. Triangulierung, aus der die Objekte bestanden haben. Unser Raytracing-Algorithmus auf dem Parallelrechner hat dann diese Daten eingelesen. In die Raytracing-Software hatten wir eine eigene Bedienoberfläche eingebaut, die auch mit Textfiles funktionierte. Und darin haben wir dann bestimmte Elemente spezifiziert, wie Farbe, Beleuchtungspunkte, Größenverhältnisse, Skalierungen, Drehungen usw. Dann haben wir den Parallelrechner gestartet. Die Idee war, die Lichtstrahlen, die mit dem Raytracing verfolgt wurden, mittels des Parallelrechners zu visualisieren. Das heißt es wurde eine Million Lichtstrahlen auf 128 Knoten verteilt berechnet, sodass jeder Prozessor möglichst viel zu tun hatte. Später wurde dieses Bild wieder zusammengeführt zu einem großen Bild.

Im nächsten Schritt musste man diese Daten, also Bilder, wieder aus dem Computer heraus bekommen, um sie in einem Paper oder für eine Ausstellung zu verwenden. Dazu mussten wir uns auch wieder Hardware kaufen, beispielsweise eine sogenannte Realtime-Disk. Das war eine, für damalige Verhältnisse, recht gute Festplatte, die 25 Bilder pro Sekunde grafisch ausgeben konnte, sodass man also den Eindruck eines Films hatte. Damit haben wir unseren Film Play Gothics ... zusammengestellt. Wir haben uns auch einen Belichter gekauft mit einer daran montierten Spiegelreflexkamera. Der Belichter hat die Bilder vom Computer projiziert, die dann von der Spiegelreflexkamera aufgenommen wurden. Am Ende entstand dann ein schönes Bild.

Wir hatten den großen Vorteil, dass wir all diese Schritte bis ins Detail beeinflussen konnten. Wir konnten also in sämtliche Vorgänge eingreifen, wie in die Bedienung des Betriebssystems des Parallelrechners, in die Raytracing-Software, in die Konstruktionssoftware.

Frage 7: Wenn wir jetzt vom übergeordneten Workflow ins Detail gehen: Wie entstand die Visualisierung des Kirchenchors, der mit sämtlichen Elementen wie Gewölbe, Maßwerkfenstern, Kirchenbänken, Altar, Fußboden und Marienbild dargestellt ist?

Das war auch ein Ergebnis des Parallelrechners bzw. der Parallelrechner-Software. Wir haben einzelne Gegenstände als einzelne geometrische Objekte konstruiert, wie beispielsweise eine Kirchenbank. Diese wurde x-fach kopiert und an die entsprechende Stelle verschoben. Für den Fußboden hat mir Herr Müller historische Vorlagen geliefert. Daraus habe ich ein nicht allzu komplexes Fußbodenmuster ausgewählt, um den Arbeitsaufwand in Grenzen zu halten. Die Maßwerkfenster habe ich auch gemäß den Querschnitten und Größenverhältnissen aus den Vorgaben von Herrn Müller digital erbaut. Wir hatten uns überlegt, die Wände möglichst realistisch aussehen zu lassen, indem wir sie nicht absolut weiß darstellen. Also mussten wir die Wände im Kirchenchor sozusagen etwas »schmutzig« machen. Dazu habe ich mir eine Software überlegt, mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung von dunklen Stellen auf der Wand, die dann so aussieht, als ob schon Jahrhunderte an ihr vorübergegangen wären.

Ich war der Meinung, um einen Eindruck von den Größenverhältnissen des Raums zu bekommen, müsste eigentlich ein Altar im Chor stehen. So hat mir Herr Müller ein paar Vorlagen gegeben und ich habe dann auch hier versucht einen Kompromiss zwischen Zeitaufwand und Exaktheit zu finden und einen mehr oder weniger stilisierten Altar konstruiert und das Gewölbe dann darüber gesetzt. Das Dach habe ich mit mathematischen Spline-Funktionen konstruiert, die dann so berechnet waren, dass es sich optimal an das Rippen-gewölbe anfügt. In die Fenster habe ich dann noch gefärbte Glasscheiben eingesetzt. Wenn man sich noch mehr Mühe geben würde, könnte man das noch realistischer machen, aber wir wollten ja nur den Eindruck schildern. Vor allen Dingen sieht man auf dem Boden die Reflexionen der verschiedenen Farben der Gläser, und das gibt dem Raum auch so eine gewisse sakrale Stimmung. Das ist anders als mit normalen, farblosen Glasscheiben.

Das Wandbild einzufügen war, glaube ich, meine Idee. Denn damals hatten wir programmiert, dass man auch eingescannte Bilder, Strukturen und Texturen auf Wände setzen kann, die dann mit dem Raytracing-Algorithmus

relativ realistisch beleuchtet werden. Das wollte ich also noch in die Visualisierung des Kirchenchors einbauen und hatte Herrn Müller gebeten, mir dazu eine Vorlage zu geben. Er hatte mir dann eine Zeichnung eines Altars gegeben. Die Vorlage habe ich eingescannt und dann mittels Software auf die Wand neben einem Maßwerkfenster unter zwei Lampen projiziert. Ich habe versucht einen möglichst realistischen Eindruck zu erzeugen, so als würde das Bild bei Nacht durch die Lampen beleuchtet werden. Das war sozusagen eine Kombination von wissenschaftlichem Anspruch – also wie so etwas ausgesehen haben könnte – und von technischem Anspruch von meiner Seite, um herauszufinden, wie weit man mit der Software gehen kann.

Frage 8: Um eine realistische Anmutung von Materialoberflächen zu erhalten, haben Sie sozusagen Störfaktoren eingebaut, damit man beispielsweise einen ›Sandsteineffekt‹ erhält. Wie muss man sich das vorstellen?

Genau, wir als Mathematiker konnten in die Software selber eingreifen, haben selber programmiert und konnten daher auch Tricks einbauen, wie zum Beispiel eine statistische Wahrscheinlichkeitsverteilung für die dunklen und hellen Punkte des Sandsteins. Damit beim Betrachter der Eindruck entsteht, tatsächlich eine raue Oberfläche vor sich zu haben. Für die Maserung des Holzes auf den Kirchenbänken hatte ich mir eine statistische Zufallsfunktion überlegt, die dann dieses krumme, gemaserte Muster auf die Kirchenbänke projiziert hat. Dies wurde dann in das Raytracing-Programm eingebaut und so kam die Textur zustande. Und so stecken in den Bildern eigentlich viele Kleinigkeiten, die heute ganz selbstverständlich aussehen. Aber damals waren das echte Herausforderungen.

Frage 9: Wie kam es dazu, dass Sie aus den Einzelbildern auch Animationen erstellt haben?

Nach einer gewissen Zeit waren die Medien sehr an unserer Arbeit interessiert und so kam Herr von der Burchard, ein Redakteur des Südwestrundfunks, zu uns und hat vorgeschlagen einen Film für die populärwissenschaftliche Sendung Sonde zu machen. Wir haben dafür Animationen mit neuester und sehr teurer Hardware erstellt – das war damals nicht so einfach mit hochaufgelösten Grafiken 25 Bilder pro Sekunde als Film zu erzeugen. Also hat das IWR viel Geld investiert, um die neueste Hardware zu kaufen. Die Animation ermöglichte es, virtuell in das Gewölbe hineinzugehen, sich nach allen Seiten umzuschauen und zu sehen wie die Software die Gewölberippen Stück für Stück erzeugt. Der Südwestrundfunk hat die Animation für die Zuschauer in ein bestimmtes inhaltliches Umfeld eingebettet, sozusagen als populärwissenschaftliche Information über unser Projekt. Zum Schluss wurde es dann noch entsprechend professionell vertont.

Frage 10: Sie haben Ihr Projekt auch in Ausstellungen vorgestellt. Wie war beispielsweise die Ausstellung ›Hammer, Meißel und Computer – Spätgotik im rechten Maß‹ aufgebaut, die im Jahr 2001 im Museum für Technik und Arbeit in Mannheim gezeigt wurde?

Das war wie meist eine Kombination von Filmen, die vorgeführt wurden, und verschiedenen Ausstellungsstücken, zum Beispiel die Darstellung eines

Teils einer Gewölberippe als Modell aus Pappe, verschiedene Materialien der Steinoberflächen, Skizzen, Bilder, also umfassende Informationen, haptisch und visuell. Das hat damals, denke ich, eine gute Resonanz gefunden. Und Ähnliches haben wir an anderen Orten auch gemacht

Frage 11: Wie wurde ihr Projekt an sich in der Kunstgeschichte rezipiert und aufgenommen? Sie waren ja auch auf einem Kunsthistorikertag eingeladen ...

Genau, wir haben auf dem Kunsthistorikerkongress 1992 in Berlin einen Vortrag gehalten. Die Resonanz war – ich will mal sagen – gemischt. Bei einigen hatte man schon eine gewisse Distanz bemerkt, bei anderen auch eine gewisse Begeisterung. Das hat sich, glaube ich, bis heute auch teilweise gehalten, wobei die Akzeptanz etwas größer geworden ist. Aber es wurde zumindest als nützlich und spannend empfunden – dieses Feedback haben wir eigentlich immer bekommen. Es war etwas vollkommen Neues, das wir damals gemacht haben. Da entstehen natürlich die üblichen Animositäten, das heißt der etablierte Lehrkörper ist nicht unbedingt bereit, sich auf etwas Neues einzulassen, das nicht am eigenen Lehrstuhl erforscht wurde. Alles in allem war das positive Feedback größer als das negative.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

4. Interview mit Prof. Dr. Richard Beacham, Prof. emer. King's College, London

3D-Projekte zum Festspielhaus Hellerau und »Theatron«

Warwickshire und München, 17. Juli und 4. September 2017

Frage 1, Heike Messemer: In which context was the Festspielhaus Hellerau digitally reconstructed for the first time?

Richard Beacham: In 1991 I went to Hellerau because of my interest in the Swiss theatre artist Adolphe Appia. At that time the building was still a Russian garrison. When I got into it finally, it was a wreck. It had no roof, it did not have any repair work or decoration since 1945. And I loved the building because of the idea behind it. From 1991/1992 I was a member of an organisation called the Förderverein für die Europäische Werkstatt für Kunst und Kultur Hellerau e.V., which was set up by Detlef Schneider from Berlin.

At Hellerau I met the architect Fabian Zimmermann, who had and still has the architectural firm atelier4D in Berlin. We discovered that we have this similar interest in the history of the building, a kind of a passion. I went back with him to Berlin after one of these meetings, probably in 1995 or 1996, and there I saw that they were preparing a 3D model of the Festspielhaus Hellerau. This would have been an architectural CAD model, which was being prepared by his assistant, Jim Webster, from Glasgow. After seeing this preliminary CAD model, it occurred to me that such technology would be immensely useful for students of theatre history. Because as theatre historians we had always dealt with light, distance, proportions, architecture and all of this. And here was a way of actually beginning to visualize these things. So in 1996 together Fabian and I conceived a project creating models of iconic historic European theatres. I thought up the name »Theatron – Theatre History in Europe: Architectural and Textual Resources Online«. We subsequently formed a limited company with this name.

Frage 2: So the Festspielhaus Hellerau was the initial inspiration for Theatron ...

Yes, the initial inspiration came from the building itself for the whole Theatron project, but it was not one of the first buildings we modelled. We

actually began with the theatre of Dionysius in Athens. We undertook a long march through theatre history, so we began with the Greeks and the Romans. And then we looked at medieval stages and then Shakespeare stages etc., and eventually ended up doing Hellerau in 2000. Including it in Theatron helped to publicise the history and importance of the actual surviving building itself.

Frage 3: What were the main steps in the process of the digital reconstruction of the Festspielhaus Hellerau? And what was its budget?

As in any creation of a virtual model, initial research was carried out to determine as much as possible about the actual building: whether still surviving, or known only through archival records, historical descriptions. This involved visiting the existing Festspielhaus, studying historical records, close analysis of plans, description and photographs, discussion with other scholars. The 3D model of the Festspielhaus was part of larger projects. Work on it was not separately costed.

Frage 4: What role did the reconstruction of the Festspielhaus Hellerau play in the real restoration of the building in the 1990s?

This was a ›synthetic‹ process using research, discussion, argument etc. back and forth as it was combining various elements. And it was also a rather ›organic‹ process of exchange between 3D modellers and those working on the physical restoration of the actual Festspielhaus. Fabian Zimmermann and Jim Webster created the digital model to understand the logic behind the actual building. Although it had not been destroyed, it had been significantly altered, first during the 1930s and then during the Russian occupation. You had to make an analysis of the building: what changes had been made and you had to compare the original designs with the existing state. We also used historic photographs a great deal, because they were the only evidence we had in many cases.

The CAD model allowed us to ask questions, to find answers and to encourage a dialogue. So we could show the model to the people who were working on the place, to explain what they have to do in order to make it as close as possible to the way it originally was in 1911/1912. Furthermore, I used images of our hypothetical modelling in making a successful grant application to The J. Paul Getty Trust: \$ 250,000 Conservation Grant to assist in the restoration of the Hellerau Festspielhaus in 1995. It was the first big intervention from anybody outside to begin the restoration and although the grant was only to restore the front façade and the Treppenhalle of the place, it kind of set the tone for the rest of the restoration that followed. Up to that point nobody in Saxony had taken any notice of Hellerau, they were spending all their money on the Frauenkirche in Dresden.

Frage 5: As the Theatron project developed there were several different versions of the digital reconstruction of the Festspielhaus Hellerau. Did these 3D models evolve from each other? What are the main differences between them?

As time went on and our researches and those of others continued, we were able to refine the various iterations of the models. So of course they evolved one from the other and in the process became increasingly accurate

while at the same time the developing modelling technologies allowed us to create more realistic versions. The differences between the earliest VRML models, and those used either in Second Life or for creating video representations of the Haus are very substantial.

Frage 6: A part of the Theatron project was to integrate the 3D models of important European theatre buildings in the virtual world of Second Life. How would you describe the benefits of this initiative in general and with regard to the Festspielhaus Hellerau specifically?

The benefits are pretty obvious. A 3D model of a theatre is very useful for study and learning and research purposes because theatres are all about space and movement and visual qualities: all of which are accessible in virtual formats. Instead of looking at drawings, or photographs, or designs, users can see and in the case of some models, such as Second Life, actually »visit« and explore and move about the historical theatre space. We enabled visitors to explore all the spaces throughout the Haus, and also to see a variety of stage settings in the Great Hall, and under various lighting conditions. Also within the various spaces, we put up placards around the building which you could click on and it would take you to further information and/or historic photographs of the spaces they were seeing.

Frage 7: Do the Theatron Islands in Second Life still exist and how are they accessible today?

No, it is not longer available, and that is because in Second Life you have to rent an Island, what they call it. And initially because Second Life was trying to encourage academic users they offered a very substantial discount. After about one or two years after we were working on the Theatron 3 set up, they hanged their policy. And suddenly they were charging the academic users the same price and it was just too much. It was a substantial amount of money to rent it each year. The Department of Digital Humanities at King's College couldn't afford it. We kind of packed up the models and saved them. They could always be revived and used again, but obviously they are not accessible. It is a great pity, because this was a tremendously educational resource. It was hugely admired and even won some awards within Second Life itself for being such a useful educational resource.

Frage 8: How was the 3D reconstruction of the Festspielhaus Hellerau received in history of art/architecture and theatre studies?

Whenever it was shown – mostly by me at workshops and conference presentations – it was very greatly admired. I do not know how individual lecturers and/or their students received it. My own students found it very useful.

Frage 9: Since the beginnings of digital reconstructions of historical architecture in the 1980s and the first boom in the 1990s the technology developed rapidly and the possibilities for application also multiplied. Where do you see the greatest development and progress respectively in this regard – especially for 3D models in the academic context? What future do you predict for digital reconstructions of historical architecture in the academic context?

I think it's growing enormously since the 1980s. The first presentations tended to be archaeological. Actually in archaeology they began with reconstructions of the Parthenon and of the Colosseum, because it was such an obvious way to use 3D modelling to reconstruct buildings that were no longer there and to visualize them. I was really one of the very first people to recognize that this was particularly useful as a tool for theatre historical research, Theaterwissenschaft, because theatre is all about space, movement, sightlines, visualization, textures – as I talked about earlier. And virtual reality can do all of those things. So instead of talking to students and showing them slides, images, photographs, artists' conceptions, you can actually – and this is the great idea behind Theatron 1, 2 and 3 – go there and virtually experience the space as it was meant to be experienced. In Theatron 1 we even had an acoustical element, where we were able to do virtual acoustics. You could be in the space and could hear what the sound would have been like, which was very useful.

To address the question in my own field, the theatre history, the transformation has just been enormous. From a teaching point of view the great advantage of Theatron 3 was that in the virtual world of Second Life you could meet with scholars from different parts of the world at a certain time and talk in real time in a virtual environment, which is the place you are discussing. What we did with the Oplontis project [Projektbeginn 2008, Anm. d. A.] – where we worked closely together with John Clark from the University of Texas at Austin, who still runs the Oplontis model – was one step further: We modelled the entire building, which is a huge villa, so called villa Pompeia, and he linked it up with the project database. If you are inside the model and you are looking at a particular wall, you can double click on the wall and it will take you to the database and bring up all of the information. So you have instant scholarly access to everything that is known about the wall. The beauty of it is, it is a visual and virtual interface to the scholar to the database and that has never been done before: To actually be in a virtual space and to be able to move seamlessly from that virtual space and access the underlying data, because it means that there is no confusion of media – you are in a 3D space and you are calling up information about that 3D space.

The really big change that we did with the model as part of the project was that we used a different virtual system, called Unity games platform. The great advantage of Unity was that unlike Second Life you can import 3DStudioMax models pretty much directly into the Unity platform. Unity has become very popular for serious projects, for academic, archaeological projects.

I think the way forward and the way the most interesting things are happening right now, are in virtual worlds. And by extension or as one manifestation we are exploring virtual worlds. When you wore a head-mounted display it made you dizzy and nobody could do it for very long. But the beauty of the

Oculus Rift hardware is that it synchronizes in such a way that it is much more like real life, you don't become seasick looking at stuff. To answer my prediction: My prediction is that the virtual worlds phenomenon is going to become increasingly prevalent and useful. And it's particularly going to be enhanced by the new head-mounted viewing displays.

Frage 10: The sources available are often not enough to answer all questions coming up in the process of the creation of a 3D model of historical architecture. How do you cope with these gaps in your projects? How could hypotheses be marked in 3D models according to you? Would that be necessary after all?

I am one of the trustees and one of the authors of the London Charter, which basically lays out the importance of being able to show where the gaps in knowledge are, to show what is known and what is not known. There are different ways of doing it. For example you can do it by colouring, by transparency, you can kind of footnote or somehow cross reference the model to the information it has been used. But the important thing is – and this is important for the seriousness of the scholarship – that you have got to somehow indicate what is real as it was and what is hypothesis, because the early history of virtual modelling was hampered, was handicapped because people would come and say, »well, that's just an artist's concept, that's pure imagination«. Serious scholars were dissuaded from adopting this technology because of those kinds of problems. If I write an article, I have footnotes. So people can use that to judge. In a 3D model – unless you have some way of doing that kind of cross referencing – you just have to take it or leave it. That's why this is so absolutely crucial.

Frage 11: How should the documentation and long-term preservation of digital reconstructions of historical architecture be handled in the future to preserve the work for researchers and interested people to come?

Again, I think the London Charter concerns itself with the question of preservation. Furthermore in 2011 the first Preservation of Complex Objects Symposium – POCOS took place at the University of Glasgow. It focused on visualisations and simulations, asking: Once we got all these things, how do we preserve them? How do we avoid the fate of Theatron 3 where it just kind of disappeared? How do you archive? How to make it future proof? Projects are being created and they are also being lost, they are not being archived, servers are vulnerable and can be expensive. So the question is: How do you back it up and how do you preserve it? Up to now what's happening, is that it has tended to be that everyone is doing their own thing. For example at King's we have all of our work backed up on a server and that is even when I left King's in 2011, you can still find all of my work there. All this was funded by public money and therefore has to be preserved.

Frage 12: The London Charter from 2009 constituted a guideline to be followed in the creation of 3D models. Are these principles part of your work? And how do you cope with them in your projects?

After we worked a number of years, we realized that it was important to bring people together and discuss about how do you get virtual modelling and virtual reality work to be taken seriously as scholarship. And so we drew up these guidelines. They pretty much reflected the principles we were already following, but we never had pulled them together and collated them in such a way that we could actually say what we are doing and how we are doing it and why we are doing it and how we are preserving scholarly integrity. My colleague Drew Baker invented the term ›paradata‹ and it was based upon the experience of our working together. There is a constant exchange of ideas and discussions going on, whereby you take your data, but you refine it into what you finally come up with as your best guess, your best hypothesis. That whole process, those discussions, is what we call paradata. Usually there is no record of it. But in a way that is the most important part of the research process, it's about how you make these decisions. Unless you are calling attention to that paradata, they are gone forever. It is impossible for other scholars without access to the paradata to reconstruct and know why you made these decisions you made. This happens all the time.

Frage 13: How does the London Charter play a part in the 3D projects of your colleagues you meet at conferences?

It's a bit like how the Ten Commandments play a role in your life. Sometimes you follow them, sometimes you don't. Ideally the London Charter guidelines need to be followed and you need to call attention to the fact that you followed them. That was one reason, why we put it together. We wanted to have a kind of a reference point, a standard, to give academic, scholarly credibility to this work, because the danger is, if it just becomes popular stuff – ›oh, look, here is the Colosseum, how cool!‹ – it's never going to mature into the hugely important scholarly tool that it has the potential to be. So what we are trying to do is, to get publications, particularly serious scholar publications, to say: if you are submitting something based upon virtual reality work, you have got to follow the guidelines of the London Charter.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

5. Interview mit Prof. Dr. Bernard Frischer, Indiana University, Bloomington

3D-Projekt zu Santa Maria Maggiore in Rom und »Rome Reborn«

Rom und München, 4. Juni 2017 und 10. August 2017

Frage 1, Heike Messemer: A special feature about the Santa Maria Maggiore project – and Rome Reborn in general – is, that there is a Scientific Committee in charge of the scientific supervision of the digital reconstruction. Could you please describe the workflow in the Santa Maria Maggiore project in the context of an example like the following: As there is no common opinion about the design of the entrance to the nave of the basilica, in the 3D model there were two versions reconstructed. How was the process to decide which version will be in the final 3D model? Why was this process not visualized in the final 3D model in the published video?

Bernard Frischer: We did have two versions of the entrance as I recall. The video is not really the final version. The final version is what we call the authoring version in the 3D modelling software, MultiGen Creator, which I don't think exists anymore. This software provided the possibility of having alternative parts of the model. Right from the beginning of the project we stressed that we wanted to show alternative possible reconstructions or alternative hypotheses of reconstructions or restorations. But the video was aimed at an exhibition for the general public so we did not want to burden them with the uncertainty. Also the storyboard for that video came from the Vatican and so we just read out what they wanted for the Aurea Roma exhibition. The video is actually still running in the museum of Santa Maria Maggiore. After the London Charter and the Seville Charter we probably would have shown both versions and mentioned the fact that there is uncertainty about that.

Frage 2: Were there any other issues of uncertainty and how were they usually solved?

The other uncertainty was whether there was a deambulatory behind the apse. So I think we also had two versions of that – with and without. The Scientific Committee met several times in Rome during the modelling process, which

probably went over a two years or 18 months period. Each time I would show the state of the model and they would critique it and suggest changes and then I would communicate that to the 3D modelling staff back at UCLA. And then I would show the new version and so on until finally they were happy. Another issue was about the floor: We had no evidence of the floor in the original version and I remember Paolo Liverani suggested that we follow Richard Krautheimer and the Basilica San Giovanni in Laterano in the same period. So our floor comes from that church.

The Scientific Committee is the author of the model. The modellers are students, trained in architectural history, they are not professionals. Even when they are young, they can have ideas and make contributions and they are encouraged to do so. But when there is any doubt, the Scientific Committee overrides whatever the modeller wanted to do of course.

Frage 3: In the video the façade of Santa Maria Maggiore has a plain grey texture. Compared to the visualisation of the inner part of the church there are no details depicted. Is that because of a lack of evidence? How was this decision made?

Yes, that was the lack of evidence. In the article we mention that we thought that the façade could well have been painted with a fresco, thinking of Old St Peter's. We have always been very hesitant to restore missing elements on the basis of pure imagination. We rather use words to flag an area of a reconstruction – we are clearly that there was something, but we don't know what it was – and to inform the user that there was data missing. It is not that the façade was grey, it was missing data that we have absolutely no information about. We have a very minimalistic policy toward reconstruction, that we don't go beyond what is at least probable. When there is absolutely no information, we simply reduce. There is always the danger of misleading people and you don't want to do that. I think that is the difference between an artistic model, which has its definite uses, and a scientific model. It's like the difference between an artistic essay and a scientific article. A scientific article is transparent with respect to sources, logic, the fact that there may be other contrary views, everything has to be revealed, rather than just asserted and put out as if it's the truth. That's what science is. You make distinctions between what is definitely known, what is probable, what is possible and where we simply don't know anything and certainly where there is a disagreement of views. You have a responsibility to make that quite clear and then to give the reason why you hold your view and not the other persons' views. So that is all scholarship is. It is not that we have some kind of magical techniques to solve all questions, but that we have a meta level where, if there are questions we can't solve, we admit that, we talk about that.

Frage 4: In your paper about the Santa Maria Maggiore project you point out, that it was very important to visualize the basilica in its topographic context, so you could show how the building was viewed from other parts of the city etc. Why was this aspect not integrated into the video?

Well, just for practical purposes. Because back in the period 1998 to 2000 we had not yet made the Rome Reborn model. That was not finished until 2007. We did integrate the basilica onto the map of the city and it was really ugly.

I always have the principle: do not put anything out to the public that isn't only correct but beautiful. And it was very ugly to have this church just sitting there on top of a map. So I vetoed the idea of putting that into the video.

Frage 5: How was the 3D model of Santa Maria Maggiore integrated into the Rome Reborn model, but as you just said, it was not really existent at that time?

It was not existent and then, when it did exist, it was for a different period, the period of Constantine, 320 AD. So we did not add it. We could add it, but we did not add it. Because then we should have to add everything else that changed in the city up to the 430s AD, so we would have had the big Christian Basilicas San Pietro, San Giovanni in Laterano and probably quite a bit of other changes would have to be reflected in the model. I would of course like to do that, but we haven't had the funding and time.

Frage 6: The reconstruction of ancient Rome will change as new discoveries or interpretations arise. So the 3D models will have to be altered accordingly. Would you do that with the Santa Maria Maggiore project when you reach that period of time in the Rome Reborn Model?

Yes. And I could say that we have just completely rebuilt the Roman Forum model from Christmas 2016 until the middle of April 2017. To reflect exactly new discoveries and to especially reflect the publication of a great book, that came out in 2015 by James Packer and Gil Gorski, »The Roman Forum: A Reconstruction and Architectural Guide«. And so our new version of the model takes their ideas into account. It doesn't accept everything that they say, but it does accept some things that they say that we forgot to do or we had wrong. And then it also reflects some new research that has been done in the meantime by one of my students at the University of Virginia. I mention that because that is 22 buildings, that is a very complicated model and we have just completely thrown out everything we had and rebuilt it.

Frage 7: How was the 3D reconstruction of the basilica Santa Maria Maggiore received in archaeology and history of art? How did scholars from these disciplines react on your 3D model?

I would say there has been very little reaction. Sible de Blaauw gave a talk about it at a conference at the Netherlands Institute for Advanced Study in Wassenaar in June of 2015. It was a talk about the use of 3D models in architectural history, so he talked about the Santa Maria Maggiore project 15 years later. It was the only example of such modelling that he'd ever done. He gave a kind of update, what's happening with the study of that building. He certainly did not mention anybody had attacked it or critiqued it. I've heard almost no reaction whatsoever.

Frage 8: Since the beginnings of digital reconstructions of historical architecture in the 1980s and the first boom in the 1990s the technology developed rapidly and the possibilities for application also multiplied. Where do you see the greatest development and progress respectively in this regard – especially for 3D models in the academic context? What future do you predict for digital reconstructions of historical architecture in the academic context?

I think the greatest progress has been related to the lowering of the cost of doing 3D modelling in all aspects. Everything we can do today we could have done twenty years ago, we did do twenty years ago, but it cost hundreds of thousands of dollars or even millions of dollars. Now it costs almost nothing. So the drop in the cost is extremely important in allowing the technology to become pervasive, once people understand or grasp the potential of it and they learn how to use it. So of course now I think there is a great emphasis in teaching, including myself starting a doctoral programme in the subject and other people have doctoral programmes and undergraduate programmes.

For me archaeo astronomy is clearly the most immediate promise. Because now we not only can reconstruct the monuments and put them on the ground, georeferenced in the right place, but we can reconstruct the daytime and the night-time sky. We don't have to reconstruct it, it has been reconstructed by various pieces of software that are either free or cost very little and that are reliant on scientific databases like the NASA or the European Space Agency. They go back in time thousands of years or forwards in time thousands of years. So they include our historical period and they take into account the point of view of the observer on Earth. So they themselves are georeferenced and one of them, Stellarium, has a 3D sceneries plug in. Once we have a 3D model in obj-format, say the Pantheon, and it's georeferenced we can just import it into Stellarium and then it's on the right place. And then we can set the Stellarium clock back to the time of, say Hadrian, and we can make observations and see relationships of the orientation of the building to some extent. We can change the position of anything in the sky on a minute by minute basis. You could always do that before, but every observation required a hand calculation and took a long time and knowledge. Now the computer does it automatically, meanwhile you can move around the reconstructed landscape, you can do virtual fieldwork. I think that archaeo astronomy is starting to benefit already tremendously. That is the low hanging fruit at the moment.

Frage 9: The sources available are often not enough to answer all questions coming up in the process of the creation of a 3D model of historical architecture. How do you cope with these gaps in your projects? How could hypotheses be marked in 3D models according to you? Would that be necessary after all?

I am a great supporter of both the London Charter and Seville Charter, they are both complementary. And yes, we do have a duty to flag the uncertainty and it can be done either in two ways or both ways at the same time: graphically or textually. In graphic ways for example you could use a different way to show the part of a building or statue, that is uncertain. You could use a grey scale instead of a colour, you could use lower resolution, you could flag it some way

visually. I myself don't like that because I am very committed to beauty, a thing should look consistent, so I am instead more attracted to the textual approach, because it is very easy now with a software like Sketchfab, which is becoming a kind of a standard, to add a so called annotation or hotspot that is visible on the surface at the right place. You click on it and you open a box and you can get any amount of information you want, including a link to even more information. So that is how I like to handle it, by a kind of a footnote, in the form of an annotation or hotspot. In terms of how do you restore the missing part, due to lacking data, or bad data, or no data. I think you always do it by some form of sort of analogy, find the closest kind of evidence that does exist for an object in that class of objects.

The other thing that I always try to do is quantify the number of possible hypotheses of restoration. When we have uncertainty we have to quantify it and to figure out what the variables are and then to figure out the logic with which you could reduce the number of hypothetically possible solutions to the very minimum. The task is to understand the scope of the problem very precisely in quantitated terms and then to make very explicit the reasonable hypotheses that we can invoke to reduce those possibilities to the very minimum. And it allows you to keep track on where it is and it defines the current ›Aufgabek.

The key thing with uncertainty is – and it's very important: There are not an infinite number of possibilities. A lot of humanists think, when it comes to interpretation of anything in the humanities, that there are an infinite number of interpretations. I've always been against that, because I've always been in favour of quantification. The number of possibilities may be quite big, but it's not infinite and there is a big difference between a trillion and infinity. I trillion is a big number, but we can work with that, and we can get that down. Infinity is impossible, and the people who say it's infinity love infinity.

Frage 10: How should the documentation and long-term preservation of digital reconstructions of historical architecture be handled in the future to preserve the work for researchers and interested people to come?

I thought a lot about it. It is very important. We used to call this ›the death of the digitk in the 1990s. It has at least two aspects. It has the aspect of the particular data you created and how that will be preserved. But then it has a more fundamental aspect which is technological obsolescence, that you may be using file formats or equipment or hardware that will not exist in 50 or 500 years. So it has that aspect, too, which even if you are very good about preserving your files somewhere, it could still be the case that in 500 years nobody will be able to access these files. So I think the individual scholar cannot do anything about the second.

I actually had a National Science Foundation grant for many years called SAVE – Serving and Archiving Virtual Environments – that was dealing with this issue. The best thing I could come up with, was to start a scholarly journal that is peer reviewed and open access and is a way that in which the best work being done around the world, if people wanted to be preserved and known, has a chance of being preserved and known in the future, because there is a journal, so there is an organization. Given the nature of human beings, the assets of that

organization will continue to exist as long as those assets are useful. So I think that's the best long-term strategy for the second problem, will this be available in 500 years. I think it will be available in 500 years, if people find what we are doing now to be somehow useful to them. If not – not, but there is nothing we can do. So that's the first step. The organization is a filter. People submit their work and it's either accepted or it's not accepted. If it is accepted, then there is some idea that it represents a certain minimal level of quality. So then it gets into this organization and it's put out to the public and there is a chance that it will be available in 50 or 500 years, I would say. So that is what I've done.

First I started a journal called Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, which was a direct outgrowth of this National Science Foundation grant, which recommended the creation of a journal. So I tried to get an American university press to sponsor the journal, but none of them were interested. This was in the period 2007 to 2010, possibly because of the economic crisis. Then I resigned from that position last October first and started a new journal, which is called Studies in Digital Heritage. That is supported by my library and university press at Indiana University. The subscription is free. The journal is using Sketchfab to embed a model within the article.

Frage 11: The London Charter from 2009 constituted a guideline to be followed in the creation of 3D models. Were these principles part of your work from 2009 on?

Yes, and even before. In the preface they say, that the article From CVR to CVRO inspired the London Charter movement. Definitely, I am a big supporter of the London Charter. I teach it in my class. There is also the Seville Charter, the Seville principles. That is kind of compatible with the London Charter, it kind of fills in gaps of the London Charter. It is more operational, so I teach the two of them always in every class on Virtual Heritage.

Frage 12: How does the London Charter play a role in the 3D projects of your colleagues you meet at conferences?

When 3D modelling of cultural heritage started in the mid 1990s, the issue of that is reflected in the London Charter or it was reflected in the CVR to CVRO article, it had to do with how do we make this a new medium, a tool of scientific expression and communication. And that had to do with being open and transparent and trying to find the 3D digital equivalence of footnotes in effect. But I think, that everybody has moved beyond that, it just had become accepted. You know, when you are in high school, at least in America, you read a book about how do I write a scholarly paper or scientific paper. You should have footnotes and you should mention other people's arguments. But then, when you went to the university, let alone with your postdoc or professor, you don't even think about that, it just becomes a natural part of what it means to be professional. And that's what is happening with these charters. We don't think about them so much anymore, because they made their point, we accepted them and we are applying it. It is not a problem anymore.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

6. Interview mit Dr.-Ing. Marc Grellert, TU Darmstadt

3D-Projekt zu Synagogen in Deutschland

Darmstadt und München, 25. Oktober 2016

Frage 1, Heike Messemer: Nach dem Brandanschlag auf die Lübecker Synagoge 1994 sind Sie mit Ihrer Idee, Synagogen digital zu rekonstruieren, auf Manfred Koob, Professor an der TU Darmstadt, zugegangen. Dies war der Startpunkt für die digitale Rekonstruktion einer Vielzahl von meist in der NS-Zeit zerstörten Synagogen. Welches Potential hat sich in der digitalen Rekonstruktion von zerstörten Synagogen gezeigt?

