

## **Kapitel 6**

### **→ Die 2000er-Jahre bis heute – Etablierung**



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

## 6.1 Tendenzen – Gegenwärtig und zukünftig

Die Jahre von der Jahrtausendwende bis heute sind geprägt von einer wachsenden Vielfalt in unterschiedlichen Bereichen. Sei es in der Gründung und Etablierung von universitären Institutionen, einschlägigen Konferenzen, spezialisierten Firmen, Fachzeitschriften, Sammelbänden oder in der exponentiell steigenden Anzahl an 3D-Projekten zu historischer Architektur, basierend auf der technischen Weiterentwicklung von Soft- und Hardware sowie der Rechenleistung von Computern. Einige Tendenzen, die sich in den 1990er-Jahren anbahnten, werden fortgeführt und verstärkt. Hierzu zählen vor allem die zunehmende international geprägte Reflexion über das Medium des digitalen Modells und damit zusammenhängende Diskurse – Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses, Langzeitarchivierung. Allen voran finden sich Initiativen zur Einführung verbindlicher Richtlinien für die Erstellung von 3D-Modellen historischer Artefakte. Diese internationalen Bemühungen sind letztendlich ein Grundpfeiler für die sich in den letzten 15 Jahren vollziehende Etablierung des Felds der digitalen Rekonstruktion im wissenschaftlichen Bereich.

Ziel des hier folgenden Überblicks zu den 2000er-Jahren bis heute ist es, wesentliche Tendenzen im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur zu identifizieren und vorzustellen. Er kann damit künftigen 3D-Projekten als Inspirationsquelle dienen und Anknüpfungspunkte bieten. Entsprechend soll der Fokus dieses Kapitels weniger auf bestimmte Fachdisziplinen gerichtet sein, als vielmehr auf disziplinunabhängige und übergeordnete Strukturen sowie Technologien.

Wie zuvor angesprochen lässt sich insbesondere seit der Jahrtausendwende eine zunehmende Internationalisierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur wahrnehmen. Dies betrifft sowohl internationale Projektkooperationen als auch die Diskussion übergreifender Themen. Zudem sind 3D-Projekte nun multidisziplinär, über die in den 1980er- und 1990er-Jahren oftmals anzutreffende duale Kombination von Geisteswissenschaftler/Naturwissenschaftler oder Archäologe/Naturwissenschaftler hinaus, sodass nun vermehrt Experten aus mehreren geisteswissenschaftlichen Disziplinen beteiligt sind.

In den letzten Jahren erschienen zahlreiche Sammelbände, meist basierend auf vorangegangenen Veranstaltungen, die sich dem Komplex der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur aus unterschiedlichen Perspektiven

## ■ 1271

Vgl. Martens 2016; Hoppe/Breitling 2016.

## ■ 1272

Vgl. Weferling/Heine/Wulf 2001; Riedel/Heine/Henze 2011; Heine et al. 2011.

## ■ 1273

Vgl. Ioannides/Quak 2014 (3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap); Münster et al. 2016 (3D Research Challenges in Cultural Heritage II).

## ■ 1274

Vgl. Münster et al. 2016 (3D Research Challenges in Cultural Heritage II).

## ■ 1275

Vgl. Favro 2006 (In the eyes of the beholder).

## ■ 1276

Münster 2014, S. 327.

## ■ 1277

Ebd.

widmen, so beispielsweise aus thematischem, disziplinübergreifendem Blickwinkel wie die beiden Publikationen **Virtual Palaces** zu Workshops des **Research Networking Programme PALATIUM**, die 2012 und 2013 von dem Architekten Pieter Martens, dem Kunsthistoriker Stephan Hoppe und dem Bauforscher Stefan Breitling herausgegeben wurden. **1271** Sie versammeln Projektbeispiele zur 3D-Rekonstruktion von Palastarchitektur weltweit und aus unterschiedlichen Epochen.

Im Bereich der Bauforschung wurden beispielsweise zwischen 2001 und 2011 drei fachspezifisch ausgerichtete Bände mit dem übergeordneten Titel **Von Handaufmaß bis High Tech** herausgegeben. Darin wurden jeweils aktuelle Arbeiten vorgestellt, die auf zuvor stattgefundenen Kolloquia präsentiert wurden. **1272**

Über diese exemplarisch genannten Sammelbände hinaus, finden sich zahlreiche Beiträge in Publikationen zu einschlägigen Konferenzen wie **CAA**, **VSM**, **SIGGRAPH** oder **VAST**, die vor allem den aktuellen Stand zu Technologien und deren Anwendung wiedergeben. In diesen Sammel- und Konferenzbänden finden sich zumeist Berichte über 3D-Projekte. Eine Auseinandersetzung mit übergeordneten Themen wie Hypothesendarstellung oder Langzeitarchivierung sowie Überlegungen zum Umgang mit und Bedeutung von 3D-Rekonstruktionen für die Forschung sind weitaus seltener anzutreffen. Hier sind beispielsweise die beiden Sammelbände **3D Research Challenges in Cultural Heritage** zu nennen, die 2014 und 2016 erschienen. **1273** Der erste Band, herausgegeben von Marinos Ioannides und Ewald Quak, widmet sich Möglichkeiten der Präsentation von 3D-Modellen für die breite Öffentlichkeit – ob in Ausstellungen, für mobile Endgeräte oder im Internet – und die damit zusammenhängenden technischen Voraussetzungen, Anwendungen von 3D-Technologien als Werkzeuge von Forschern, Bedeutung von 3D-Drucktechnologien für Forschung und Präsentation.

Der zweite, 2016 von Sander Münster, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński und Marinos Ioannides herausgegebene Band ist ein noch umfangreicheres Werk. **1274** Er nimmt Strategien zum Daten- und Wissensmanagement sowie Konzepte zum Umgang, Austausch, Publikation und Datenvisualisierung im Bereich der Rekonstruktion von Kulturerbe in den Blick.

Wie in **Kapitel 1.3** (→ **029**) bereits dargelegt, erfolgten in den 2000er- und 2010er-Jahren nun auch einzelne analytische Auseinandersetzungen mit 3D-Rekonstruktionen und deren Entstehungskontexten. So beschäftigte sich Diane Favro 2006 eingehend mit dem Dilemma zwischen wissenschaftlichem Anspruch einerseits und der Erwartungshaltung des Publikums andererseits und möglichen Lösungsstrategien in Bezug auf Darstellungsmethoden und Einbindung von Metadaten. **1275** Sander Münster untersuchte in seiner 2014 erschienenen Dissertation interdisziplinäre Kooperationen, die in gemeinsamen Projekten 3D-Rekonstruktionen in dem Zeitraum von 2000 bis 2010 erarbeiteten, unter anderem im Hinblick auf ihren strukturellen Aufbau. So identifizierte er Projektteams, die vorwiegend aus »Geschichtswissenschaftlern und Modelleuren« **1276** zusammengesetzt waren und deren Mitglieder wiederum jeweils »gleichzeitig in die Projektstruktur und Strukturen der entsendenden Institutionen eingebunden« **1277** waren. Strategien zur Kooperation in den Teams wurden seiner Analyse zufolge meist nicht zu Beginn vordefiniert, sondern im Verlauf

■ 1278  
Ebd.

des Projekts entwickelt. Das Einrichten von »Kooperationsschnittstellen«<sup>1278</sup> erachtete Münster dabei als essentiell.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist auch im Folgenden Abschnitt von Relevanz. Darin stehen EU-Projekte im Fokus, die auf eben jenem Prinzip basieren und im Bereich des digitalen Kulturerbes anzusiedeln sind. Ziel ist es, einen Überblick über bereits geförderte Arbeiten zu geben und darzulegen welchen Mehrwert sie zur Forschung im Bereich der 3D-Rekonstruktionen historischer Artefakte beitragen und wo es noch offene Forschungsfragen gibt.

