

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<sup>o</sup> 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 Städt 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. <sup>14</sup> 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: <sup>15</sup> Bei Ersterem erzeugen spezielle Kameras exakte Fotografien des Objekts, bei Letzterem wird die vorhandene Architektur von Lasern abgetastet. <sup>16</sup> 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. <sup>17</sup> Ferner kann sie auch eine mögliche Zukunft darstellen. <sup>18</sup> 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. <sup>19</sup> Dementsprechend kann unter einem virtuellen Modell auch ein Gedankengebilde verstanden werden. <sup>20</sup> 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**. <sup>21</sup> 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.« <sup>22</sup>

In Abgrenzung dazu meint AR eine sogenannte **erweiterte** Realität, die mithilfe mobiler Endgeräte wie Smartphones oder Tablet-Computern erzeugt werden kann: <sup>23</sup> Bestimmte Applikationen (Apps) ermöglichen es, auf dem Display in die über die eingebaute Kamera wiedergegebene reale Umgebung digital 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. <sup>24</sup> Auf das wohl erste televirtuelle, also über eine Internetverbindung erzeugte, Treffen wird in **Kapitel 3.3** (→ 125) eingegangen. <sup>25</sup>

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. <sup>26</sup> Sie geben bestimmte Materialien oder ganze Objekte visuell wieder und werden auf ein Geometriemodell appliziert.

Digitale 3D-Modelle können in unterschiedlicher Weise computertech-nisch ausgegeben und in verschiedenen Formen einer Öffentlichkeit präsentiert werden. Grundsätzlich ist es möglich Renderings der rekonstruierten Architektur zu erstellen. <sup>27</sup> 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/Stannev/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](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. <sup>35</sup> 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 <sup>36</sup>, 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. <sup>37</sup> 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: <sup>38</sup> 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. <sup>39</sup> 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. <sup>40</sup> Hintergrund für diese Bestrebungen ist, dass die Technologien, die für eine digitale Rekonstruktion nötig sind, allmählich zu Standards werden. <sup>41</sup> Sie sind leicht zugänglich, die Kosten sinken, die Vielfalt an Open-Source-Software steigt, sodass der Zugang nicht mehr nur einer Gruppe von Experten <sup>42</sup> 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/foerderung/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](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](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](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. <sup>43</sup>

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. <sup>44</sup> 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. <sup>45</sup> 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. <sup>46</sup> 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. <sup>47</sup>

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. <sup>48</sup> 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. <sup>49</sup> 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. <sup>50</sup> 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**. <sup>51</sup> Obwohl sie laut dem Kunsthistoriker Wolfgang Liebenwein damals großen Anklang fand, entstanden daraus keine direkten Folgeveranstaltungen. <sup>52</sup> 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. <sup>53</sup> 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](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. <sup>54</sup> 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. <sup>55</sup>

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. <sup>56</sup> 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. <sup>57</sup> 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« <sup>58</sup> 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.« <sup>59</sup>

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« <sup>60</sup>

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. <sup>61</sup> 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. <sup>62</sup> 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.‹« <sup>63</sup>

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](http://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://3d-visa.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. <sup>64</sup> 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.« <sup>65</sup> 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. <sup>66</sup> 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](http://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. <sup>67</sup> 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. <sup>68</sup> 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. <sup>69</sup> 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. <sup>70</sup> 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. <sup>71</sup> Lediglich der digitalen Rekonstruktion der Dresdner Frauenkirche hinsichtlich der Hintergründe ihrer Entstehung und technischen Besonderheiten Anfang der 1990er-Jahre widmet er eine ausführliche Beschreibung. <sup>72</sup> 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. <sup>73</sup>

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. <sup>74</sup> 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. <sup>75</sup> 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)**. <sup>76</sup> 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**. <sup>77</sup> Vorgestellt werden 27 in den 1990er-Jahren entstandene Projekte zu digitalen 3D-Architekturmodellen, wobei der Architekt William J. Mitchell <sup>78</sup> 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.« <sup>79</sup>

■ 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. <sup>80</sup> 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. <sup>81</sup> 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: <sup>82</sup> 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.« <sup>83</sup> 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.« <sup>84</sup> 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. <sup>85</sup>

Im gleichen Jahr wie Novitski veröffentlichte der Architekt Volker Sassmannshausen seine Doktorarbeit *Architektur und Simulation. Animation als manipulierbares Darstellungswerkzeug in der Architektur*. <sup>86</sup> Darin analysiert er 100 von ihm zusammengetragene Architekturanimationsvideos, deren überwiegender Teil aus den 1990er-Jahren stammt, mit den jüngsten aus dem Jahr 1996. <sup>87</sup> 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.« <sup>88</sup>



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.«<sup>89</sup>

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).<sup>90</sup> Lediglich in der im Anhang aufgeführten Literatur finden sich einige Hinweise auf mögliche, verwendete Animationen.<sup>91</sup> 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**.<sup>92</sup> 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.«<sup>93</sup> 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«<sup>94</sup> 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.<sup>95</sup> 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.<sup>96</sup> 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.<sup>97</sup> 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.<sup>98</sup>

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: <sup>99</sup> 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. <sup>100</sup> 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. <sup>101</sup> 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.« <sup>102</sup>

Unter virtualisierten Baudenkmalen versteht er immaterielle Objekte, die »baulich-kulturelles Erbe« <sup>103</sup> 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. <sup>104</sup> 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.« <sup>105</sup> 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.« <sup>106</sup>

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. <sup>107</sup>

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.« <sup>108</sup> 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« <sup>109</sup> 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. <sup>110</sup>

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. <sup>111</sup> 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. <sup>112</sup> 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**. <sup>113</sup> 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. <sup>114</sup> 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. <sup>115</sup> 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. <sup>116</sup>

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. <sup>117</sup> 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. <sup>118</sup> 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. <sup>119</sup> 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. <sup>120</sup> 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. <sup>121</sup> 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. <sup>122</sup> 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. <sup>123</sup> 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. <sup>124</sup>

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. <sup>125</sup> 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 Wissensträger 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. <sup>126</sup> 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. <sup>127</sup> 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. <sup>128</sup> 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. <sup>129</sup> Ihre Einschätzungen werden in **Kapitel 6.2** (→ 469) diskutiert. Diese Themen werden in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen und mit konkreten Beispielen verdeutlicht. <sup>130</sup>

■ 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. <sup>131</sup> 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. <sup>132</sup> 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. <sup>133</sup>

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. <sup>134</sup> 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 detailliert 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. <sup>140</sup> 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.