Marc Grellert: Das Potential lag sicherlich in der Thematik der Erinnerungskultur, weil die Rekonstruktion von Synagogen – anders als vielleicht bei anderen Themen – doch sehr stark mit einem Erinnerungsdiskurs verbunden ist, der eine politisch moralische Komponente hat. So konnte das Projekt auch eine große Öffentlichkeit erreichen. Beispielsweise berichteten CNN und BBC in weltweiten Reportagen über das Projekt. Am bewegendsten war aber ein Bericht über die virtuelle Rekonstruktion der Kölner Synagoge in der Sendung mit der Maus. Hier hat sich gezeigt wie telegen virtuelle Rekonstruktionen sein können, wenn sie sich mit bedeutenden Inhalten verbinden lassen – hier die Erinnerung an den Holocaust – und so auch gerade ein junges Publikum ansprechen können.

Frage 2: Für wen hat das Thema eine Erinnerungsfunktion, für Menschen, die während der NS-Zeit gelebt haben oder für ein wissenschaftliches Publikum?

Das Projekt hat sich im Prinzip an zwei Personenkreise gewandt, zum einen an eine interessierte Öffentlichkeit, die sicherlich zu dem Zeitpunkt, als das Projekt begann, überrascht war über die verlorene Pracht der Synagogen, und zum anderen auch an Zeitzeugen beziehungsweise deren Nachkommen, für die das Projekt eine emotionale Bedeutung hat, da sie oder ihre Vorfahren vielleicht selber bei den Gottesdiensten in den Synagogen dabei waren. Wir haben auch Interviews mit Zeitzeugen geführt und diese mit virtuellen Rekonstruktionen im Film kombiniert.

Frage 3: Die Rekonstruktionen von Synagogen, die an der TU Darmstadt erstellt wurden, wurden im Laufe der Zeit in zahlreichen Ausstellungen gezeigt, sowohl national als auch international. Was war der Kernpunkt, das Ziel dieser Ausstellungen?

Der Ausgangspunkt war zu zeigen, was zerstört worden ist, die Pracht der einstigen Gotteshäuser. Aber gleichzeitig ging es auch darum ein Zeichen der Mahnung und Erinnerung zu setzen bezüglich der Zerstörung der Synagogen. Auch die Pogromnacht ist Teil der Ausstellung. In einem speziellen Raum werden Bilder von Synagogen gezeigt, die in der Pogromnacht verwüstet oder zerstört worden sind.

Frage 4: In der Ausstellung gibt es auch einen Raum, der sich dem Erstellungsprozess der Rekonstruktionen widmet.

Genau, der Hauptraum der Ausstellung widmet sich dem Rekonstruktionsprozess. Auf der einen Seite findet man Tische mit Büchern, die jeweils einer einzelnen Stadt gewidmet sind, sowie Tafeln, die über die jeweilige jüdische Gemeinde dieser Stadt berichten. An den Tischen stehen stilisierte Pinnboards, auf die die Studierenden, die die Rekonstruktionen erstellt haben, alles was ihnen im Verlauf des Projekts wichtig erschien – sei es an Korrespondenz, an Unterlagen, Quellen, Ergebnissen – gepinnt haben. Abfotografiert wurden sie dann Teil der Ausstellung. An den Tischen gibt es zusätzlich noch Computer mit Bildschirmen, an denen die Besucher den Rekonstruktionsprozess, in einzelnen Schritten vom Beginn bis hin zum Ergebnis abrufen können. Direkt gegenüber den einzelnen Tischen – auf der anderen Seite des Raums – werden die Ergebnisse in Form von Renderings großformatig projiziert. Alle 5–6 Sekunden wechseln die Bilder.

Frage 5: Wie wurden die Rekonstruktionen dem wissenschaftlichen Anspruch gerecht, der an sie gestellt wurde?

Am Anfang wurde von außen kein wissenschaftlicher Anspruch an uns herangetragen. Aber der eigene Anspruch wurde so umgesetzt, dass die Studierenden, die am Projekt beteiligt waren, erst einmal ein kunsthistorisches Seminar belegt haben. Sie haben sich mit dem Thema der Synagogen allgemein und mit ihrer Synagoge im Speziellen beschäftigt, die Quellen gesucht, die Bauten kunsthistorisch untersucht und Zeitzeugen befragt. Dann haben sie als angehende Architekten anhand von Bauplänen – die es in den allermeisten Fällen gab – angefangen die Gebäude am Computer nachzubauen. Weil viele Quellen nur in Schwarz-Weiß vorlagen, haben wir zudem mit Zeitzeugen versucht anhand ihrer Erinnerungen die Synagogen einzufärben, was sicherlich nur eine Annäherung an den damaligen Zustand sein kann.

Frage 6: Im Laufe der Jahre haben Sie Synagogen-Rekonstruktionen erstellt, die in verschiedenen Kontexten zu verorten sind. Inwiefern unterscheidet sich beispielsweise das 2004 realisierte Projekt zur Synagoge in Speyer von den davor entstandenen Rekonstruktionen? Denn in dem Film zu Speyer sind die noch erhaltenen baulichen Reste mit dem 3D-Modell überblendet, sodass sich ein Mehrwert für den Betrachter ergibt, in dem Sie diese beiden Ansichten verbinden.

In unseren Rekonstruktionen von Synagogen muss man sicherlich unterscheiden zwischen den Synagogen, die in der NS-Zeit zerstört worden sind, weil diese in erster Linie aus einer erinnerungskulturellen, politischen Motivation heraus entstanden sind, und Projekte wie bei der mittelalterlichen Synagoge in Speyer, die gezielt für einen Ausstellungskontext aus einem historischen Interesse heraus erstellt worden sind. Im Fall von Speyer ist die Zerstörung in der NS-Zeit kein Thema, weil die Synagoge vorher zerstört worden ist. Bei dieser Rekonstruktion, die auch eine archäologische Komponente hat, treten noch einmal ganz andere Möglichkeiten hervor beziehungsweise haben wir andere Dinge thematisiert: die Erläuterung des Rekonstruktionsprozess und die Frage nach den Quellen. So zeigen wir einerseits die Computerrekonstruktion und andererseits das, was an Baubestand noch da ist, beispielsweise ein romantisches Fenster, das heute im Museum in Speyer ausgestellt ist. Bei dieser Rekonstruktion liegt der Schwerpunkt auf ihrer Herleitung.

Diese mittelalterliche Synagoge haben wir mit Bauforscherinnen und Archäologinnen, die den Bau erforscht haben, rekonstruiert. Wir haben zusammen überlegt, wie diese Rekonstruktion am wahrscheinlichsten auszuführen ist. Man muss immer bedenken: je länger die Zerstörung eines Baus zurückliegt, desto schwieriger ist meist die Quellenlage. Daher ist hier dann natürlich die wissenschaftliche Begleitung noch einmal ganz besonders wichtig. Wenn aber beispielsweise datierbare Pläne sowie Fotografien des Innen- und Außenraums wie bei einigen der in der NS-Zeit zerstörten Synagogen vorliegen, dann lässt sich ohne kunsthistorischen, archäologischen oder bauhistorischen Beistand, mit den Mitteln der eigenen Disziplin, der Architektur, zu sehr konkreten und korrekten Ergebnissen in der Rekonstruktion kommen.

Frage 7: Das 3D-Modell der Kölner Synagoge in der Glockengasse wurde Ende der 1990er-Jahre im Rahmen des Projekts ›Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion‹ erstellt. Im Jahr 2013 haben Sie dieses Modell für den WDR-Dokumentarfilm ›Synagogen – Monumente gegen das Vergessen‹ von Martin Papirowski erneuert. Wie unterscheidet sich das neue Modell von seinem Vorgänger und worin liegt das Potential einer solchen Modernisierung?

Die Aktualisierung der im Film gezeigten Synagogen in Köln beziehungsweise Dortmund bezog sich eigentlich hauptsächlich auf die Qualität der Renderings, das heißt wir haben an einigen Stellen die Texturen bearbeitet und wir haben hauptsächlich die Lichtberechnung mit aktueller Software neu erstellt. Dadurch wirkt das Modell, das eigentlich das gleiche war, realistischer und für die Betrachterinnen und Betrachter dadurch auch zeitgemäßer. Generell kann man sagen, je älter eine Rekonstruktion wirkt, umso eher ist ein Publikum geneigt zu denken, dass vielleicht auch die Inhalte älter sind. Je mehr eine

Rekonstruktion den Sehgewohnheiten entspricht, desto eher haben sie das Gefühl, dass es sich um ein aktuelles Projekt, also auch um aktuelle Forschung handelt. Möglicherweise ist das Synagogen-Projekt aufgrund der Erinnerungskomponente davon aber nicht so stark betroffen wie andere.

Frage 8: Gemeinsam mit Ihrer Kollegin Mieke Pfarr-Harfst haben Sie ein Konzept zur Dokumentation von 3D-Projekten entwickelt. Könnten Sie dies kurz erläutern?

Es ist ja Standard, dass zu einer wissenschaftlichen Arbeit eine Dokumentation gehört. Wir haben in unserer langen Zeit der Erstellung digitaler Rekonstruktionen aber festgestellt, dass gerade im Bereich von Ausstellungen und Fernsehdokumentationen von den Auftraggebern eine solche Dokumentation nicht abverlangt wird und sie diese auch gar nicht brauchen. Es gibt auf der anderen Seite auch noch keine Standards, wie sie vielleicht bei der Denkmalpflege und Archäologie, die eine lange Tradition haben, inzwischen entwickelt worden sind. Das ist wohl auch der Kürze der Zeit geschuldet, die es virtuelle Rekonstruktionen gibt. Dennoch finden sich schon länger Ansätze für eine Dokumentation: Mieke Pfarr-Harfst hat beispielsweise das Thema der Dokumentation von virtuellen Rekonstruktionen in ihrer Doktorarbeit behandelt. In dieser Arbeit und auch bei anderen Ansätzen gab beziehungsweise gibt es Vorstellungen von Maximal-Lösungen, also möglichst alles und möglichst umfangreich zu dokumentieren.

Mieke Pfarr-Harfst und ich sind inzwischen der Auffassung, dass das wahrscheinlich nicht der Schlüssel sein wird, um Dokumentationen durchführen zu können. So denken wir, dass es eher einen Minimal-Standard geben müsste, damit überhaupt Zeit in eine Dokumentation investiert wird. Je höher der Anspruch ist, desto abschreckender ist es. Je niedrigschwelliger, je weniger zeitintensiv eine solche Dokumentation erfolgen könnte, umso eher ist man vielleicht bereit so etwas zu machen – im Extremfall nur dem eigenen Anspruch folgend und in seiner Freizeit – denn nach wie vor werden in der Regel Dokumentationen nicht gewünscht und hierfür keine Gelder bereitgestellt.

Daher haben wir einen Minimalstandard entwickelt, der folgende drei Komponenten umfasst: Die erste Komponente beinhaltet textliche Informationen zum Hintergrund des Projekts, also um welches Gebäude handelt es sich, ganz kurz die Geschichte des Gebäudes, wer das Projekt in Auftrag gegeben, wer es durchgeführt und wer die wissenschaftliche Beratung gemacht hat, die verwendete Software, aber auch die Georeferenzierung oder der Hinweis zu einer Website des Projekts. Das sollte grob gesagt auf einer DIN A4-Seite untergebracht werden können. Die zweite Komponente hält die finalen Ergebnisse fest, das heißt man zeigt das Ergebnis der Rekonstruktion in Form von Renderings. Die dritte Komponente umfasst die Dokumentation der Entscheidungsprozesse. Ein Bauwerk wird dabei in verschiedene Bereiche unterteilt, beispielsweise die Nordfassade, die Ostfassade oder Fußboden, Decken, Gewölbe. Zu jedem dieser Bereiche gibt es Abbildungen der Rekonstruktion, denen die Abbildungen der Quellen gegenübergestellt werden. Eine textliche Argumentation erläutert dann, wie man von den Quellen zur Rekonstruktion kommt. Zusätzlich lassen sich für jeden Bereich Varianten abbilden, die auch nach ihrer Plausibilität bewertet werden können. Dieser Dreiklang – Rekonstruk-

tion, Quellen, Argumentation – ist der Kern des Minimalstandards, den wir entwickelt haben und gerne auch zur Diskussion stellen.

Das Einfache an dieser Methode ist, dass man keine Kenntnisse in der CAD-Software braucht, sondern man kann mit Screenshots der fertigen Ergebnisse arbeiten, die mit der textlichen Information und den Quellen verbunden werden. Es wird gerade eine Datenbank mit Webanbindung entwickelt, die es ermöglicht, verteilt über das Internet an einer solchen Dokumentation zu arbeiten und die entsprechenden Informationen einzugeben. Die Internetadresse ist: www.sciedoc.org. Ein sicherlich spannender Aspekt an dieser Dokumentationsmethode ist, dass sie nicht nur auf virtuelle Rekonstruktionen anzuwenden ist, sondern auch auf zeichnerische, haptische und bauliche Rekonstruktionen. Das könnte also ein Beitrag sein, um generell Rekonstruktionen im wissenschaftlichen Bereich mit Standards zu versehen. Das ist das Ziel.

Frage 9: Seit den Anfängen der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur in den 1980er-Jahren und dem ersten Boom in den 1990er-Jahren hat sich die Technik stark weiterentwickelt, aber auch die Anwendungsmöglichkeiten haben sich vervielfacht. Worin sehen Sie die größte Entwicklung oder den größten Fortschritt in dieser Hinsicht – insbesondere von 3D-Modellen im wissenschaftlichen Kontext? Wo sehen Sie die Zukunft digitaler Rekonstruktion historischer Architektur im wissenschaftlichen Kontext?

Ich glaube, die Technik ist inzwischen so weit, dass es nur eine Frage der zur Verfügung stehenden Mittel ist und wie viele Interpretationen man zulassen möchte, um ein sehr realistisches Abbild der Architektur zu bieten, gerade hinsichtlich der Lichtstimmung. Das würde ich sagen ist von technischer Sicht her der Aspekt, der sich seit den 1990er-Jahren am meisten entwickelt hat. Von der technischen Seite ist sicherlich auch Rapid Prototyping zu erwähnen – also die Möglichkeit, digitale Modell quasi über Nacht auszudrucken – und das in sehr unterschiedlichen Materialien von Gips über Kunststoffe bis hin zu Metall. Zum anderen werden in den nächsten Jahren sicherlich Echtzeitmodelle und die Frage der Begehbarkeit, des Erlebens der Maßstäblichkeit von Modellen ein Thema sein, Stichwort Virtual / Augmented Reality: Die Zukunft wird hier sicher einfache Interfaces bereithalten, vielleicht von der Erscheinung wie eine Sonnenbrille, die Rekonstruktionen in weitaus besserer Auflösung als bis jetzt möglich zeigen. Das gilt besonders für authentische Orte, an denen man beispielsweise mit seinem Smartphone steht, auf das dann eine Rekonstruktion passgenau eingeblendet wird.

Im wissenschaftlichen Kontext glaube ich gibt es zwei Entwicklungen: Zum einen eine Anerkennung, dass die Verwendung eines 3D-Modells zur Rekonstruktion eines Bauwerks eine Zunahme an Erkenntnissen bedeuten kann, weil sich durch das Zusammenführen des Wissens im dreidimensionalen Raum gut Hypothesen bestätigen oder falsifizieren können – besser als das in einer 2D-Zeichnung oder im haptischen Modell möglich ist. Meiner Meinung nach kommen wir deswegen bei der Erforschung von Bauwerken mit einer 3D-Rekonstruktion weiter als mit traditionellen Methoden. Zum anderen können virtuelle Modelle als Forschungstools eingesetzt werden. Dabei steht nicht eine Rekonstruktion im Mittelpunkt, es geht also nicht unbedingt darum zu zeigen, wie

etwas ausgesehen hat, sondern es geht eher darum, Fragestellungen, die im Rahmen einer Forschungsarbeit auftauchen, zu untersuchen. Hier wird es in der Regel nicht auf atmosphärische Rekonstruktionen ankommen, sondern auf abstrakte Modelle, an denen etwas simuliert wird. Das könnten Bewegungsabläufe sein oder Lichtsimulationen oder auch akustische Simulationen.

Frage 10: Die Quellenlage ist oft nicht ausreichend, um alle Fragen bei der Erstellung eines 3D-Modells von historischer Architektur zu beantworten. Wie gehen Sie in Ihren Projekten mit diesen Fehlstellen um? Wie könnten Ihrer Ansicht nach Hypothesen im 3D-Modell gekennzeichnet werden? Wäre dies Ihrer Meinung nach notwendig?

Die Frage wie mit Fehlstellen umgegangen wird, hängt sicherlich auch vom Auftraggeber ab. Es gibt oft den Wunsch, dass eine Rekonstruktion sehr anschaulich sein soll. Gerade in den Bereichen Ausstellung und Fernsehen existiert auch eine gewisse Erwartungshaltung des Publikums nach einer anschaulichen Rekonstruktion. Dem muss man nicht immer gerecht werden, es kann auch sinnvoll sein, abstraktere Rekonstruktionen zu machen, wenn es darum geht, eine Geschichte zu erzählen, Bauprozesse oder verschiedene historische Zustände darzustellen. Es muss also nicht immer atmosphärisch sein, aber es gibt sicherlich eine Tendenz dahin – unabhängig davon, wie gut die Quellenlage ist. Es gibt dennoch auch eine andere Tendenz, nämlich die, Menschen an dem unsicheren Wissen teilhaben zu lassen, eventuell auch Varianten zu zeigen. Eine Möglichkeit ist auch mit Begleittext oder mit verschiedenen grafischen Ausdrucksweisen auf Gesichertes und weniger Gesichertes einzugehen.

Im wissenschaftlichen Kontext ist dies die Richtung, in die es hingehen wird und hingehen soll, nämlich, dass man kenntlich macht, welchen Grad der Wahrscheinlichkeit bestimmte Bereiche der Rekonstruktion haben. Ich denke, dass bei Fehlstellen auch wieder das Thema der Dokumentation ins Spiel kommt, um deutlich zu machen, wo Hypothesen sind und wo mehr gesichertes Wissen ist, selbst wenn am Ende für eine Ausstellung nicht alles umzusetzen ist.

Frage 11: Wie sollte Ihrer Ansicht nach mit der Dokumentation und Langzeitarchivierung digitaler Rekonstruktionen historischer Architektur in Zukunft umgegangen werden, um die Arbeit für spätere Forscher/ Interessierte zu bewahren?

Wünschenswert wäre es, dass die Daten von einer Rekonstruktion für spätere Projekte und Forschung generell zur Verfügung stehen. Zurzeit ist es so, dass die meisten, die ein 3D-Modell erstellen, die Daten aufbewahren mit der Hoffnung, dass das Projekt weitergeht, entweder, weil es ein wichtiges Forschungsprojekt ist oder auch im Sinne einer weiteren Verwertung. So unterliegt es den Verfahrensweisen dieser Institution / Firma und deren Fortbestand, ob und wie die Daten für weitere Forschung prinzipiell zugänglich sind. Sicher wäre es notwendig, damit die Daten zukünftig weiter verwendet werden können, dass es zumindest diese minimale Dokumentation gibt, die ich zuvor vorgestellt habe. Damit man weiß, aus welchem Grund verschiedene Bereiche im Modell so aussehen, wie sie rekonstruiert wurden und welche Entscheidungen damals dazu geführt haben, denn in fünf Jahren würden die Entscheidungen vielleicht

anders getroffen werden, da man neue Quellen hat. Bei vielen Projekten, die öffentlich gefördert werden, ist das auch eine Frage der Ressourcen. Daher wäre es wünschenswert, dass sowohl für Dokumentationen wie auch für Langzeitarchivierung Gelder bereit stehen, um die Projekte auch dauerhaft sichern zu können. Langzeitarchivierung ist vielleicht prinzipiell eine Aufgabe staatlicher oder institutioneller Stellen wie beispielsweise Bibliotheken.

Frage 12: Die Londoner Charta von 2009 hat Grundsätze zu unter anderem Dokumentation, Nachhaltigkeit und Zugänglichkeit festgelegt, die bei der Erstellung von 3D-Modellen beachtet werden sollten. Haben diese Grundsätze eine Rolle in Ihrer Arbeit gespielt?

Bei so gut wie allen unseren Projekten arbeiten wir mit Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen zusammen, die die Gebäude gut kennen. Deswegen war die Frage der Wissenschaftlichkeit an dem Punkt ein Stück weit abgedeckt, weil wir gesagt haben, das sind Leute, die nach bestem Wissen und Gewissen, alles was sie kennen zusammengetragen haben, um daraus eine Rekonstruktion zu machen. Daher waren alle diese Projekte durch eine wissenschaftliche Beratung begleitet. Was fehlte ist der Part der Dokumentation – wie vorher bereits angesprochen und der Part der Langzeitarchivierung. Letzteres versuchen wir so gut wie möglich zu machen, da wir in den alten Datensätzen auch ein Kapital sehen, das heißt es ist unser eigenes Interesse es so zu sichern, dass wir auch noch einmal darauf zurückgreifen können. Bis auf die allererste Generation unserer Modelle aus den frühen beziehungsweise Mitte der 1990er-Jahre funktioniert das auch.

Frage 13: Inwiefern spielt die London Charta bei 3D-Projekten von Ihren Kollegen, die Sie beispielsweise auf Konferenzen treffen, eine Rolle?

Ich würde sagen, dass es auf Konferenzen viel zu wenig Diskussion über Standards, Methoden usw. gibt, es sind eigentlich viel zu oft Projektvorstellungen. Das spiegelt sich dann auch im geringen direkten Widerhall der Londoner Charta beziehungsweise der Diskussion darum wieder.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

7. Interview mit Prof. Dr. Bob Martens, TU Wien

3D-Projekt zu Synagogen in Wien

Wien, 8. November 2016

Frage 1, Heike Messemer: Wie kam es 1998 zur digitalen Rekonstruktion der Synagoge in der Neudeggasse?

Bob Martens: In der Neudeggasse hatte sich der Verein Verlorene Nachbarschaft gegründet, der verschiedene Aktivitäten gestartet hat. Eine davon war die Errichtung eines Gerüsts, auf das eine Folie gespannt wurde, die mit der Fassade der Synagoge bedruckt war. Das Gerüst wurde dann nicht direkt vor das Haus gestellt, weil die Bewohnerschaft protestiert hatte. Sondern man hat die Folie in zwei Teile geschnitten und links und rechts des Hauses aufgestellt. Ein Mitglied des Komitees, Georg Schönfeld, ein Architekt, kam auf uns zu mit der Frage, ob wir ein Modell mit dem Computer bauen könnten. Es lagen schon Einreichpläne und Fotos vor. Wir haben zu der Zeit ein Thema für eine Seminararbeit gesucht und ihm zugesagt.

Im Zuge einer Woche haben dann insgesamt etwa 15 Personen am Computer fünf Tage lang modelliert. Das war eine interessante Erfahrung, aber für zukünftige Projekte haben wir gemerkt, dass es sinnvoller ist, wenn nicht so viele Leute an der Rekonstruktion eines Gebäudes beteiligt sind, es sei denn es handelt sich um ein eingespieltes Team. Wir haben QuickTime VR verwendet, was damals schon ein Standard war, mit dem man realitätsnah Räume in Form von panoramischen Darstellungen explorieren konnte.

Frage 2: In welcher Form wurde die digitale Rekonstruktion der Synagoge Neudeggasse vor Ort gezeigt?

Vor Ort wurde die digitale Rekonstruktion nicht gezeigt, höchstens einmal auf einem Rechner. Damals gab es noch nicht so viele Projektionen, denn das war mühsam und schwierig. Über Standbilder ist das Projekt in viele Medien gekommen, auch in einen Konferenzbeitrag. Damals haben wir uns noch nicht so genau mit dem die Synagoge umgebenden Kontext auseinandergesetzt, aber kurz darauf haben wir das dann gemacht. Das Gebäude an sich macht schon eine Aussage, aber der Kontext, innerhalb dessen es sich befindet, ist fast noch wichtiger. Das ist in Wien ein sehr interessantes Thema. Inzwischen ist die digitale Rekonstruktion der Neudeggasse überarbeitet worden, denn nun

haben wir eine bessere Datenlage, was das Wissen von anderen Bauten des Architekten Max Fleischer angeht.

Frage 3: Das Projekt wurde aus einer Anfrage des Architekten Georg Schönfeld initiiert. Wie kam es anschließend zur digitalen Rekonstruktion weiterer Synagogen in Wien?

Das Thema hat uns einfach gepackt. Interessant ist die Tatsache, dass die Synagogen damals aus dem Stadtbild verschwinden mussten, aber die baubehördlichen und baupolizeilichen Unterlagen aus der Zeit sind relativ vollständig erhalten geblieben. Wir haben das Material sozusagen an die Oberfläche gebracht und gedacht, man könnte damit weiterarbeiten. Nach und nach hat sich das Arbeitsmodell herausgestellt, dass pro Gebäude eine Diplomarbeit geschrieben wird. Viel später haben wir dann auch die Erfahrung gemacht, wie man damit umgeht, wenn zur Rekonstruktion keine Planunterlagen vorliegen, außer solche vom Vermessungsamt. Wenn vom betreffenden Architekten noch andere Bauten vorliegen, kann man dann dennoch über Analogien eine Aussage machen.

Frage 4: Haben Sie die Synagogenrekonstruktionen auch in Seminare eingebunden, die den Studierenden insbesondere synagogale Architektur vermitteln?

An der TU Wien haben die Studierenden der Architektur die Möglichkeit verschiedene Wahlfächer zu belegen – es gibt zum Beispiel Kunstgeschichte und Denkmalpflege. Bei jeder Diplomprüfung wird dann ein Senat aus drei Fachvertretern gebildet, von denen ich einer bin. Die anderen beiden werden im Vorfeld schon konsultiert, sodass es einen Austausch gibt, denn wir können alleine nicht alles abdecken.

Frage 5: Inwiefern ist die Wissenschaftlichkeit dann gewährleistet? Durch den Austausch mit den anderen Professoren und dem Konsultieren der Planunterlagen?

Was Sie hier ansprechen ist in erster Linie die Plausibilisierung. Da gibt es gewissermaßen ein Spannungsfeld. Was – im Volksmund gesagt – aus dem Computer kommt, hat einen Echtheits-, und Wahrheitsanspruch. Deshalb haben wir uns zu Beginn weitaus mehr zurückgehalten als wir es heutzutage machen. Wenn wir es nicht wissen – graue Modelle, einfach weglassen, bevor man irgendeine Textur verwendet, die auch wir nicht belegen können. Inzwischen ist natürlich auch die Wissensbasis deutlich breiter geworden, das heißt man kann auch anhand von Analogien durchaus zu Annahmen kommen.

Frage 6: Wird das dann im 3D-Modell oder in der Visualisierung des Modells oder der Publikation besonders gekennzeichnet?

In der Diplomarbeit werden natürlich die Quellen angegeben beziehungsweise strittige Stellen entdeckt: Der Grundriss kann mit dem Schnitt nicht stimmen oder es gibt einen Widerspruch mit der Fotografie. Und das wurde in der Arbeit dann auch in Form einer Gegenüberstellung dargelegt. Virtuelle Rekonstruktionen sind ja auch eine Form von Archäologie und haben immer mit Informations- und Wissenslücken zu tun. Aber es ist auch nicht so weit weg, dass man keine Chance hätte, damit umzugehen.

Frage 7: Ihre Projekte zeigen Sie auch in einem Stadtführer und in Ausstellungen wie gerade im Museum Judenplatz unter dem Titel ›Wiener Synagogen. Ein Memory‹. Für diese aktuelle Schau haben Sie auf Diplomarbeiten der letzten Jahre zurückgegriffen und die Bilder teilweise aktualisiert. Wurde die Aktualisierung vorgenommen, weil neue Informationen vorlagen oder weil Sie die Technik auffrischen wollten?

Richtig, es war relativ rasch klar, dass wir eine Publikation machen wollen. Wir könnten natürlich eine Publikation für ein relativ eingeschränktes Publikum machen. Aber warum nicht einen Stadtführer machen, der möglichst viele Leute erreicht? Das Ziel des Cityguides ist, zu jener Stelle gehen zu können, an der ein Bauwerk gestanden hat und sich anhand des Stadtführers ein Bild zu machen, was da einmal gewesen ist.

Bezüglich der Ausstellung: Man würde sich natürlich wünschen, dass immer neue Informationen kommen. Interessanterweise wird viel Material retrospektiv digitalisiert und man kann dann durchaus auch Glück haben. Für diese Ausstellung hat eine große Überholung stattgefunden. Denn Bilder, wie zum Beispiel die Innenansicht der ersten Rekonstruktion der Neudeggergasse, hätte man nicht verstanden. Die Ausstellung wurde so konzipiert, dass sie auch reisen kann. Das wird dann wohl außerhalb Österreichs sein und es gibt bereits Gespräche dazu.

Frage 8: Im Stadtführer sind im Abschnitt zur Neudeggergasse verschiedene 3D-Modelle abgebildet. Eines zeigt das Gebäude mit rotem Ziegel, ein weiteres bildet die Synagoge weiß getüncht ab. Woher rührt dieser Unterschied?

Das ist einfach so: Dieses Buch ist 2009 entstanden. Das Modell ist bis dahin eigentlich kaum überarbeitet worden. Im Rahmen einer Diplomarbeit haben Peter Schilling und Georg Niessner die 3D-Modelle, die die Synagogen von Max Fleischer zeigen, im Jahr 2004 noch einmal überarbeitet. Sie haben dazu das frühere, graue Modell verwendet, das das erste aus dem Jahr 1998 ist. Das ist alles in einer Zeit, in der das mit Texturbelegung im halbwegs gehobenen Consumer-Bereich noch nicht ideal funktioniert hat. Für die Ausstellung sind alle Modelle noch einmal neu gerendert worden. Auch das ist fast eine prähistorische Geschichte, die Modelle – die fast 20 Jahre alt sind – in den Softwareversionen hochzuziehen. Bei diesem Modell gab es dann auch Schwierigkeiten mit den Booleschen Operationen, die in der nächsten Version wieder nicht gegangen sind. So ist das zu erklären.

Frage 9: Das 3D-Modell der Synagoge Neudeggergasse war aber nicht Teil der Ausstellung im Museum Judenplatz. Warum?

Es war noch nicht fertig. Aber es kommt mit anderen Rekonstruktionen von Synagogen in die Schausammlung im dritten Stock des Jüdischen Museums Wien in der Dorotheergasse. Dort steht ein Touchscreen und es ist geplant, dass dessen Bildschirm noch größer wird. Dieser Raum wird wohl heuer noch in Betrieb gehen können. Dorthin kommen dann die Schulklassen. Man kann sich dann durch die Panoramen der einzelnen Synagogen navigieren und es werden Baupläne, kurze Beschreibungen, Fotografien und ein Stadtmodell, durch das man sich virtuell bewegen kann, gezeigt.

Frage 10: Wenn man die Ansicht der neuesten Rekonstruktion der Synagoge in der Neudeggasse sieht, muss man aufgrund des Detailreichtums, der vorher nicht abgebildet war, annehmen, dass inzwischen neue Informationen zum Innenraum vorlagen. Oder beruht die neue Darstellung auf der Weiterentwicklung der Technik?

Wir hatten damals einfach nicht so viele Informationen zur Müllnergasse, die eben der Neudeggasse sehr ähnlich ist. Für die Müllnergasse wurden in der Zwischenzeit noch Unterlagen ausfindig gemacht, die zeitlich und inhaltlich auch sehr gut zur Neudeggasse passen. Unsere heutige Annahme ist, dass die Synagoge in der Neudeggasse der in der Müllnergasse sehr stark angelehnt war.

Frage 11: Ein spannender Aspekt Ihres Projekts ist, dass Sie keinen abgeschlossenen virtuellen Flug durch Synagogen erstellt haben, sondern 360°-Panoramabilder. Wie kam dies zustande?

Ich denke aus einem einfachen Grund: Wir kommen nicht aus der Silicon-Graphics-Wavefront-usw.-Umgebung, daher haben wir uns technologisch in die Richtung von Panoramen bewegt und sind einfach dabei geblieben. Wenn ich filmisch etwas mache, will der Zuschauer vom ersten Augenblick an einen entsprechenden Ablauf haben. Wir finden es spannender, sich selbstständig durch das Modell zu bewegen. Die Panoramabilder mit Hotspots bilden eine Bewegungsfreiheit, die die Straße sehr gut darstellen. Ich persönlich glaube nicht an diese 3D-Aufsätze, denn das geht oft nicht weiter als dieser Aha-Effekt. Der Aufwand ist einfach viel zu groß. Damals waren wir ganz stolz darauf, das weiß ich noch, denn zu dieser Zeit gab es gerade einmal Shading und solche Sachen. Ich finde es beispielsweise gut, dass man einstellen kann auf Augenhöhe unterwegs zu sein. Man nimmt eine realistische Perspektive ein. In der aktuellen Version der Rekonstruktion der Synagoge in der Neudeggasse hat man eine viel größere Bewegungsfreiheit. Da liegen natürlich Welten dazwischen, wenn man das mit der alten Version im Vergleich sieht.

Frage 12: Wie gehen Sie mit der Langzeitarchivierung bezüglich Ihrer digitalen Rekonstruktionen um?

Langzeitarchivierung ist sicherlich ein Thema. Es ist zwar unwahrscheinlich, dass es ArchiCAD oder AutoCAD in fünf Jahren vielleicht nicht geben könnte, aber niemand kann ausschließen, dass das einmal anders sein wird. Wir finden deshalb auch die IFC-Schnittstelle bei den Modellen interessant. Was auch relativ von Anbeginn ein Thema gewesen ist, war, die Modelle so zu strukturieren, dass derjenige, der das Modell nicht bearbeitet hat, trotzdem nachvollziehen kann wie es aufgebaut ist, anhand einer klar nachvollziehbaren Ebenenstruktur mit entsprechenden Bezeichnungen. Wir haben den Studierenden vorgeschlagen, konstruktiv zusammengehörige Bauelemente jeweils in einer Gruppe unterzubringen. Komplizierter war es natürlich wenn es zwei verschiedene Baustadien gegeben hat. Aber das lässt sich auch im Modell abbilden und kommt auch nicht so oft vor. Wir können immer zum ursprünglichen Modell zurück und archivieren das auf mehreren Medien. Das heißt wir halten auch die Daten in verschiedenen Formaten vor. IFC ist hier eine durchaus nützliche Schnittstelle, weil es nicht nur Geometrie transportiert, sondern auch andere Eigenschaften.

Frage 13: In Ihren digitalen Rekonstruktionen gibt es keine Menschen, was ist der Grund für diese Entscheidung?

Man kann hier natürlich sagen, das ist ein Feld, das wir ausgeklammert haben: Wo sind die Nutzer der Synagogen, die Personen? Es sind immer leere Modelle. Aber man bewegt sich dann auch schnell auf glitschigem Boden. Natürlich haben historische Aquarelle Personen im Bild, aber wir haben das bis jetzt einmal ausgelassen, es sei denn wir würden interessante Geschichten finden.

Frage 14: Im Stadtführer zu den virtuellen Synagogen erwähnen Sie das Rapid Prototyping-Verfahren, mit dem aus den digitalen Daten auch haptische Modelle erstellt werden können. Wie kam diese Methode in Ihrem Projekt zur Anwendung?