### EU-Projekte

Auf EU-Ebene wurden beginnend in den 2000er-Jahren Projekte im Bereich des digitalen kulturellen Erbes gefördert mit dem Ziel, Standards zu entwickeln, die Vernetzung und Kollaboration von Experten zu forcieren, neue Technologien in die Anwendung zu überführen und weltweit öffentlich zugänglich zu machen.<sup>1279</sup>

Den Anfang dieser Bemühungen stellt **EPOCH – European Network of Excellence in Open Cultural Heritage** dar, das von 2004 bis 2008 im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms (FRP) der EU gefördert wurde.<sup>1280</sup> Über 100 Institutionen (Universitäten, Museen, Ministerien, Unternehmen) mit unterschiedlichen fachlichen und thematischen Hintergründen waren daran beteiligt, um Informations- und Kommunikationstechnologien im Kulturerbesektor zu verbessern und vor allem deren Einsatz effektiver und nachhaltiger zu gestalten. Es wurden verschiedene Werkzeuge entwickelt, die beispielsweise auf die prozedurale Erstellung von 3D-Modellen historischer Artefakte ausgerichtet waren (**CityEngine**), aus Einzelfotos ein 3D-Modell automatisch kreierten (**Arc3D**), Objekte einfach und kostengünstig scannten (**Minidome**) oder eine Anwendung zur Archivierung und Kuratierung von semantisch kodierten archäologischen Datensätzen umfassten (**MAD**). Insgesamt konnten durch die entwickelten Anwendungen Fortschritte in Bezug auf Kostenminimierung und Nutzerfreundlichkeit erzielt werden.<sup>1281</sup> Ein weiterer Mehrwert entstand vor allem durch die Vernetzung von Experten auf Konferenzen und gemeinsamen Publikationen, die auf der bis heute online zugänglichen Webseite abrufbar sind.

Das zwischen 2011 und 2015 im 7. FRP geförderte Projekt **V-MusT.net** zielte darauf ab, Forschung und Strategien zur Einrichtung von **Virtual Museums** zu bündeln und weiterzuentwickeln.<sup>1282</sup> Unter **Virtual Museum** wurde im Rahmen des Projekts folgendes verstanden:

»A virtual museum, in a real or virtual space, exists if there is a focus on tangible or intangible heritage, real or virtual, linked by a communication system, and it's used in various forms of interactivity and immersion, by a public for the purpose of education, research, enjoyment, enhancement of visitor experience or promotion.«<sup>1283</sup>

Zwar existiert das Konzept des **Virtual Museum** bereits seit den 1990er-Jahren, jedoch erkannten es Museen in Europa bislang noch nicht als Vermittlungs- und Präsentationswerkzeug und so entstanden nur vereinzelte

■ 1279

In **Kapitel 1.1** (→ 017) wurde bereits auf einige Projekte hingewiesen, in deren Fokus primär die Erstellung und Präsentation von 3D-Modellen stand, die mit Laserscantechniken erfasst wurden.

■ 1280

Zu Zielen, Umsetzung und Ergebnissen von »EPOCH« vgl. Webseite von »EPOCH«: <http://epoch-net.org/>.

■ 1281

Vgl. Münster/Hegel/Kröber 2016, S. 7.

■ 1282

Informationen zu Zielen, Beteiligten und Umsetzung des Projekts sind zu finden auf »Cordis«, Webportal der EU-Kommission: [http://cordis.europa.eu/project/rcn/101496\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/101496_en.html).

■ 1283

Ferdani 2013, S. 7.

## ■ 1284

Zur Geschichte des Konzepts »Virtual Museum« vgl.: »Virtual Museums Transnational Network«, Proposal Part B, 2009, online abrufbar unter: [https://web.archive.org/web/20160507105704/http://www.v-must.net/sites/default/files/V-Must\\_introduction\\_0.pdf](https://web.archive.org/web/20160507105704/http://www.v-must.net/sites/default/files/V-Must_introduction_0.pdf).

## ■ 1285

Vgl. Pletinckx 2012, S. 108.

## ■ 1286

Zu Zielen, Inhalt und Umsetzung der Ausstellung vgl.: V-MUST.NET: How museums will look in the future, in: Cordis, online abrufbar unter: [https://cordis.europa.eu/result/rcn/148258\\_en.html](https://cordis.europa.eu/result/rcn/148258_en.html), erstellt am 23.09.2014; Webseite der Ausstellung »Keys to Rome«: <http://keys2rome.eu/eng/>.

## ■ 1287

Vgl. Video zum Thema »Exhibition technologies« auf der Webseite zu »Keys to Rome«: <http://keys2rome.eu/eng/technologies.html>; Übersicht »Virtual Museums and Keys To Rome Technologies« auf der Webseite zu »Keys to Rome«: [http://keys2rome.eu/downloads/K2R-technologies-presentation\\_EN.pdf](http://keys2rome.eu/downloads/K2R-technologies-presentation_EN.pdf). Unter »Augmented Objects« ist eine AR-Anwendung zu verstehen, die es z. B. ermöglicht, die einst farbige Gestaltung einer mit Hieroglyphen beschriebenen Steinplatte auf das in Realität unifarbene Objekt zu projizieren, vgl. ebd. Inwiefern z. B. bei den Computeranimationen bedeutender Bauwerke in Rom auf bereits bestehende Arbeiten wie »Rome Reborn« zurückgegriffen oder zumindest darauf Bezug genommen wurde, wird nicht erläutert. Im Abspann des Videos wird zumindest weder das 3D-Projekt noch dessen Leiter Bernard Frischer genannt. Mit »Serious Games« sind Spiele gemeint, die generell einen Zweck haben, der über die reine Unterhaltung hinaus geht, und die damit oftmals im Zusammenhang mit Wissensvermittlung und Lernen stehen. Zu »Serious Games« vgl.: Stone 2014, S. 890.

## ■ 1288

Archivierte Webseite von »V-MUST.NET«: <https://web.archive.org/web/20161113120523/http://www.v-must.net/>.