Christoph Oberhofer hat das erstmalig in seiner Arbeit verwendet. Bei den verschiedenen Verfahren, die es heute gibt, ist Laserschnitt heutzutage am kostengünstigsten und am schnellsten. Objekte, die aus plattenförmigen Elementen bestehen, können auf diese Weise leicht gefertigt werden. Aber andere Teile, die eben nicht aus Platten bestehen, wurden dann gedruckt. Und es gibt noch ein weiteres Verfahren, das mit Spritzguss arbeitet. Dabei wird schichtweise Kunststoff, der durch Erhitzen flüssig gemacht wurde, aufgetragen. Es ist wahrhaftig nicht so, dass Sie jetzt an der Schnittstelle den Drucker anhängen und das Modell kommt heraus. Die Beschränkung besteht in der Größe der Druckkammer und dann auch in dem, was beide Druckvorgänge gemein haben: die druckbare Stärke sollte mindestens einen Millimeter betragen, das heißt man muss dann die digitalen Modelle auch optimieren, damit das funktioniert. Insgesamt ist das alles nach wie vor kostspielig. Aber das ist sicher eine Frage der Zeit, bis sich hier etwas tut.

Frage 15: Seit den Anfängen der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur in den 1980er-Jahren und dem ersten Boom in den 1990er-Jahren hat sich die Technik stark weiterentwickelt, aber auch die Anwendungsmöglichkeiten haben sich vervielfacht. Worin sehen Sie die größte Entwicklung oder den größten Fortschritt in dieser Hinsicht – insbesondere von 3D-Modellen im wissenschaftlichen Kontext? Wo sehen Sie die Zukunft digitaler Rekonstruktion von historischer Architektur?

Ich glaube, das ist zum einen die Modellierung von komplexen Formen. Das ist sehr viel näher gekommen. Das zweite ist, dass es für diese speziellen Zwecke zum Teil auch interessante Plugins gibt, mit denen in anderen Softwarepaketen diese Formen modelliert werden können. Was auch immer diese Werkzeuge bewirken, was sie dem Experten nicht wegnehmen, ist, die Gebäude selbst zu interpretieren und auch im Level of Details eine eigene durchgängige Linie finden zu müssen. Weiters gibt es sozusagen diese Spirale mit den neuen Betriebssystemen und immer mehr Rechnerleistung. Das wird bis auf weiteres so weitergehen, aber gerade auf dem Gebiet der Darstellung hat sich entscheidendes getan in den letzten Jahren. Man kann mehr oder weniger – ich sage einmal unheilig – mit fast jedem Aldi- oder hier würde man sagen Hofer-PC eigentlich sehr vieles erreichen. Das war seinerzeit noch nicht möglich.

Frage 16: Die Quellenlage ist oft nicht ausreichend, um alle Fragen bei der Erstellung eines 3D-Modells von historischer Architektur zu beantworten. Wie gehen Sie in Ihren Projekten mit diesen Fehlstellen um? Wie könnten Ihrer Ansicht nach Hypothesen im 3D-Modell gekennzeichnet werden? Wäre dies Ihrer Meinung nach notwendig?

Eine interessante Frage. Ich finde es wichtig, dass in Diplomarbeiten dieser Problempunkt angesprochen wird. Wenn jemand das Modell wieder aufnehmen würde, kann er genau dort ansetzen. Ich weiß beispielsweise von Kollegen, die an einer Annotationsmethode gearbeitet haben, wo Fehlstellen auch mitprotokolliert wurden.

Frage 17: Wie sollte Ihrer Ansicht nach mit der Dokumentation und Langzeitarchivierung digitaler Rekonstruktionen historischer Architektur in Zukunft umgegangen werden, um die Arbeit für spätere Forscher/ Interessierte zu bewahren?

Wir haben das vorhin schon angesprochen, ich glaube, dass IFC 3D eine sehr gute Möglichkeit bietet, Informationen plattformunabhängig auszutauschen.

Frage 18: Die Londoner Charta von 2009 definiert »Grundsätze für die Nutzung computergestützter Visualisierungsmethoden in Bezug auf intellektuelle Integrität, Seriosität, Dokumentation, Nachhaltigkeit und Zugänglichkeit«. Spielen diese Grundsätze eine Rolle in Ihrer Arbeit?

Naja, nachdem das Feld der digitalen Rekonstruktion längst keine Eintagsfliege mehr ist, ist es ohnehin so, dass von Haus aus ein Interesse daran da ist. Wir publizieren gerne und viel, nicht nur im akademischen Umfeld. Wir gehen hier den Weg, dass wir nach Möglichkeit viele Bauten besuchen und sozusagen auch durch die Sammlung von Anschauungsmaterial immer wieder eine gute Möglichkeit zur Plausibilisierung haben. Aber von Haus aus ist die Gefahr einer computergestützten Darstellung gegeben, in dem Sinne, dass die Versuchung schon groß ist, dann etwas zu erfinden, was nicht da war. Das Internet ist da unbedingt ein guter Helfer. Wenn man selber recherchiert, passiert es, dass man in Angaben Fehler entdeckt, die von anderen übernommen werden. Für Österreich ist das zum Beispiel klassisch bei dem Rosettenfenster der Synagoge in Graz, das immer wieder als Fenster der Tempelgasse beschrieben wird. Irgendjemand hat einen falschen Tag geschrieben und das wird dann ohne Überprüfung so übernommen. Solche Sachen passieren.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

8. Interview mit Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dominik Lengyel, Lengyel Toulouse Architekten, LTA, Berlin

3D-Projekt zum Kölner Dom

Berlin und München, 6. August 2017

Frage 1, Heike Messemer: Wie kam es 2009 zu dem Projekt Bau-phasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten?

Dominik Lengyel: Auftraggeber war die Dombauverwaltung, die Idee war die Überarbeitung der vorhandenen axonometrischen Schautafeln, das Konzept wurde zwischen LTA und der Dombaumeisterin Prof. Dr. Barbara Schock-Werner entwickelt.

Frage 2: Gemeinsam mit dem Team Ihres Architekturbüros LTA haben Sie die digitale Rekonstruktion des Kölner Doms erstellt. Wie gestaltete sich der Rekonstruktionsvorgang des Kölner Doms? Könnten Sie kurz die Arbeitsabläufe beschreiben?

Studieren der Befunde und ihrer Beschreibungen sowie bestehender textlicher Rekonstruktionshypothesen, Aufbau eines Befundmodells, Diskutieren möglicher Ergänzungen bei Fehlstellen, Vorstellen räumlicher Entwürfe für Fehlstellen und Abstraktionsgrad, Diskussion und Abstimmung, gemeinsame Auswahl.

Frage 3: Wer war für was zuständig?

Die Dombauverwaltung für alle Unterlagen, LTA für die Gesamtgestaltung, die visuelle Bildsprache und die Entwürfe der Fehlstellen, die Dombaumeisterin Barbara Schock-Werner und Sebastian Ristow für die Bewertung der architektonischen Entwürfe und Abstraktionen, die Dombauverwaltung für die Abnahme der Gesamtgestaltung.

Frage 4: Und wie wurden Experten aus der Archäologie und Bauforschung in die Arbeit an der Rekonstruktion konkret eingebunden?

Die räumlichen Entwürfe von LTA wurden von den Experten begutachtet und vor allem auf Widerspruchsfreiheit geprüft.

Frage 5: Was ist die Besonderheit an Ihrem Konzept zu Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten, wie unterscheidet sich Ihr Projekt von vorherigen (digitalen) Rekonstruktionen des Kölner Doms?

Die Besonderheit im Vergleich zu früheren Rekonstruktionen ist, dass es sich bei unserer Visualisierung nicht um Rekonstruktion von Architektur, sondern um eine Visualisierung von Hypothesen handelt. Ausdrücklich erheben weder wir noch die Dombauverwaltung den Anspruch, Architektur rekonstruiert zu haben. Stattdessen hat die Dombauverwaltung das aktuelle Fachwissen zusammen gestellt und daraus Hypothesen zur Vervollständigung formuliert, während LTA diese Bilder übersetzt hat, die über den Umweg eines virtuellen 3D-Modells diese Hypothesen bildlich verdeutlichen.

Konkrete Besonderheiten gegenüber früheren Darstellungen sind die Kontextualität, dass also die Kirchen immer im städtischen Umfeld standen, sowie die konsequente Darstellung aus einer angenommenen historischen Betrachterperspektive. Außerdem sind alle Darstellungen in sich geschlossen, sie sind Einblicke in eine kohärente virtuelle Welt, deren innere Gesetzmäßigkeiten denen der realen Welt ähneln. Hybride Darstellungen aus Grundrisszeichnungen und digitalen Volumina sind damit ausdrücklich ausgeschlossen. Auch ist der Bildausschnitt immer auf die dargestellte Welt begrenzt, die Visualisierung erscheint damit niemals als Solitär in einem fotostudio- oder modellbauwerkstatt-ähnlichen Kontext.

Frage 6: Welchen Einfluss hatten andere 3D-Projekte – insbesondere zu Kathedralen – auf Ihre eigene Arbeit im Kontext zur digitalen Rekonstruktion des Kölner Doms?

Bisherige Arbeiten zu historischen Gebäuden, auch Kathedralen, weckten den Bedarf an einer auch gestalterischen Ansprüchen genügenden Darstellung, die sich an historischen Architekturmodellen orientiert – insbesondere historischen Gipsmodellen – anstelle an den größtenteils rudimentären computertechnischen Möglichkeiten oberflächlich texturierter Computerspielmodelle, die entweder aufgrund mangelnder technischer, finanzieller und mindestens auch gestalterischer Kompetenz nicht an die Qualität finanziell großzügig ausgestatteter Filmproduktionen heranreichen.

Frage 7: Welche wichtigen wissenschaftlichen Erkenntnisse ergaben sich aus Ihrer digitalen Rekonstruktion des Kölner Doms? Konnte Ihre digitale Rekonstruktion Erkenntnisse zur Forschung zum Kölner Dom beitragen – auch über Disziplingrenzen hinweg? Wenn ja, welche Erkenntnisse ergaben sich?

Seit unserem kritischen Hinterfragen nach Hinweisen auf die exakte Fußbodenhöhe um das Taufbecken der Merowingerzeit, wird das Taufbecken auch außerhalb unserer eigenen Visualisierungen als bis auf eine Einstiegsstufenhöhe im Boden versunken dargestellt – früher stand es über einen Meter hoch über Grund. Aus den bisher kontrovers diskutierten Alternativen eines Anbaus oder eines Neubaus zwischen den Bauphasen des 5.–6. und des 7.–8. Jahrhunderts konnten wir durch eine architektonische Untersuchung von Rasterordnungen der Variante des Anbaus einen entscheidenden Nachdruck verleihen. Durch die dreidimensionale Modellierung konnten wir nachweisen,

dass die Kirche des 7.–8. Jahrhunderts im Inneren einen gestuften Fußboden haben musste, um die in der Höhenschichtung oberhalb der merowingerzeitlichen Befunde liegenden römischen Befunde zu integrieren.

In der Frage, ob es sich bei den Türmen oberhalb der Firstlinie auf dem Hillinus-Codex um Vierungstürme handelt oder nicht, konnten wir der These, dass es sich um diejenigen Aufbauten auf die römischen Stadtmauertürme handelt, die die Bibliothek enthielten, die wiederum den Alten Dom finanziert hat, insoweit stützen, als dass die historische Fußgängerperspektive von außerhalb der ummauerten Stadt dieses perspektivisch bereits bestehende Bild lediglich aufgegriffen hat, insbesondere da die Turmkreuze auf dem Hillinuscodex in die goldene Randbordüre optisch eingeflochten sind.

Frage 8: Im direkten Vergleich mit anderen auf wissenschaftlichen Grundlagen basierenden digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur unterscheiden sich Ihre Rekonstruktionen deutlich – sowohl optisch als auch konzeptuell. Könnten Sie kurz Ihre Intention/Ihr Konzept zur Erstellung digitaler Rekonstruktionen erläutern?

Da es sich nicht um Rekonstruktionen sondern um Visualisierungen von Hypothesen handelt, ist der Ansatz völlig anders. Ziel ist jeweils das Bild, während das Modell lediglich dem Bild die Geometrie zusteuert. Nichtsdestotrotz ist die Geometrie unverfälscht und weder Verzerrungen noch optischen Effekten unterworfen. Dem direkten gestalterischen Zugriff ist nur das Modell selbst unterworfen, das jedoch streng auf Befunden, wissenschaftlichen Hypothesen und den geringstmöglichen architektonischen Ergänzungen, die nötig sind, um ein architektonisches Ganzes zu zeigen, beruht, sowie die Fotografie, die wiederum ausschließlich mit tradierten fotografischen Methoden der Studiofotografie arbeiten, also wiederum ohne optische Effekte oder Verzerrungen, sondern lediglich mit einer sorgfältigen Ausleuchtung und Einsatz geeigneter Brennweiten.

Frage 9: 2013 haben Sie Im Auftrag der Kölner Dommusik eine digitale Rekonstruktion des Innenraums des Kölner Doms in Farbe erstellt. Können Sie kurz das Konzept zu dieser Visualisierung erläutern? Inwiefern widerspricht es nicht Ihrem grundsätzlichen Konzept zur Erstellung digitaler Rekonstruktionen – das Sie zuvor dargelegt haben?

Das Konzept sowie auch die theoretische Herleitung der beiden Projekte sind vollkommen identisch. Während bei der Darstellung aller Bauphasen des Kölner Doms, wie es auch aus dem Titel des Films sowie des gleichlautenden Buchs hervorgeht, die Vergleichbarkeit der Bauphasen untereinander im Vordergrund stand und sich damit die ausschließlich auf die noch bestehenden gotischen Bauteile beschränkenden konkreten Hinweise auf Materialität in keiner Weise vergleichbar mit den vorgotischen Zuständen jemals werden darstellen lassen, wodurch also sämtliche Bauphasen auf denselben gemeinsamen Nenner zurückgeführt wurden, nämlich die völlige Enthaltung von Materialität und Farbe, ging es im Innenraum um die Darstellung des wissenschaftlichen Wissens, um die Raumgestaltung einer einzigen Bauphase. Aus dieser Phase sind so viele polychrome Zeugnisse oder Hinweise vorhanden, dass auch hier ohne das Hinzufügen von rein der Phantasie entsprungenen Ergänzungen allein

auf Basis der Befunde und Zeugnisse eine wiederum in sich geschlossene und streng wissenschaftliche, aber eben polychrome Visualisierung möglich war. Subtile Andeutungen wissenschaftlicher Unschärfe sind auch hier im Rahmen der generellen Geschlossenheit enthalten wie beispielsweise die fehlenden Holzmaserungen oder die fehlenden Ausgestaltungen der Seitenkapellen im Chorumgang.

Frage 10: Seit den Anfängen der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur in den 1980er-Jahren und dem ersten Boom in den 1990er-Jahren hat sich die Technik stark weiterentwickelt. Worin sehen Sie die größte Entwicklung oder den größten Fortschritt in diesem Bereich – insbesondere von 3D-Modellen im wissenschaftlichen Kontext? Wo sehen Sie die Zukunft digitaler Rekonstruktion historischer Architektur im wissenschaftlichen Kontext? Welche Potentiale sehen Sie in der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur im wissenschaftlichen Kontext?

Entwicklung und Fortschritt ist technisch gesehen noch denkbar in der allgemeinen Handhabung von virtuellen Modellen. Diese hat aber mit historischen Rekonstruktionsmodellen nichts zu tun. Die größte Entwicklung bietet die komplexe Modellierung mithilfe von NURBS und die Belichtung durch Algorithmen, die sich an der Simulation realer Lichtverbreitung orientieren. Dies ist vor allem im wissenschaftlichen Kontext wichtig, in dem der künstlerische Eingriff minimiert stattfinden muss, um den Bezug zur wissenschaftlichen Hypothese nicht zu schwächen. Die Zukunft wird hoffentlich in der größeren zeitlichen Nähe zwischen Hypothesenbildung und deren Visualisierung sowie in der größeren Akzeptanz der Visualisierung als Forschungsinstrument liegen, die Sichtbares und Unsichtbares gleichermaßen deutlich macht.

Frage 11: Die Quellenlage ist oft nicht ausreichend, um alle Fragen bei der Erstellung eines 3D-Modells von historischer Architektur zu beantworten. Wie gehen Sie in Ihren Projekten mit diesen Fehlstellen um? Wie könnten Ihrer Ansicht nach Hypothesen im 3D-Modell gekennzeichnet werden? Wäre dies Ihrer Meinung nach notwendig?

Fehlstellen deutlich zu machen ist eine Frage der angestrebten Aussage einer Darstellung. Aus analytischer Sicht sind sie unverzichtbar, aber ebenso gut in einer schematischen Darstellung zu vermitteln – Grundrisse, Ansichten, Schnitte. Perspektivische Darstellungen dagegen haben vor allem den Zweck, räumliche Eindrücke zu vermitteln, und diese bestehen aus Bauabsichten oder Baurealisierungen. Um Bauabsichten oder Baurealisierungen in ihrer hypothetischen Urform visuell zu vermitteln, dürfen sich Fehlstellen natürlich nicht in den Vordergrund drängen.

Frage 12: Wie sollte Ihrer Ansicht nach mit der Dokumentation und Langzeitarchivierung digitaler Rekonstruktionen historischer Architektur in Zukunft umgegangen werden, um die Arbeit für spätere Forscher/Interessierte zu bewahren?

Eindeutig durch Replizieren der vorhandenen Entwicklungsumgebung. Es wäre zwar auch wünschenswert, die Formate zu überführen, jedoch hat das Replizieren der originalen Entwicklungsumgebung immer den Vorteil, garantiert

alle zur Entstehungszeit vorhandenen Werkzeuge und Konstruktionsschritte nachvollziehen zu können.

Frage 13: Die Londoner Charta von 2009 hat Grundsätze zu unter anderem Dokumentation, Nachhaltigkeit und Zugänglichkeit festgelegt, die bei der Erstellung von 3D-Modellen beachtet werden sollten. Haben diese Grundsätze eine Rolle in Ihrer Arbeit gespielt? Falls nicht, warum nicht?

Die Charta ist sehr allgemein gehalten, in einigen Fällen deutlich zu wenig spezifisch, in anderen zu restriktiv. Auf dem Weg zu einer neuen Bildsprache, also einer neuartigen Methode der Visualisierung archäologischer Hypothesen, bei der das Bild im Vordergrund steht anstelle des Modells, und dieses nur Mittel zum Zweck ist, zielt die Charta in die falsche Richtung.

Frage 14: Inwiefern spielt die Londoner Charta bei 3D-Projekten von Ihren Kollegen, die Sie beispielsweise auf Konferenzen treffen, eine Rolle?

Sie wird hin und wieder erwähnt, aber weder belegt noch infrage gestellt. Insgesamt also eher eine geringe.

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

9. Interview mit Andreas Lange, Gründungsdirektor und Kurator des Computerspielemuseums (1997-2018), Berlin

Emulation und Langzeitarchivierung

Berlin, 28. September 2016

Frage 1, Heike Messemer: Wie würden Sie Ihren Sammlungsgegenstand definieren?

Andreas Lange: Eigentlich ist es ein virtuelles Sujet, das im Zentrum unseres Museums steht, aber natürlich sind grade in der Vergangenheit die Computerspiele auch auf physikalische Datenträger gespeichert und in physikalischen Boxen mit verschiedenen Materialien verpackt worden. Auch das ist Bestandteil unserer Softwaresammlung. Es ist natürlich auch klar, dass kein Computerspiel ohne Computertechnik funktioniert, sodass wir also auch noch die Hardware dazu sammeln. Wir haben eigentlich alle gängigen Systeme der letzten Jahrzehnte: Heimcomputersysteme, Videospielekonsolen, Hand-held-Systeme, Automaten. Aber aufgrund der Größen und logistischen Herausforderung haben wir nur rund dreißig Automaten – da fehlt natürlich einiges. An Magazinen haben wir etwa 10.000 Stück, da sie auch ein wichtiger Bestandteil der Computerspielegeschichte sind sowie Bücher, aber auch Merchandisingartikel, Poster, kleine Werbeartikel. Also alles, was Gamingkultur repräsentiert ist für uns von Interesse.

Es gibt Randbereiche, wie IBM-Büromaschinen, die wir auch haben, einfach, um sie einmal ausstellen zu können, wenn wir das denn wollen, und um zu zeigen, dass nicht nur zu Hause oder in Videospielehallen gespielt wurde oder mobile Spielgeräte wie Gameboy zum Einsatz kamen, sondern dass auch in Büros gespielt wurde oder in Settings, die nicht originär für Spiele vorgesehen sind. Das sind Randbereiche, die wir auch bedienen, weil wir wissen, dass sich andere Kollegen wie zum Beispiel das Heinz-Nixdorf-Museumsforum in Paderborn oder das Deutsche Technikmuseum hier in Berlin traditionell eher auf Großrechner konzentrieren und kompakte Rechner nicht systematisch sammeln. Insofern fühlen wir uns hier dann auch ein bisschen über die eigentlichen games-relevanten Systeme hinaus verantwortlich, unser kulturelles Erbe zu bewahren.

Frage 2: Wie gehen Sie mit der Langzeitarchivierung der digitalen Daten um, die Sie im Computerspielemuseum verwalten?

Der erste Schritt, den wir machen müssen, ist der Transfer vom Originaldatenträger herunter auf einen stabileren, nachhaltigeren. Vor allem die magnetischen Datenträger entmagnetisieren sich zunehmend schneller. Da sind dann Bits einfach nicht mehr lesbar für die Laufwerke. Wie es bei digitalen Artefakten ist, kann das dann nur eine kleine Farbverschiebung bedeuten oder das ganze Programm kann nicht mehr funktionieren, das weiß man nicht so genau und insofern müssten gerade magnetische Datenträger transferiert werden, was wir bei uns hier tatsächlich aus Ressourcenmangel nicht systematisch machen können. Und es ist sehr aufwendig, zumal in unserem Metier noch verschärft hinzu kommt, dass Kopierschutze auf den Datenträgern sind, die genau das verhindern sollen. Es gibt technische Lösungen, die in der Lage sind, den Kopierschutz mitzukopieren und ihm sozusagen das Gefühl zu geben, dass er noch auf dem Originaldatenträger sitzt, auch wenn er nur noch auf virtuellen Datenträgern gespeichert ist. Das macht es einfach noch einmal zusätzlich kompliziert, auch rein technisch, denn wir haben es mit einer Vielzahl an sehr unterschiedlichen Kopierschutzen zu tun, die alle mehrere Spezialbehandlungen benötigen, um weiterhin intakt zu bleiben. Die Alternative wäre Spiele zu cracken, zu verändern, den Kopierschutz mutwillig zu zerstören. Aber das ist natürlich nicht unser Ziel. Wir wollen den Code so authentisch wie möglich erhalten.

Und dann geht es natürlich darum, dass man Emulatorensettings aufsetzt, die dann in der Lage sind auch die Hardware virtuell nachzuempfinden, nicht nur den Datenträger, weil auch die Hardware nicht ewig halten wird. Insofern ist für uns Emulation eigentlich die einzige denkbare Strategie, weil wir auch nicht migrieren können. Denn das ist ein unglaublicher Aufwand, ein ganzes Programm quasi auf neue Plattformen zu migrieren. Das kann man mit einfachen digitalen Artefakten, wie Text oder JPEG noch einigermaßen automatisiert schaffen, bei einem ganzen Programm und bei Computerspielen ist das eine sehr aufwendige Angelegenheit, die man nicht routinemäßig machen kann. Also insofern hängen wir an der Emulation unter der Voraussetzung, dass die historische Hardware nicht ewig funktionieren wird. Aber ich glaube das ist mittlerweile auch Common Sense.

Frage 3: Das heißt, Sie haben ein Team um sich herum, das sich um die Emulation kümmert?

Naja, das darf man sich bei uns als kleinem, privatem, nicht gefördertem Museum nicht allzu groß vorstellen. Wir haben einen Sammlungsleiter, der aber nicht die Ressourcen an der Hand hat, um das was wir eigentlich als regelmäßigen Arbeitsablauf machen müssten, aufzusetzen. Diesbezüglich baut das Computerspielemuseum auf die Kooperation mit der Internationalen Computerspielesammlung und weiteren Vernetzungen wie den Verband der Europäischen Computerspielemuseen und -archive – EFGAMP e. V. **1747**

■ 1747

Vgl. Webseite des EFGAMP e. V.
(European Federation of Game
Archives, Museums and Preservation
Projects): www.efgamp.eu.

Frage 4: Wie aufwendig ist es denn, Emulatoren aufzusetzen?

Wir sind ja eigentlich in der tollen Situation, dass wir durch die Community fast alle relevanten Plattformen als Emulatoren vorliegen haben. Der Aufwand besteht darin, die Emulatoren, die auch nur ein Stück relative Software sind, auf

die neuen Betriebssysteme zu portieren. Das ist je nach Architektur dieses Emulators mal mehr, mal weniger aufwendig, da sie unterschiedlich systematisch entstanden sind. Ein paar sind besser dokumentiert, andere werden eigentlich nur von zwei, drei Leuten in der Welt verstanden. Und wenn die dann zum Beispiel keine Lust oder Zeit mehr haben, brechen auch solche Entwicklungsstränge ab, bleiben zurück und werden nicht auf die neuen Betriebssysteme mitgenommen.

Wie die Emulatoren genau entstehen, weiß ich auch nicht so genau, da ich kein Techniker bin, doch im Prinzip gibt es zwei Schulen. Die einen gehen auf Funktionalität, das heißt Spiele werden oft als Funktionstest benutzt. Wenn ein Spiel authentisch aussieht, die Farben, der Sound und die Geschwindigkeit stimmen, gehen sie davon aus, dass das Originalsystem gut getroffen wurde. Dann gibt es die anderen, die sich das Originalsystem technisch ganz genau ansehen und versuchen das virtualisiert abzubilden, üblicherweise dann aber in Performance-Probleme rennen. Bis ein Artefakt dann gerendert ist, dauert es dann oft sehr sehr lange. Wenn man einen Emulator nach der reinen Lehre bauen würde, käme der üblicherweise – zumindest bei Anwendungen, die eine Echtzeitinteraktion benötigen – nicht klar. Das dauert dann viel zu lange, bis das gerendert ist.

Frage 5: In der ständigen Ausstellung zeigen Sie ausgewählte Werke, die dort regelmäßig laufen, also insofern auch am Leben gehalten werden?

In der Ausstellung fahren wir mehrgleisig. Also, es ist tatsächlich so, dass wir Originale auch unseren Besuchern an die Hand geben. Das ist natürlich auch mit einem hohen technischen Aufwand verbunden, den wir einfach leisten müssen. Wir haben mehrere Techniker, die regelmäßig wieder alles reparieren. Das können wir auch nur bei Geräten machen, die entweder für diesen öffentlichen Einsatz gebaut sind wie Videospieleautomaten oder bei Heimgeräten, die massenhaft produziert wurden und die wir mehrfach in der Sammlung haben, sodass wir relativ schnell einen Austausch oder auch einen Nachkauf machen können. Mit raren Geräten geht das nicht. Auf der anderen Seite modifizieren wir auch Geräte wie Videospieleautomaten, bei denen wir die Originalhardware nicht mehr haben, oder Röhrenmonitore, die kaputt gehen, werden mit TFT-Monitoren ersetzt.

Es gibt verschiedene Techniken, wie man möglichst nah wieder an die originalen Anmutungen heran kommen kann, beispielsweise mit Scanline Simulatoren, die über zusätzliche Rechenkraft das wieder herstellen, was die alten Röhrenmonitore auszeichnete, nämlich diese Scanlines, die TFT-Monitore jetzt nicht mehr aufweisen. Das sind die Methoden, wie wir mit Modifizierungen umgehen. Über allem steht dabei die Transparenzmachung an unsere Besucher. Die Modifikationen müssen natürlich beschrieben werden, sonst bekommen sie einen völlig falschen Eindruck.

Frage 6: Sie sind in Forschungsprojekten aktiv und mit anderen Institutionen vernetzt. Wo sehen Sie drängende Forschungsfragen, woran sollte man arbeiten?

Mit Kollegen der Bibliothek an der Stanford University gehen wir zum Beispiel gerade im Open-Data-Kontext das Thema an, ein kontrolliertes Vokabu-

lar aufzubauen. Unglaublich viel ist schon von der Community in Form von user-generated Datenbanken erstellt worden. Aber diese haben alle einen Pferdefuß, dass sie eben nicht systematisch entstanden sind. Insofern ist die Auffindbarkeit der Metadaten und die Vernetztheit der Metadaten untereinander durchaus noch optimierungswürdig. Hier hoffen wir, dass wir damit einen Einstieg bekommen, um letztendlich einen internationalen Standard zu kontrollierten Vokabularen zu etablieren, sodass diese Vernetzung der Metadaten auf eine systematische Art und Weise möglich ist und damit auch die Auffindbarkeit der Spiele besser gewährleistet ist, als es im Augenblick der Fall ist.

Wenn man über die Game-Perspektive hinausblickt, ist es so, dass zunehmend auch bei den Kollegen aus anderen Museen und aus dem Archivbereich und Bibliotheksbereich zunehmend das Bewusstsein wächst, dass die Arbeit nur mit Digitalisierungsprojekten nicht getan ist, sondern, dass man auch die Digitalisate erhalten muss. Je nach Komplexität dieser Digitalisate ist es auch eine aufwendige Angelegenheit sie automatisiert zu migrieren. Das könnte bei 3D-Modellen ähnlich sein, die man ja auch interaktiv nutzen will. Oder wenn man komplex verknüpfte Datenbanken migriert, ist das dann händisch oft mühsam und sehr anfällig für Fehler und es ist schön, wenn man die Sachen dann sozusagen nicht anfassen muss, sondern in einer virtualisierten Umgebung im Original-Zustand erhalten kann. Das wird also zunehmend von anderen Kollegen erkannt, als eine interessante Strategie und als eine Notwendigkeit, sich zusammenzuschließen. Wenn man die alten Plattformen virtualisiert, kann man letztendlich alle Anwendungen und alle Dateien, die ursprünglich mal dafür geschrieben und hergestellt wurden, auch wieder möglichst im Originalzustand rendern, darstellen, benutzen, zugänglich machen. Insofern stehen wir technisch eigentlich alle vor der gleichen Herausforderung. Hier gibt es über Nestor beispielsweise ein Netzwerk, das die verschiedenen Bereiche wie Museen, Bibliotheken, Archive miteinander verbindet und somit ist die Struktur eigentlich da, aber auch hier fehlt es an der Finanzierung.

Es ist sehr wichtig zu lernen bei Projekten von vornherein die Langzeitbewahrung mit zu bedenken. Es ist ein Problem, dass es eine gewisse Tendenz gibt, das einfach wegzuschieben, weil es Ressourcen kostet. In dem Bereich der Softwareprogrammierung hat man oft nur die augenblickliche Version im Blick und vielleicht grade noch die Kompatibilität zur zukünftigen oder zur gerade zurückliegenden. Das ist eben auch ein sehr privatmarktwirtschaftlich getriebener Bereich, in dem es natürlich immer die starke Tendenz gibt, den Menschen neue Sachen zu verkaufen. Hier muss sicherlich noch einmal stärker das Bewusstsein wachsen, jenseits dieser Marktdynamiken zu denken.

Frage 7: Welche Rolle nimmt das Computerspielmuseum in den Forschungsprojekten ein?

Da die Emulationsstrategie ganz wesentlich im Gamer-Bereich angefangen hat und dort auch die Emulatoren programmiert worden sind, ist es oft so, dass wir diesen Bereich in Projekte einbringen und Kollegen im Archivbereich oder in Museen das erklären. Gleichzeitig verwenden wir auch Games als Nagelprobe, weil sie die höchsten Anforderungen an digitale Bewahrung stellen. Der Claim, den wir mal in die Welt gesetzt haben – wenn man Computerspiele bewahren kann, kann man alles andere Digitale auch bewahren – ist mittlerweile

akzeptiert und wird nicht mehr in Frage gestellt. Denn bei Computerspielen geht es um Multimedialität, zeitkritische Interaktion, möglichst große Ausnutzung der Hardware-Ressourcen und komplexe rechtliche Situationen.

Im juristischen Bereich haben wir alle Probleme, die man bei Games nur haben kann, wie Kopierschutze, die ja auch technisch noch ein zusätzliches Problem sind. Und trotzdem ist der Bereich eigentlich am weitesten vorangeschritten. Aber das Wesentliche ist eben in der Community entstanden, die jetzt zunehmend merkt, dass ihr sozusagen die Puste ausgeht. Die Leute, die sich heute leidenschaftlich engagieren, gibt es in 50 Jahren nicht mehr. Dann gibt es niemanden mehr, der diese persönlichen Bezüge zu den historischen Plattformen oder Spielen hat. Auch die Leute, die es jetzt noch machen, merken wie viel Zeit das eigentlich kostet und haben Familie und Jobs zum Geld verdienen und kommen eigentlich zunehmend weniger dazu diese Projekte, die sie in jungen Jahren gestartet haben, zu pflegen. Neue, junge Leute steigen nicht unbedingt auf den Zug auf, weil wie gesagt der persönliche Bezug dazu fehlt. Es ist jetzt die Zeit, in der diese Errungenschaften und Leistungen auf institutionelle und damit nachhaltigere und systematische Füße gestellt werden müssen. Da spielen wir oft die Rolle des Vermittlers, des Erklärers, da wir beide Seiten verstehen. Wir haben auch aus unserer Sammlung einiges in solche Forschungsprojekte mit einzubringen.

Frage 8: Wie könnte die Situation heute für die Zukunft verbessert werden?

Je mehr Partner auf den Zug aufspringen, die sagen, dass die alten Plattformen in Zukunft funktionstüchtig vorliegen sollen und auf Emulation als Strategie setzen, desto wahrscheinlicher wird es, dass man auch bei den Geldgebern, also bei der öffentlichen Hand, die Ressourcen zur Verfügung gestellt bekommt, die man benötigt. Da reden wir aber tatsächlich weniger über nationale als über internationale Anstrengungen. Beispielsweise ist C64 einfach nichts nationales, wie viele andere Plattformen auch. Das muss letztendlich global koordiniert werden. Da ist sicherlich noch einiges im Argen.

Frage 9: Gibt es international weitere Institutionen, Museen, die sich in eine ähnliche Richtung bewegen wie Sie am Computerspielemuseum?

Ja klar. Also Stanford hat eine große Games-Sammlung in der Bibliothek, vornehmlich aus den 1980er-Jahren. Dann gibt es noch das Museum of Play in Rochester, an der Ostküste der USA, das eine große Games-Abteilung mit einem Bewusstsein für Bewahrungsaufgaben hat. In Japan – ein Games-Forscher von der Uni Tokio war kürzlich hier – fangen sie jetzt auch an einzusteigen. In Australien gibt es ein Nachfolgeprojekt eines neuseeländischen Projekts, die beide die dortige Games-Historie aufarbeiten und auch über Emulation zugänglich machen.

Wir waren Teil des EU-Projekts KEEP, an dem unter anderem die deutsche, niederländische und französische Nationalbibliothek beteiligt waren, letztere ist übrigens durch das Gesetz zur Abgabe von Belegexemplaren dazu verpflichtet, Games nicht nur zu sammeln, sondern auch zu bewahren. Deswegen haben wir damals auch das KEEP-Projekt geleitet. Das war kurz skizziert die aktuelle Landschaft.

Frage 10: Und in Deutschland hat das Computerspielemuseum Alleinstellungsmerkmal?

Also es gibt noch andere: In Oldenburg ist ein kleines Museum, das nicht so klein ist, aber nur samstags geöffnet hat. In Dortmund wird es dieses Jahr noch ein Heimcomputermuseum geben, mit einem starken Spieleschwerpunkt. Es gibt Automaten-sammler, die ihre Vereinsheime samstags zugänglich machen, bei Hanau und in Karlsruhe. Das sind alles so Community-Geschichten, die noch weniger Ressourcen in Richtung Bewahrung stecken können als wir. Da geht es vor allem um das Ausstellen. Was speziell Bewahrung angeht, sind wir in Deutschland im Bereich der Games etwas Besonderes.

Appendix 3

→ Verzeichnisse

Publiziert in: Messemer, Heike, Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive. Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books, 2020 (Computing in Art and Architecture, Band 3). DOI: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>

Bibliografie

Alle Webseiten wurden am 26.10.2019 abgerufen.

A

Akahane-Bryen, Sean: South German Late Gothic Design and Building Praxis 2015 (= Byera Hadley Travelling Scholarships Journal Series 2015), online abrufbar unter: http://www.architects.nsw.gov.au/download/BHTS/Akahane-Bryen_Sean-South_German_Late_Gothic_Design_Building_Praxis_BHTS.pdf.

Alexander, B.: 1963 Ausstellung »Monumenta Judaica«, o. J., in: Webseite der Museen Köln: http://www.museenkoeln.de/portal/bild-der-woche.aspx?bdw=2013_41.

Alfert, Klaus: Developing the Altenberger Dom Presentation – Integrating Content Providers and Software Developers, in: Hahn, Wilfried, Ellen Walter-Klaus u. Jan Knoop (Hrsg.): Euromedia'99, 25. bis 28. April 1999, München, o. O. 1999, S. 70–77.

Alkhoven, Patricia: The changing image of the city. A study of the transformation of the townscape using Computer-Aided Architectural Design and visualization techniques. A case study: Heusden, Diss. Utrecht 1993, Utrecht 1993.

Andaloro, Maria (Hrsg.): La pittura medievale a Roma 312–1431. Atlante percorsi visivi, Bd. 1 (Suburbio, Vaticano, Rione Monti), Viterbo/Mailand 2006.

Anderson, Ross John: Figures of Mediation: Late Gothic Chapel Vaults Between Primordial

Stone and Medieval Theology, in: Schnoor, Christoph (Hrsg.): Translation. Proceedings of the Society of Architectural Historians, Australia and New Zealand, Bd. 31, Auckland, Queensland 2014, S. 413–423.

Antike Theater »Online«. Das EU-Projekt THEATRON lädt zum (virtuellen) Gang durch die Theatergeschichte, in: Bühnentechnische Rundschau, (1999), Nr. 2, S. 8–11.

Antonopoulou, Sofia u. Paul Bryan: Historic England. BIM for Heritage. Developing a Historic Building Information Model, Swindon 2017, online abrufbar unter: <https://historic-england.org.uk/images-books/publications/bim-for-heritage/>.

Apollonio, Fabrizio I.: Classification Schemes for Visualization of Uncertainty in Digital Hypothetical Reconstruction, in: Münster, Sander, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński u. Marinos Ioannides (Hrsg.): 3D Research Challenges in Cultural Heritage II. How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage, Cham 2016 (= Lecture Notes in Computer Science, Bd. 10025), S. 173–197.

Apollonio, Fabrizio I. u. Elisabetta C. Giovannini: A Paradata Documentation Methodology for the Uncertainty Visualization in Digital Reconstruction of CH Artifacts, in: SCIENTIFIC RESEARCH and Information Technology. SCIRES it, Bd. 5 (2015), Nr. 1, S. 1–24.

Arnold, Christopher J., Jeremy W. Huggett, Paul Reilly u. C. Springham: Mathrafal: a case study in the application of computer graphics,

- in: Rahtz, Sebastian (Hrsg.): *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1989*. CAA89, Oxford 1989 (= BAR International Series 548), S. 147–155.
- Arnold, Christopher J., Jeremy W. Huggett: *Excavations at Mathrafal, Powys, 1989*, in: *Montgomeryshire collections*, Bd. 83 (1995), S. 59–74.
- Arnold, Klaus-Peter: *Vom Sofakissen zum Städtebau. Die Geschichte der Deutschen Werkstätten und der Gartenstadt Hellerau*, Dresden/Basel 1993.
- Aronberg Lavin, Marilyn: *Computers and Art History: Piero della Francesca and the Problem of Visual Order*, in: *New Literary History*, Bd. 20 (1989), Nr. 2, S. 483–503.
- Aronberg Lavin, Marilyn: *Visual Images with Computer Graphics*, in: *Leonardo*, Bd. 29 (1996), Nr. 1, S. 35–38.
- Aronberg Lavin, Marilyn, Kirk D. Alexander, Franco Tecchia u. Marcello Carrozzino: *Piero della Francesca On-line: Story of the True Cross, San Francesco, Arezzo (Italy)*, in: Trant, J. u. D. Bearman (Hrsg.): *Museums and the Web 2009*. Proceedings, Toronto 2009, online abrufbar unter <http://www.museumsandtheweb.com/mw2009/papers/lavin/lavin.html>.
- Assmann, Aleida: *Rekonstruktion – Die zweite Chance, oder: Architektur aus dem Archiv*, in: Nerdinger, Winfried (Hrsg.): *Geschichte der Rekonstruktion – Konstruktion der Geschichte*, Katalog zur Ausstellung in der Pinakothek der Moderne, München, München u. a. 2010.
- B**
- Back, Ulrich u. Thomas Höltken (Hrsg.): *Die Baugeschichte des Kölner Domes nach archäologischen Quellen. Befunde und Funde aus der gotischen Bauzeit*, Köln 2008 (= Studien zum Kölner Dom, Bd. 10).
- Bäumler, Ann Katrin: *Die Synagoge als »Bauwerk«*, in: Martens, Bob u. Herbert Peter (Hrsg.): *Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtspaziergänge*, Wien 2010, S. 13–16.
- Beacham, Richard: *Adolphe Appia. Theatre artist*, Cambridge 1987.
- Beacham, Richard: »Eke out our performance with your mind: reconstructing the theatrical past with the aid of computer simulation, in: Coppock, John Terence (Hrsg.): *Information Technology and Scholarship. Applications in the Humanities and Social Sciences*, Oxford 1999, S. 131–153.
- Beacham, Richard: *Reconstructing Ancient Theater with the Aid of Computer Simulation*, in: *Syllecta Classica*, Bd. 10 (1999), S. 189–208.
- Beacham, Richard: *THEATRON – Theatre History in Europe: Architectural and Textual Resources Online*, in: *Didaskalia – The Journal for Ancient Performance*, Bd. 6 (2005), Nr. 2, o. S., online abrufbar unter: <http://www.didaskalia.net/issues/vol6no2/beacham.htm>.
- Beacham, Richard: »Bearers of the Flame«. Music, dance, design, and lighting, real and virtual – the enlightened and still luminous legacies of Hellerau and Dartington, in: *Performance Research. Digital Resources*, Bd. 11 (2006), Nr. 4, S. 81–94.
- Beacham, Richard: *The Future of the Past: New Developments in Computer-Based Cultural Heritage Research* (Manuskript zu The 1st International Symposium on Digital Humanities for Japanese Arts and Cultures, DH-JAC 2009), 2009, online abrufbar unter: http://www.arc.ritsumei.ac.jp/archive01/jimu/DHJAC2009/ENG/pre_beacham.html.
- Beacham, Richard, Hugh Denard u. Franco Niccolucci: *An Introduction to the London Charter*, in: *The E-volution of ICTechnology in Cultural Heritage*, Papers from the Joint Event CIPA/VAST/EG/EuroMed Event, o. O. 2006, o. S.
- Beacham, Richard, Hugh Denard u. Drew Baker: *Virtual presence and the mind's eye in 3-D online communities*, in: Remondino, F. u. S. El-Hakim (Hrsg.): *4th ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2011 »3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Archi-*

- tectures«, 2. bis 4. März 2011 in Trient, Volume XXXVIII-5/W16, 2011, S. 461–466.
- Beagrie, Neil u. Daniel Greenstein: A Strategic Policy Framework for Creating and Preserving Digital Collections. A Report to the Digital Archiving Working Group, o. O. 1998 (= British Library Research and Innovation Report, Bd. 107).
- Begand, Christian: Virtuelle Gebäuderekonstruktionen. Virtuelle Archäologie: Anwendung und Erstellung von 3D-Rekonstruktionen historischer Gebäude, Saarbrücken 2008.
- Behringer, Anja: Cluny III. Auferstanden aus Ruinen: Cluny, das glühende Herz des Abendlandes, in: Frankfurter Allgemeine Magazin, 01.03.1991, Nr. 90, 1991, S. 62–68.
- Belting-Ihm, Christa: Die Programme der christlichen Apsismalerei vom 4. Jahrhundert bis zur Mitte des 8. Jahrhunderts (2. Auflage), Stuttgart 1992 (= Forschungen zur Kunstgeschichte und christlichen Archäologie, Bd. 4).
- Bentkowska-Kafel, Anna: The Fix vs. the Flux. Which digital heritage?, in: Daniels, Dieter u. Günther Reisinger (Hrsg.): netpioneers 1.0 – archiving, representing and contextualising early netbased art, Berlin/New York 2009, S. 145–162.
- Bentkowska-Kafel, Anna: »I bought a piece of Roman furniture on the Internet. It's quite good but low on polygons.« – Digital Visualization of Cultural Heritage and its Scholarly Value in Art History, in: Visual Resources, Bd. 29 (2013), Nr. 1–2, S. 38–46.
- Bentkowska-Kafel, Anna, Hugh Denard u. Drew Baker (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Farnham/Burlington 2012.
- Bentkowska-Kafel, Anna u. Hugh Denard: Introduction, in: Bentkowska-Kafel, Anna, Hugh Denard u. Drew Baker (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Farnham/Burlington 2012, S. 1–4.
- Bernard, Francis: The DASSAULT SYSTEMS Success Story, in: Webseite von isicad.net, http://isicad.net/articles.php?article_num=14120 [online gestellt am 26.11.2010].
- Bernhardt, Manfred: CAD-Bearbeitung der Projekte, in: Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet »CAD in der Architektur« (Hrsg.): Bauhaus Avantgarde der 20er Jahre. Architektur als Vision. CAD-Simulationen von Entwürfen und nicht gebauten bzw. nicht mehr existierenden Projekten der beginnenden Moderne, Heidelberg 1994, S. 9–11.
- Bertol, Daniela: Designing Digital Space. An Architect's Guide to Virtual Reality, New York/Chichester/Brisbane u. a. 1997.
- Best, Ulrich: Nomaden auf dem Kaiserthron. Auf den Spuren der Salier im 11. Jahrhundert. Manuskripte zur 3teiligen Fernsehserie des Südwestfunks, München 1991.
- Biddle, Martin: Winchester. The Development of an Early Capital, in: Jankuhn, Herbert, Walter Schlesinger u. Heiko Steuer (Hrsg.): Vor- und Frühformen der Europäischen Stadt im Mittelalter. Bericht über ein Symposium in Rheinhauten bei Göttingen in der Zeit vom 18. bis 24. April 1972, Teil 1, Göttingen 1975 (= Abhandlungen der akademischen Wissenschaften in Göttingen. Philologisch-Historische Klasse. Dritte Folge, Nr. 283), S. 229–261.
- Biddle, Martin: Archaeology, architecture, and the cult of saints in Anglo-Saxon England, in: Butler, L.A.S. u. R.K. Morris (Hrsg.): The Anglo-Saxon Church. Papers on History, Architecture and Archaeology in Honour of Dr. H.M. Taylor, London 1986 (= The Council for British Archaeology. Research Report, Bd. 60), S. 1–31.
- Biddle, Martin u. Birthe Kjølbye-Biddle: The Excavated Sculptures from Winchester, in: Tweddle, Dominic, Martin Biddle u. Birthe Kjølbye-Biddle (Hrsg.): South-East England, Oxford 1995 (= The Corpus of Anglo-Saxon Stone Sculpture, Bd. 4), S. 96–107.
- Biddle, Martin u. Roger Nathaniel Quirk: Excavations Near Winchester Cathedral, 1961, in: Archaeological Journal, Bd. 119 (1962), Nr. 1, S. 150–194.

- Blade, Richard A., Mary Lou Padgett, Mark Billingham u. Robert W. Lindeman: Virtual Environments. History and Profession, in: Hale, Kelly S., Kay M. Stanney u. David R. Badcock (Hrsg.): Handbook of Virtual Environments. Design, Implementation, and Applications, Boca Raton, London, New York 2014 (2. Auflage), S. 1323–1337.
- Blanchard, Marc Eli: Stil und Kunstgeschichte, in: Gumbrecht, Hans Ulrich (Hrsg.): Stil. Geschichten und Funktionen eines kulturwissenschaftlichen Diskurselements, Frankfurt am Main 1986, S. 559–573.
- Bleichner, Stephan M.: Das elektronisch visualisierte Baudenkmal, Diss. Weimar 2008, Weimar 2008.
- Blümel, Ina, René Berndt, Sebastian Ochmann, Richard Vock u. Raoul Wessel: PROBADO3D – Indexing and Searching 3D CAD Databases: Supporting Planning through Content-Based Indexing and 3D Shape Retrieval (Konferenz: International Conference on Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning), 2010.
- Boeykens, Stefan: Using 3D Design software, BIM and game engines for architectural historical reconstruction, in: Leclercq, Pierre, Ann Heylighen u. Geneviève Martin (Hrsg.): CAAD-Futures 2001. Designing Together, Liège, 4. bis 8. Juli 2011, o. O. 2011, S. 493–509.
- Boeykens, Stefan, Caroline Himpe u. Bob Martens: A Case Study of Using BIM in Historical Reconstruction. The Vinohrady synagogue in Prague, in: Achten, Henri, Jiří Pavliček, Jaroslav Hulín u. Dana Matějovská (Hrsg.): eCAADe 2012. Digital Physicality. Proceedings of the 30th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, 12. bis 14. September 2012 in Prag, Bd. 1, Prag 2012, S. 729–737.
- Boland, Peter u. Colin Johnson: Archaeology as Computer Visualisation: »Virtual Tours« of Dudley Castle c. 1550, in: Higgins, Tony (Hrsg.): Imaging the past electronic imaging and computer graphics in museums and archaeology, London 1996 (= Occasional paper / British Museum, Bd. 114), S. 227–234.
- Bonner, Marc: Analyzing the Correlation of Game Worlds and Built Reality: Depiction, Function and Mediality of Architecture and Urban Landscapes (Skript zum Vortrag auf der Konferenz DIGRA 2014 <Active Noun> the <Verb> of game <Plural Noun>, 3. bis 6. August 2014 in Salt Lake City, 2014), online abrufbar unter: https://library.med.utah.edu/e-channel/wp-content/uploads/2016/04/digra2014_submission_15.pdf.
- Borger, Hugo (Hrsg.): Der Kölner Dom im Jahrhundert seiner Vollendung. Ausstellung der Historischen Museen in der Josef-Haubrich-Kunsthalle, Köln, 16. Oktober 1980 bis 11. Januar 1981, Bd. 1, Köln 1980.
- Borsi, Franco u. Stefano Borsi: Paolo Uccello. Florenz zwischen Gotik und Renaissance, Stuttgart u. a. 1993.
- Bowring, Joanna: Chronology of Temporary Exhibitions at the British Museum, o. O. 2012, (= British Museum Research Publication, Nr. 189).
- Brandenburg, Hugo: Die frühchristlichen Kirchen Roms vom 4. bis zum 7. Jahrhundert. Der Beginn der abendländischen Kirchenbaukunst, Regensburg 2004.
- Breitling, Stefan: Das digitale Abbild der Kathedrale – Vernetzte Dokumentation, Information und Präsentation am Nidaros-Dom in Trondheim, in: XXIX. Deutscher Kunsthistorikertag an der Universität Regensburg, 14. bis 18. März 2007. Tagungsband, Bonn 2007, S. 169–171.
- Breitling, Stefan u. Karl-Heinz Schramm: Bamberg vierdimensional. Ausbau und Ergänzung des digitalen Stadtmodells durch die Rekonstruktion des mittelalterlichen Zustandes, in: uni.vers Forschung, Ausgabe Mai (2011) S. 6–10.
- Breitling, Stefan, Martin Buba u. Jan Fuhrmann: Das Modell der Stadt Bamberg im Mittelalter.

- Digitale Modelle als Möglichkeit zur Vernetzung von Bauforschung, Archäologie und Denkmalpflege, in: Bericht über die 48. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung, 28. Mai bis 1. Juni 2014 in Erfurt, Dresden 2015, S. 63–72.
- Breitling, Stefan, Martin Buba u. Jan Fuhrmann: Building Knowledge Spaces. Scientific Reconstruction and Modeling of the Medieval City of Bamberg, in: Hoppe, Stephan u. Stefan Breitling (Hrsg.): Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media, München 2016 (= PALATIUM e-Publications, Bd. 3), S. 201–208.
- Breuer, Judith u. Hiltrud Kier: Domumgebung. Die Zeit des Dombaues, in: Borger, Hugo (Hrsg.): Der Kölner Dom im Jahrhundert seiner Vollendung. Ausstellung der Historischen Museen in der Josef-Haubrich-Kunsthalle, Köln, 16. Oktober 1980 bis 11. Januar 1981, Bd. 1, Köln 1980, S. 111–134.
- Brück, Edgar: memo 38 – Virtuelle Rekonstruktion und Visualisierung der ehemaligen Wiesbadener Synagoge, in: Rieche, Anita u. Beate Schneider (Hrsg.): Archäologie virtuell. Projekte, Entwicklungen, Tendenzen seit 1995. Beiträge zum Colloquium in Köln, 05. bis 06. Juni 2000, während der archäologischen Landesausstellung 2000 im Römisch-Germanischen Museum Köln, Bonn 2002 (= Schriften zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen, Bd. 56), S. 57–65.
- Brückner, Martina: Von der Ruine zum barocken Prachtstück, in: IBM-Nachrichten, Nr. 43, 1993, S. 60–65.
- Bucher, François: Design in Gothic Architecture: A Preliminary Assessment, in: Journal of the Society of Architectural Historians, Bd. 27 (1968), Nr. 1, S. 49–71.
- Bucher, François: The Dresden Sketchbook of Vault Projection, in: Proceedings of the XXII Congress of Art History, Budapest 1972, S. 527–537.
- Bucher, François: Medieval Architectural Design Methods, 800–1560, in: Gesta, Bd. 11 (1972), Nr. 2, S. 37–51.
- Burridge, J.M., B.M. Collins, B.N., Galton, A. R. Halbert, T. R. Heywood, W. H. Latham, R. W. Phippen, P. Quarendon, P. Reilly, M.W. Ricketts, J. Simmons, S. J. P. Todd, A. G. N. Walter, and J. R. Woodwark: The WINSOM Solid Modeller and Its Application to Data Visualization, in: IBM Systems Journal, Bd. 28 (1989), Nr. 4, S. 548–568.
- C**
- Callebaut, Dirk: The Experiences of the Ename 974 Project with new Media: Where and how do Virtual Reality and Interactivity fit in?, in: Niccolucci, Franco (Hrsg.): Virtual archaeology. Proceedings of the VAST Euroconference, Arezzo 24. bis 25. November 2000, Oxford 2002, S. 179–185.
- Carnall, Mark: Walking with Dragons: CGIs in Wildlife »Documentaries«, in: Bentkowska-Kafel, Anna, Hugh Denard u. Drew Baker (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Farnham/Burlington 2012, S. 81–94.
- Carter, William Michael: Virtual Archaeology, Virtual Longhouses and »Envisioning the Unseen« Within the Archaeological Record, Diss. London (Kanada) 2017, 2017, online abrufbar über Electronic Thesis and Dissertation Repository. 4902: <http://ir.lib.uwo.ca/etd/4902>.
- Carty, Carolyn M.: The Role of Gunzo's Dream in the Building of Cluny III, in: Gesta, Bd. 27 (1988), Nr. 1/2 (Current Studies on Cluny), S. 113–123.
- Childs, Mark: Using a Mediated Environments Reference Model to evaluate learners' experiences of Second Life, in: Hodgson, Vivien, Chris Jones, Theodoros Kargidis, David McConnell, Symeon Retalis, Demosthenes Stamatis u. Maria Zenios (Hrsg.): Proceedings of the 6th International Conference on Networked Learning, Lancaster 2008, S. 38–45.

- Childs, Mark: Learners' Experience of Presence in Virtual Worlds, Diss. Warwick 2010, o. O. 2010, S. 7–10, online abrufbar unter: <http://wrap.warwick.ac.uk/id/eprint/4516>.
- Clammer, Paul: Erasing Isis: how 3D technology now lets us copy and rebuild entire cities, in: The Guardian online, 27.05.2016, online abrufbar unter: <https://www.theguardian.com/cities/2016/may/27/isis-palmyra-3d-technology-copy-rebuild-city-venice-biennale>.
- Clark, James H.: Foreword, in: Earnshaw, Rae A. u. Norman Wiseman: An Introductory Guide to Scientific Visualization, Berlin/Heidelberg 1992, S. v–vi.
- Claussen, Peter Cornelius (Hrsg.): Die Kirchen der Stadt Rom im Mittelalter. 1050–1300. Bd. 2. S. Giovanni in Laterano, Stuttgart 2008, (= Forschungen zur Kunstgeschichte und christlichen Archäologie, Bd. 21).
- Cluny III mit dem Computer rekonstruiert, in: Stein. Steinmetz und Bildhauer, (1991), Nr. 5, S. 65–69.
- Cluny aus dem Computer, in: Der Spiegel (1994), Nr. 13, S. 225.
- Coenen, Ulrich: Die spätgotischen Werkmeisterbücher in Deutschland. Untersuchung und Edition der Lehrschriften für Entwurf und Ausführung von Sakralbauten, München 1990 (= Beiträge zur Kunstwissenschaft, Bd. 35).
- Cohen-Mushlin, Aliza (Hrsg.): Jewish architecture in Europe, Petersberg 2010 (= Schriftenreihe der Bet Tfila – Forschungsstelle für Jüdische Architektur in Europa, Bd. 6).
- Cohen-Mushlin, Aliza u. Harmen H. Thies (Hrsg.): Synagogenarchitektur in Deutschland. Dokumentation zur Ausstellung »... und Ich Würde Ihnen zu einem Kleinen Heiligtum ...« – Synagogen in Deutschland, Petersberg 2008 (= Schriftenreihe der Bet Tfila – Forschungsstelle für Jüdische Architektur in Europa, Bd. 5).
- Collins, Brian N.: From Ruins to Reality – The Dresden Frauenkirche, in: IEEE Computer Graphics and Applications, November, 1993, S. 13–15.
- Collins, Brian, Dave Williams, Robert Haak, Martin Trux, Herbert Herz, Luc Genevriez, Pascal Nicot, Pierrick Brault, Xavier Coyere, Burkhard Krause, Jens Kluckow u. Armin Paffenholz: The Dresden Frauenkirche – Rebuilding the past, in: Wilcock, John u. Kris Lockyear (Hrsg.): Proceedings of the 21st CAA conference held at Staffordshire University, Stoke-on-Trent, 3. bis 8. April 1993, Oxford 1995 (= BAR International Series, S598), S. 19–24.
- Conant, Kenneth John: A brief commentary on early mediaeval church architecture with especial reference to lost monuments. Lectures given nov. 7, 8, 9, 14, 15, 16, 1939 at the Johns Hopkins Univ, Baltimore, Md. 1942.
- Conant, Kenneth John: Carolingian and Romanesque architecture. 800 to 1200, Harmondsworth, Middlesex 1959.
- Conant, Kenneth John: Cluny. Les églises et la maison du chef d'ordre, Cambridge, Mass. 1968 (= The Mediaeval Academy of America, Bd. 77).
- Conant, Kenneth John: Carolingian and Romanesque architecture. 800 to 1200, Harmondsworth, Middlesex 1987 (= Pelican history of art, Bd. 13).
- Coons, Steven Anson: An Outline of the Requirements for a Computer-Aided Design System, in: Proceedings. Spring Joint Computer Conference, Detroit, Michigan 1963, S. 299–304.
- Cramer, Horst u. Manfred Koob (Hrsg.): Cluny. Architektur als Vision, Heidelberg 1993.
- Criminsi, Antonio: Accurate Visual Metrology from Single and Multiple Uncalibrated Images, Diss. Oxford 1999, London 2001.
- Cruz-Neira, Carolina, Daniel J. Sandin u. Thomas A. DeFanti: Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE, in: Proceedings of SIGGRAPH'93, 1993, S. 135–142.

Cyberarts international compendium Prix Ars Electronica, Wien u. a. 2000.

D

Daniels-Dwyer, Robert: Beyond the Artists Impression. From Photo-Realism to Integrated Reconstruction in Buildings Archaeology, in: Jameson, John H. Jr. (Hrsg.): *The Reconstructed Past. Reconstructions in the Public Interpretation of Archaeology and History*, Walnut Creek, Lanham, Oxford 2004, S. 261–270.

D'Arcangelo, Mauro u. Fabio Della Schiava: Dall'antiquaria umanistica alla modellazione 3D: una proposta di lavoro tra testo e immagine, in: *Camena*, 2012, Nr. 10, S. 1–23, online zugänglich unter: <http://www.paris-sorbonne.fr/IMG/pdf/A9RF23D-tmp.pdf>.

De Blaauw, Sible: *Cultus et decor. Liturgia e architettura nella Roma tardoantica e medievale. Basilica Salvatoris, Sanctae Mariae, Sancti Petri*, Vatikanstadt 1994 (= *Studi e testi*, Bd. 355).

De Blaauw, Sible: Anomalous architecture: the case of Santa Maria Maggiore, Rome (unveröffentlichtes Skript zum Vortrag am 9. Juni 2015, Workshop at the NIAS: Digitizing Visual Memories in Architecture: Rome and Amsterdam, 9. bis 10. Juni 2015, Netherlands Institute for Advanced Study (NIAS), Wassenaar, Niederlande).

Dechau, Wilfried: Cluny IV, in: *Deutsche Bauzeitung. Zeitschrift für Architekten und Bauingenieure*, Jg. 124 (1990), Nr. 12, S. 114–115.

De Franceschini, Marina u. Guisepppe Venziano: Architecture and Archaeoastronomy in Hadrian's Villa near Tivoli, Rome, in: *Nexus Network Journal*, Bd. 15 (2013), Nr. 3, S. 457–485.

Delooze, Ken u. Jason Wood: Furness Abbey Survey Project – The Application of Computer Graphics and Data Visualisation to Reconstruction Modelling of an Historic Monument, in: Rahtz, Sebastian u. Kris Lockyear (Hrsg.): *CAA90. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990*, Oxford 1991 (= *BAR International Series* 565), S. 140–148.

Delve, Janet, David Anderson, Milena Dobрева, Drew Baker, Clive Billenness u. Leo Konstantelos (Hrsg.): *Visualisations and Simulations, 2012 (= The Preservation of Complex Objects, Bd. 1)*.

De Michelis, Marco: *Heinrich Tessenow. 1876–1950. Das architektonische Gesamtwerk*, Stuttgart 1991.

Denard, Hugh (Hrsg.): *Die Londoner Charta. Für die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe. Entwurf 2.1. 7. Februar 2009*, London 2009.

Denard, Hugh (Hrsg.): *London Charter. For the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage. Draft 2.1. 7 February 2009*, London 2009.

De Paepe, Timothy: How new technologies can contribute to our understanding of seventeenth- and eighteenth-century drama: an Antwerp case study, in: *Journal of Dutch Literature*, Bd. 1 (2010), Nr. 1, S. 28–54.

Der Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden. Eine Aufgabe von nationaler und internationaler Bedeutung. Aufruf zur Mithilfe, hrsg. von Stiftung Frauenkirche Dresden e.V. u. Gesellschaft zur Förderung des Wiederaufbaues der Frauenkirche Dresden e.V., Dresden 1994.

Deutsch, Julius: Die Synagoge in Cöln, in: *Allgemeine Bauzeitung*, Jg. 50 (1885), S. 74–75.

Di Benedetto, Marco, Federico Ponchio, Luigi Malomo, Marco Callieri, Matteo Dellepiane, Paolo Cigoni u. Roberto Scopigno: Web and Mobile Visualization for Cultural Heritage, in: Ioannides, Marinos u. Ewald Quak (Hrsg.): *3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap in Digital Heritage Preservation*, Berlin u. a. 2014 (= *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 8355), S. 18–35.

Die archäologische Enttrümmerung: Verfahren und Vorgehensweisen (Zum Referat von Wolfram Jäger), in: Wenzel, Fritz (Hrsg.): *Berichte vom Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden*, Karlsruhe 2007, S. 18–24.

Dietmar, Carl u. Marcus Trier: Colonia – Stadt der Franken. Köln vom 5. bis 10. Jahrhundert, Köln 2011.

Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. Author information pack, online abrufbar unter: <https://www.elsevier.com/journals/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage/2212-0548?generatepdf=true>.

Doppelfeld, Otto: Domgrabung, in: Frühchristliches Köln, hrsg. v. Römisch-Germanischen Museum Köln, Köln 1965 (= Schriftenreihe der Archäologischen Gesellschaft Köln, Nr. 12), S. 24–28.

Doppelfeld, Otto, Willy Weyres u. Hansgerd Hellenkemper (Hrsg.): Die Ausgrabungen im Dom zu Köln, Mainz 1980 (= Kölner Forschungen, Bd. 1).

Doppelfeld, Otto: Ein Schnitt durch den Untergrund des Kölner Doms, in: Doppelfeld, Otto, Willy Weyres u. Hansgerd Hellenkemper (Hrsg.): Die Ausgrabungen im Dom zu Köln, Mainz 1980 (= Kölner Forschungen, Bd. 1), S. 11–19.

Doppelfeld, Otto: Stand der Grabungen und Forschungen am Alten Dom von Köln, in: Doppelfeld, Otto, Willy Weyres u. Hansgerd Hellenkemper (Hrsg.): Die Ausgrabungen im Dom zu Köln, Mainz 1980 (= Kölner Forschungen, Bd. 1), S. 139–158.

Dorozynski, Alexander: Computers Bring Back a Long-Lost French Abbey (Cluny Abbey), in: Science, Bd. 261 (1993), S. 544–545.

Drew, Joanna: Foreword, in: Leonardo da Vinci, Katalog zur Ausstellung in der Hayward Gallery, South Bank Centre, London, 26. Januar bis 16. April 1989, New Haven/London 1989, S. vii–viii.

Duchesne, Louis : Texte, introduction et commentaire, Paris 1955.

E

Earnshaw, Rae A. u. Norman Wiseman: An Introductory Guide to Scientific Visualization, Berlin/Heidelberg 1992.

Egel-Andrews, Ryan: Paradata in Art-historical Research: A Visualization of Piet Mondrian's Studio at 5 rue de Coulmiers, in: Bentkowska-Kafel, Anna, Hugh Denard u. Drew Baker (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Farnham/Burlington 2012, S. 109–124.

Engel, Ute u. Karin Guminski: Die Kammerkapelle der Kurfürstin in 3D, in: Akademie Aktuell, Zeitschrift der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Heft 2 (2016), Nr. 57, S. 76–81.

Ennis, Gary u. Tom Maver: Visit VR Glasgow. Welcoming Multiple Visitors to the Virtual City, in: Architectural Information Management: 19th eCAADe Conference am 29. bis 31. August 2001 in Helsinki, Finnland, o. O. 2003, S. 423–429.

F

Faber, Elfriede Maria: Max Fleischer und die Synagoge in der Neudeggasse, in: Kratz, Käthe, Karin Schön, Hubert Gaisbauer u. Hans Litsauer: Verlorene Nachbarschaft die Wiener Synagoge in der Neudeggasse. Ein Mikrokosmos und seine Geschichte, Wien 1999, S. 208–221.

Fai, Stephen, Katie Graham, Todd Duckworth, Nevil Wood u. Ramtin Attar: Building Information Modelling and heritage Documentation, in: Proceedings of the 23rd CIPA International Symposium, 12. bis 16. September 2011 in Prag, o. O. 2011, o. S., online abrufbar unter: <https://pdfs.semanticscholar.org/b76a/76be71ab74c75c148757eac148758c148773dc148757a148755c2995999.pdf>.

Faltlhauser, Kurt (Hrsg.): Die Münchner Residenz. Geschichte – Zerstörung – Wiederaufbau, Ostfildern 2006.

Favro, Diane: In the eyes of the beholder: Virtual Reality re-creations and academia, in: Haselberger, Lothar (Hrsg.): Imaging ancient Rome. Documentation, visualization, imagination. (Proceedings of the Third Williams Symposium on Classical Architecture, 20. bis

23. Mai 2004 in Rom), Portsmouth 2006, S. 321–334.
- Favro, Diane: The digital disciplinary divide. Reactions to historical virtual reality models, in: Arnold, Dana, Elvan Altan Ergut u. Belgin Turan Özkaya (Hrsg.): Rethinking Architectural Historiography, London/New York 2006, S. 200–214.
- Favro, Diane: Se non è vero, è ben trovato (If Not True, It Is Well Conceived) Digital Immersive Reconstructions of Historical Environments, in: Journal of the Society of Architectural Historians, Bd. 71 (2012), Nr. 3 (Special Issue on Architectural Representations, 1. September 2012), S. 273–277.
- Ferdani, Daniele: State of the art on Virtual Museums in Europe and outside Europe, Version 2.2, o. O. 2013.
- Fergusson, Peter J.: Kenneth John Conant (1895–1984), in: Gesta, Bd. 24, (1985) Nr. 1, S. 87–88.
- Fernie, Kate u. Julian D. Richards (Hrsg.): AHDS Guides to Good Practice. Creating and Using Virtual Reality: a Guide for the Arts and Humanities, o. O. 2002, online abrufbar unter: https://vads.ac.uk/guides/vr_guide/index.html.
- Feuck, Jörg: Synagogen-Ausstellung der TU startet Tour durch die USA – Auftakt im Holocaust Memorial Center in Farmington Hills am 29. August, in: Informationsdienst Wissenschaft der TU Darmstadt, online abrufbar unter: <https://idw-online.de/de/news-?print=1&id=382210> [10.08.2010].
- Feurstein, Michaela u. Gerhard Milchram: Jüdisches Wien. Stadtpaziergänge, Wien/Köln/Weimar 2001.
- Field, J. V.: Alberti, the Abacus and Piero della Francesca's proof of perspective, in: Renaissance Studies, Bd. 11 (1997), Nr. 2, S. 61–88.
- Fischbach, Stefan u. Ingrid Westerhoff: Synagogen. Rheinland-Pfalz – Saarland, Mainz 2005 (= Gedenkbuch der Synagogen in Deutschland, Bd. 2).
- Fitzner, Sebastian: Architekturzeichnungen der deutschen Renaissance. Funktion und Bildlichkeit zeichnerischer Produktion 1500–1650, Diss. München 2015, Köln 2015.
- Fleischer, Max: Friedhof in Gleiwitz und Synagoge in Wien, in: Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekturvereins, Jg. 56 (1904), Nr. 35, S. 493–499.
- Fleischmann, Peter: Das Bauhandwerk in Nürnberg vom 14. bis zum 18. Jahrhundert, Diss. Erlangen/Nürnberg 1985, Nürnberg 1985 (= Nürnberger Werkstücke zur Stadt- und Landesgeschichte, Bd. 38).
- Forte, Maurizio: Introduction, in: Forte, Maurizio u. Alberto Siliotti (Hrsg.): Virtual archaeology. Re-creating ancient worlds, New York 1997, S. 9–13.
- Forte, Maurizio u. Alberto Siliotti (Hrsg.): Virtual archaeology. Re-creating ancient worlds, New York 1997.
- Franke, Herbert W.: Computergraphik. Computerkunst, München 1971.
- Franke, Herbert W.: Computer Graphics – Computer Art. Second, Revised and Enlarged Edition, Berlin u. a. 1985.
- Frenzel, Christoph: Bearbeitung und Ergänzung von Fundstücken zur Wiederverwendung, in: Wenzel, Fritz (Hrsg.): Berichte vom Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden, Karlsruhe 2007, S. 79–86.
- Frew, Robert Simpson: Computer Aided Design in North American Schools of Architecture, in: DAC77. Proceedings of the 14th Design Automation Conference, Piscataway 1977, S. 275–276.
- Friedrichs, Kristina: Episcopus plebi Dei. Die Repräsentation der frühchristlichen Päpste, Diss. Dresden 2015, Regensburg 2015 (= EIKO-NIKÁ. Kunstwissenschaftliche Beiträge, Bd. 6).
- Frings, Marcus (Hrsg.): Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2).