Anwendungen, die nicht nachhaltig genutzt wurden. <sup>1284</sup> Daher war ein weiteres Ziel von V-MusT.net die Nachnutzung digitaler Objekte aus Virtual Museums zu unterstützen und damit auch zur Nachhaltigkeit des Präsentationskonzepts beizutragen. <sup>1285</sup> Innerhalb des Netzwerks entwickelten vier Institutionen – Bibliotheca Alexandria in Alexandria, Allard Pierson Museum in Amsterdam, City Hall in Sarajevo und Imperial Fora Museum in Rom – die gemeinsame Ausstellung Keys to Rome anlässlich des 2000. Todestags von Augustus, die an allen vier Orten gleichzeitig stattfand. <sup>1286</sup> Ziel der beteiligten Archäologen, Architekten, Kunsthistoriker, Informatiker und Kommunikationsexperten war es, diese Ausstellung mit Hilfe neuer Technologien durchzuführen, um die Potentiale eines Virtual Museum der Zukunft zu zeigen. So konnten Besucher und Interessierte die vom Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung in Darmstadt entwickelte App Matrix auf mobile Endgeräte herunterladen. Diese ermöglichte es den Besuchern der Ausstellungsorte sich mittels einer in der App ausgewählten virtuellen Figur vor Ort durch die Schau führen zu lassen, Objekte zu identifizieren und die anderen Ausstellungsorte virtuell zu besuchen. Mit der Augmented Reality-App Nisar des französischen Forschungsinstituts INRIA konnten sich Besucher Details zu Objekten anzeigen zu lassen, indem sie mit dem Finger darauf deuteten.

Weitere Präsentationsmöglichkeiten, die teils interaktiv ausgerichtet waren, umfassten Computeranimationen historischer Bauwerke, Holografische Displays, Augmented Objects, Tangible Storytelling durch Rapid Prototyping und Serious Games. <sup>1287</sup> Hier zeigte sich das Potential von digitalen Technologien für die Wissensvermittlung, die auch für Forscher, Institutionen und Firmen im Bereich der 3D-Rekonstruktion von historischer Architektur relevant sein können. Beispielsweise bietet sich mit dem Konzept des Tangible Storytelling die Möglichkeit, architektonische Details von nicht mehr existierenden Bauwerken mittels Rapid Prototyping-Verfahren auszudrucken und den Ausstellungsbesuchern zum Anfassen bereitzustellen. Mit Holografischen Displays kann zerstörte Architektur visuell wieder zugänglich und interaktiv erfahrbar gemacht werden.

Im Gegensatz zur Webseite zu Keys to Rome ist der Internetauftritt von V-MusT.net heute nicht mehr online verfügbar und kann nur über web.archive.org in archivierter Form abgerufen werden. <sup>1288</sup> Hier zeigt sich ein wichtiges Desiderat: das nachhaltige Zurverfügungstellen von Ergebnissen und der Dokumentation von Forschungsprojekten, um Anschlussmöglichkeiten zu zukünftigen Projekten zu gewähren und das Verschwinden von Arbeiten, die über Jahre hinweg entwickelt wurden, zu verhindern. In Kapitel 6.2 (→ 469) steht daher das Thema der Langzeitarchivierung im Fokus der Untersuchung.

Im Kontext der EU-Projekte sei diesbezüglich auf die Plattform Europeana verwiesen, deren Ziel es ist, kulturelles Erbe online dauerhaft frei zugänglich zu machen zum Zweck von »enjoyment, education and research.« <sup>1289</sup> Bislang bezieht sich dies hauptsächlich auf Fotografien und Bilder sowie das Bereitstellen von Metadaten und einer Verlinkung zu der Institution, die das jeweilige Text- und Bildmaterial zur Verfügung stellt.

Um explizit 3D-Datensätze einzuspeisen, wurden in den letzten Jahren EU-Projekte wie CARARE und 3D-ICONS realisiert, auf die im Folgenden genauer Bezug genommen wird. <sup>1290</sup> So ist es verwunderlich, dass in Europeana

## ■ 1289

Für Informationen zu »Europeana« vgl. die zugehörige Webseite: <https://www.europeana.eu/portal/en/about.html>.

## ■ 1290

Weitere EU-Projekte, die Inhalte an »Europeana« lieferten waren: »3D-COFORM«, »Athena«, »Linked Heritage«. Vgl. D'Andrea et al. 2012.

## ■ 1291

Für die Bereitstellung von 3D-Modellen in »Europeana« plädieren beispielsweise Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst, vgl. Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 44. Die Autoren folgender Publikation sehen zudem ein großes Desiderat darin, Konzepte zu erarbeiten, um die 3D-Inhalte, die in »Europeana« vorgehalten werden, nachnutzen zu können: Linaza/Juaristi/Garcia 2014, S. 116.

## ■ 1292

Zum EU-Projekt »CARARE« vgl. zugehörige Webseite: <http://www.carare.eu/about/>.

## ■ 1293

Hintergrundinformationen zu Inhalt, Zielen und Umsetzung von »3D-ICONS« sind zu finden in: Webseite »Cordis« der EU-Kommission: [http://cordis.europa.eu/project/rcn/191908\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/191908_en.html); D'Andrea et al. 2012.

bislang keine Kategorie zu digitalen 3D-Modellen von historischen Artefakten existiert. Über die Suchfunktion lassen sich diese Objekte zwar finden, aber die Filteroptionen sind hier unzureichend. So können nach Eingabe eines Stichworts die Ergebnisse nicht nach Themen (zum Beispiel Kunstgeschichte, Archäologie, Architektur), dargestellten Objekttypen (Gebrauchsgegenstand, Architektur, Bauwerkstyp, architektonisches Detail und Ähnliches) oder zeitlicher Eingrenzung (betrifft sowohl Erstellungszeitraum des dargestellten Gegenstands als auch den Zeitpunkt für die Einstellung des Datensatzes) gefiltert werden.

Zudem bleibt die Logik zur Sortierung der Ergebnisse unklar, die im Übrigen durch den Nutzer nicht eigenständig verändert werden kann (beispielsweise nach Datum der Einstellung des Datensatzes, Standort des dargestellten Gegenstands oder dem Alphabet). Dem Nutzer bleiben lediglich folgende Filter, um seine Suchergebnisse einzugrenzen: thematische Sammlungen (Kunst, Mode, Musik, Migration, Fotografie, Karten, Geografie, Erster Weltkrieg und weitere), Medien (3D, Text, Bild, Video, Ton), Nutzungsbedingungen (freie oder eingeschränkte Verwendung, keine Wiederverwendung), zur Verfügung stehendes Land, Sprache, Aggregator und Institution. Hierunter finden sich zwar essentielle Informationen wie Nutzungsbedingungen, aber eine ergebnisorientierte Suche mit einer wissenschaftlichen Fragestellung – beispielsweise, wann ein bestimmtes Bauwerk in welchem thematischen Kontext rekonstruiert wurde – lässt sich bislang leider nicht durchführen. Dies verwundert insofern, als die Plattform auch der Forschung dienen will. Insofern scheint hier in vielerlei Hinsicht Handlungsbedarf, denn **Europeana** hätte durchaus das Potential als ein zentraler Vernetzungsort zu dienen und Verweise auf wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle bereitzuhalten. <sup>1291</sup>

Inhalte in umfangreicher Form für diese Plattform lieferte das EU-Projekt **CARARE** (2010–2013). <sup>1292</sup> Es wurde ins Leben gerufen, um explizit **Europeana** weiter zu entwickeln und umfasste folgende Ziele: Unterstützung und Einbezug von Organisationen, Institutionen, Museen und digitalen Archiven in den Bereichen der Erstellung von digitalen Inhalten für die Plattform, Zugänglichmachung von 3D- und VR-Inhalten in **Europeana**, Sammlung von Inhalten sowie Dienstleistungsangebote. Thematisch umfasste die Initiative archäologische Monumente, bedeutende Architektur, historische Stadtzentren sowie Industriemonumente.