- Frings, Marcus: Der Modelle Tugend. CAD-Modelle in der Kunstgeschichte, in: Frings, Marcus (Hrsg.): Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2), S. 9–20.
- Frischer, Bernard: Speech to Participants in the Rome Reborn Advisory Board Meeting, UCLA, 2. Dezember 1996, 1996 (unveröffentlicht).
- Frischer, Bernard: The Ultimate Internet Café: Reflections of a Practicing Digital Humanist about Designing a Future for the Research Library in the Digital Age, in: Library as Place: Rethinking Roles, Rethinking Space, o. O. 2002 (= CLIR Reports, Bd. 129), online zugänglich unter: <https://www.clir.org/pubs/reports/pub129/frischer/>.
- Frischer, Bernard: Mission and recent projects of the UCLA Cultural Virtual Reality Laboratory, in: Tiré-à-part des Actes du colloque. Virtual Retrospect 2003, 6. bis 7. November 2003 in Biarritz (France), Bordeaux 2004 (= Archéovision, Bd. 1), S. 65–74.
- Frischer, Bernard: The Digital Roman Forum Project of the Cultural Virtual Reality Laboratory: Remediating the Traditions of Roman Topography [Preprint from: 2nd Italy-United States Workshop, Rome, Italy, November 3–6, 2003: The Reconstruction of Archaeological Landscapes through Digital Technologies, Organized by CNR-ITABC, Virtual Heritage Network, ECAI, University of California, Berkeley CDV, Field Museum of Chicago, UCLA Cultural Virtual Reality Laboratory] 2004, o. S. online zugänglich auf der Webseite von Bernard Frischer: <http://frischer.org/the-digital-roman-forum-project-of-the-cultural-virtual-reality-laboratory-remediating-the-traditions-of-roman-topography/>.
- Frischer, Bernard: New Directions for Cultural Virtual Reality: A Global Strategy for Archiving, Serving, and Exhibiting 3D Computer Models of Cultural Heritage Sites, in: Vergniew, R. u. S. Delevoie (Hrsg.): Tiré-à-part des Actes du Colloque Virtual Retrospect 2005 in Biarritz (France), Bordeaux 2006 (= Archéovision, Bd. 2), S. 168–175.
- Frischer, Bernard: Introduction. From digital illustration to digital heuristics, in: Frischer, Bernard u. Anastasia Dakouri-Hild (Hrsg.): Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology, Oxford 2008, S. i–xxiv.
- Frischer, Bernard: Cultural and Digital Memory: Case Studies from The Virtual World Heritage Laboratory, in: Galinsky, Karl (Hrsg.): Memoria Romana. Memory in Rome and Rome in Memory, Ann Arbor 2014, S. 151–164.
- Frischer, Bernard, Dean Abernathy, Fulvio Cairoli Giuliani, Russell T. Scott u. Hauke Ziemssen: A new digital model of the Roman Forum, in: Haselberger, Lothar (Hrsg.): Imaging ancient Rome. Documentation, visualization, imagination. (Proceedings of the Third Williams Symposium on Classical Architecture, Rome, on May 20 – 23, 2004), Portsmouth 2006, S. 163–182.
- Frischer, Bernard, Diane Favro, Paolo Liverani, Sible De Blaauw u. Dean Abernathy: Virtual Reality and Ancient Rome: The UCLA Cultural VR Lab's Santa Maria Maggiore Project, in: Barceló, Juan A., Maurizio Forte und Donald H. Sanders (Hrsg.): Virtual Reality in Archaeology, Oxford 2000 (= British Archaeological Reports, International Series 843), S. 155–162.
- Frischer, Bernard u. John Fillwalk: The Digital Hadrian's Villa Project. Using Virtual Worlds to Control Suspected Solar Alignments, in: Guidi, Gabriele u. Alonzo C. Addison (Hrsg.): Proceedings of the VSMM 2012. Virtual Systems in the Information Society, 2. bis 5. September 2012, Mailand, Italien, o. O. 2012, S. 49–55.
- Frischer, Bernard, Franco Niccolucci, Nick Ryan u. Juan A. Barceló: From CVR to CVRO: the past, present and future of cultural virtual reality, in: Niccolucci, Franco (Hrsg.): Virtual archaeology. (Proceedings of the VAST Euro-

conference, 24. bis 25. November 2000 in Arezzo), Oxford 2002, S. 7–18.

Froitzheim, Ulf J.: CEBIT. Im Labyrinth, in: FOCUS Magazin, Nr. 11, 14.03.1994, online abrufbar unter: http://www.focus.de/wissen/natur/cebit-im-labyrinth_aid_145662.html.

Furht, Borko (Hrsg.): Handbook of Augmented Reality, New York/Dordrecht/Heidelberg (u. a.) 2011.

G

Gagalowicz, André: Modeling complex indoor scenes using an analysis/synthesis framework, in: Rosenblum, Lawrence J., Rae A. Earnshaw, José L. Encarnação, Hans Hagen, Arie E. Kaufman, Stanislaw V. Klimenko, Gregory M. Nielson, Frits H. Post u. Daniel Thalmann (Hrsg.): Scientific Visualization. Advances and Challenges, London/San Diego 1994, S. 349–364.

Gardner, Andrew: The Past as Playground: The Ancient World in Video Game Representation, in: Clack, Timothy u. Marcus Brittain (Hrsg.): Archaeology and the media, Walnut Creek 2007, S. 255–272.

Genée, Pierre: Wiener Synagogen 1825–1938, Wien 1987.

Genée, Pierre: Synagogen in Österreich, Wien 1992.

Genée, Pierre: Wiener Synagogen, Wien 2014.

Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz (Hrsg.): Die SchUM-Gemeinden Speyer – Worms – Mainz. Auf dem Weg zum Welterbe (Internationale Tagung vom 22. bis 24. November 2011 im Landesmuseum Mainz), Regensburg 2013.

George Bähr. Die Frauenkirche und das bürgerliche Bauen in Dresden, Katalog zur Ausstellung im Georgenbau des Dresdner Schlosses, Dresden 2001.

Gerstenberg, Kurt: Deutsche Sondergotik, München 1913.

Gerstenberg, Kurt: Deutsche Sondergotik, München 1969.

Glaser, Gerhard: Das Prinzip des archäologischen Wiederaufbaues der Frauenkirche und seine Grenzen, in: Wenzel, Fritz (Hrsg.): Berichte vom Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden, Karlsruhe 2007, S. 9–17.

Goldberger, Paul: Building Art: The Life and Work of Frank Gehry, New York 2015.

Golder, John: The Théâtre du Marais in 1644: A New Look at the Old Evidence Concerning France's Second Public Theatre, in: Theatre Survey, Bd. 25 (1984), Nr. 2, S. 127–152.

Grande, Alfredo, Victor Manuel Lopez-Menchero: The Implementation of an International Charter in the Field of Virtual Archaeology, in: Pavelka, Karel (Hrsg.): XXIIIrd International CIPA Symposium in Prag, 12. bis 16. September 2011, o. O. 2011, o. S., online abrufbar unter: <https://www.conferencepartners.cz/cipa/proceedings/pdfs/B-2%20Seville%20charter/Grande%20Leon.pdf>.

Grau, Oliver: Ancestors of the virtual, historical aspects of virtual reality and its contemporary impact, in: Thirtieth International Congress of the History of Art (CIHA), 3. bis 8. September 2000 in London 2000, online abrufbar unter: <https://unites.uqam.ca/AHWA/Meetings/2000.CIHA/Grau.html>.

Graupner, Lutz: Messtechnische und photogrammetrische Erfassung von Trümmerberg und Fundstücken, in: Wenzel, Fritz (Hrsg.): Berichte vom Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden, Karlsruhe 2007, S. 25–28.

Greenberg, Donald P.: A Ray Tracing Simulation of a Radiosity Simulation, in: IEEE Computer Graphics and Applications, Bd. 11 (1991), Nr. 1 (Januar/Februar), S. 6–7.

Greengrass, Mark: Introduction, in: Greengrass, Mark: The virtual representation of the past, Farnham/Burlington 2008 (= Digital Research in the Arts and Humanities), S. 1–3.

- Greenhalgh, Michael: Teaching and Learning Art History using the Web, in: Thirtieth International Congress of the History of Art (CIHA), 3. bis 8. September 2000 in London, o. O. 2000, o. S., online abrufbar unter: <http://rd.uqam.ca/AHWA/Meetings/2000.CIHA/index.html>.
- Greenhalgh, Michael: Art History, in: Schreiberman, Susan, Ray Siemens u. John Unsworth (Hrsg.): A Companion to Digital Humanities, Oxford 2004, S. 31–45.
- Grellert, Marc: Visualisierung des Zerstörten – Gedenken an die in der NS-Zeit zerstörten Synagogen, in: Frings, Marcus (Hrsg.): Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2), S. 51–74.
- Grellert, Marc: Computer Reconstruction of German Synagogues, in: Serageldin, Ismail, Ephim Shluger u. Joan Martin-Brown (Hrsg.): Historic Cities and Sacred Sites – Cultural Roots for Urban Futures, Washington 2001, S. 286–289.
- Grellert, Marc: Immaterielle Zeugnisse. Synagogen in Deutschland. Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur, Diss. Darmstadt 2007, Bielefeld 2007.
- Grellert, Marc u. Franziska Haas: Sharpness Versus Uncertainty in »Complete Models«, in: Hoppe, Stephan u. Stefan Breitling (Hrsg.): Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media, München 2016 (= PALATIUM e-Publications, Bd. 3), S. 119–148.
- Grellert, Marc u. Mieke Pfarr-Harfst: 25 Years Virtual Reconstructions. Current Challenges and the Comeback of Physical Models, in: Digital Heritage International Congress (Digital-Heritage) 2013, Bd. 2, Piscataway, NJ 2013, S. 91–94.
- Grellert, Marc u. Mieke Pfarr-Harfst: 25 Years Virtual Reconstructions. Project Report of Department Information and Communication Technology in Architecture at Technische Universität Darmstadt, in: Proceedings of the 18th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2013 (CHNT 18, 2013), Wien 2014, Bd. 2, S. 1–13.
- Guidi, Gabriele, Bernard Frischer u. Ignazio Lucenti: Rome Reborn – Virtualizing the Ancient Imperial Rome, in: Remondino, Fabio u. Sabry El-Hakim (Hrsg.): Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop, 3D-ARCH 2007, ETH Zürich, 12. bis 13. Juli 2007, o. O. 2007 (= International Archives of Photogrammetry, Remote-Sensing and Spatial Information Science, Bd. XXXVI-5/W47), o. S., online abrufbar unter: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-W47/pdf/guidi_etal.pdf.
- Guminski, Karin: Kunst am Computer. Ästhetik, Bildtheorie und Praxis des Computerbildes, Diss. München 2001, Berlin 2002.
- Günther, Hubertus: Serlios Projekt für eine »Loggia per mercantik« in Lyon als Modell für eine kritische computergestützte Visualisierung von Architektur, in: Kunstchronik, Bd. 52 (1999) S. 547–548.
- Günther, Hubertus: Kritische Computer-Visualisierung in der kunsthistorischen Lehre, in: Frings, Marcus (Hrsg.): Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2), S. 111–132.
- Güttler, Ludwig: Vorwort und Aufruf, in: Der Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden. Eine Aufgabe von nationaler und internationaler Bedeutung. Aufruf zur Mithilfe, hrsg. von Stiftung Frauenkirche Dresden e.V. u. Gesellschaft zur Förderung des Wiederaufbaues der Frauenkirche Dresden e.V., Dresden 1994, o. S.

H

- Haggerty, Michael: Virtual reality dominates Siggraph, in: IEEE Computer Graphics and Applications, Bd. 11 (1991), Nr. 5 (September), S. 14–17.
- Hale, Kelly S., Kay M. Stanney u. David R. Badcock (Hrsg.): Handbook of Virtual Environments. Design, Implementation, and Applications, Boca Raton/London/New York 2014.
- Hamber, Anthony, Jean Miles u. William Vaughan (Hrsg.): Computers and the History of Art, London/New York 1989.
- Hammer-Schenk, Harold: Die Architektur der Synagoge von 1780 bis 1933, in: Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): Die Architektur der Synagoge, Katalog zur Ausstellung im Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988, S. 157–285.
- Hann, Rachel: Computer-based 3D visualization for theatre research: towards an understanding of unrealized utopian theatre architecture from the 1920s and 1930s, Diss. Leeds 2010, o. O. 2010, online zugänglich über: <http://www.utopiantheatres.co.uk/>.
- Hartmann, Kristiana: Deutsche Gartenstadtbewegung. Kulturpolitik und Gesellschaftsreform, München 1976.
- Hartmann-Virnich, Andreas: Was ist Romanik? Geschichte, Formen und Technik des romanischen Kirchenbaus, Darmstadt 2004.
- Hasak, Max: Einzelheiten des Kirchenbaues, Leipzig 1927 (= Handbuch der Architektur, Teil 2: Die Baustile, Bd. 4: Die romanische und gotische Baukunst, Heft 4).
- Hasche, Johann Christian: Umständliche Beschreibung Dresdens mit allen seinen äußern und innern Merkwürdigkeiten. Historisch und architektonisch, mit zugegebenem Grundriß, Teil 1, 1781.
- Hauck, Oliver u. Piotr Kuroczyński: Cultural Heritage Markup Language – Designing a Domain Ontology for Digital Reconstructions, in: The State Hermitage Museum (Hrsg.): Virtual Archaeology (Methods and Benefits). Proceedings of the Second International Conference held at the State Hermitage Museum, 1. bis 3. Juni 2015, St. Petersburg 2015, S. 250–255.
- Hauck, Oliver u. Piotr Kuroczyński: Cultural Heritage Markup Language. How to Record and Preserve 3D Assets of Digital Reconstruction in: Börner, Wolfgang u. Susanne Uhlirz (Hrsg.): Proceedings of the 20th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2015, Wien 2016, S. 1–13.
- Hauser, Georg: Schichten und Geschichte unter dem Dom. Die Kölner Domgrabung, Köln 2003.
- Hauser, Georg: Der Alte Dom und seine Vorgeschichte. Grundzüge der Forschung 1946–2012, in: Back, Ulrich, Thomas Höltken u. Dorothea Hochkirchen (Hrsg.): Der alte Dom zu Köln. Befunde und Funde zur vorgotischen Kathedrale, Köln 2012, S. 231–250.
- Heine, Katja, Klaus Rheidt, Frank Henze u. Alexandra Riedel (Hrsg.): Von Handaufmaß bis High Tech III. Erfassen, Modellieren, Visualisieren. 3D in der historischen Bauforschung. Interdisziplinäres Kolloquium vom 24. bis 27. Februar 2010, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Darmstadt 2011.
- Hemmerling, Marco u. Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen. Computer Aided Design in Architektur und Innenarchitektur, Paderborn 2010.
- Henger, Gregor: Schöne neue Welt der virtuellen Realität, in: IBM-Nachrichten, Jg. 43 (1993), Heft 313, S. 50–54.
- Hennig, Gitta Christine: Johann Christian Feige und die plastische Ausgestaltung der Dresdner Frauenkirche, in: George Bähr. Die Frauenkirche und das bürgerliche Bauen in Dresden, Katalog zur Ausstellung im Georgenbau des Dresdner Schlosses, 21. Dezember 2000 bis 4. März 2001, Dresden 2001, S. 96–102.
- Hensel, Thomas: Das Spielen des Bildes. Für einen Iconic Turn der Game Studies, in: MEDIEN-wissenschaft, Bd. 3 (2011), S. 282–293.

- Heres, Gerald: Reformzentrum Dresden. Kulturelle Reformbewegungen der Jahrhundertwende, in: Starke, Holger (Hrsg.): Geschichte der Stadt Dresden. Bd. 3. Von der Reichsgründung bis zur Gegenwart, Stuttgart 2006, S. 192–199.
- Hermon, Sorin: Reasoning in 3D: A Critical Appraisal of the Role of 3D Modelling and Virtual Reconstructions in Archaeology, in: Frischer, Bernard u. Anastasia Dakouri-Hild (Hrsg.): Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology, Oxford 2008, Paragraf 120–137.
- Hersey, George u. Richard Freedman: Possible Palladian villas: plus a few instructively impossible ones, Cambridge, Massachusetts u. a. 1992.
- Heusinger, Lutz: Kunstgeschichte und Klassifikation. Thesen, in: Fillitz, Hermann u. Martina Pippal (Hrsg.): Akten des XXV. Internationalen Kongresses für Kunstgeschichte. Wien, 4. bis 10. September 1983. Probleme und Methoden der Klassifizierung, Bd. 3, Wien/ Köln/Graz 1985, S. 71–74.
- Heusinger, Lutz: Computers in the History of Art, in: Hamber, Anthony, Jean Miles u. William Vaughan (Hrsg.): Computers and the History of Art, London/New York 1989, S. 1–22.
- Heusser, Hans-Jörg: The Impact of Automation on Research Institutes in Art History, in: Thirtieth International Congress of the History of Art (CIHA), 3. bis 8. September 2000 in London, o. O. 2000, o. S., online abrufbar unter: <http://rd.uqam.ca/AHWA/Mee-tings/2000.CIHA/>.
- Hickethier, Knut: Film- und Fernsehanalyse. 5., aktualisierte und erweiterte Auflage, Stuttgart/ Weimar 2012.
- Hirzinger, Gerd, Florian Siegert, Jürgen Dudo-wits u. Bernd Strackenbrock: Vom virtuellen Bayern zur Heimat Digital, in: DVW-Bayern, (2016), Nr. 4, S. 313–338, online abrufbar unter: <https://www.dvw.de/sites/default/files/landesverband/bayern/anhang/beitragskontext/2017/hirzinger.pdf>.
- Hochrenaissance im Vatikan. 1503–1534, Katalog zur Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn, 11. Dezember 1998 bis 11. April 1999, Ostfildern-Ruit 1999.
- Hoffmann, Hilmar: Zum Geleit, in: Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): Die Architektur der Synagoge, Katalog zur Ausstellung im Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988, S. 7–8.
- Hohmeyer, Jürgen: Zeitmaschine zur Renaissance. Der vatikanische Palast aus dem 16. Jahrhundert, Vorbild vieler europäischer Fürstenthöfe, gastiert in Bonn – als Computerrekonstruktion und mit üppigen Kunstschätzen, in: Der Spiegel, (1998), Nr. 51, S. 224–225.
- Hoppe, Stephan u. Thorsten Scheer: Der Altenberger Dom im Computer. Ein Erfahrungsbericht zur Produktion einer multimedialen Hypertext-CD-Rom, in: Kunstchronik, Bd. 52 (1999) S. 544–547.
- Hoppe, Stephan: Die Fußnoten des Modells. CAD-Modelle als interaktive Wissensräume am Beispiel des Altenberger-Dom-Projektes, in: Frings 2001, S. 87–102.
- Hoppe, Stephan u. Stefan Breitling (Hrsg.): Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media, München 2016 (= PALATIUM e-Publications, Bd. 3).
- Howard, Ebenezer: To-morrow. A Peaceful Path to Real Reform, Cambridge 1898 (= Cambridge library collection. British and Irish History, 19th Century).
- Howard, Ebenezer: Gartenstädte in Sicht, Jena 1907.
- Hua, Hong, Leonard D. Brown u. Rui Zhang: Head-Mounted Projection Display Technology and Applications, in: Furht, Borko (Hrsg.): Handbook of Augmented Reality, New York/ Dordrecht/Heidelberg (u. a.) 2011, S. 123–155.

Huang, Yetao, Zhiguo Jiang, Yue Liu u. Yongtian Wang: Augmented Reality in Exhibition and Entertainment for the Public, in: Furht, Borko (Hrsg.): Handbook of Augmented Reality, New York/Dordrecht/Heidelberg (u. a.) 2011, S. 707–720.

Huber, Markus: Museum Judenplatz Wien. Virtuelle Rekonstruktion, in: Juden in Österreich gestern, heute, 2000, S. 6–11.

Hughes, Lorna: Conclusion: Virtual Representations of the Past – New Research Methods, Tools and Communities of Practice, in: Greengrass, Mark: The virtual representation of the past, Farnham/Burlington 2008 (= Digital Research in the Arts and Humanities), S. 191–201.

Hüttel, Richard: Spiegelungen einer Ruine. Leonardos Abendmahl im 19. und 20. Jahrhundert, Diss. Marburg 1989, Marburg 1994 (= Studien zur Kunst- und Kulturgeschichte, Bd. 11).

I

Ioannides, Marinos u. Ewald Quak (Hrsg.): 3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap in Digital Heritage Preservation, Bd. 8355, Berlin u. a. 2014 (= Lecture Notes in Computer Science, Bd. 8355).

Ioannides, Marinos u. Ewald Quak: 3D Research Challenges in Cultural Heritage Applications, in: Ioannides, Marinos u. Ewald Quak (Hrsg.): 3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap in Digital Heritage Preservation, Berlin u. a. 2014 (= Lecture Notes in Computer Science, Bd. 8355), S. v–vii.

J

Jäger, Willi, Werner Müller u. Norbert Quien: Gotische Ziergewölbe aus dem Computer, in: forschung. Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft. spezial 2004, 2004, S. 48–51, online abrufbar unter: https://www.dfg.de/download/pdf/dfg_magazin/aus_der_forschung/forschung_magazin/2004/forschung_spezial_4.pdf.

Jahn, Peter Heinrich, Markus Wacker u. Dirk Welich: Back to the Future. Visualizing the Planning and Building of the Dresden Zwinger from the 18th until the 19th Century, in: Hoppe, Stephan u. Stefan Breitling (Hrsg.): Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media, München 2016, (= PALATIUM e-Publications, Bd. 3), S. 267–301.

Jalili, Reza, Peter D. Kirchner, Jorge Montoya, Stephen Duncan, Luc Genevriez, James S. Lipscomb, Robert H. Wolfe u. Christopher F. Codella: A Visit to the Dresden Frauenkirche, in: Presence. Teleoperators and Virtual Environments, Bd. 5 (1996), Nr. 1, S. 87–94.

Jameson, John H. Jr. (Hrsg.): The Reconstructed Past. Reconstructions in the Public Interpretation of Archaeology and History, Walnut Creek, Lanham, Oxford 2004.

Jones, Matt: Hypothesizing Southampton in 1454: A Three-dimensional Model of the Medieval Town, in: Benthowska-Kafel, Anna, Hugh Denard u. Drew Baker (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Farnham/Burlington 2012, S. 95–108.

Joray, Michel: Die Abtei von Cluny erwacht zu neuem Leben, in: IBM-Nachrichten, Bd. 43 (1993), Heft 312, S. 66–68.

Joscelyne, Andrew: Cluny Abbey has been rebuilt, in: WIRED, 01.01.1994, online abrufbar unter: <https://www.wired.com/1994/01/virtual-cluny/>.

K

Kaiser, Christiane: Die Fleischbrücke in Nürnberg 1596–1598, Diss. Cottbus 2005, 3 Bde., Cottbus 2007.

Kaldenbach, Kees: Expanding Vermeer's 1660 painting »The View of Delft« into a 3D Virtual Reality flight over Delft and a QuickTime movie showing a »Walk through The View of Delft«, in: Thirtieth International Congress of the History of Art (CIHA), 3.–8.09.2000 in London, o. O. 2000, o. S., online abrufbar unter: <http://rd.uqam.ca/AHWA/Meetings/2000.CIHA/>.

- Kanter, J.: Realism vs. reality: creating virtual reconstructions of prehistoric architecture, in: Barceló, Juan A., Maurizio Forte u. Donald H. Sanders (Hrsg.): *Virtual Reality in Archaeology (Proceedings of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA))*, Oxford 2000 (= BAR International Series 843), S. 47–52.
- KEEP. Keeping Emulation Environments Portable. FP7-ICT-231954. System User Guide. Emulation Framework, Release 2.0.0 (February 2012), S. 2, online abrufbar auf der Webseite zu KEEP. Emulation Framework: http://emuframework.sourceforge.net/docs/System-User-Guide_2.0.pdf.
- Kemp, Martin: Leonardo da Vinci. Experience, Experiment and Design, Katalog zur Ausstellung im Victoria and Albert Museum in London, London 2006.
- Kemp, Wolfgang: Kunstwissenschaft und Rezeptionsästhetik, in: Kemp, Wolfgang (Hrsg.): *Der Betrachter ist im Bild*, Berlin 1992.
- Kerscher, Gottfried: Die Struktur der Zeit in digitaler Architekturdarstellung, in: *Thirtieth International Congress of the History of Art (CIHA)*, 3. bis 8. September 2000 in London, o. O. 2000, o. S., online abrufbar unter: <https://unites.uqam.ca/AHWA/Meetings/2000.CIHA/KerscherD.html>.
- Keßler, Katrin: Ritus und Raum der Synagoge. Liturgische und religionsgeschichtliche Voraussetzungen für den Synagogenbau in Mitteleuropa, Diss. Braunschweig 2004, Petersberg 2007 (= Schriftenreihe der Bet Tfila – Forschungsstelle für Jüdische Architektur in Europa, Bd. 2).
- Kjølbye-Biddle, Birthe: The 7th century minster at Winchester interpreted, in: Butler, L.A.S. u. R.K. Morris (Hrsg.): *The Anglo-Saxon Church. Papers on History, Architecture and Archaeology in Honour of Dr. H.M. Taylor*, London 1986 (= The Council for British Archaeology. Research Report, Bd. 160), S. 196–209.
- Kohle, Hubertus: *Digitale Bildwissenschaft*, Glückstadt 2013.
- Kohle, Hubertus: *Digitale Rekonstruktion und Simulation*, in: Jannidis, Fotis, Hubertus Kohle u. Malte Rehbein (Hrsg.): *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 315–327.
- Kohle, Hubertus u. Katja Kwastek: *Computer, Kunst und Kunstgeschichte. Theorie und Praxis*, Köln 2003.
- Kohnle, Armin: *Abt Hugo von Cluny (1049–1109)*, Sigmaringen 1993 (= Beihefte der Francia, Bd. 32).
- Koller, David, Bernard Frischer u. Greg Humphreys: Research challenges for digital archives of 3D cultural heritage models, in: *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, Bd. 2 (2009), Nr. 3, Artikel Nr. 7, o. S.
- Koob, Manfred: *ARCHITEKTURA VIRTUALIS. Konzept für das 1. Digitale Architekturmuseum. Ein Wissenschaftsort für Forschung und Dokumentation der Kunst der Bautechnik im dritten kulturellen Weltgedächtnis*, o. O. 1992 (unveröffentlichte Antrittsvorlesung zur Gastprofessur an der TU Darmstadt 1992).
- Koob, Manfred: *Die dreidimensionale Rekonstruktion und Simulation von Cluny III*, in: Cramer, Horst u. Manfred Koob (Hrsg.): *Cluny. Architektur als Vision*, Heidelberg 1993.
- Koob, Manfred: *Die Bauhaus-Ausstellung*, in: Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet CAD in der Architektur: *Bauhaus Avantgarde der 20er Jahre. Architektur als Vision. CAD-Simulationen von Entwürfen und nicht gebauten bzw. nicht mehr existierenden Projekten der beginnenden Moderne*, Heidelberg 1994, S. 152.
- Koob, Manfred: *Die 3-Dimensionale Rekonstruktion und Simulation von Cluny III*, in: EDV in der Denkmalpflege. Fachtagung 1993, 27. bis 29. Oktober 1993 in der Abtei Brauweiler, Köln 1994 (= *Mitteilungen aus dem Rheinischen Amt für Denkmalpflege*, Heft 10), S. 108–117.

- Koob, Manfred: Virtuelle Rekonstruktion von Bauwerken – Voraussetzungen, Nutzen, Beispiele, in: *Detail. Zeitschrift für Architektur*, 40. Serie (2000), Nr. 7, S. 1269–1272.
- Koob, Manfred: *Architectura virtualis*, in: Frings, Marcus (Hrsg.): *Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte*, Weimar 2001 (= *Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit*, Bd. 2), S. 21–49.
- Koob, Manfred: *Visualisierung des Zerstörten*, in: *Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion*, Katalog zur Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, 17. Mai bis 16. Juli 2000, Darmstadt u. a. 2004, S. 30–47.
- Koob, Manfred u. Marc Grellert: *Visualisierung des Zerstörten – Die virtuelle Rekonstruktion von Synagogen*, in: *Zeitschrift Praxis Geschichte* (Themenheft: *Internet und Geschichtsunterricht*), 2001, H. 5, S. 52–54.
- Korn, Salomon: *Synagogenarchitektur in Deutschland nach 1945*, in: Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): *Die Architektur der Synagoge*, Katalog zur Ausstellung im Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988, S. 287–396.
- Kratz, Käthe, Karin Schön, Hubert Gaisbauer u. Hans Litsauer: *Verlorene Nachbarschaft die Wiener Synagoge in der Neudeggasse. Ein Mikrokosmos und seine Geschichte*, Wien 1999.
- Kraus, Wolfgang, Berndt Hamm u. Meier Schwarz (Hrsg.): *Mehr als Steine... Synagogen-Gedenkband Bayern*, Bd. 1: Oberfranken, Oberpfalz, Niederbayern, Oberbayern, Schwaben, Lindenberg im Allgäu 2007 (= *Gedenkbuch der Synagogen in Deutschland*, Bd. 3: Bayern).
- Krautheimer, Richard, Spencer Corbett u. Wolfgang Frankl: *Corpus Basilicarum Christianarum Romae. The Early Christian Basilicas of Rome (IV–IX Cent.)*, Vatikanstadt 1967, Bd. 3 (= *Monumenti di Antichità Christiana*, Serie 2).
- Krebs, Falk u. Edgar Brück: *The potential and useful applications of digital tools for the memory and preservation of Jewish Heritage*, in: *The Future of Jewish Heritage in Europe. International Conference in Prague*, 24. bis 27. April 2004, 2004, S. 1–9.
- Krinsky, Carol Herselle: *Europas Synagogen. Architektur, Geschichte und Bedeutung*, Wiesbaden 1997.
- Krömer, Rupert: *Cluny – Vorbild für moderne Vorfertigung. Cluny – A Model for Modern Prefabrication*, in: *Betonwerk + Fertigteil-Technik*, (1995), Nr. 1, online abrufbar unter: http://www.ika.tu-darmstadt.de/g_pdf/cluny/print_1995_01_betonwerk.pdf.
- Krömker, Detlef u. Georg Rainer Hofmann: *Rekonstruktion und Modellierung*, in: Mazzola, Guerino, Detlef Krömker u. Georg Rainer Hofmann (Hrsg.): *Rasterbild – Bildraster. Anwendung der Graphischen Datenverarbeitung zur geometrischen Analyse eines Meisterwerks der Renaissance: Raffaels »Schule von Athen«*. Ausstellung auf der Mathildenhöhe, Darmstadt 1. Juni bis 24. August 1986, Berlin/Heidelberg/New York u. a. 1987 (= *Beiträge zur Graphischen Datenverarbeitung*), S. 35–64.
- Krull, Dieter u. Dieter Zumpe: *Memento Frauenkirche. Dresdens Wahrzeichen als Symbol der Versöhnung*, Berlin 2001.
- Künzl, Hannelore: *Synagogen*, in: Trier, Eduard u. Willy Weyres (Hrsg.): *Kunst des 19. Jahrhunderts im Rheinland in fünf Bänden*, Bd. 1 *Architektur I. Kultusbauten*, Düsseldorf 1980, S. 339–346.
- Künzl, Hannelore: *Islamische Stilelemente im Synagogenbau des 19. und frühen 20. Jahrhunderts*, Frankfurt am Main 1984.
- Künzl, Hannelore: *Der Synagogenbau im Mittelalter*, in: Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): *Die Architektur der Synagoge*, Katalog zur Ausstellung im Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988, S. 61–88.

- Kuroczyński, Piotr: Digital Reconstruction and Virtual Research Environments – A question of documentation standards, in: Access and Understanding – Networking in the Digital Era, Proceedings of the annual conference of CIDOC, 06. bis 11. September 2014 in Dresden, 2014, o. S., online abrufbar unter: http://www.cidoc2014.de/images/sampled/ cidoc/papers/L-1_Kuroczynski_paper.pdf.
- Kuroczyński, Piotr: Virtual Research Environment for digital 3D reconstructions – Standards, Thresholds and Prospects, in: Studies in Digital Heritage, Bd. 1 (2017), Nr. 2, S. 456–476.
- Kuroczyński, Piotr, Oliver Hauck u. Daniel Dworak: Digital Reconstruction of Cultural Heritage – Questions of documentation and visualisation standards for 3D content, in: Klein, R. u. P. Santos (Hrsg.): EUROGRAPHICS Workshops on Graphics and Cultural Heritage, o. O. 2014, o. S.
- Kuroczyński, Piotr, Mieke Pfarr-Harfst u. Sander Münster (Hrsg.): Der Modelle Tugend 2.0: Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung, Heidelberg 2019 (= Computing in Art and Architecture, Bd. 2).
- Kurrer, Karl-Eugen: Werner Müller. Ein Nachruf, in: ARCH+, (2005), Nr. 175, S. 11.
- L**
- Landrieu, Jérémie, Christian Père, Juliette Rollier-Hanselmann, Stéphanie Castandet u. Guillaume Schotte: Digital rebirth of the greatest church of Cluny Major Ecclesia: From optronic surveys to real time use of the digital model, in: Remondino, F. u. S. El-Hakim (Hrsg.): 4th ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2011: »3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures«, Bd. XXXVIII-5/W16, 2011, S. 31–37.
- Lange, Andreas: Save Game. Die Bewahrung komplexer digitaler Artefakte am Beispiel von Computerspielen, in: Günzel, Stephan, Michael Liebe u. Dieter Mersch (Hrsg.): DIGAREC Lectures 2008/09. Vorträge am Zentrum für Computerspielforschung mit Wissenschaftsforum der Deutschen Gamestage. Quo Vadis 2008 und 2009, Potsdam 2009 (= DIGAREC Series, Bd. 2), S. 46–59.
- Langer, Bernhard: Computerdarstellung. Vom Programm zum digitalen Ökosystem, in: Sonne, Wolfgang (Hrsg.): Die Medien der Architektur, Berlin u. a. 2011, S. 157–168.
- Lavender, David, Andrew Wallis, Adrian Bowyer u. Peter Davenport: Solid modelling of Roman bath, in: Science and archaeology, Bd. 32 (1990), S. 15–19.
- Lee, Kaiman: Computer programs in environmental design, 5 Bde., Boston, Massachusetts 1974.
- Lee, Mark J. W., Barney Dalgarno, Sue Gregory u. Belinda Tynan: Introduction, in: Gregory, Sue, Mark J. W. Lee, Barney Dalgarno u. Belinda Tynan (Hrsg.): Learning in Virtual Worlds: Research and Applications, Edmonton 2016, S. xix–xxvii.
- Lengyel, Dominik u. Catherine Toulouse: Darstellung von unscharfem Wissen in der Rekonstruktion historischer Bauten, in: Erfassen, Modellieren, Visualisieren. Von Handaufmaß bis High Tech III: 3D in der historischen Bauforschung (Interdisziplinäres Kolloquium vom 24. bis 27. Februar 2010, TU Cottbus), Darmstadt 2011, S. 182–186.
- Lengyel, Dominik u. Catherine Toulouse: Die Darstellung, in: Schock-Werner, Barbara, Dominik Lengyel u. Catherine Toulouse: Die Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten. Cologne Cathedral and Preceding Buildings, Köln 2011, S. 69–74.
- Lengyel, Dominik u. Catherine Toulouse: Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten. Gestaltung zwischen Architektur und Diagrammatik, in: Boschung, Dietrich u. Julian Jachman (Hrsg.): Diagrammatik der Architektur, Tagungsband. Internationales Kolleg Morphomata der Universität zu Köln, Paderborn 2013, S. 327–352.

- Leonardo da Vinci, Katalog zur Ausstellung in der Hayward Gallery, South Bank Centre, London, 26. Januar bis 16. April 1989, New Haven/London 1989.
- Lepik, Andres: Das Architekturmodell der frühen Renaissance. Die Erfindung eines Mediums, in: Bernd Evers (Hrsg.): Architekturmodelle der Renaissance. Die Harmonie des Bauens von Alberti bis Michelangelo, München/New York 1995, S. 10–20.
- Liebenwein, Wolfgang: Vorwort, in: Frings, Marcus (Hrsg.): Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2), S. 7–8.
- Lightbown, Ronald: Piero della Francesca, New York, London, Paris 1992, S. 120–121.
- Linaza, Maria Teresa, Miriam Juaristi u. Ander Garcia: Reusing Multimedia Content for the Creation of Interactive Experiences in Cultural Institutions, in: Ioannides, Marinos u. Ewald Quak (Hrsg.): 3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap in Digital Heritage Preservation, Bd. 8355, Berlin u. a. 2014 (= Lecture Notes in Computer Science, Bd. 8355), S. 104–118.
- Lindsay, Kenneth C.: Art, art history, and the computer, in: Computer and the Humanities, Bd. 1 (1966), Nr. 2, S. 27–30.
- Loebel, Jens-Martin: Lost in Translation. Leistungsfähigkeit, Einsatz und Grenzen von Emulatoren bei der Langzeitbewahrung digitaler multimedialer Objekte am Beispiel von Computerspielen, Diss. Berlin 2013, Glückstadt 2014.
- Luciani, Roberto: Santa Maria Maggiore e Roma, Rom 1996.
- Lugenheim, Matthias: Die Korrelation von Architekturform und Strukturform im Kuppelbau und deren Einfluß auf die Ingenieurbaukunst – dargestellt am Beispiel der Frauenkirche zu Dresden, Diss. Dresden 2002, Dresden 2002.
- Lutteroth, Jan-Eric: Virtuelle 3D-Rekonstruktion in der Residenzforschung. Ein Blick in die Praxis der Virtuellen Rekonstruktion: Chancen und Hindernisse für ein digitales Promotionsvorhaben am Beispiel der Münchner Residenz, in: Akademie Aktuell, Zeitschrift der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Heft 1 (2015), Nr. 56, S. 36–39.
- Lutz, Bernd: Präsentation von Kulturgütern mittels Virtueller Realität und Augmented Reality, in: Frings, Marcus (Hrsg.): Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2), S. 103–109.
- M**
- Maekelberg, Sanne u. Stefan Boeykens: (Re-) Creating the past: digital historical reconstructions using BIM. Position Statement (Symposium Beyond BIM 2017 in Gent am 21. März 2017), Heverlee 2017, o. S., online abrufbar unter: <http://www.beyondbim.be/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=184>.
- Magirus, Heinrich: Die Dresdner Frauenkirche von George Bähr. Entstehung und Bedeutung, Berlin 2005 (= Denkmäler Deutscher Kunst. Jahrgabe des Deutschen Vereins für Kunstwissenschaft 2004/2005).
- Mahr, Bernd: Modelle und ihre Befragbarkeit. Grundlagen einer allgemeinen Modelltheorie, in: Erwägen Wissen Ethik, Bd. 26 (2015), Nr. 3, S. 329–342.
- Martens, Bob: Räumliche Simulationstechniken in der Architektur, Frankfurt am Main/Berlin/Bern u. a. 1995 (= Europäische Hochschulschriften, Reihe XXXVII. Architektur, Bd. 14).
- Martens, Bob: Über die virtuelle Rekonstruktion von Wiener Synagogen, in: David. Jüdische Kulturzeitschrift, Nr. 50, 2001, S. 14–16.
- Martens, Bob u. Herbert Peter: Virtual Reconstruction of Synagogues. Systematic Main-

- tenance of Modeling Data, in: Connecting the Real and the Virtual – design e-ducation: 20th eCAADe Conference Proceedings, Warsaw University of Technology, 2002, S. 512–517.
- Martens, Bob u. Herbert Peter (Hrsg.): Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtspaziergänge, Wien 2009.
- Martens, Bob u. Herbert Peter (Hrsg.): Die zerstörten Synagogen Wiens. Virtuelle Stadtspaziergänge, Wien 2010.
- Martens, Bob u. Herbert Peter (Hrsg.): The Destroyed Synagogues of Vienna. Virtual city walks, Wien/Berlin 2011.
- Martens, Bob, Matthias Uhl, Wolf-Michael Tschuppik u. Andreas Voigt: Synagogue Neudeggergasse: A Virtual Reconstruction in Vienna, in: Clayton, M. u. G. P. Vasquez de Velasco (Hrsg.): Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture. Proceedings of the 22nd Annual Conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture, Washington D.C., 19. bis 22. Oktober 2000, o. O. 2000, S. 213–218.
- Martens, Pieter (Hrsg.): Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces, München 2016 (= PALATIUM e-Publications, Bd. 2).
- Maver, Thomas W.: Constructing and Reconstructing the City: The Glasgow Experience, in: Proceedings of the 6th Iberoamerican Congress of Digital Graphics SIGraDi in Caracas, Venezuela, Caracás 2002, S. 94–96.
- Mazzola, Guerino: Raffaels verborgene Symmetrien: Die »Schule von Athen« aus der Perspektive der Geometrie, in: Mazzola, Guerino, Detlef Krömker u. Georg Rainer Hofmann (Hrsg.): Rasterbild – Bildraster. Anwendung der Graphischen Datenverarbeitung zur geometrischen Analyse eines Meisterwerks der Renaissance: Raffaels »Schule von Athen«. Ausstellung auf der Mathildenhöhe, Darmstadt 1. Juni bis 24. August 1986, Berlin/Heidelberg/New York u. a. 1987 (= Beiträge zur Graphischen Datenverarbeitung), S. 1–34.
- Mazzola, Guerino: Vorworte der Autoren, in: Mazzola, Guerino, Detlef Krömker u. Georg Rainer Hofmann (Hrsg.): Rasterbild – Bildraster. Anwendung der Graphischen Datenverarbeitung zur geometrischen Analyse eines Meisterwerks der Renaissance: Raffaels »Schule von Athen«. Ausstellung auf der Mathildenhöhe, Darmstadt 1. Juni bis 24. August 1986, Berlin/Heidelberg/New York u. a. 1987 (= Beiträge zur Graphischen Datenverarbeitung), S. xiii–xiv.
- Meckel, Carl Anton: Die Konstruktion der figurierten Gewölbe in der deutschen Spätgotik, in: Architectura. Zeitschrift für Geschichte und Ästhetik der Baukunst, Bd. 1 (1933), S. 107–114.
- Messemer, Heike: Ideal und Realität – Das Straubinger Stadtmodell von Jakob Sandtner von 1568, München 2011 (unveröffentlichte Magisterarbeit).
- Messemer, Heike: Wahrheit und Erfindung – Jakob Sandtners Straubinger Stadtmodell von 1568, in: Jahresbericht des Historischen Vereins für Straubing und Umgebung, Jg. 116 (2014), Straubing 2015, S. 183–214.
- Messemer, Heike: The Beginnings of Digital Visualization of Historical Architecture in the Academic Field, in: Hoppe, Stephan u. Stefan Breitling (Hrsg.): Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media, München 2016 (= PALATIUM e-Publications, Bd. 3), S. 21–54.
- Messemer, Heike: Ideen zu einer Typologie digitaler 3D-Modelle historischer Architektur, in: Bienert, Andreas u. Dorothee Haffner (Hrsg.): Konferenzband EVA 2013 Berlin. Elektronische Medien & Kunst, Kultur, Historie. 6. bis 8. November 2013 in den Staatlichen Museen zu Berlin am Kulturforum Potsdamer Platz, Heidelberg 2016 (= EVA Berlin, Bd. 20), S. 63–72.
- Messemer, Heike: Das digitale Modell historischer Architektur – Seine Ursprünge, Techno-

- logien und Protagonisten, in: Piotr Kuroczyński, Mieke Pfarr-Harfst, Sander Münster (Hrsg.): *Der Modelle Tugend 2.0: Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung*, Heidelberg 2019 (= *Computing in Art and Architecture*, Bd. 2), S. 58–77.
- Miller, Paul und Julian Richards: *The Good, the Bad, and the Downright Misleading: Archaeological Adoption of Computer Visualisation*, in: Huggett, Jeremy u. Nick Ryan (Hrsg.): *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1994. Proceedings of the 22nd CAA conference held at Glasgow University, Glasgow, 3. bis 8. April 1994*, Oxford 1995 (= *BAR International Series 600*), S. 19–22.
- Mitchell, William J.: *Computer-aided architectural design*, New York 1977.
- Mitchell, William J.: *Foreword: The Uses of Photorealism*, in: Novitski, Barbara-Jo (Hrsg.): *Rendering real and imagined buildings. The art of computer modeling from the Palace of Kublai Khan to Le Corbusier's Villas*, Gloucester, Massachusetts 1998, S. 8–12.
- Mohl, Robert: *Cognitive Space in the Interactive Movie Map: An Investigation of Spatial Learning in Virtual Environments*, Diss. Cambridge, Massachusetts 1982, Cambridge, Massachusetts 1982.
- Molinaro, Mary, Dave Pcolar u. Emily Gore: *DPN Final Report*, o. O. 2019, online zugänglich unter: <https://osf.io/3p9jq/>.
- Mommsen, Hans: *Die Pogromnacht und ihre Folgen*, in: Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): *Die Architektur der Synagoge*, Katalog zur Ausstellung im Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988, S. 31–42.
- Montoya, R. Jorge: *Applied Virtual Reality at the Research Triangle Institute*, in: NASA. Johnson Space Center, ISMCR 1994: *Topical Workshop on Virtual Reality. Proceedings of the Fourth International Symposium on Measurement and Control in Robotics*, o. O. 1994, S. 11–18.
- Monumenta Germaniae Historica. Gestorum Pontificum Romanorum*, Bd. 1, *Libri Pontificalis*, Teil 1, München 1898.
- Mühlinghaus, Gerhard W.: *Der Synagogenbau des 17. Und 18. Jahrhunderts*, in: Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): *Die Architektur der Synagoge*, Katalog zur Ausstellung im Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988, S. 115–156.
- Müller, Peter: *Die Frauenkirche in Dresden. Baugeschichte, Vergleiche, Restaurierungen, Zerstörung, Wiederaufbau*, Weimar/Köln/Wien 1994.
- Müller, Werner: *Die Zeichnungsvorlagen für Friedrich Hoffstadts »Gotisches A.B.C.-Buch« und der Nachlaß des Nürnberger Ratsbaumeisters Wolf Jacob Stromer (1561–1614)*, in: Wien, Bundesdenkmalamt Wien u. Institut für Kunstgeschichte der Universität (Hrsg.): *Wiener Jahrbuch für Kunstgeschichte*, Wien, Köln, Weimar 1975, S. 39–54.
- Müller, Werner: *An Application of Generative Aesthetics to German Late Gothic Rib Vaulting*, in: *Leonardo*, Bd. 11 (1978), Nr. 2, S. 107–110.
- Müller, Werner: *Computersimulation spätgotischer Gewölbe. Ein Diskussionsbeitrag zum Thema »CAD als Ende der Baukunst«*, in: *Geschichte des Konstruierens IV. Konzepte SFB 230*, Heft 33, 1990, S. 144–153.
- Müller, Werner: *Grundlagen gotischer Bautechnik. Ars sine scientia nihil*, München 1990.
- Müller, Werner u. Klaus Hänisch: *Die Möglichkeit einer computergesteuerten isometrischen Darstellung von figurierten Gewölben der deutschen Spätgotik*, in: *Das Münster. Zeitschrift für christliche Kunst und Kunstwissenschaft*, Jg. 29 (1976), Heft 4, S. 339–341.
- Müller, Werner u. Norbert Quien: *Computergraphik und Video nach Algorithmen spätgotischer Steinmetzkunst*, in: Gaehtgens, Thomas W. (Hrsg.): *Künstlerischer Austausch. Artistic Exchange. Akten des XXVIII. Internationalen*

- Kongresses für Kunstgeschichte, Berlin, 15. bis 20. Juli 1992, Bd. 3, Berlin 1993, S. 271–282.
- Müller, Werner u. Norbert Quien: Von deutscher Sondergotik. Architekturphotographie – Computergraphik – Deutung, Baden-Baden 1997 (= SAECVLA SPIRITALIA, Bd. 33).
- Müller, Werner u. Norbert Quien: Hammer, Meißel und Computer – Spätgotik im rechten Maß, Katalog zur Ausstellung im Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim, Mannheim 1999.
- Müller, Werner u. Norbert Quien: Spätgotik virtuell. Für und Wider die Simulation historischer Architektur, Weimar 1999.
- Müller, Werner u. Norbert Quien: Erdachte Formen, errechnete Bilder. Deutschlands Raumkunst der Spätgotik in neuer Sicht, Weimar 2000.
- Müller, Werner u. Norbert Quien: Böhmens Barockgotik: Architekturbetrachtung als computergestützte Stilkritik, Weimar 2000.
- Müller, Werner u. Norbert Quien: Virtuelle Steinmetzkunst der österreichischen und böhmisch-sächsischen Spätgotik: die Gewölbeentwürfe des Codex Miniatus 3 der Österreichischen Nationalbibliothek in Wien, Petersberg 2005 (= Studien zur internationalen Architektur- und Kunstgeschichte, Bd. 37).
- Münster, Sander: Entstehungs- und Verwendungskontexte von 3D-CAD-Modellen in den Geschichtswissenschaften, in: Meißner, Klaus u. Martin Engelen (Hrsg.): GeNeMe '11. Gemeinschaften in Neuen Medien, TU Dresden, 07. bis 08. September 2011, Dresden 2011, S. 99–108.
- Münster, Sander: Interdisziplinäre Kooperation bei der Erstellung virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen, Diss. Dresden 2014, Dresden 2014.
- Münster, Sander, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński u. Marinos Ioannides (Hrsg.): 3D Research Challenges in Cultural Heritage II. How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage, Cham 2016 (= Lecture Notes in Computer Science, Bd. 10025).
- Münster, Sander, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński u. Marinos Ioannides (Hrsg.): 3D Research Challenges in Cultural Heritage II. How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage, Cham 2016 (= Lecture Notes in Computer Science, Bd. 10025), S. v–vii.
- Münster, Sander, Wolfgang Hegel u. Cindy Kröber: A Model Classification for Digital 3D Reconstruction in the Context of Humanities Research, in: Münster, Sander, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński u. Marinos Ioannides (Hrsg.): 3D Research Challenges in Cultural Heritage II. How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage, Cham 2016 (= Lecture Notes in Computer Science, Bd. 10025), S. 3–31.
- Murphy, Maurice, Eugene McGovern u. Sara Pavia: Parametric Vector Modelling of Laser and Image Surveys of 17th Century Classical Architecture in Dublin, in: Arnold, David, Franco Niccolucci u. Alan Chalmers (Hrsg.): The 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST (2007), o. O. 2007, o. S., online abrufbar unter: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467.6433&rep=rep1&type=pdf>.
- Murtin, Miriam: REVIEW ONE, DRHA 2006, in: Bentkowska, Anna u. Hazel Gardiner (Hrsg.): CHArt Newsletter Spring 2007.

N

- Naimark, Michael: A 3D Moviemap and a 3D Panorama, in: Fisher, Scott S., John O. Merritt u. Mark T. Bolas (Hrsg.): Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems IV, 11. bis 14. Februar 1997, Bd. 3012, San Jose 1997 (= Proceedings SPIE, Bd. 3012.), o. S., online abruf-

bar unter: <http://www.naimark.net/writing/spie97.html>.

Niccolucci, Franco: Setting Standards for 3D Visualization of Cultural Heritage in Europe and Beyond, in: Bentkowska-Kafel, Anna, Hugh Denard u. Drew Baker (Hrsg.): Paradata and Transparency in Virtual Heritage, Farnham/ Burlington 2012, S. 23–36.

Niccolucci, Franco u. Sorin Hermon: A Fuzzy Logic Approach to Reliability in Archaeological Virtual Reconstruction, in: Niccolucci, Franco u. Sorin Hermon (Hrsg.): 32nd Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference, 13. bis 17. April 2004, Budapest 2005, S. 28–35.

Nierhoff-Wielk, Barbara, Christoph Klütsch u. Petra Lanfermann: Stationen der frühen Computerkunst. Eckdaten einer algorithmischen Wende in der bildenden Kunst (1952–1979), in: Herzogenrath, Wulf u. Barbara Nierhoff-Wielk (Hrsg.): Ex Machina – Frühe Computergrafik bis 1979. Die Sammlung Franke und weitere Stiftungen in der Kunsthalle Bremen. Herbert W. Franke zum 80. Geburtstag, Ausstellung in der Kunsthalle Bremen 2007, München/Berlin 2007, S. 230–291.

Niessner, Georg u. Peter Schilling: Virtuelle Rekonstruktion dreier Synagogen von Max Fleischer in Wien (Diplomarbeit, TU Wien), Wien 2004, insbes. S. 53–83.

Nitschke, Thomas: Lebensreform, neudeutsche Bewegung und völkisches Gedankengut im jungen Hellerau, in: Will, Thomas u. Susanne Jaeger (Hrsg.): Gartenstadt. Geschichte und Zukunftsfähigkeit einer Idee. Beiträge anlässlich des internationalen Kolloquiums »100 Jahre Hellerau – Geschichte und Zukunftsfähigkeit der Gartenstadtidee«, 5. bis 7. Juni 2008, veranstaltet vom Institut für Baugeschichte, Architekturtheorie und Denkmalpflege der Technischen Universität Dresden, Dresden 2012, S. 118–127.

Novitski, Barbara-Jo (Hrsg.): Rendering real and imagined buildings. The art of computer

modeling from the Palace of Kublai Khan to Le Corbusier's Villas, Gloucester, Massachusetts 1998.

O

Ohlgren, Thomas: First International Conference on Automatic Processing of Art History Data and Documents: A Report, in: Computer and the Humanities, Bd. 14 (1980), Nr. 2, S. 113–114.

Oßwald, Achim, Regine Schaffel u. Heike Neuroth: Langzeitarchivierung von Forschungsdaten. Einführende Überlegungen, in: Neuroth, Heike, Stefan Strathmann, Achim Oßwald, Regine Scheffel, Jens Klump, Jens Ludwig (Hrsg.): Langzeitarchivierung von Forschungsdaten. Eine Bestandsaufnahme, Boizenburg/Göttingen 2012, S. 13–21.

Oursel, Raymond: Romanisches Frankreich. 12. Jahrhundert, Paris/Würzburg 1993.

P

Pagliara, Pier Nicola: Der Vatikanische Palast, in: Hochrenaissance im Vatikan. 1503–1534, Katalog zur Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn, 11. Dezember 1998 bis 11. April 1999, Ostfildern-Ruit 1999, S. 207–226.

Parche, Ronny: Virtuelle Kamera. Vergleichende Analyse des virtuellen und des optischen Kameramodells. Ermittlung der abbildungsrelevanten Parameter eines allgemeinen Kameramodells (Diplomarbeit 2008, TU Dresden) 2008, S. 56–57.

Paul, Jürgen: Stadtentwicklung und Architektur, in: Starke, Holger (Hrsg.): Geschichte der Stadt Dresden. Bd. 3. Von der Reichsgründung bis zur Gegenwart, Stuttgart 2006, S. 73–103.

Paulus, Simon: Die Architektur der Synagoge im Mittelalter. Überlieferung und Bestand, Diss. Braunschweig 2005, Petersberg 2007 (= Schriften der Bet Tfila – Forschungsstelle für jüdische Architektur in Europa, Bd. 4).

Paulus, Simon: Köln. Synagoge Glockengasse, in: Cohen-Mushlin, Aliza u. Harmen H. Thies

- (Hrsg.): Synagogenarchitektur in Deutschland. Dokumentation zur Ausstellung »... und Ich Würde Ihnen zu einem Kleinen Heiligtum ...« – Synagogen in Deutschland, Petersberg 2008 (= Schriftenreihe der Bet Tfila – Forschungsstelle für Jüdische Architektur in Europa, Bd. 5), S. 209–211.
- Pause, Peter: Gotische Architekturzeichnungen in Deutschland, Diss. Bonn 1971, Bonn 1973.
- Père, Christian, Jérémie Landrieu u. Juliette Rollier-Hanselmann: Reconstitution virtuelle de l'église abbatiale Cluny III : des fouilles archéologiques aux algorithmes de l'imagerie, in: Vergnieux, R. u. S. Delevoie (Hrsg.): Actes du Colloque Virtual Retrospect 2009, Bordeaux 2010 (= Collection Archéovision, Bd. 4), S. 151–159.
- Petty, Zoé, Jérémie Landrieu, Jean-François Coulais, Christian Père u. Osmond de Ganay: Space and time scaling issues in data management: the virtual restitution of Cluniac heritage, in: Applied Geomatics, Bd. 6 (2012), Nr. 2, S. 71–79.
- Pfarr, Mieke: Dokumentationssystem für Digitale Rekonstruktionen am Beispiel der Grabanlage Zhaoling, Provinz Shaanxi, China, Diss. Darmstadt 2010, Darmstadt 2010.
- Pfarr-Harfst, Mieke u. Marc Grellert: The Reconstruction – Argumentation Method: Proposal for a Minimum Standard of Documentation in the Context of Virtual Reconstructions, in: Ioanides, Marinos, E. Fink, A. Moropoulou, M. Hagedorn-Saupe, A. Fresa, G. Liestol, V. Rajcic, P. Grussmeyer (Hrsg.): Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection. 6th International Conference, EuroMed 2016, 31. Oktober bis 5. November in Nicosia, Zypern (Proceedings Part 1), Heidelberg/Berlin 2016, S. 39–49.
- Pfeifer, Wolfgang et al., Etymologisches Wörterbuch des Deutschen (1993), digitalisierte und von Wolfgang Pfeifer überarbeitete Version im Digitalen Wörterbuch der deutschen Sprache, online abrufbar unter: <https://www.dwds.de>.
- Pieper, Matthias: Computer-Animation. Inhalt, Ästhetik und Potential einer neuen Abbildungs-Technik, Diss. Münster (Westfalen) 1992, Regensburg 1994.
- Pietroni, Eva: Natural interaction in VR environments for cultural heritage: the virtual reconstruction of the Regolini-Galassi tomb in Cerveteri (with an Appendix by M. Sannibale and D. Pletinckx), in: Archeologia e Calcolatori, Bd. 24 (2013), S. 231–247.
- Pletinckx, Daniel, Dirk Callebaut, Ann E. Killebrew u. Neil A. Silberman: Virtual-Reality Heritage Presentation at Ename, in: IEEE MultiMedia, Bd. 7 (2000), Nr. 2, S. 45–48.
- Pletinckx, Daniel: Preservation of Complex Cultural Heritage Objects – a Practical Implementation, in: Delve, Janet, David Anderson, Milena Dobrova, Drew Baker, Clive Billenness, Leo Konstantelos (Hrsg.): Visualisations and Simulations, 2012 (= The Preservation of Complex Objects, Bd. 1), S. 105–109.
- Povoledo, Elisabetta: Uffizi, With Indiana University, Will Digitize Ancient Sculptures, in: The New York Times, 26.05.2016, online abrufbar unter <https://www.nytimes.com/2016/05/27/arts/design/uffizi-with-indiana-university-will-digitize-ancient-sculptures.html>.
- Principles of Seville. International Principles of Virtual Archaeology, o. O. 2011, online abrufbar unter: <http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/FINAL-DRAFT.pdf>.
- Programm zur Ausstellung New Realities – Neue Wirklichkeiten II. Architektur Animationen Installationen, Museum für Gestaltung, Zürich, 27. Januar bis 4. April 1993.
- Prown, Jules David: John Singleton Copley. In America 1738–1774, Cambridge, Massachusetts 1966 (= The Alisa Mellon Bruce Studies in American Art, Bd. 1).

Q

Quéau, Philippe: L'art de toutes les image possibles, in: Blog Metaxu. Le blog de Philippe Quéau, Blogbeitrag vom 21. November 2013 [zitiert am 20.07.2016], online abrufbar unter: <https://metaxu.wordpress.com/2013/11/21/lart-de-toutes-les-images-possibles/>.

Quien, Norbert: Nie gebaut und doch zu sehen. Visualisierung gotischer Architektur durch Parallelrechner, in: DAS MAGAZIN. Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, 3. Jg. (1992), Ausgabe 2, S. 22–23.

Quien, Norbert u. Werner Müller: Ray tracing on transputers and late gothic vaults, Heidelberg 1990 (= Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen der Universität Heidelberg. Preprint 90-04).

Quien, Norbert u. Werner Müller: Gotische Rippengewölbe mit CAD-Hilfe rekonstruiert. Beispiel: Das Ulmer Ölberggewölbe, in: Steinmetz und Bildhauer, (1990), Heft 6, S. 20–22. Quien, Norbert u. Werner Müller: Computergraphik und gotische Architektur, I: Von der Norm zur Form, II: Der Virtuelle Steinmetz, in: Spektrum der Wissenschaft, (1991), Nr. 12, S. 120–133.

Quien, Norbert u. Werner Müller: Der virtuelle Steinmetz: Ein Problem der Denkmalpflege, in: EDV in der Denkmalpflege. Fachtagung 1993, 27. bis 29. Oktober 1993 in der Abtei Brauweiler, Köln 1994 (= Mitteilungen aus dem Rheinischen Amt für Denkmalpflege, Heft 10), S. 118–123.

Quirk, Roger Nathaniel: Winchester Cathedral in the Tenth Century, in: Archaeological Journal, Bd. 114 (1957), S. 28–68.

R

Ratzek, Wolfgang: Schwarze Löcher. Im Sog der Informations- und Wirtschaftsindustrie, Frankfurt am Main 2005 (= DGI-Schrift. Informationswissenschaft, Bd. 5).

Ravelhofer, Barbara: Virtual Theaters, in: Braungart, Georg, Karl Eibl u. Fotis Jannidis (Hrsg.): Jahrbuch für Computerphilologie, Bd. 4, Paderborn 2002, o. S., online abrufbar unter: <http://computerphilologie.digital-humanities.de/jg02/ravelhofer.html>.

Reichling, Norbert: Die Ausstellung »Synagoga« – Annäherungen an das Judentum, in: Steinecke, Harmut u. Iris Nölle-Hornkamp (Hrsg.): Jüdisches Kulturerbe in Westfalen. Spurensuche zu jüdischer Kultur in Vergangenheit und Gegenwart (Symposium in der Akademie Franz Hitze Haus Münster, 19. bis 21. Oktober 2007), Bielefeld 2009 (= Veröffentlichungen der Literaturkommission für Westfalen, Bd. 133), S. 144–175.

Reilly, Paul: Data Visualization in Archaeology, in: IBM Systems Journal, Bd. 28 (1989), S. 569–579.

Reilly, Paul: Towards a virtual archaeology, in: Rahtz, S. u. Lockyear, K. (Hrsg.): CAA90. Computer Applications and Quantitive Methods in Archaeology, Oxford 1991, S. 132–139.

Reilly, Paul: Three-dimensional modelling and primary archaeological data, in: Reilly, Paul u. Paul Rahtz (Hrsg.): Archaeology and the information age. A global perspective, London u. a. 1992, S. 147–173.

Reilly, Paul: Access to Insights: stimulating archaeological visualisation in the 1990s, in: Márton, Erzsébet (Hrsg.): The Future of Our Past '93-'95. International Conference of Informatics, Budapest 1996, S. 38–51.

Reilly, Paul u. Sebastian Rahtz (Hrsg.): Archaeology and the information age. A global perspective, London u. a. 1992.

Reilly, Paul, Stephen Todd u. Andy Walter: Recovering the Digital Old Minster of Winchester, 2015 (unveröffentlichter Textentwurf für die Konferenz Virtual Heritage Network Ireland am 20. bis 21. November 2015 in Maynooth, Irland).

- Reilly, Paul, Stephen Todd u. Andy Walter: Rediscovering and modernising the digital Old Minster of Winchester, in: *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, Bd. 3, Nr. 2, 2016, S. 33–41.
- Reilly, Paul u. Felix Weber: Computer-Reisen in die Vergangenheit, in: *Die Weltwoche*, Nr. 43, 24. Oktober 1991, 1991, S. 53 u. S. 55.
- Reitzenstein, Alexander von: Die alte bairische Stadt in den Modellen des Drechslermeisters Jakob Sandtner, gefertigt in den Jahren 1568 – 1574 im Auftrag Herzog Albrechts V. von Bayern, München 1967.
- Remondino, Fabio, Sabry El-Hakim, S. Girardi, A. Rizzi, S. Benedetti u. Lorenzo Gonzo: 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures – the »3D-ARCH« Project, in: Remondino, Fabio, Sabry El-Hakim u. Lorenzo Gonzo (Hrsg.): *3D-ARCH 2009. 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*. 25. bis 28. Februar 2009 in Trient. ISPRS Archives – Volume XXXVIII-5/W1, 2009, o. S., online abrufbar unter: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/5-W1/pdf/remondino_etal.pdf.
- Riedel, Alexandra, Katja Heine u. Frank Henze (Hrsg.): *Von Handaufmaß bis High Tech II. Modellieren, Strukturieren, Präsentieren. Informationssysteme in der historischen Bauforschung. Interdisziplinäres Kolloquium vom 23. bis 26. Februar 2005*, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Darmstadt 2011.
- Rinehart, Michael: Classification and Computer Technology, in: Fillitz, Hermann u. Martina Pippal (Hrsg.): *Akten des XXV. Internationalen Kongresses für Kunstgeschichte*. Wien, 4. bis 10. September 1983. Probleme und Methoden der Klassifizierung, Bd. 3, Wien/ Köln/Graz 1985, S. 67–69.
- Ristow, Sebastian: Die frühen Kirchen unter dem Kölner Dom. Befunde und Funde vom 4. Jahrhundert bis zur Bauzeit des Alten Domes, Köln 2002 (= *Studien zum Kölner Dom*, Bd. 9).
- Ristow, Sebastian: Spätantike Kirchen unter dem Kölner Dom? Ergebnisse der Grabungen und die Frage nach der ersten Kölner Bischofskirche, in: Ristow, Sebastian (Hrsg.): *Neue Forschungen zu den Anfängen des Christentums im Rheinland, Münster, Westfalen 2004* (= *Jahrbuch für Antike und Christentum. Ergänzungsband. Kleine Reihe*, Bd. 122), S. 93–122.
- Rollier-Hanselmann, Juliette: Reconstitution des portails de Cluny III: des fouilles de Conant à l'imagerie virtuelle en 3D, in: *Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre | BUCEMA [En ligne]*, (2009) Nr. 13, online abrufbar unter: <http://cem.revues.org/11058>.
- Ronchi, Alfredo M.: *eCulture: Cultural Content in the Digital Age*, Berlin, Heidelberg 2009.
- Rosenblum, Lawrence J., Rae A. Earnshaw, José L. Encarnação, Hans Hagen, Arie E. Kaufman, Stanislav V. Klimenko, Gregory M. Nielson, Frits H. Post u. Daniel Thalmann (Hrsg.): *Scientific Visualization. Advances and Challenges*, London/San Diego 1994.
- Ross, Douglas T.: *Computer-Aided Design: A Statement of Objectives*, MIT Project 8436, Technical Report, 04. September 1960, 1960, PDF online abrufbar unter: <http://images.designworldonline.com.s3.amazonaws.com/CADhistory/8436-TM-4.pdf>.
- Ross, Douglas T.: *Computer-Aided Design*, in: *Communications of the ACM*, Bd. 4, Nr. 5, 1961, S. 235.
- Ross, Seamus, Martin Donnelly u. Milena Dobreva (Hrsg.): *New Technologies For the Cultural and Scientific Heritage Sector. DIGICULT Technology Watch Report*, o. O. 2003.
- Roth, Scott D.: Ray Casting for Modeling Solids, in: *Computer Graphics and Image Processing*, Bd. 18 (1982), Nr. 2, S. 109–144.
- Rothenberg, Jeff: Ensuring the longevity of digital documents, in: *Scientific American*, Bd. 272 (1995), Nr. 1, S. 42–47.