Hierauf baute das 2012 gestartete und 2015 abgeschlossene EU-Projekt **3D-ICONS (3D Digitisation of Icons of European Architectural and Archaeological Heritage)** auf. <sup>1293</sup> Ziel war es, von der UNESCO als bedeutend ausgezeichnete architektonische und archäologische Stätten des kulturellen Erbes in Europa zu digitalisieren und in Form von 3D-Modellen in **Europeana** zur Verfügung zu stellen. Damit sollte der Inhalt, den **CARARE** bereits überführt hatte, bedeutend erweitert werden. Hierfür wurden bestehende Werkzeuge und Methoden evaluiert, um sie in einen bestimmten Arbeitsablauf zu überführen. Im Fokus standen auch hier allerdings nur existierende Bauwerke und Monumente, nicht aber zerstörte – ein Desiderat, das in einem nächsten EU-Projekt bearbeitet werden könnte.

Wie dieser Überblick über in den letzten Jahren durchgeführte EU-Projekte zeigt, wurden verschiedene Initiativen ergriffen, Forschungsfelder im Kontext des digitalen Kulturerbes weiter zu etablieren. Zukünftige 3D-Projekte können

auf die darin entwickelten technischen Werkzeuge und Best Practice Beispiele aufbauen beziehungsweise sie weiter nutzen.

### Technologien

Von den 2000er-Jahren bis heute lässt sich eine rasante Entwicklung an Technologien feststellen, die im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur Verwendung finden. Hier sei auf wichtige Tendenzen eingegangen, die für zukünftige 3D-Projekte in diesem Kontext relevant sein können.

So existiert zwar das Konzept der Virtuellen Realität (VR) bereits seit den 1990er-Jahren, jedoch kann nun insbesondere mit der Weiterentwicklung der Rechenleistung von Computern und neuer Hardware eine weitaus realistischere Wirkung der Visualisierungen erzielt werden als es zuvor jemals möglich war. <sup>1294</sup> Generell treibt die Spieleindustrie die Weiterentwicklung von VR stark voran. Hier kann von einer »democratization of VR« <sup>1295</sup> gesprochen werden, vorangetrieben durch erschwingliche, hochleistungsfähige Massenprodukte und anspruchsvolle Game Engine-Software. Innovationen aus diesem kommerziellen Bereich wie gesteigerter Realismus in der Darstellung, intuitive Interaktion oder verbesserte Bedienbarkeit finden sich in der Folge auch in wissenschaftlichen Kontexten, wie in diesem Abschnitt gezeigt wird.

Head-Mounted-Displays (HMD), die bereits in den 1990er-Jahren vereinzelt Verwendung fanden, wurden in den letzten Jahren in ihrer Funktionsleistung substantiell verbessert. <sup>1296</sup> Hierzu zählen beispielsweise VR-Brillen, die im Wesentlichen auf zwei verschiedenen Technologien basieren. <sup>1297</sup> So kann in Geräte wie die 2015 veröffentlichte **Samsung Gear VR** ein **Galaxy-Smartphone** eingeklinkt werden, das sodann sowohl als Bildschirm als auch als Prozessor dient. <sup>1298</sup> Oder aber die VR-Brille besitzt ein eigenes Display und weist damit eine weitaus komplexere Technologie auf, wie die bereits 2012 auf den Markt gekommene **Oculus Rift**. <sup>1299</sup> Diese ist mit einem leistungsfähigen Rechner verbunden und kann durch spezielle Bewegungssensoren (Touch Controller) ergänzt werden, über die ein Nutzer Gesten und Bewegungen während der Anwendung ausführen kann. Die inzwischen stark nachgefragten Geräte können Inhalte in HD-Qualität abspielen und stellen auch durch ihre Größe und das Design eine deutliche Verbesserung zu den VR-Brillen der 1990er-Jahre dar.

Für den Einsatz ebensolcher HMD wurden im Rahmen von Bernard Frischers Projekt **Rome Reborn VR** 3D-Rekonstruktionen der **Maxentius Basilika** und des **Pantheon** erstellt. <sup>1300</sup> Als Apps sind sie über verschiedene Anbieter und Technologien online erhältlich und bieten den Nutzern die Möglichkeit, die historischen Bauwerke eigenständig zu erkunden.

Da HMD auf den individuellen Gebrauch eines einzelnen Nutzers ausgelegt sind, eignen sie sich nur bedingt für die Anwendung im Museum. So kommen im Ausstellungskontext vermehrt großflächige Projektionen zur Visualisierung von 3D-Modellen zum Einsatz. Als innovatives Anwendungsbeispiel sei hier das Projekt **Etruscanning** vorgestellt, das im Rahmen des **Culture 2007 framework** von 2011 bis 2013 von der EU-Kommission gefördert wurde. <sup>1301</sup> Mit innovativen VR-Anwendungen wurde hier im Ausstellungsbereich Wissen zu etruskischen Gräbern vermittelt. Um beispielsweise das Grab **Tomba Regolini-**

#### ■ 1294

Zur Entwicklung von VR vgl.: Bertol 1997, S. 69–70; Blade et al. 2014; **Kapitel 4.1** (→ 165). Einen Überblick über aktuelle Anwendungsfelder von VR in unterschiedlichen Bereichen bietet beispielsweise: Blade et al. 2014, S. 1331–1333.

#### ■ 1295

Blade et al. 2014, S. 1330. Zum Einfluss und Potential der Spieleindustrie vgl. ebd; Stanney/Hale/Zyda 2014, S. 4 u. S. 6.

#### ■ 1296

Vgl. Hua/Brown/Zhang 2011.

#### ■ 1297

Vgl. Stanney/Hale/Zyda 2014, S. 6–7; Blade et al. 2014, S. 1329–1331.

#### ■ 1298

Vgl. Webseite der »Samsung Gear VR«: <http://www.samsung.com/de/wearables/gear-vr-r325/>.

#### ■ 1299

Vgl. Webseite zur »Oculus Rift«: <https://www.oculus.com/>.

#### ■ 1300

Vgl. Webseite zu »Rome Reborn VR« mit Informationen und Links zu den VR-Apps zur **Maxentius Basilika**: <https://www.romereborn.org/content/basilica-maxentius> u. zum **Pantheon**: <https://www.romereborn.org/content/pantheon>; Messemer 2018; **Kapitel 6.2** (→ 469).

#### ■ 1301

Informationen zu Inhalt, Zielen, Umsetzung und Präsentation des Projekts sind zu finden in: Pietroni 2013.

Galassi in Cerveteri, Italien, das nicht immer öffentlich zugänglich ist, für die Öffentlichkeit erfahrbar zu machen, wurde es 3D-rekonstruiert. Ziel war es, im digitalen Modell auch die einst in der Grabstätte befindlichen und heute im Museum ausgestellten Objekte sozusagen wieder in ihrem ursprünglichen Kontext zu verorten. Mittels Laserscanner wurde die Grabstätte zunächst als Punktwolke aufgenommen, bearbeitet und texturiert. Die Grabbeigaben wurden im Vatikanischen Museum fotografisch mit etwa 36 Aufnahmen je Gegenstand erfasst und digital zusammengesetzt mit der Computergrafik-Software **3D Studio Max** im Falle von komplexen Objekten oder automatisiert mit **Agisoft Photoscan**. Nach der finalen Bearbeitung der 3D-Modelle wurden sie in die Game Engine **Unity3D** importiert, um in einer VR-Umgebung visualisiert zu werden.