- Rothenberg, Jeff: *Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation. A Report to the Council on Library and Information Resources*, Washington 1999.
- Runkel, Wolfram: *Das Wunder von Dresden. Die Frauenkirche feiert Auferstehung als Computermodell und Bauprojekt*, in: *Zeit-Magazin*, 11. März 1994, S. 14–24.
- Ryan, Nick: *Computer Based Visualisation of the Past: Technical »Realism« and Historical Credibility*, in: Higgins, Tony (Hrsg.): *Imaging the Past. Electronic Imaging and Computer Graphics in Museums and Archaeology*, London 1996 (= *Occasional paper / British Museum*, Bd. 114), S. 95–108.
- S**
- Saggio, Antonio: *Object Based Modeling and Concept-Testing: A Framework for Studio Teaching*, in: *Computer Supported Design in Architecture. Mission – Method – Madness. ACADIA Conference Proceedings*, 1992, S. 49–64.
- Saltz, David Z.: *Performing Arts*, in: Schreibman, Susan, Ray Siemens u. John Unsworth (Hrsg.): *A Companion to Digital Humanities*, Oxford 2004, S. 121–131.
- Sanders, Donald H.: *More than Pretty Pictures of the Past: An American Perspective on Virtual Heritage*, in: Bentkowska-Kafel, Anna, Hugh Denard u. Drew Baker (Hrsg.): *Paradata and Transparency in Virtual Heritage*, Farnham/ Burlington 2012, S. 37–56.
- Sass, Lawrence: *Reconstructing Palladio's Villas: An Analysis of Palladio's Villa Design and Construction Process*, Diss. Cambridge, Massachusetts 2000, Cambridge, Massachusetts 2000.
- Sassmannshausen, Volker: *Architektur und Simulation. Animation als manipulierbares Darstellungswerkzeug in der Architektur*. Diss. Berlin 1998, Berlin 1998.
- Sätzler, Kurt: *Cluny. Architektur als Vision (Buchbesprechung)*, in: *Spektrum der Wissenschaft* (1996), Nr. 5, S. 130.
- Sauerländer, Willibald (Hrsg.): *Die Münchner Kunstammer*, Bd. 3, München 2008, (= *Bayrische Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-Historische Klasse, neue Folge, Heft 129*).
- Schäfer, Karl: *Das Baumeisterbuch des Wolf Jakob Stromer*, in: *Mitteilungen aus dem Germanischen Nationalmuseum*, Nürnberg 1897, S. 124–127.
- Schewe, Jeff: *10 Years of Photoshop. The Birth of a Killer Application*, in: *PEI Magazine*, Februar, 2000, S. 1–10.
- Schmitt, Gerhard (Hrsg.): *Architectura et Machina. Computer Aided Architectural Design und virtuelle Architektur*, Braunschweig/Wiesbaden 1993, S. 128–131.
- Schock-Werner, Barbara: *51. Dombaubericht. Von Oktober 2009 bis September 2010*, in: Schock-Werner, Barbara u. Klaus Hardering (Hrsg.): *Kölner Domblatt. Jahrbuch des Zentral-Dombau-Vereins*, 75. Folge, Köln 2010, S. 8–65.
- Schock-Werner, Barbara, Dominik Lengyel u. Catherine Toulouse: *Die Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten. Cologne Cathedral and Preceding Buildings*, Köln 2011.
- Schoeller, Walter: *Bauhaus – Mythos und Verlust*, in: *Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet CAD in der Architektur: Bauhaus Avantgarde der 20er Jahre. Architektur als Vision. CAD-Simulationen von Entwürfen und nicht gebauten bzw. nicht mehr existierenden Projekten der beginnenden Moderne*, Heidelberg 1994, S. 7–8.
- Schulz van Treeck, Martin: *Möglichkeiten der Darstellung und Abklärung architektonischer Projekte*, in: *DETAIL. Zeitschrift für Architektur + Baudetail + Einrichtung*, (1974), Nr. 4, S. 635–642.
- Schumann, Natascha: *Nestor – The German Network of Expertise in Digital Long-Term Preservation*, in: Ioannides, Marinos, Alonzo Addison, Andreas Georgopoulos u. Loukas Kalisperis (Hrsg.): *Digital Heritage. Procee-*

- dings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia am 20. bis 25. Oktober 2008 in Limassol, Zypern, Budapest 2008, S. 129–131.
- Schwartz, Lillian F.: The Staging of Leonardo's »Last Supper: A Computer-Based Exploration of Its Perspective, in: Leonardo. Supplemental Issue (Electronic Art), Bd. 1 (1988) S. 89–96.
- Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): Die Architektur der Synagoge, Katalog zur Ausstellung im Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988.
- Schwarz, Hans-Peter: Die Architektur der Synagoge in Deutschland. Zur Rekonstruktion einer (fast) verschollenen Architektur, in: Schwarz, Hans-Peter (Hrsg.): Die Architektur der Synagoge, Katalog zur Ausstellung in Deutschen Architekturmuseum, Frankfurt a. M., Stuttgart 1988, S. 11–30.
- Seebohm, Thomas: A Possible Palladian Villa, in: Reality and Virtual Reality. ACADIA Conference Proceedings, Los Angeles 1991, S. 135–166.
- Seelig, Lorenz: Die Münchner Kunstammer, in: Sauerländer, Willibald (Hrsg.): Die Münchner Kunstammer, Bd. 1, Katalog Teil 1, München 2008, (= Bayerische Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-Historische Klasse, neue Folge, Heft 129), S. 1–114.
- Sirbu, Daniela: Digital Exploration of Past Design Concepts in Architecture, in: Bailey, Chris u. Hazel Gardiner (Hrsg.): Revisualizing Visual Culture, Farnham/Burlington 2010, (= Digital Research in the Arts and Humanities), S. 61–82.
- Spur, Günter u. Frank-Lothar Krause: CAD-Technik. Lehr- und Arbeitsbuch für die Rechnerunterstützung in Konstruktion und Arbeitsplanung, München u. a. 1984.
- Stalley, Roger A.: Early medieval architecture, Oxford 1999.
- Stanney, Kay M., Kelly S. Hale u. Michael Zyda: Virtual Environments in the Twenty-First Century, in: Hale, Kelly S., Kay M. Stanney u. David R. Badcock (Hrsg.): Handbook of Virtual Environments. Design, Implementation, and Applications, Boca Raton/London/New York 2014, S. 3–22.
- Stärk, Kathrin: Die Visualisierung der »Stadtplanung von Ludovico Gonzaga in Mantua«, in: Frings, Marcus (Hrsg.): Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2), S. 129–132.
- Steadman, Philip: Modelling Leonardo's Ideas by Computer, in: Leonardo da Vinci, Katalog zur Ausstellung in der Hayward Gallery, South Bank Centre, London, 26. Januar bis 16. April 1989, New Haven/London 1989, S. 209–217.
- Steadman, Philip: Leonardo and the computer, in: Management Topics. IBM, (1989), Nr. 34 (Februar), S. 12–15.
- Steele, James: Architektur und Computer. Planung und Konstruktion im digitalen Zeitalter, München 2001.
- Steenson, Molly Wright: Nicholas Negro Ponte, Leon Groisser, Jerome Wiesner. The Architecture Machine Group and The Media Lab at Massachusetts Institute of Technology MIT. 1967–1985, in: Webseite des Projekts Radical Pedagogies: Action-Reaction-Interaction at the 14th Venice Biennale of Architecture der Princeton University, online abrufbar unter: <https://radical-pedagogies.com/search-cases/a13-architecture-machine-group-media-lab-massachusetts-institute-technology-mit/>.
- Steffen, Markus: Messen Visualisieren Rekonstruieren – Zu den Möglichkeiten moderner 3D-Dokumentation, in: Blickpunkt Archäologie, Bd. 2 (2016) S. 99–104.
- Steinerne Glocke. Der Wiederaufbau der Dresdner Frauenkirche nur mit Spenden wird kaum gelingen, in: Der Spiegel, Nr. 41, 11.10.1993, 1993, online abrufbar auf der

Webseite von Der Spiegel: <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-13692380.html>.

Steinerne Glocke im Computer bereits restauriert, in: Computerwoche, 07.01.1994, 1994, online abrufbar im Archiv der Webseite der Computerwoche: <http://www.cowo.de/a/1119000>.

Stenvert, Ronald: Constructing the Past: Computer-Assisted Architectural-Historical Research. The application of image-processing using the computer and Computer-Aided Design for the study of the urban environment, illustrated by the use of treatises in seventeenth-century architecture, Diss. o. O. 1991.

Stone, Robert J. u. Frank P. Hannigan: Applications of Virtual Environments. An Overview, in: Hale, Kelly S., Kay M. Stanney u. David R. Badcock (Hrsg.): Handbook of Virtual Environments. Design, Implementation, and Applications, Boca Raton/London/New York 2014, S. 883–957.

Stricker, Didier, Christian Knöpfe, Bernd Lutz: Dom von Siena. VR-Technologien zur immersiven Wissensvermittlung im Bereich komplexer, kultureller Erbgüter, in: online abrufbar auf der Webseite von netzspannung.org unter: <http://netzspannung.org/database/115525/de> [zuletzt aktualisiert am 28.11.2003].

Stromer, Wolfgang von: Ein Lehrwerk der Urbanistik der Spätrenaissance. Die Baumeisterbücher des Wolf-Jacob Stromer 1561–1614, Ratsbaumeister zu Nürnberg, in: Buck, August u. Bodo Guthmüller (Hrsg.): Die italienische Stadt der Renaissance im Spannungsfeld von Utopie und Wirklichkeit. Kolloquium im Deutschen Studienzentrum in Venedig, 27. bis 29. September 1982, Venedig 1984, S. 71–115 (= Centro Tedesco di Studi Veneziani. Quaderni, Bd. 27).

Sunderland, John: Second International Conference on Automatic Processing of Art History Data and Documents, Pisa, in: The

International Journal of Museum Management and Curatorship, (1985), Nr. 4, S. 53–55.

Surowiecki, James: The Wisdom of Crowds. Why the Many Are Smarter Than the Few, London 2005.

Sutherland, Ivan Edward: Sketchpad: A man-machine graphical communication system (Dissertation 1963, MIT, Massachusetts), Kommentierte Neuauflage, Cambridge 2003.

Synagogen in Berlin. Zur Geschichte einer zerstörten Architektur, Katalog zur Ausstellung im Berlin Museum, 26. Januar bis 20. März 1983, 2 Bde., Berlin 1983.

Synagogen in Deutschland – Eine Virtuelle Rekonstruktion, Katalog zur Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, 17. Mai bis 16. Juli 2000, Bonn 2000.

Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion, Katalog zur Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, 17. Mai bis 16. Juli 2000, Darmstadt u. a. 2004.

Syson, Luke u. Larry Keith (Hrsg.): Leonardo da Vinci. Painter at the Court of Milan, Katalog zur Ausstellung in The National Gallery, London, 9. November 2011 bis 5. Februar 2012, London 2011.

T

Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet CAD in der Architektur: Bauhaus Avantgarde der 20er Jahre. Architektur als Vision. CAD-Simulationen von Entwürfen und nicht gebauten bzw. nicht mehr existierenden Projekten der beginnenden Moderne, Heidelberg 1994.

THEATRON Final Report. September 2009, 2009, online abrufbar unter: http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/fileadmin/templates/main/THEATRON_Final_Report.pdf.

The Benedictine abbey of Ename, 22.12.2013, in: Visualisation of the Benedictine abbey of Ename. How a bunch of stones becomes an

intriguing story: <https://enameabbey.wordpress.com/2013/12/>.

Thies, Harmen H.: Einleitung und Dank, in: Cohen-Mushlin, Aliza u. Harmen H. Thies (Hrsg.): Synagogenarchitektur in Deutschland. Dokumentation zur Ausstellung »... und Ich Wurde Ihnen zu einem Kleinen Heiligtum ...« – Synagogen in Deutschland, Petersberg 2008 (= Schriftenreihe der Bet Tfila – Forschungsstelle für Jüdische Architektur in Europa, Bd. 5), S. 9–14.

Thies, Harmen H.: Zur Einführung, in: Cohen-Mushlin, Aliza u. Harmen H. Thies (Hrsg.): Synagogenarchitektur in Deutschland. Dokumentation zur Ausstellung »... und Ich Wurde Ihnen zu einem Kleinen Heiligtum ...« – Synagogen in Deutschland, Petersberg 2008 (= Schriftenreihe der Bet Tfila – Forschungsstelle für Jüdische Architektur in Europa, Bd. 5), S. 15–20.

Trauer um Manfred Koob, in: Frankfurter Rundschau, 12.05.2011, online-Ausgabe: <https://www.fr.de/rhein-main/darmstadt/trauer-manfred-koob-11431497.html>.

Twycross, Meg: Commentary, in: Coppock, John Terence (Hrsg.): Information Technology and Scholarship. Applications in the Humanities and Social Sciences, Oxford 1999, S. 153–154.

V

Vaughan, William: Paintings by Number: Art History and the Digital Image, in: Hamber, Anthony, Jean Miles u. William Vaughan (Hrsg.): Computers and the History of Art, London/New York 1989, S. 74–97.

Verfahren und Vorgehensweisen (zum Referat von Wolfram Jäger), in: Wenzel, Fritz (Hrsg.): Berichte vom Wiederaufbau der Frauenkirche zu Dresden, Karlsruhe 2007, S. 18–24.

Verona Charter on the Use of Ancient Places of Performance, in: The Council of Europe and cultural heritage 1954–2000. Intergovernmental work: basic texts, Strasbourg 2001, S. 330–337.

Verstegen, Ute: Vom Mehrwert digitaler Simulationen dreidimensionaler Bauten und Objekte in der architekturgeschichtlichen Forschung und Lehre, in: XXIX. Deutscher Kunsthistorikertag an der Universität Regensburg, 14. bis 18. März 2007. Tagungsband, Bonn 2007, S. 175–177.

Virtual Museums Transnational Network, Proposal Part B, 2009, online abrufbar unter: https://web.archive.org/web/20160507105704/http://www.v-must.net/sites/default/files/V-Must_introduction_0.pdf.

Virtual Reconstruction, 09.06.2014, in: Visualisation of the Benedictine abbey of Ename. How a bunch of stones becomes an intriguing story: <https://enameabbey.wordpress.com/2014/06/>.

Virtueller Spaziergang durch die Frauenkirche, Pressemitteilung von Dassault Systemes vom 24.10.2005, online abrufbar unter: <https://www.3ds.com/de/pressemitteilungen/einzel/virtueller-spaziergang-durch-die-frauenkirche>.

Visconti, Manuel: Introduzione, in: Andaloro, Maria (Hrsg.): La pittura medievale a Roma 312–1431. Atlante percorsi visivi, Bd. 1 (Suburbio, Vaticano, Rione Monti), Viterbo/Mailand 2006, S. 14–15.

Vlahakis, Vassilios, Nikolaos Ioannidis, John Karigiannis, Manolis Tsotros, Michael Gounaris, Didier Stricker, Tim Gleue, Patrick Daehne, Luís Almeida: An Augmented Reality Guide for Archaeological Sites, in: IEEE Computer Graphics and Applications, Bd. 22 (2002), Nr. 5, S. 52–60.

V-MUST.NET: How museums will look in the future, in: Cordis, online abrufbar unter: <https://cordis.europa.eu/article/id/148258-vmustnet-how-museums-will-look-in-the-future/en> [erstellt am 23.09.2014].

Vornberger, Oliver u. Olaf Müller: Computergrafik. Vorlesung gehalten im SS 2000, Fachbereich Mathematik/Informatik, Universität Osnabrück.

brück, Osnabrück 2000: http://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/~cg/2000/skript/17_2_1_z_Buffer_Algorithmus.html.

Vorschläge zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Denkschrift. Empfehlungen der Kommission »Selbstkontrolle in der Wissenschaft«, Weinheim 2013.

W

Wangerin, Gerda u. Gerhard Weiss (Hrsg.): Heinrich Tessenow. Ein Baumeister. 1876–1950. Leben – Lehre – Werk, Essen 1976.

Waßenhoven, Dominik: 1066. Englands Eroberung durch die Normannen, München 2016.

Webster, Leslie: Anglo-Saxon England AD 400–1100, in: Longworth, Ian u. John Cherry (Hrsg.): Archaeology in Britain since 1945. New directions, London 1986, S. 119–159.

Weferling, Ulrich, Katja Heine u. Ulrike Wulf (Hrsg.): Von Handaufmaß bis High Tech I. Messen, Modellieren, Darstellen. Aufnahmeverfahren in der historischen Bauforschung. Interdisziplinäres Kolloquium vom 23. bis 26. Februar 2000, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Mainz am Rhein 2001.

Wendland, David: Research on »cell vaults«: analytic and experimental studies on the technology of late-gothic vault construction, in: Journal of Heritage Conservation, Bd. 32 (2012), S. 127–132.

Weyres, Willy: Der karolingische Dom zu Köln, in: Doppelfeld, Otto, Willy Weyres u. Hansgerd Hellenkemper (Hrsg.): Die Ausgrabungen im Dom zu Köln, Mainz 1980 (= Kölner Forschungen, Bd. 1), S. 416–453.

Weyres, Willy: Die vorgotischen Bischofskirchen in Köln, Köln 1987.

Wiemer, Wolfgang: Die Geometrie des Ebracher Kirchenplans – Ergebnisse einer Computeranalyse, in: Kunstchronik, (1982), Nr. 35, S. 422–443.

Wilcock, John: A description of the display software for Stafford Castle Visitor Centre, UK, Leiden 1996 (= Interfacing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology CAA95 Vol. II, 28), S. 401–414.

Willis, Robert: Proceedings at the Annual Meeting of the Archaeological Institute of Great Britain and Ireland, at Winchester, September 1845, in: Willis, Robert: Architectural history of some English cathedrals. A collection in 2 parts of papers delivered during the years 1842 – 1863, Chicheley 1972, S. 1–81.

Wittur, Joyce: Darf es noch ein bisschen mehr sein. Anwendungsmöglichkeiten und Ethik computergenerierter Visualisierungen jenseits des animierten Museums-Films, in: Mitteilungen der deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit. Befund und Rekonstruktion, Bd. 22 (2010) S. 157–166.

Wittur, Joyce: Computer-Generated 3D-Visualisations in Archaeology. Between added value and deception, Diss. Heidelberg 2011, Oxford 2013 (= BAR International Series 2463).

Wolff, Arnold: S. Johannis in Curia. Die erzbischöfliche Pfalzkapelle auf der Südseite des Kölner Domes und ihre Nachfolgebauten, in: Doppelfeld, Otto, Willy Weyres u. Hansgerd Hellenkemper (Hrsg.): Die Ausgrabungen im Dom zu Köln, Mainz 1980 (= Kölner Forschungen, Bd. 1), S. 614–662.

Wolff, Arnold (Hrsg.): Der gotische Dom in Köln, Köln 1986.

Wolff, Arnold (Hrsg.): Die Domgrabung Köln. Altertum – Frühmittelalter – Mittelalter. Kolloquium zur Baugeschichte und Archäologie, 14. bis 17. März 1984 in Köln. Vorträge und Diskussionen, Köln 1996 (= Studien zum Kölner Dom, Bd. 2).

Woodward, John: Reconstructing History with Computer Graphics, in: IEEE Computer Graphics and Applications, Bd. 11 (1991), Nr. 1, S. 18–20.

Z

Zeilig, Martin: Synagogues in Germany: A Virtual Reconstruction, in: *The Jewish Post & News*, 15. Februar 2017, 2017, S. 6–7.

Zumsteg, Martin: Technische Aspekte des Projektes Serlio, in: Frings, Marcus (Hrsg.): *Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte, Weimar 2001 (= Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit, Bd. 2)*, S. 123–128.

Publiziert in: Messemer, Heike,
Digitale 3D-Modelle historischer
Architektur. Entwicklung, Potentiale und
Analyse eines neuen Bildmediums aus
kunsthistorischer Perspektive.
Heidelberg: arthistoricum.net ART-Books,
2020 (Computing in Art and Architecture,
Band 3). DOI: [https://doi.org/10.11588/
arthistoricum.516](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516)

Abbildungsnachweis

Alle Webseiten wurden am
26.10.2019 abgerufen.

Zu Kapitel 2 Die 1960er- und 1970er- Jahre – Ursprünge

Abb. 1 Franke 1971, S. 55, Abb. 46.

Abb. 2 Copyright Computer Laboratory,
University of Cambridge. Reproduced by
permission.

Abb. 3 Mitchell 1977, S. 93, Abb. 3.11.

Abb. 4 Franke 1971, S. 04, Abb. 90.

Abb. 5 Schulz van Treeck 19974, S. 637,
Abb. 2–3, S. 639, Abb. 15–16.

Abb. 6 Fotograf: Robert Mohl.

Zu Kapitel 3.1 Frühe Initiativen – Vom Präsentationsmedium zum Forschungs- werkzeug

Abb. 7 Woodwark 1991, S. 18, Abb. 1 u. Abb. 2.

Abb. 8 Woodwark 1991, S. 19, Abb. 3.

Abb. 9 Reilly 1992, Abb. 12.1.

Abb. 10 Copyright Paul Reilly.

Abb. 11 Golder 1984, S. 133, Taf. IV.

Abb. 12 Golder 1984, S. 147–149, Abb. 4–6.

Abb. 13 links: Borsi/Borsi 1993, S. 160;
rechts: Titelblatt der Zeitschrift *Computer
Aided Geometric Design*, online zugänglich

über Webseite der Zeitschrift über Science-
Direct: [https://www.sciencedirect.com/
journal/computer-aided-geometric-design](https://www.sciencedirect.com/journal/computer-aided-geometric-design).

Abb. 14 oben: Foto zusammengesetzt von
vatican.va, gemeinfrei, online abrufbar auf
Wikimedia Commons: [https://commons.
wikimedia.org/wiki/File:%22The_School_of_
Athens%22_by_Raffaello_Sanzio_da_Urbino.
jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%22The_School_of_Athens%22_by_Raffaello_Sanzio_da_Urbino.jpg?uselang=de); Mitte: Mazzola/Krömker/
Hofmann 1987, S. 67, Abb. 2; unten: Mazzola/
Krömker/Hofmann 1987, S. 46, Abb. 7.

Abb. 15 Mazzola/Krömker/Hofmann 1987,
S. 78, Abb. 20a u. Abb. 20b, S. 79, Abb. 21.

Abb. 16 Leonardo da Vinci 1989, S. 212,
Abb. 44.

Abb. 17 Steadman 1989 (Leonardo and the
computer), S. 13, Abb. unten rechts.

Abb. 18 Steadman 1989 (Leonardo and the
computer), S. 13, Abb. unten links.

Abb. 19 Schwartz 1988, S. 92, Abb. 4 u. S. 93,
Abb. 5 (Copyright Lilyan Prod. Inc.).

Abb. 20 Schwartz 1988, S. 90, Abb. 2 u. S. 91,
Abb. 3 (Copyright Lilyan Prod. Inc.).

Abb. 21 und Abb. 22 Lillian Schwartz, Video
THE STAGING OF THE ›LAST SUPPER‹
(7:05 Min.), online zugänglich auf der Webseite
von Lillian Schwartz: [http://lillian.com/
art-analysis/](http://lillian.com/art-analysis/).

Abb. 23 Webseite des Künstlers Jeffrey Shaw:
[http://www.jeffrey-shaw.net/
images/083_001.jpg](http://www.jeffrey-shaw.net/images/083_001.jpg).

Abb. 24 Patricia Alkhoven.

Zu Kapitel 3.2 Old Minster, Winchester, (IBM UK Scientific Centre, 1984–1986)

Abb. 25 links: Kjølbye-Biddle 1993, S. 19, Abb. 2.6 (Fotografie: John Crook); rechts: Colin Babb / Cathedral Precinct – Winchester / CC BY-SA 2.0, 2008, online abrufbar auf [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cathedral_Precinct_-_Winchester_-_geograph.org.uk_-_921616.jpg) unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cathedral_Precinct_-_Winchester_-_geograph.org.uk_-_921616.jpg.

Abb. 26 Kjølbye-Biddle 1993, S. 14, Abb. 2.1 (Zeichnung: Winchester Research Group, Simon Hayfield).

Abb. 27 Biddle 1986, S. 20–21, Abb. 12 (Martin Biddle).

Abb. 28 Biddle 1986, S. 24, Abb. 14 (Martin Biddle).

Abb. 29 Webster 1986, S. 153, Abb. 80 (Zeichnung: Simon James).

Abb. 30 Erster Minster Movie, IBM UKSC, 1984–1985, publiziert unter »Supplementary material Exhibit 1: MPEG animation of first Old Minster, Winchester (captured from VHS copy of U-matic video tape c. 1984« in: Reilly/Todd/Walter 2016, online zugänglich über das Online-Journal Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (DAACH) über ScienceDirect unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054816300145>.

Abb. 31 Von Paul Reilly zur Verfügung gestellt.

Abb. 32 bis Abb. 42 wie Abb. 30.

Abb. 43 bis Abb. 44 Zweiter Minster Movie, IBM UKSC, 1986, publiziert unter »Supplementary material Exhibit 2: Remastered MPEG animation of second Old Minster, Winchester developed for British Museum's Archaeology in Britain: new views of the past exhibition, 1986« in: Reilly/Todd/Walter 2016, online zugänglich über das Online-Journal (DAACH) über ScienceDirect unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054816300145>.

Abb. 45 links: wie Abb. 30.

Abb. 45 rechts bis Abb. 51: wie Abb. 43.

Abb. 52 Reilly/Todd/Walter 2016, S. 35, Abb. 2 (IBM UKSC, 1984–1986).

Abb. 53 Reilly 1992, Abb. 12.3 u. 12.5 (IBM UKSC, 1986).

Abb. 54 oben links: Biddle 1986, S. 24, Abb. 14 (Martin Biddle); oben rechts: wie Abb. 30; unten: wie Abb. 43.

Abb. 55 links: Biddle 1981, Abb. S. 167 (Zeichnung: Simon Hayfield, Copyright © Winchester Excavations Committee); rechts: wie Abb. 43.

Abb. 56 oben: Biddle 1986, S. 20–21, Abb. 12 (Martin Biddle); unten links: wie Abb. 43; unten rechts: Kjølbye-Biddle 1986, S. 186, Abb. 135 (Birthe Kjølbye-Biddle).

Abb. 57 links: Kjølbye-Biddle 1993, S. 19, Abb. 2.6 (Birthe Kjølbye-Biddle); rechts: wie Abb. 43.

Abb. 58 oben links: Webster 1986, S. 153, Abb. 80, (Zeichnung: Simon James); oben rechts: wie Abb. 43; unten: wie Abb. 30.

Zu Kapitel 3.3 Cluny III (asb baudat, 1989)

Abb. 59 Conant 1987, S. 199, Abb. 148 (Zeichnung: Kenneth John Conant).

Abb. 60 Conant 1987, S. 194, Abb. 142 (Zeichnung: Kenneth John Conant).

Abb. 61 links: Fotograf TL, unter Lizenz Public Domain, online abrufbar auf [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clocher_abbaye_cluny_2.JPG) unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Clocher_abbaye_cluny_2.JPG; rechts: Fotograf en:User:Baku, unter Lizenz Public Domain, online abrufbar auf [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cluny_2005.jpg) unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cluny_2005.jpg.

Abb. 62 Conant 1968, Abb. 64 u. Abb. 66 (Fotografien: Combier).

Abb. 63 Conant 1968, Abb. 77, Abb. 80 u. Abb. 81 (Fotografien: G. Arens).

Abb. 64 Dépôt MAP/CRMH © David Bordes, online abrufbar auf der Webseite von Cité de l'architecture et du patrimoine unter: <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/article/maquettes-historiques>.

Abb. 65 Fotograf: Hannes 72, 15. August 2003, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Modell_Cluny.jpg.

Abb. 66 Fotograf: Adrian Michael, Juli 2010, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, online abrufbar unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abbaye_Cluny_Modell.jpg?use-lang=de.

Abb. 67 Conant 1987, S. 198, Abb. 147.

Abb. 68 Koob 1993, S. 82 (3D-Modell: asb baudat).

Abb. 69 bis Abb. 75 Dokumentation **Auf den Spuren der Salier. Nomaden auf dem Kaiserthron**, SWF, 1991.

Abb. 76 links: Conant 1968, Abb. 31 (Radierung: Pierre-Laurent Auvray); rechts: Conant 1968, Abb. 82 (Zeichnung: T. C. Bannister u. Kenneth John Conant).

Abb. 77 Koob 1993, S. 100 (3D-Modell: asb baudat).

Abb. 78 Dokumentation **3D Dokumentation. Cluny III**, SWF-Produktion Computer & Schule, Folge 10, 1991.

Abb. 79 bis Abb. 81 Video **Extrait Mémoire de pierres** (3:45 Min.), seit 10.06.2009 auf dem Portal **dailymotion** im Kanal **Cluny Numérique** online abrufbar: <https://www.dailymotion.com/video/x9jnwj?playlist=xzf11>.

Abb. 82 links: Film **Abbaye de Cluny – Déméasure de la Maior Ecclesia**, realisiert von J. M. Sanchez, on-situ, online abrufbar auf der Website **Galerie Numérique. Abbaye de Cluny**: <https://galerie-numerique.org/dispositif/abbaye-de-cluny>; rechts: Rendering, online abrufbar auf der Website **Galerie Numérique**.

Abbaye de Cluny: <https://galerie-numerique.org/dispositif/abbaye-de-cluny>.

Abb. 83 Fotografie, online abrufbar auf der Website **Galerie Numérique. Abbaye de Cluny**: <https://galerie-numerique.org/dispositif/abbaye-de-cluny>.

Abb. 84 links: Conant 1968, Abb. 31 (Radierung: Pierre-Laurent Auvray); rechts: Koob 1993, S. 100 (3D-Modell: asb baudat).

Abb. 85 links: Conant 1968, Abb. 33, Zeichnung Jean-Baptiste Lallemand; rechts: Koob 1993, S. 83 (3D-Modell: asb baudat).

Abb. 86 links: Conant 1987, S. 198, Abb. 147; rechts: Koob 1993, S. 63 (3D-Modell: asb baudat).

Abb. 87 links: Conant 1968, Abb. 64, Fotografie Combier; rechts: Koob 1993, S. 88 (3D-Modell: asb baudat).

Abb. 88 links: Conant 1968, Abb. 64, Fotografie Combier; rechts: Dokumentation **Auf den Spuren der Salier. Nomaden auf dem Kaiserthron**, SWF, 1991.

Abb. 89 oben links: Koob 1993, S. 74 (3D-Modell: asb baudat); oben rechts: Koob 1993, S. 76–77, (3D-Modell: asb baudat); unten: wie Abb. 64.

Zu Kapitel 4.1 Anstieg an 3D-Projekten und das Potential von 3D-Modellen zum Forschungswerkzeug

Abb. 90 Webseite des Projekts **Roman Digital Forum**, die nur mehr über die **Wayback Machine** des **Internet Archive** erreichbar ist: <http://wayback.archive-it.org/7877/20160919154801/http://dlib.etc.ucla.edu/projects/Forum/reconstructions/view/11052>.

Abb. 91 Copyright **Environmental Simulation Center**.

Abb. 92 Bertol 1997, S. 135, Abb. 7.10 (3D-Modell: Courtesy of **ABACUS**, University of Strathclyde).

Abb. 93 Forte/Siliotti 1997, S. 175, 176 (Taise Corporation, Tokio).

Abb. 94 Seebohm 1991, S. 142, Abb. 5 (George Hersey und Richard Freedman; Bearbeitung: Thomas Seebohm).

Abb. 95 Seebohm 1991, S. 144, Abb. 6 u. S. 146, Abb. 8 (3D-Modell: Thomas Seebohm).

Abb. 96 Seebohm 1991, S. 144, Abb. 7, S. 146, Abb. 9 u. S. 148, Abb. 11 (3D-Modell: Thomas Seebohm).

Abb. 97 Novitski 1998, S. 81 u. S. 83 (3D-Modell: Thomas Seebohm).

Abb. 98 Copyright Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten.

Abb. 99 Schmitt 1993, S. 128 (Christoph Zimmermann/ETH Zürich).

Abb. 100 Marilyn Aronberg Lavin, online abrufbar auf der Webseite zu **The Piero Project** unter: <http://projects.ias.edu/pierotruecross/HistoricalInfo2008A.htm>.

Abb. 101 Fotograf: Miguel Hermoso Cuesta, 4. Juli 2014, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arezzo_Piero_general_04.JPG.

Abb. 102 Aronberg Lavin 1996, S. 36, Abb. 1, Susanne Philippsen Curic.

Abb. 103 Webseite von **The Piero Project**: <http://projects.ias.edu/pierotruecross/Instructions.htm>.

Abb. 104 Maver 2002, S. 95, Abb. 1 u. 2.

Abb. 105 Haggerty 1991, S. 14 (Zero One).

Abb. 106 Henger 1993, S. 53 (IBM).

Abb. 107 Webseite von **netzspannung.org**: [http://netzspannung.org/cat/servlet/CatServlet/\\$files/228392/flyer_bild2.jpg](http://netzspannung.org/cat/servlet/CatServlet/$files/228392/flyer_bild2.jpg) (IGD).

Abb. 108 links: Webseite von **netzspannung.org**: <http://netzspannung.org/cat/servlet/>

<http://netzspannung.org/cat/servlet/CatServlet?cmd=document&subCommand=show&forward=/netzkollektor/output/entry.image-popup.xml&entryId=115525&lang=de&fileId=228402&lang=de> (IGD, 1999–2000); rechts: Webseite von **netzspannung.org**: <http://netzspannung.org/cat/servlet/CatServlet?cmd=document&subCommand=show&forward=/netzkollektor/output/entry.image-popup.xml&entryId=115525&lang=de&fileId=228382&lang=de>, (IGD, 1999–2000).

Zu Kapitel 4.2 Spätgotischer Kirchenchor (IWR, Universität Heidelberg, 1992)

Abb. 109 Müller/Quien 2005, S.121, Taf. XXIII (Cod. Min. 3, fol. 15r, Österreichische Nationalbibliothek in Wien).

Abb. 110 Müller/Quien 1993, S. 279, Abb. 6 (Architekturmuseum der TU München, Foto: Werner Müller).

Abb. 111 Müller/Quien 2005, S. 27, Abb. 59 (Musterbuch des Hans Hammer, fol. 23v., Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel).

Abb. 112 Bucher 1968, S. 68, Abb. 30 (Historische Schnittmuster für Gewölbe und Maßwerkfenster, Albertina, Wien).

Abb. 113 Bucher 1972, S. 47, Abb. 28 (François Bucher, ca. 1972).

Abb. 114 Links: Müller/Quien 2005, S. 9, Abb. 2 (3D-Modell: Norbert Quien); rechts: Müller/Quien 2005, S. 17, Abb. 30 (3D-Modell: Norbert Quien).

Abb. 115 Müller/Quien 2005, S. 125, Abb. XXVII (3D-Modell: Norbert Quien).

Abb. 116 Müller 1975, Abb. 25 (Stromerisches Baumeisterbuch I, fol. 235, Staatsarchiv in Nürnberg).

Abb. 117 Müller 1975, Abb. 23 (Stromerisches Baumeisterbuch I, fol. 234, Staatsarchiv in Nürnberg).

Abb. 118 Müller 1975, Abb. 30 (Stromersches Baumeisterbuch I, fol. 236, Staatsarchiv in Nürnberg).

Abb. 119 Müller 1975, Abb. 33 (Stromersches Baumeisterbuch I, fol. 237, Staatsarchiv in Nürnberg).

Abb. 120 Norbert Quien, St. Ingbert.

Abb. 121 bis Abb. 137 Werner Müller und Norbert Quien.

Abb. 138 Müller/Quien 2005, S. 81, Abb. 175 (3D-Modell: Norbert Quien).

Abb. 139 Norbert Quien, St. Ingbert.

Abb. 140 links: Abbildung ohne Quellenangabe aus dem Archiv von Norbert Quien, St. Ingbert; rechts: Werner Müller und Norbert Quien.

Abb. 141 links: Hasak 1927, S. 258, Abb. 405; rechts: Norbert Quien, St. Ingbert.

Abb. 142 und Abb. 143 Norbert Quien, St. Ingbert.

Abb. 144 Müller/Quien 1997, S. 114, Abb. 2 (Foto: Westfälisches Amt für Denkmalpflege) u. S. 115, Abb. 3 (Foto und Verlag Düllberg, Soest).

Abb. 145 Gerstenberg 1969, Abb. 4 u. Abb. 8.

Abb. 146 links: wie Abb. 115; rechts: Müller/Quien 1997, S. 154, Abb. 42 (3D-Modell: Norbert Quien).

Abb. 147 links: wie Abb. 113; Mitte: wie Abb. 114 links; rechts: wie Abb. 114 rechts.

Abb. 148 Anderson 2014, S. 421, Abb. 5 (Zeichnung: Ross Anderson).

Abb. 149 Anderson 2014, S. 422, Abb. 6 (Zeichnung: Ross Anderson).

Abb. 150 Akahane-Bryen 2015, S. 19, Abb. 15 (3D-Modelle: Sean Akahane-Bryen).

Abb. 151 Akahane-Bryen 2015, S. 19, Abb. 16 (3D-Modell: Sean Akahane-Bryen).

Abb. 152 links oben: Müller/Quien 2005, S. 125, Abb. XXVIII (3D-Modell: Norbert

Quien); links unten: wie Abb. 115; Mitte oben: wie Abb. 148; Mitte unten: wie Abb. 149; rechts oben und Mitte: wie Abb. 150; rechts unten: wie Abb. 151.

Zu Kapitel 4.3 Dresdner Frauenkirche (IBM u. a., 1993)

Abb. 153 Fotograf: Netopyr, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:100130_150006_Dresden_Frauenkirche_winter_blue_sky-2.jpg.

Abb. 154 Fotograf: Doppelquerlenker, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Altarraum_der_Frauenkirche_Dresden.jpg.

Abb. 155 links: Magirius 2005, S. 394, Taf. 62 (LfD 2629/1968, Landesamt für Denkmalpflege Sachsen); rechts: Magirius 2005, S. 398, Taf. 65 (StA R 18/34b, Stadtarchiv der Landeshauptstadt Dresden).

Abb. 156 links: Magirius 2005, S. 434, Taf. 7 (StA R 2,4, Stadtarchiv der Landeshauptstadt; LfD Inv.-Nr. 99000, Dresden, Landesamt für Denkmalpflege Sachsen); rechts: Magirius 2005, S. 432, S. 435, Taf. 8 (StA R 2,2, Stadtarchiv der Landeshauptstadt Dresden).

Abb. 157 Gemäldegalerie Alte Meister, Dresden, gemeinfrei, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Canaletto_-_Dresden_seen_from_the_Right_Bank_of_the_Elbe,_beneath_the_Augusts_Bridge_-_Google_Art_Project.jpg.

Abb. 158 links: SLUB / Deutsche Fotothek, Nr.: df_hauptkatalog_0041697, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International, online zugänglich über Webseite der Deutschen Fotothek unter: <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/80817431>; rechts: SLUB / Deutsche

Fotothek, Nr.: df_hauptkatalog_0350001, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International, online zugänglich über Webseite der Deutschen Fotothek unter: <http://www.deutschefotothek.de/documents/obj/87703621>.

Abb. 159 Fotograf: Richard Peter, ca. 1965, Deutsche Fotothek, Dresden, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Germany, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fotothek_df_ps_0000348_Ruine_der_Frauenkirche_gegen_Rathausturm.jpg.

Abb. 160 Krull/Zumpe 2001, S. 94 (IPRO Dresden).

Abb. 161 bis Abb. 165 Originale Farbbildungen mit Erlaubnis von Brian Collins (3D-Modell: IBM UKSC, IBM Deutschland Informationssysteme GmbH, ARC (Audiovisuel Realisation Conseil), TransCAT Nord GmbH, 1993).

Abb. 166 links: wie Abb. 161; rechts: Still aus dem Video *Virtueller Rundgang*, CD-Rom zur Publikation Krull/Zumpe 2001 (IBM, 1993).

Abb. 167 wie Abb. 161.

Abb. 168 links: wie Abb. 161; rechts: wie Abb. 166 rechts.

Abb. 169 links: wie Abb. 161; rechts: Magirius 2005, S. 295, Abb. 286.

Abb. 170 oben: wie Abb. 161; unten links: wie Abb. 158 unten rechts; unten rechts: Magirius 2005, S. 222, Abb. 205.

Abb. 171 oben: wie Abb. 161; unten links: Magirius 2005, S. 282, Abb. 272 (Landesamt für Denkmalpflege Sachsen); unten rechts: Magirius 2005, S. 124, Abb. 92 (Deutsche Fotothek Dresden, Abteilung der Sächsischen Landes- Staats- und Universitätsbibliothek Dresden).

Abb. 172 oben: wie Abb. 161; unten: Magirius 2005, S. 260, Abb. 250 u. S. 296, Abb. 287.

Abb. 173 Jalili et al. 1996, S. 93, Abb. 8–10 (IBM, ca. 1994).

Abb. 174 Jalili et al. 1996, S. 91, Abb. 4 (IBM, ca. 1994).

Abb. 175 Stills aus dem Video *Virtueller Rundgang*, CD-Rom zur Publikation Krull/Zumpe 2001 (IBM, 1993).

Abb. 176 Stills aus dem Video *3D-Computer-simulation*, CD-Rom zur Publikation Krull/Zumpe 2001 (TRUX ARCHITEKTEN).

Abb. 177 Webseite der Kimmerle GBR zum Projekt Jüdenhof: <https://www.kimmerle-juedenhof-dresden.de/id-3d-film-vogelflug.html> (3D-Modellierung: Arte4D/ Andreas Hummel).

Abb. 178 links: wie Abb. 160; Mitte: Magirius 2005, S. 133, Abb. 103; rechts: Magirius 2005, S. 432, S. 435, Taf. 8.

Zu Kapitel 4.4 Festspielhaus Hellerau (University of Warwick/atelier4d Architekten/King's College London, um 1994/1996–2012)

Abb. 179 links: Wangerin/Weiss 1976, S. 190, Abb. 67; rechts: De Michelis 1991, S. 29, Abb. 23.

Abb. 180 De Michelis 1991, S. 26, Abb. 18 u. Abb. 19.

Abb. 181 Wangerin/Weiss 1976, S. 194, Abb. 80 u. Abb. 81.

Abb. 182 De Michelis 1991, S. 25, Abb. 12.

Abb. 183 links: Foto online zugänglich auf der Webseite des Festspielhaus Hellerau unter: https://static.hellerau.org/wp-content/uploads/4acj6tnhqxigjexds4vw_hellerau-ansicht-klaus-gigga-1.jpg (Fotograf: Klaus Gigga); rechts: Foto online zugänglich auf der Webseite des Festspielhaus Hellerau unter: <https://static.hellerau.org/wp-content/uploads/grosser-saal-2--joerg-r-oesen.jpg> (Fotograf: Jörg. R. Oesen).

Abb. 184 Abb. [helimg02.jpg](#), [helimg11.jpg](#), [helimg14.jpg](#), [helimg17.jpg](#), [helimg21.jpg](#), [helimg23.jpg](#), Webseite des Theatron 2 module: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/theatres/hellerau/assets/images/>.

Abb. 185 beide: 3D-Modell: Jim Webster und Fabian Zimmermann/atelier4D Architekten; links: Abb. [helimg60.jpg](#), online zugänglich auf der Webseite des Theatron 2 module: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/theatres/hellerau/assets/images/helimg60.jpg>; rechts: Abb. [helimg52.jpg](#), online zugänglich auf der Webseite des Theatron 2 module: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/theatres/hellerau/assets/images/helimg52.html>.

Abb. 186 und Abb. 187 3D-Rekonstruktion zugänglich auf Webseite des Theatron 2 module: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/>.

Abb. 188 bis Abb. 195 Video: Datei [Beacham01.flv](#) im Ordner Beacham auf der CD-Rom zur Publikation Performance Research. Digital Resources, Bd. 11 (2006), Nr. 4 (3D-Modell: Fabian Zimmermann/atelier4D Architekten und Richard Beacham/University of Warwick und King's College London).

Abb. 196 Webseite des Projekts Theatron 3: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=102.html> (King's Visualisation Lab, King's College London).

Abb. 197 links: wie Abb. 188; rechts: wie Abb. 179 rechts.

Abb. 198 oben: wie Abb. 188; unten: De Michelis 1991, S. 30, Abb. 28.

Abb. 199 oben: wie Abb. 188; unten links: De Michelis 1991, S. 30, Abb. 25; unten rechts: Abb. [helimg16.jpg](#), Webseite zum Projekt Theatron 2 module: <http://www.kvl.cch.kcl.ac.uk/THEATRON/theatres/hellerau/assets/images/>.

Abb. 200 oben: wie Abb. 188; unten: Wangerin/Weiss 1976, S. 194, Abb. 81.

Abb. 201 De Michelis 1991, S. 27, Abb. 20.

Abb. 202 wie Abb. 186.

Abb. 203 Jim Webster und Fabian Zimmermann/atelier4D Architekten.

Abb. 204 bis Abb. 208 Video Festspielhaus Hellerau, veröffentlicht am 27.04.2008 auf YouTube unter: <https://www.youtube.com/watch?v=Enhm0vE73iU>.

Abb. 209 oben links: wie Abb. 185; oben rechts: wie Abb. 188; Mitte links: wie Abb. 186; Mitte rechts: wie Abb. 196; unten: wie Abb. 179 links.

Abb. 210 oben links: wie Abb. 185; oben rechts: wie Abb. 188; Mitte links: wie Abb. 186; Mitte rechts: wie Abb. 196; unten: wie Abb. 179 rechts.

Abb. 211 oben links: wie Abb. 203; oben rechts: wie Abb. 188; Mitte links: wie Abb. 186; Mitte rechts: wie Abb. 204; unten links: wie Abb. 181 links; unten rechts: De Michelis 1991, S. 33, Abb. 34.

Abb. 212 Webseite von Theatron 3: <http://www.theatron3.cch.kcl.ac.uk/index.php-id=102.html>.

Abb. 213 De Paepe 2010, Abb. 9.

Zu Kapitel 5.1 Zunehmende Professionalisierung und Entstehung von Langzeitprojekten

Abb. 214 Webseite der Kaiserpfalz Ingelheim: http://www.kaiserpfalz-ingelheim.de/archaeologie_rekonstruktion_02.php (3D-Modellierung: ArchimediX und Baubüro in der Kaiserpfalz Ingelheim).

Abb. 215 Webseite des Büro für Bauforschung und Visualisierung: <https://hinzundfranz.de/dt/dtbei/dtbaph.htm>.

Abb. 216 Video auf YouTube zugänglich unter: https://www.youtube.com/watch?time_continue=138&v=PehKmWa5Zto.

Abb. 217 Webseite zum Projekt Theatron, unter Product Info/Overview: <http://www.theatron.org/info.html>.

Abb. 218 wie Abb. 186.

Abb. 219 Video zugänglich auf YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=x6kc-9TJVXoQ>.

Abb. 220 Keller/Menzel/Schulz 1997, Abb. 5.

Abb. 221 Kohle/Kwastek 2003, S. 153.

Abb. 222 Webseite des Medienarchiv der Künste: <https://medienarchiv.zhdk.ch/media/d7ae218a-5d0f-40e4-90d5-f67e-1bad4d9d>.

Abb. 223 oben: lizenziert als gemeinfrei über www.mauritshuis.nl, online abrufbar auf Wikimedia Commons unter: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vermeer-view-of-delft.jpg>; unten: Webseite von Kees Kaldenbach, Projekt zu Vermeer unter Flug über Delft 1660 in 3D: <https://kaldenbach.home.xs4all.nl/>.

Abb. 224 Koob 2000, S. 1269, Abb. 1 u. Abb. 2 (Copyright Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).

Abb. 225 Webseite des Museums Museo della Civiltà Romana in Rom: http://www.museociviltaromana.it/en/collezioni/percorsi_per_sale/plastico_di_roma_imperiale.

Abb. 226 Guidi/Frischer/Lucenti 2007, Abb. 3.

Abb. 227 bis Anfang 2018 zugänglich über die Webseite <http://romereborn.frischerconsulting.com> (Model © 2008 The Regents of the University of California, Image © 2008 The Board of Visitors of the University of Virginia).

Abb. 228 oben: bis Anfang 2018 zugänglich über die Webseite <http://romereborn.frischerconsulting.com> (Image courtesy Barry Minor, IBM, Model © 2008 The Regents of the University of California, Image © 2008 The Board of Visitors of the University of Virginia);

Mitte: bis Anfang 2018 zugänglich über die Webseite <http://romereborn.frischerconsulting.com> (Model © 2008 The Regents of the University of California, Image © 2008 The Board of Visitors of the University of Virginia); unten: bis Anfang 2018 zugänglich über die Webseite <http://romereborn.frischerconsulting.com> (Elements of the model © 2008 The Regents of the University of California, © 2011 Université de Caen Basse-Normandie, © 2012 Frischer Consulting. All rights reserved. Image © 2012 Bernard Frischer).

Abb. 229 Wittur 2013, S. 130, Abb. 7.32 (3D-Modell: Daniel Pletinckx).

Abb. 230 Wittur 2013, S. 124, Abb. 7.30 (Foto: Daniel Pletinckx).

Abb. 231 Pletinckx 2000, S. 47, Abb. 5 (3D-Modell: Daniel Pletinckx).

Zu Kapitel 5.2 Santa Maria Maggiore, Rom (UCLA, u. a., 1998–2000)

Abb. 232 Fotograf: Lalupa, lizenziert als gemeinfrei, online abrufbar auf Wikimedia Commons unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Santa_maria_maggiore_051218-01.JPG.

Abb. 233 Fotograf: Livioandronico2013, lizenziert unter Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International, online abrufbar auf Wikimedia Commons unter: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interior_of_Santa_Maria_Maggiore_\(Rome\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interior_of_Santa_Maria_Maggiore_(Rome).jpg).

Abb. 234 Sible De Blaauw.

Abb. 235 Brandenburg 2004, S. 304, Abb. 2 (Rekonstruktion: Johann Gottfried Gutensohn).

Abb. 236 Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 47, Abb. 48.

Abb. 237 links: Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 39, Abb. 38; rechts: Krautheimer/Corbett/Frankl 1967, S. 51, Abb. 53; beide Zeichnungen: Spencer Corbett.

Abb. 238 Sible De Blaauw.

Abb. 239 Frischer et al. 2000, Farbabbildungen auf zugehöriger CD (Copyright Regents of the University of California).

Abb. 240 links: Webseite zum Projekt zur digitalen Rekonstruktion am CVRLab existiert nicht mehr und ist nur noch über die **Wayback Machine** des **Internet Archive** zugänglich unter: https://web.archive.org/web/20180709220528/http://www.cvrlab.org/projects/real_time/santa_maria_maggiore/santa_maria_maggiore.html (letzte Version vom 02. Juli 2018); rechts: Film **The Basilica of Santa Maria Maggiore. The Virtual Reconstruction of a Gem of Christian Art and Architecture of the Fifth Century A. D.** (UCLA, Koninklijk Nederlands Instituut in Rome, Vatikanische Museen), auf **YouTube** zugänglich unter: <https://www.youtube.com/watch?v=-ciTZq8beKhA>.

Abb. 241 Frischer et al. 2000, Farbabbildungen auf zugehöriger CD (Bernard Frischer).

Abb. 242 bis Abb. 261 wie Abb. 240 rechts.

Abb. 262 Andaloro 2006, S. 278–279, Abb. III u. S. 286–287, Abb. IV.

Abb. 263 Andaloro 2006, S. 277, Abb. II.

Abb. 264 Andaloro 2006, S. 275, Abb. I.

Abb. 265 wie Abb. 241; rechts: wie Abb. 264.

Abb. 266 wie Abb. 241.

Abb. 267 links: wie Abb. 235; Mitte: wie Abb. 240 rechts; rechts: wie Abb. 236.

Abb. 268 links: wie Abb. 237 rechts; rechts: wie Abb. 240 rechts.

Zu Kapitel 5.3 Synagoge in der Glockengasse, Köln (TU Darmstadt, um 1998)

Abb. 269 Scan (durch Claus-Peter Enders im Team mit Bernd Schwabe im Wikipedia-Büro Hannover mit Dank an Rainer Hoffschildt) einer Ansichtskarten-Reproduktion von 1972, die eine Karte von 1908 wiedergibt, lizenziert als gemeinfrei, online abrufbar auf **Wikimedia**

Commons unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1908-05-10_W_Bernhard_Hannover_Synagoge,_1972_Ansichtskarten-Reproduktion,_Bildseite.jpg;

Mitte: Fotograf: Toksave, lizenziert unter **Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported**, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synagogue_Florence_Italy.JPG;

rechts: Fotograf: Torsade de Pointes, lizenziert als gemeinfrei, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antwerpen_Synagoge_Bouwmeestersstraat2.JPG.

Abb. 270 Postkarte von 1931, lizenziert als gemeinfrei, online abrufbar auf **Wikimedia Commons** unter: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synagogue_Zilina_1931.jpg.

Abb. 271 Schwarz 1988, S. 152, Abb. 194 u. S. 153, Abb. 194a.

Abb. 272 Korn 1988, S. 378, Abb. 415 (links), S. 383, Abb. 425 (rechts).

Abb. 273 Webseite der **Bet Tfila**: <http://www.bet-tfila.org/> (M. Albrecht, S. Grubba, H. Ebinger und M. Schuhr, Fachgebiet Baugeschichte der TU Braunschweig/Bet Tfila).

Abb. 274 Copyright Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten.

Abb. 275 Kurzdokumentation **Computer-Rekonstruktion der Darmstädter Synagoge in der Bleichstraße**, 2004, realisiert von **Architectura Virtualis GmbH**, Kooperationspartner der Technischen Universität Darmstadt.

Abb. 276 Deutsch 1885, Blatt 49.

Abb. 277 Deutsch 1885, Blatt 50.

Abb. 278 bis Abb. 286 Film **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion**, 2004 (Copyright Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten), auf CD-Rom zum Ausstellungskatalog **Synagogen in Deutschland 2004**.

Abb. 287 links: wie Abb. 277; Mitte und rechts oben: wie Abb. 278; rechts unten: Webseite zum Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion**, Synagoge Köln, Grundlagen: http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/start_de.html.

Abb. 288 links: Hammer-Schenk 1988, S. 217, Abb. 238a u. Schwarz 1988, S. 410, Nr. 138; rechts: wie Abb. 278.

Abb. 289 links: Deutsch 1885, Blatt 51; rechts: wie Abb. 278.

Abb. 290 links: Deutsch 1885, Blatt 49; rechts: wie Abb. 278.

Abb. 291 bis Abb. 93 Film **Synagogen – Monumente gegen das Vergessen** von Martin Papirowski, WDR, online abrufbar bis 08. November 2018 über die Webseite von Planet Schule: <https://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=9179>.

Abb. 294 und Abb. 295 Webseite zur digitalen Rekonstruktion der Synagoge Wiesbaden: <http://www.ca-wallau.com/synagoge-wiesbaden.htm>.

Abb. 296 Grellert 2007, S. 327, Abb. unten (Courtesy of the Center for Jewish Art, the Hebrew University of Jerusalem).

Abb. 297 3D-Modell: **Architectura Virtualis**, Webseite der **Architectura Virtualis GmbH**, Kooperationspartner der Technischen Universität Darmstadt: <http://www.architectura-virtualis.de/rekonstruktion/synagogehorb.php?lang=de&img=0>.

Abb. 298 links: wie Abb. 273; Mitte: wie Abb. 278; rechts: Webseite zum Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion**, Synagoge Köln, Visualisierung außen: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>.

Abb. 299 links: wie Abb. 273; rechts: wie Abb. 278.

Abb. 300 links und rechts: Webseite zum Projekt **Synagogen in Deutschland – Eine**

virtuelle Rekonstruktion, Köln, Grundlagen: <http://www.cad.architektur.tu-darmstadt.de/synagogen/inter/menu.html>; Mitte: wie Abb. 288 links.

Zu Kapitel 5.4 Synagoge Neudeggasse, Wien (TU Wien, 1998)

Abb. 301 Martens/Peter 2010, S. 94 (Bob Martens, TU Wien).

Abb. 302 links: Fleischer 1904, S. 496; rechts: Genée 1987, S. 71 (alle Zeichnungen: Max Fleischer).

Abb. 303 Fleischer 1904, S. 498.

Abb. 304 Genée 1992, S. 66, Abb. 65.

Abb. 305 Webseite des Projekts **Verlorene Nachbarschaften**: <http://www.verlorene-nachbarschaft.at>.

Abb. 306 links: Martens/Peter 2010, S. 117; oben: ebd., S. 121; unten rechts: ebd., S. 120 (alle: Bob Martens, TU Wien).

Abb. 307 Martens/Peter 2010, S. 240 (Bob Martens, TU Wien).

Abb. 308 bis Abb. 319 **QVTR-Panorama**, online zugänglich über die Webseite des **IRIS** der TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/neudeggasse/> (Bob Martens, TU Wien).

Abb. 320 links: Martens/Peter 2010, S. 98 (Aquarell: Max Fleischer, Österreichisches Jüdisches Museum Eisenstadt); Mitte: wie Abb. 308; rechts: Genée 1992, S. 61 (Aquarell: Ella Rothe).

Abb. 321 links: wie Abb. 320 links; Mitte: wie Abb. 308; rechts: wie Abb. 302 rechts.

Abb. 322 Martens/Peter 2010, S. 99 (Bob Martens, TU Wien).

Abb. 323 links u. rechts: wie Abb. 308; Mitte: wie Abb. 303.

Abb. 324 oben links: wie Abb. 304; oben rechts: wie Abb. 303; unten: wie Abb. 308.

Abb. 325 bis Abb. 327 wie Abb. 308.

Abb. 328 links: Niessner/Schilling 2004, S. 78, Abb. 4.80; rechts: Niessner/Schilling 2004, S. 82, Abb. 4.89 (alle: Georg Niessner und Peter Schilling, TU Wien).

Abb. 329 Martens/Peter 2010, S. 107 u. S. 109–110 (Aufriss und Wandabwicklungen: Max Fleischer).

Abb. 330 links: wie Abb. 308; Mitte: Martens/Peter 2010, S. 101 (Bob Martens, TU Wien); rechts: Bob Martens, TU Wien.

Abb. 331 oben links: wie Abb. 308; oben rechts: wie Abb. 328 links; unten links: Martens/Peter 2010, S. 96 (Bob Martens, TU Wien); unten rechts: Bob Martens, TU Wien.

Abb. 332 Webseite des IRIS der TU Wien: <http://info.tuwien.ac.at/raumsim/IRIS-ISIS/neudeggergasse/> (Bob Martens, TU Wien).

Abb. 333 oben links: Genée 1987, S. 71; unten links: wie Abb. 302 rechts; Mitte: wie Abb. 308; rechts: wie Abb. 320 links.

Abb. 334 Huber 2000, S. 7 u. 11 (3D-Modellierung: **Nofrontiere**).

Abb. 335 Zeile 1 u. 2 von oben: Martens/Peter 2010, S. 144, 74, 94 u. 95 (Bob Martens, TU Wien); Zeile 3 u. 4: Synagogen in Deutschland 2004, S. 124, 103, 60 u. 53 (Copyright Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).

Abb. 336 oben: Synagogen in Deutschland 2004, S. 114, 81 u. 90, Copyright Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten; unten: Martens/Peter 2010, S. 67, 111, 130 (Bob Martens, TU Wien).

Zu Kapitel 6.1. Tendenzen – Gegenwärtig und zukünftig

Abb. 337 Pietroni 2013, S. 242, Abb. 10 (**Etruscanning**).

Abb. 338 links: Cruz-Neira 1993, S. 136, Abb. 1 (Grafik: Milana Huang/University of

Illinois, Chicago); rechts: Webseite des Leibniz-Rechenzentrum in München: http://www.lrz.de/services/v2c_de/installationen/.

Abb. 339 Engel/Guminski 2016, S. 78, Abb. 3 u. S. 81, Abb. 7 (3D-Modell: Michael Käs Dorf).

Abb. 340 Wittur 2013, S. 121, Abb. 7.28 (Foto: pam Ename).

Abb. 341 Grellert 2007, S. 351 (Copyright Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Digitales Gestalten).

Abb. 342 Vlahakis 2002, S. 57, Abb. 6a u. 6b., S. 58, Abb. 10 (**Archeoguide**).

Abb. 343 Vlahakis 2002, S. 57, Abb. 7, S. 58, Abb. 8 u. 9 (**Archeoguide**).

Abb. 344 Video Ludwig II. – Auf den Spuren des Märchenkönigs im YouTube-Kanal der BSB München, veröffentlicht am 26.09.2011: https://www.youtube.com/watch?v=BZr_gGW5QOc (BSB München).

Abb. 345 Fai et al. 2011, Abb. 5 (3D-Modellierung: Stephen Fai, Katie Graham, Todd Duckworth, Nevil Wood/Carleton University und Ramtin Attar/Autodesk Research).

Abb. 346 Murphy/McGovern/Pavia 2007, Abb. 7 u. 8 (Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia/Trinity College Dublin).

Abb. 347 Murphy/McGovern/Pavia 2007, Abb. 11 (Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia/Trinity College Dublin).

Abb. 348 Boeykens/Himpe/Martens 2012, S. 734, Abb. 4 (3D-Modell: Stefan Boeykens und Caroline Himpe/KU Leuven und Bob Martens, TU Wien).

Abb. 349 © **Architectura Virtualis GmbH**, Kooperationspartner der Technischen Universität Darmstadt.

Abb. 350 Frischer/Fillwalk 2012, S. 52, Abb. 5 u. 5b (**VWHL**).

Abb. 351 Frischer/Fillwalk 2012, S. 52, Abb. 5c u. S. 53, Abb. 7 (Ball State University).

Zu Kapitel 6.2 Eröffnung von Diskursen – Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses, Langzeitarchivierung

Abb. 352 Jones 2012, Tab. 9.1, S. 107.

Abb. 353 links: wie Abb. 308; rechts: wie Abb. 330 rechts.

Abb. 354 Breitling/Schramm 2011, S. 8, Abb. 5 (Stefan Breitling, Martin Buba und Jan Fuhrmann).

Abb. 355 Webseite der Otto-Friedrich-Universität Bamberg: <https://www.uni-bamberg.de/bauforschung/forschung/projekte/digitales-stadtmodell/4d/> (Stefan Breitling, Martin Buba und Jan Fuhrmann).

Abb. 356 Breitling/Schramm 2011, S. 8, Abb. 4 (Stefan Breitling, Martin Buba und Jan Fuhrmann).

Abb. 357 Apollonio/Giovannini 2015, S. 8, Abb. 7.

Abb. 358 Apollonio 2016, S. 187, Tab. 1 u. S. 190, Abb. 10.

Abb. 359 Maekelberg/Boeykens 2017, Abb. 1.

Abb. 360 Jahn/Wacker/Welich 2016, S. 273, Abb. 8 (Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH; Modellierung: Markus Zönnchen).

Abb. 361 Jahn/Wacker/Welich 2016, S. 282, Abb. 20 u. Abb. 21 (Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH; Modellierung oben: Chris Leister; Modellierung unten: Conny Coburger).

Abb. 362 Jahn/Wacker/Welich 2016, S. 294, Abb. 37 (Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH; Modellierung: Conny Coburger).

Abb. 363 Video *The Basilica of Macentius and Constantine*, online zugänglich auf der Webseite von *Rome Reborn virtual reality*: <https://www.romereborn.org/content/basilica-maxentius> (Copyright 2018 Flyover Zone Productions).

Abb. 364 Grellert/Haas 2016, S. 126, Abb. 12 (Architectura Virtualis GmbH, Darmstadt).

Abb. 365 Huber 200, S. 6 u. S. 8 (Modellierung: **Nofrontiere**).

Abb. 366 Webseite von Sketchfab: <https://sketchfab.com/vwhl/collections/hadrians-villa-reconstructions> (VWHL, Indiana University).

Abb. 367 Webseite von Sketchfab: <https://sketchfab.com/models/57b35f-396de846cfa2eb7ce0b848b1ed>, (VWHL, Indiana University).

Abb. 368 Sanders 2012, S. 46, Abb. 5.5 (**Learning Sites**).

Abb. 369 Hauck/Kuroczyński 2015, S. 252, Abb. 1 (Oliver Hauck und Piotr Kuroczyński).

Abb. 370 Webseite zur *Scientific Documentation for Decisions. The Reconstruction Argumentation Method*: http://dmz-39.architektur.tu-darmstadt.de/reconstruction/?ac=project&cm=view&project_id=13 (Mieke Pfarr-Harfst und Marc Grellert).

Abb. 371 Blog *Visualisation of the Benedictine abbey of Ename*: <https://enameabbey.wordpress.com/2013/12/22/the-benedictine-abbey-of-ename/> (Visual Dimension).

Abb. 372 Webseite von CyArk: <http://www.cyark.org/projects/brandenburg-gate> (Universität Stuttgart und Iron Mountain).

Abb. 373 Webseite zu *SAVE*: <http://vwhl.clas.virginia.edu/save.html> (Bernard Frischer).

Zu Kapitel 6.3 Kölner Dom (Lengyel Toulouse Architekten, 2009–2010)

Abb. 374 Doppelfeld 1980 (Stand der Grabungen), S. 146, Abb. 34 (Zeichnung: Domgrabung Köln).

Abb. 375 Hauser 2012, S. 236, Abb. 141 (Zeichnung: Walter Wegener).

Abb. 376 Weyres 1980 (Der karolingische Dom), S. 447, Abb. 7.

Abb. 377 Digitalisat des Hillinus-Codex (Codex 12), fol. 16v, Erzbischöfliche Diözesan- und Dombibliothek, Köln, online zugänglich unter: <http://www.ceec.uni-koeln.de/ceec-cgi/kleioc/0010/exec/pageme-d/%22kn28%2d0012%5f032.jpg%22/segment/%22body%22>.

Abb. 378 Back/Höltken 2008, S. 22, Abb. 10, S. 54, Abb. 27, S. 97, Abb. 89 (zeichnerische Bearbeitung: Fitzek/Pancini u. F. Spangenberg).

Abb. 379 Wolff 1986, Farbtafel F 20 (Modell: Hans Boffin).

Abb. 380 Ristow 2002, S. 63, Abb. 31 (Zeichnung: Zsolt Vasáros).

Abb. 381 bis Abb. 401 Video **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten**, online zugänglich auf der Webseite des Kölner Doms unter: <http://www.koelner-dom.de/index.php?id=19261> (3D-Modell: Lengyel Toulouse Architekten).

Abb. 402 Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 38 (3D-Modell: Lengyel Toulouse Architekten).

Abb. 403 wie Abb. 381.

Abb. 404 links: Webseite von Lengyel Toulouse Architekten: <http://www.lengyeltoulouse.com/projekte14.html> (3D-Modell: Lengyel Toulouse Architekten); rechts: Webseite von Lengyel Toulouse Architekten: <http://www.lengyeltoulouse.com/projekte15.html> (3D-Modell: Lengyel Toulouse Architekten).

Abb. 405 Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte, Köln/München/Berlin 1998, CD-Rom (Dombauhütte Köln, COLOGNE DIGITAL Medienproduktion GmbH, Atelier für Mediengestaltung, Köln).

Abb. 406 links: wie Abb. 405; rechts: wie Abb. 381.

Abb. 407 und Abb. 408 wie Abb. 405.

Abb. 409 links: wie Abb. 381; Mitte: wie Abb. 405; rechts: **Die Geschichte des Kölner Doms: Der lange Weg zur Kathedrale**, Ausschnitt aus der Fernsehsendung **Quarks & Co**, Jo Siegler (Autor), WDR, 2012, Video auf YouTube zugänglich unter: <https://www.youtube.com/watch?v=9VF6blRTcOI>.

Abb. 410 Ristow 2004, S. 118, Abb. 21 (Zsolt Vasáros/Studio Namer und Sebastian Ristow).

Abb. 411 links: Ristow 2002, S. 63, Abb. 31 (Rekonstruktionszeichnung, Zsolt Vasáros); rechts: Ristow 2004, S. 112, Abb. 17 (digitale Rekonstruktion: Zsolt Vasáros/Studio Namer und Sebastian Ristow).

Abb. 412 links: wie Abb. 381; rechts: Ristow 2004, S. 113, Abb. 18 (digitale Rekonstruktion, Zsolt Vasáros/Studio Namer und Sebastian Ristow).

Abb. 413 Abschlussbericht **Colonia3D**, 2010, S. 8–9 u. S. 24–25, online zugänglich auf der Webseite von Colonia3D unter: <http://colonia3d.de/media/>.

Abb. 414 oben links: wie Abb. 375; oben rechts: wie Abb. 374; unten links: wie Abb. 378; unten rechts: wie Abb. 381.

Abb. 415 links: wie Abb. 379; rechts: wie Abb. 381.

Abb. 416 links: wie Abb. 380; rechts: wie Abb. 381.

Abb. 417 links: Weyres 1987, S. 197, Abb. 156 (Rekonstruktion: Willy Weyres); rechts: wie Abb. 381.

Zu Kapitel 7.1 Der Untersuchungsgegenstand – Themen, Entstehungskontexte von 3D-Rekonstruktionen und Rezeption

Abb. 418 Münster 2014, S. 130, Abb. 20 (Sander Münster).

Abb. 419 online zugänglich über das von Colin Johnson verwaltete Archiv **Exrenda**

unter: <https://web.archive.org/web/20170815073148/http://www.exrenda.net/dudley/dudley.htm> (Colin Johnson).

Zu Kapitel 7.2 Die Bilder – Technische Voraussetzungen, ästhetischer Eindruck, Darstellungswiese und Erkenntnisgewinn

Abb. 420 Andy Walter/IBM UK Ltd.

Abb. 421 links: wie Abb. 185 links; rechts: wie Abb. 186.

Abb. 422 wie Abb. 204.

Abb. 423 links: wie Abb. 160; rechts: wie Abb. 161.

Abb. 424 Zeile 1: links: wie Abb. 30; Mitte: wie Abb. 43; rechts: wie Abb. 69.

Zeile 2: links: wie Abb. 161; Mitte: wie Abb. 188; rechts: wie Abb. 196.

Zeile 3 u. 4: links: wie Abb. 240 rechts; Mitte: wie Abb. 278; rechts: wie Abb. 308.

Zeile 5: wie Abb. 381.

Abb. 425 Zeile 1: links: wie Abb. 30; Mitte: wie Abb. 43; rechts: wie Abb. 69.

Zeile 2: links: wie Abb. 115; Mitte: wie Abb. 161.

Zeile 3: Mitte: wie Abb. 188; rechts: wie Abb. 204.

Zeile 4: links: wie Abb. 240 rechts; rechts: wie Abb. 278.

Zeile 5: links: wie Abb. 308; rechts: wie Abb. 381.

Abb. 426 oben links: wie Abb. 69; oben Mitte: wie Abb. 121; oben rechts: wie Abb. 204; unten links und Mitte: wie Abb. 240 rechts; unten rechts: wie Abb. 308.


Zu Kapitel 7.3 Visuelle Vielfalt und gestalterische Abhängigkeiten

Abb. 427 links: Frischer et al. 2000, Farbbildung auf zugehöriger CD (UCLA, Koninklijk Nederlands Instituut in Rome, Vatikanische Museen); rechts: wie Abb. 240 rechts.

Abb. 428 links: wie Abb. 30; Mitte: wie Abb. 69; rechts: Wittur 2013, S. 130, Abb. 7.32 (Daniel Pletinckx).

Abb. 429 links: wie Abb. 186; rechts: wie Abb. 381.

Abb. 430 links: wie Abb. 308; rechts: wie Abb. 381.



Die dreidimensionale Abbildung von Architektur in Modellen aus Holz, Kork, Gips, Metall oder Papier hat eine jahrhundertelange Tradition, ob als Entwurfsmodell, Detailansicht oder Rekonstruktion. Vergleichsweise jung ist hingegen die Genese von im wissenschaftlichen Kontext erstellten digitalen 3D-Modellen von historischer Architektur, die in den 1980er-Jahren ihren Anfang hat. Als Forschungswerkzeug und Präsentationsmedium erhalten 3D-Rekonstruktionen von nicht mehr existierenden oder zerstörten Bauwerken zunehmend Einzug in die Forschungspraxis von Geistes- und Kulturwissenschaften wie Archäologie, Kunst- und Architekturgeschichte sowie Theaterwissenschaft.

Digitale 3D-Modelle historischer Architektur → Entwicklung, Potentiale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive bietet erstmals einen umfassenden historischen Überblick über die Entstehungsgeschichte digitaler Architekturrekonstruktionen aus kunsthistorischer Perspektive. Zentrales Anliegen des Buchs ist es, anhand der kunsthistorischen Analyse digitaler 3D-Modelle Potentiale dieses neuen Bildmediums und Forschungswerkzeugs in den Geistes- und Kulturwissenschaften aufzuzeigen. Wesentliche Diskurse, Desiderate und Handlungsbedarfe in den Bereichen der Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses und Langzeitarchivierung werden diskutiert. Der Wissenschaftscommunity bietet das Buch eine fundierte Grundlage für die Verortung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur im Kontext von möglichen Forschungsfragen, wesentlichen Handlungsbedarfen und für die Initiierung von Impulsen für zukünftige Projekte.

Band 3

Computing in Art and Architecture

Herausgegeben von Piotr Kuroczyński, Peter Bell, Lisa Dieckmann, Stephan Hoppe und Sander Münster

Die Buchreihe **Computing in Art and Architecture** beschäftigt sich mit dem Einsatz und den Potenzialen digitaler Forschungswerkzeuge sowie den Herausforderungen einer digital orientierten Methodik in den objektbezogenen Fächern der Archäologie, Architektur- und Kunstgeschichte. Sie ist eine gemeinsame Initiative des **Arbeitskreises Digitale Kunstgeschichte** und der **Arbeitsgruppe Digitale 3D-Rekonstruktion im Verband Digital Humanities im deutschsprachigen Raum (DHd)**.

ISBN 978-3-947449-72-9



9 783947 449729