#### ■ 1302

Neben der hier erläuterten Präsentationsmöglichkeit wurde noch eine weitere, einfacher gehaltene entwickelt. Diese erlaubte es dem Nutzer durch Betreten eines Grundrisses des Grabs, der auf dem Boden vor der Präsentationswand installiert war, bestimmte Funktionen auszulösen. Hier waren festgelegte Kamerafahrten und Abfolgen von Audiokomentaren zu Objekten hinterlegt, sodass die Interaktivität gegenüber der anderen Anwendung etwas eingeschränkter war. Vgl. ebd., S. 240–241.

Für die Präsentation wurde auf weitere Technologien aus dem Computerspielbereich zurückgegriffen. So fand hier der **Kinect**-Sensor für Bewegungserfassung erstmalig in einer VR-Umgebung im Kontext des Kulturerbes Verwendung. Dieser ermöglicht es, dass sich der Nutzer frei vor der Präsentationswand bewegen und über sogenannte Hotspots auf dem Boden bestimmte Funktionen auslösen kann <sup>337</sup>. **1302** Über den Hotspot **Exploration** hat er die Möglichkeit den virtuellen Raum vollkommen frei zu erkunden und ihn mittels Armbewegungen zu rotieren. Hingegen erlaubt der Punkt **Selection and Storytelling** einzelne Objekte mit der Hand auszuwählen, zu denen sodann Informationen in Audioformat gegeben werden. Während eine Person vor der Installation agiert, können Zuschauer an dem Geschehen teilhaben, ohne selbst aktiv zu werden.



□ 337

Installation »Virtual Exploration of the Regolini-Galassi tomb« des Projekts »Etruscanning« in Zusammenarbeit mit »Encoded Visions on Canvas (E.V.O.CA.)« in den Vatikanischen Museen, 2013.

Die innovative Umsetzung moderner Technologien in dieser VR-Anwendung wurde 2012 mit zwei Preisen ausgezeichnet: Im Rahmen der internationalen und von **V-MusT.net** organisierten Ausstellung **Archeovirtual** gewann sie in der Kategorie **New Interaction** den **Public Appreciation Award**. Seit April 2013 ist sie im Vatikanischen Museum sowie im Allard Pierson Museum in Amsterdam

## ■ 1303

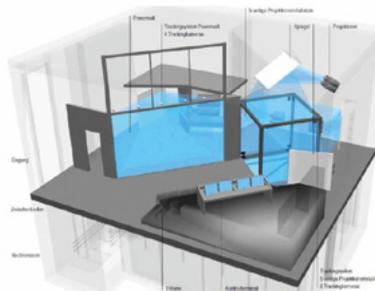
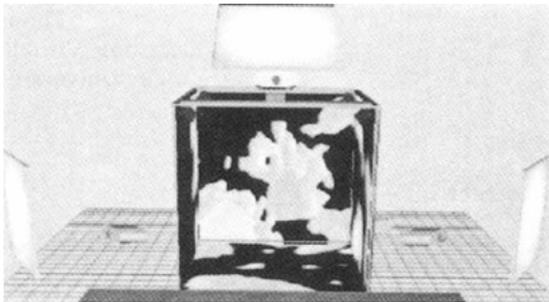
Vgl. Cruz-Neira/Sandin/DeFanti 1993.

## ■ 1304

»CAVES« sind heute beispielsweise an Forschungsinstitutionen und Rechenzentren installiert, vgl. Webseite der TU Dresden: [https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/imm/ktc/die-professur/angebote\\_einrichtungen\\_ausstattung/cave?set\\_language=de](https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/imm/ktc/die-professur/angebote_einrichtungen_ausstattung/cave?set_language=de); Webseite des Leibniz-Rechenzentrums in München: [https://www.lrz.de/services/v2c\\_de/installationen/5-seiten-projektionsraum/](https://www.lrz.de/services/v2c_de/installationen/5-seiten-projektionsraum/).

als Dauerinstallation zu sehen. Eine solche Initiative könnte auch im Kontext historischer Architektur angewendet werden.

Dieses Ausstellungskonzept erinnert an das Prinzip der **CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment)**, das bereits 1991 von Carolina Cruz-Neira an der University of Illinois in Chicago, USA, entwickelt wurde. <sup>1303</sup> Damals wurden die in Echtzeit erfolgten Projektionen auf drei Seitenwände und auf den Boden gerichtet <sup>338</sup>. Heute besteht eine **CAVE** aus einem von fünf Seiten geschlossenen würfelförmigen Raum, auf dessen Boden, Decke sowie drei Seiten die Projektionen erfolgen und damit eine weitaus größere Immersion ermöglichen. <sup>1304</sup> Ein Vergleich des Aufbaus einer **CAVE** Anfang der 1990er-Jahre und heute anhand diagrammatischer Darstellungen zeigt sehr deutlich, dass zwar die Prinzipien der Projektion im Wesentlichen erhalten geblieben sind, aber der Gesamtaufbau inzwischen komplexer geworden ist.



□ 338

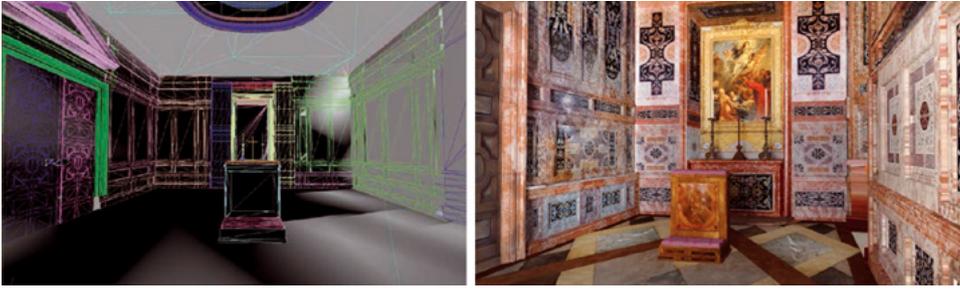
Diagrammatische Darstellung der »CAVE« mit Projektion auf drei Seitenwände und den Boden, Grafik: Milana Huang/University of Illinois, Chicago, ca. 1993 (links); sog. fünfseitige Projektionsinstallation in würfelförmigem Raum im Leibniz-Rechenzentrum, München, Stand 2018 (rechts).

## ■ 1305

Zu Inhalt, Ziel und Umsetzung des Projekts vgl.: Engel/Guminski 2016.

Der Nutzer einer aktuellen **CAVE** erhält den Eindruck, sich inmitten einer virtuellen Umgebung zu befinden und kann mit dieser anhand verschiedener Geräte (Konsolen, Datenhandschuh und anderem) interagieren. Ein Nachteil zeigt sich hier daran, dass diese Installation auf einen Nutzer ausgelegt ist, da die Projektionen nur auf seiner Perspektive beruhen. Für weitere in der **CAVE** befindliche Personen ist daher das immersive Erleben weitaus geringer.

Dennoch kann eine **CAVE** ein wirkungsvolles Präsentationsmedium sein. Dieses Potential im Bereich der 3D-Modellierung historischer Architektur anwendungsbezogen zu erproben, war das Ziel eines gemeinsamen Seminars von Studierenden der Kunstgeschichte und des Studiengangs Kunst und Multimedia an der Ludwig-Maximilians-Universität in München im Wintersemester 2015/2016. <sup>1305</sup> Unter der Leitung der Kunsthistorikerin Ute Engel und der Kunstpädagogin Karin Guminski modellierten sie mit der Software **3ds Max** die zwischen 1722 und 1726 entstandene, sogenannte Kammerkapelle der Kurfürstin Therese Kunigunde im Neuen Schloss Schleißheim. Als Grundlage dienten ihnen hierzu Grundrisse sowie Vermessungen. Zudem fotografierten sie den heute noch existierenden, reich geschmückten Raum, um die Aufnahmen in das Geometriemodell einzufügen <sup>339</sup>. Eine Gegenüberstellung von Geometriemodell und texturiertem 3D-Modell verdeutlicht, dass sich der Raumeindruck sowohl durch die integrierten Fotografien als auch durch eine realistische Anordnung der Perspektive radikal verändert und die Architektur sehr real erscheinen lässt.



□ 339

Die sog. Kammerkapelle der Kurfürstin Theresia Kunigunde im Neuen Schloss Schleißheim als Drahtgittermodell (links) und als texturiertes 3D-Modell (rechts), Michael Käs Dorf/LMU München, 2015/2016.

So entstand eine fotorealistische, dreidimensionale Visualisierung, die zunächst in der **CAVE** des Leibniz-Rechenzentrums in München vorgeführt wurde und zukünftig als Anwendung mit einer 3D-Brille weiterentwickelt werden soll, um auch einen benutzerspezifischen Zugang zum digitalen Modell zu bieten.

Eine mögliche technische Lösung, die das kollaborative Arbeiten von sich an getrennten Orten befindenden Wissenschaftlern revolutionieren kann, wurde 2017 entwickelt: Der Informatiker Bernd Fröhlich stellte im April 2017 im Rahmen des in Marburg veranstalteten Workshops **Digitale Raumdarstellungen. Barocke Kunst im Kontext aktueller Zugriffe der spatial humanities** ein innovatives Projektionssystem vor. <sup>1306</sup> Das an der Bauhaus Universität in Weimar entwickelte System ermöglichte es sechs Personen gleichzeitig an zwei unterschiedlichen Orten auf der Welt gemeinsam virtuell zu interagieren. Hierfür wurde ein Prototyp für einen mit 360 Hz ausgestatteten Projektor entwickelt. Dieser kann für drei Personen gleichzeitig, von denen jede ein HMD trägt, jeweils eine eigene Perspektive generieren. An jedem der beiden Orte stehen die Nutzer jeweils vor einer Powerwall und sehen das jeweils andere Team als Ganzkörperprojektion, da sie von Kameras aufgenommen werden. <sup>1307</sup> In Echtzeit bewegen sich alle Teilnehmer im gleichen virtuellen Raum und können beispielsweise ein eingeblendetes 3D-Modell gemeinsam diskutieren, indem sie es über Handheld-Devices virtuell bewegen.

Diese Technik hat gegenüber der bereits etablierten **CAVE** drei entscheidende Vorteile: Erstens, nicht alle Personen müssen sich am gleichen Ort befinden, wie es in einer **CAVE** erforderlich ist. Zweitens erhalten alle Teilnehmer über die leistungsstarken Projektoren eine eigene Perspektive auf die virtuelle Umgebung, in der sie sich aufhalten – während in einer **CAVE** üblicherweise nur derjenige Nutzer eine korrektive Perspektive hat, der mit einem HMD ausgestattet ist. Drittens können die Teilnehmer ein 3D-Objekt gemeinsam virtuell bewegen, was in der **CAVE** nur einer einzigen Person vorbehalten ist. Diese Technologie eröffnet internationalen Forscherteams damit neue Möglichkeiten der Kommunikation, Interaktion und des kollaborativen Arbeitens am Objekt selbst.

Auch Augmented Reality (AR) ermöglicht das interaktive Agieren mit virtuellen Objekten. Hier entsteht eine sogenannte **Mixed Reality**, da auf einem Bildschirm das reale Bild mit virtuellen Bildern überlagert wird. Das von dem Informatiker Borko Furht 2011 herausgegebene Handbuch zu Augmented Reality gibt einen Überblick zu deren Entwicklung und zeigt die Bandbreite an Technologien und Anwendungsfeldern auf. <sup>1308</sup> Allerdings ist darin dem Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischen Artefakten nur ein kurzer Abschnitt im Rahmen des Kapitels **Augmented Reality in Exhibition and Entertainment for**

## ■ 1306

Der Workshop »Digitale Raumdarstellungen. Barocke Kunst im Kontext aktueller Zugriffe der spatial humanities« wurde veranstaltet im Rahmen des Projekts »Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD)« der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Zusammenarbeit mit dem »Deutschen Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg«. Er fand vom 3. bis 4. April 2017 in den Räumen des Deutschen Sprachatlas in Marburg statt, vgl. Ankündigung und Programm des Workshops auf der Webseite des »CbDD«: <https://deckenmalerei.badw.de/tagungen.html>.

## ■ 1307

Auch bei einer »Powerwall« erfolgt die Projektion von hinten. Hier können Inhalte in sehr hoher Auflösung in Echtzeit gezeigt werden.

## ■ 1308

Vgl. Furht 2011.

## ■ 1309

Vgl. Huang et al. 2011, S. 710–712.

## ■ 1310

Zur Multimedia-Station vgl.: Callebaut 2002, S. 182-183; Pletinckx et.al. 2000, S. 46; Wittur 2013, S. 118–121 u. S. 122–123. Zur digitalen Rekonstruktion der Abteikirche vgl. Abschnitt zu Dokumentation des Erstellungsprozesses in Kapitel 6.2 (→ 469).

## ■ 1311

Vgl. Grellert 2007, S. 338–339.

the Public gewidmet. <sup>1309</sup> Dies zeigt, dass dem Bereich keine große Aufmerksamkeit geschenkt wurde, da er möglicherweise noch nicht etabliert ist.

Die bisherigen Anwendungsgebiete von AR im Kontext von historischer Architektur umfassen meist entweder festinstallierte AR-Stationen an historisch bedeutenden Stätten oder Apps für mobile Endgeräte. Ein sehr frühes Beispiel für eine vor Ort aufgestellte Installation ist die an einer Ausgrabungsstätte in Ename 1997 eingerichtete Multimedia-Station **TimeScope 1**. <sup>1310</sup> Auf einem Display sah der Betrachter ein Video der realen Situation, in das ein 3D-Modell der heute nicht mehr existierenden Abteikirche eingeblendet wurde <sup>340</sup>. Dadurch erhielt er einen realistischen Eindruck von den einstigen Ausmaßen der Architektur, deren Größendimensionen auf diese Weise eingeschätzt werden konnten. Zusätzlich bot eine Multimediapräsentation weitere Informationen zum Bauwerk.



□ 340

Multimedia-Station »TimeScope1« am ehemaligen Standort der Abteikirche in Ename, auf deren Bildschirm eine halbtransparente, digitale Rekonstruktion des Bauwerks auf die Ansicht der realen Situation eingeblendet wird, Foto: pam Ename, 1997.

Im Kontext der Erinnerung an zerstörte synagogale Architektur wurden 2006 in Kaiserslautern am ehemaligen Standort der Synagoge fünf Stelen mit einer Art Fernrohr aufgestellt <sup>341</sup>. <sup>1311</sup> Die Geräte erinnern in ihrer Erscheinungsweise an Münzfernrohre und bieten den Besuchern des heutigen Gedenkortes an drei Stellen einen Blick in das Innere des digital rekonstruierten Gotteshauses und an zwei Positionen jeweils Außenansichten.



□ 341

Am ehemaligen Standort der Synagoge Kaiserslautern aufgestellte Stelen, die einen Blick in das Innere des digital rekonstruierten Gotteshauses bieten, 3D-Modell, TU Darmstadt, 2006.

Wie bereits in **Kapitel 3.3 (→ 125)** im Zusammenhang mit nicht mehr existierender Architektur vorgestellt, wurden 2010 in der Ruine der ehemaligen Klosterkirche Cluny III vier schwenkbare Bildschirme platziert. So können die Besucher anhand eines am Bildschirm eingeblendeten 3D-Modells das einstige Erscheinungsbild der Kirche vor Ort betrachten.

AR-Anwendungen für mobile Endgeräte sind weitaus komplexer, im Hinblick darauf, dass sie auf GPS-Daten (Global Positioning System) und das Internet zugreifen müssen. Eines der ersten Projekte dieser Art war **Archeoguide (Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide)**. **1312** Realisiert wurde es um 2001 im Rahmen eines internationalen Konsortiums von Forschungsinstitutionen (Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung; Zentrum für Graphische Datenverarbeitung e. V., ZGDV, Darmstadt; Centro de Computação Gráfica, Guimarães, Portugal), dem griechischen Kultusministerium sowie Technologiefirmen (Intracom S.A., Athen, Griechenland; A. E. C. 2000, Meletole, Italien; Post Reality, Griechenland). Ziel war die Entwicklung von »a well-designed mobile system [which] can provide a personalized electronic guide to outdoor archaeological sites, help users navigate and make the most of their visit, and enable the collection, exploitation, and updating of archaeological data on any given site.« **1313**

Konkret wurde dieses Konzept für den antiken Ort Olympia in Griechenland umgesetzt, da es sich hier um einen kulturell bedeutenden Ort handelt, der heute nur in Ruinen erhalten ist. Auf Grundlage von Architekturzeichnungen und archäologischen Befunden wurden 3D-Modelle der Bauwerke erstellt, die virtuell in das Realbild eingeblendet wurden. Dies vermittelte den Besuchern einen Einblick in die einstige Erscheinungsweise des Ortes **342**. Darüberhinaus wurde auch eine Animation erstellt, in der Avatare im Stadion um die Wette laufen. Auf diese Weise konnte zudem die Nutzung der historischen Anlage anschaulich vor Augen geführt werden.

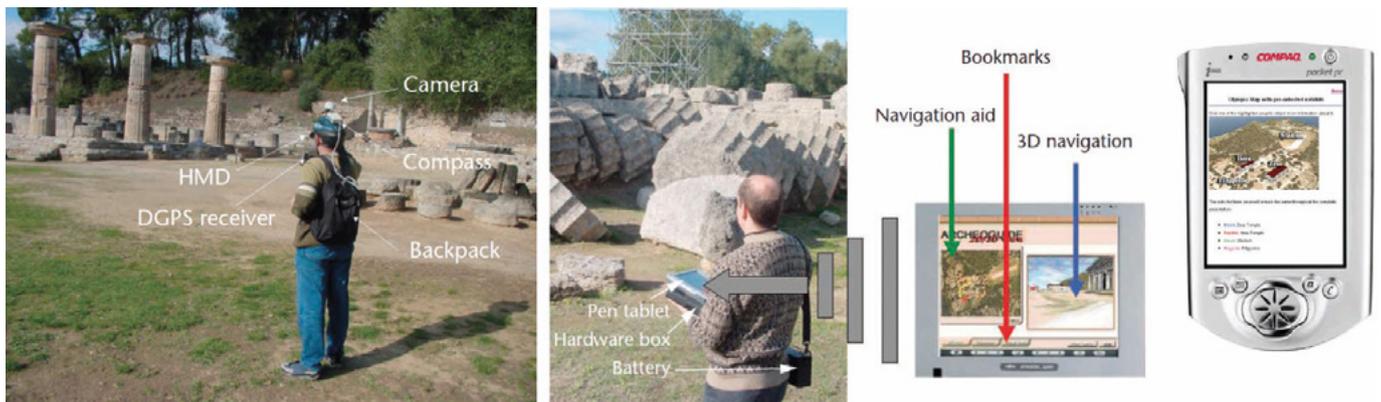


□ 342

Ansicht der Ruine des Heratempels in Olympia, Griechenland, (links) und in das Realbild eingeblendete 3D-Rekonstruktion des Bauwerks (Mitte), Animation von um die Wette laufenden Avataren im antiken Stadion (rechts), »Archeoguide«, um 2001.

Insgesamt entwickelte das Projektteam drei unterschiedliche mobile Systeme für die Nutzung des **Archeoguide**, die damals aus einigen Komponenten bestanden und heute nur ein einziges internetfähiges Smartphone oder Tablet-Computer mit GPS-Funktion umfassen würde. So war ein Besucher Anfang der 2000er-Jahre mit einem Rucksack ausgestattet, um einen hochwertigen Laptop von **Toshiba** bei sich zu tragen sowie eine Batterie, WLAN-Hardware, GPS-Empfänger und ein Modul zur Energieverteilung **343**. Auf dem Kopf trug er einen Fahrradhelm, auf den eine kleine Web-Kamera mit USB-Anschluss und ein digitaler Kompass montiert waren. Zum Betrachten der AR-Bilder diente das **Glasstron HMD** von **Sony**. Eine andere Variante für das mobile System umfasste statt des HMD ein sogenanntes **Pen-Tablet** von **Fujitsu**, ausgestattet mit einem druckempfindlichen Bildschirm. Mittels eines speziellen Stifts konnte

der Nutzer damit interagieren und sich einen Umgebungsplan sowie die 3D-Rekonstruktionen anzeigen lassen. Ein Audiokommentar gab zusätzliche Informationen. In einer an der Unterseite des Tablets montierten Box befanden sich ein GPS-Empfänger, digitaler Kompass und ein kabelloses Kommunikationssystem. Eine weitere Alternative stellte ein sogenannter **Palmtop**-Computer dar mit kleinem Bildschirm und einer Batterieleistung von einer Stunde. Die Rückmeldungen der Tester der einzelnen Varianten waren grundsätzlich sehr positiv, vor allem in Hinsicht auf den überzeugenden Realismus des HMD, der anschaulichen Animationen und der Möglichkeit eines individuell wählbaren Rundgangs. Kritik wurde gegenüber dem kleinen Bildschirm des **Palmtop**-Computers geäußert sowie zum unkomfortablen Helm.



□ 343

Varianten für technische Ausrüstung zur Nutzung des mobilen »Archeoguide« vor Ort in Olympia: Besucher mit Fahrradhelm, Kamera, Kompass, HMD, GPS-Empfänger, Laptop und Rucksack (links), Nutzer mit Pen-Tablet inklusive Hardwarebox und Batterie (Mitte), sogenannter »Palmtop«-Computer (rechts), »Archeoguide«, um 2001.

Heute ist eine mobile AR-Anwendung mit leistungsstarken Smartphones oder Tablet-Computern weitaus einfacher zu handhaben. So wurde im Kontext des kulturellen Erbes in den letzten Jahren eine Vielzahl an Apps entwickelt.

Als ein frühes Beispiel sei hier exemplarisch das 2011 realisierte App-Projekt **Ludwig II. – Auf den Spuren des Märchenkönigs** vorgestellt, das für die Vermittlung von Wissen zu Bauwerken von König Ludwig II. von der Bayerischen Staatsbibliothek (BSB) in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen konzipiert wurde. <sup>1314</sup> Beispielsweise kann ein Spaziergänger im Kaiserhof der Residenz in München mittels der App den 1868 bis 1869 auf dem Dach des Festsaalbaus errichteten Wintergarten betrachten, der auf dem Smartphone-Bildschirm als historisches Foto in das reale Kamerabild eingeblendet wird <sup>344</sup>. <sup>1315</sup> Die beeindruckende Glasarchitektur wurde nur wenige Jahre nach dem Tod Ludwig II. bereits wieder abgebaut. Heute existieren keine baulichen Überreste mehr davon. Die AR-App bietet hier einen erkenntnisgenerierenden Mehrwert für den Nutzer, denn durch die mediale Überblendung des einstigen Wintergartens verändert sich der Eindruck des Kaiserhofs vollkommen. Die Einblendung eines virtuell begehbaren

■ 1314

Vgl. Video »Ludwig II. – Auf den Spuren des Märchenkönigs« zur App im »YouTube«-Kanal der BSB München, veröffentlicht am 26.09.2011: [https://www.youtube.com/watch?v=BZr\\_gGW-5QOc](https://www.youtube.com/watch?v=BZr_gGW-5QOc). Auf der Webseite der BSB ist die App nicht mehr verlinkt: <https://www.bsb-muenchen.de/recherche-und-service/apps/>.

■ 1315

Für Informationen zum von Ludwig II. gebauten Wintergarten vgl.: Faltlhauser 2006, S. 290.

## ■ 1316

Im Rahmen des von Gerd Hirzinger, Direktor des Instituts für Robotik und Mechatronik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen, initiierten Projekts »Virtuelles Bayern« wurde der Innen- und Außenraum des Wintergartens digital rekonstruiert. Durch das sehr detailliert dargestellte Innere fliegen sogar Schmetterlinge. Vgl. Hirzinger et al. 2016, S. 328, Abb. 13.

## ■ 1317

Das Potential zur Überprüfung und Annotation von Anwendungen auf mobilen Endgeräten wird genannt in: Di Benedetto et al. 2014, S. 27.

## ■ 1318

Vgl. Murphy/McGovern/Pavia 2007. Auf das in dieser Publikation vorgestellte Projekt zur 3D-Visualisierung von klassizistischer Architektur in Dublin wird in einem folgenden Abschnitt des vorliegenden Kapitels näher eingegangen.

## ■ 1319

Vgl. Antonopoulou/Bryan 2017; Fai et al. 2011, Abschnitt »2. BIM and the Heritage Documentation«.

## ■ 1320

Vgl. Antonopoulou/Bryan 2017. Zur Entwicklung, Charakteristika, Potentialen und Einsatzmöglichkeiten von »BIM« und »Historic BIM« vgl. ebd., Abschnitt »1 Introduction«.

## ■ 1321

Die darin vorgestellten Projekte wurden im Vereinigten Königreich durchgeführt und umfassten z. B. ein Straßenbauprojekt, das durch ein archäologisch bedeutendes Gebiet in Yorkshire führte, eine Laserscan-Erfassung und 3D-Modellierung der denkmalgeschützten Waverley Railway Station in Edinburgh, eine Laserscan-Erfassung sämtlicher öffentlich zugänglicher Räume und der Fassade des Natural History Museum in London zur Verbesserung der Informationen zur Baugeschichte des Gebäudekomplexes, vgl. Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »Case Studies«.

## ■ 1322

Für Informationen zur Entwicklung von »BIM« vgl.: Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »1 Introduction«.

3D-Modells der Glasarchitektur könnte darüber hinaus eine weitere interaktive Komponente bieten. 1316



## □ 344

Anwendung der AR-App »Ludwig II. – Auf den Spuren des Märchenkönigs« vor Ort im Kaiserhof der Residenz in München mit am Smartphone-Bildschirm eingeblendetem ehemaligen Wintergarten, Still aus dem gleichnamigen Video im »YouTube«-Kanal der BSB München, 2011.

Insbesondere im Bereich des Tourismus, aber auch in Museen stellen AR-Anwendungen für mobile Endgeräte eine zukunftsfähige Methode zur Vermittlung dar. Für die Forschung im Kontext historischer Architektur bzw. des Kulturerbes allgemein können Smartphones und Tablet-Computer zukünftig wichtige Geräte werden. Mit entsprechenden technischen Werkzeugen ausgestattet, kann beispielsweise die Plausibilität von 3D-Modellen vor Ort überprüft und annotiert werden. 1317

### Building Information Modelling (BIM)

Ende der 2000er-Jahre wurde die Methode des Building Information Modelling (BIM), die bislang bei Neubauprojekten ihre Anwendung fand, auch im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur herangezogen. 1318 Zwar existieren bereits verschiedene Begriffe wie Historic BIM, HBIM, BIM for heritage, die im Wesentlichen das Gleiche meinen, jedoch ist die Methode im Kontext historischer Architektur im Speziellen und Kulturerbe im Allgemeinen, noch nicht etabliert. 1319

Im Jahr 2017 gab die englische Denkmalschutzbehörde Historic England eine einführende Publikation der Autoren Sofia Antonopoulou und Paul Bryan zu diesem Thema heraus, um Experten im Kulturkontext und in der Forschung die Potentiale für die Anwendung näher zu bringen. 1320 Darin wird der Terminus Historic BIM verwendet, der daher auch im Folgenden Verwendung findet. Die Autoren erläutern darin die Entstehungsgeschichte von BIM und gehen ausführlich auf dessen Funktionsweise ein. Zudem stellen sie Möglichkeiten und Empfehlungen zur Verwendung der Methode und Verwaltung von BIM-Daten dar sowie bereits mit BIM durchgeführte Projekte im Bereich des Kulturerbes. 1321 Eine Übersicht über Standards, weiterführende Informationen und ein Glossar vervollständigen diese grundlegende Einführung und machen sie zu einem informativen Kompendium, das auch für Kunsthistoriker relevant ist.

Die Ursprünge von BIM reichen in die Anfangszeit der 3D-Modellierung in den 1980er-Jahren zurück. 1322 Jedoch handelt es sich nicht um eine bestimmte Technologie, vielmehr ist BIM eine Methode, die das Informations-

■ 1323  
Ebd.

■ 1324  
Zur Software für »BIM« vgl.: Ebd.,  
Abschnitt »3 Managing BIM Data«. Auf  
spezifische Dateiformate, die »BIM«-  
Softwarepakete unterstützen, wird  
eingegangen in: ebd.

■ 1325  
Ebd., Abschnitt »1.1 Building  
Information Modelling«.

■ 1326  
Besonderheiten von »BIM« erläuterte  
Fabian Zimmermann der Autorin in  
einem Gespräch am 19.01.2018.

management bei Entwurf und Konstruktion unterstützt, denn »BIM constitutes a technology-enabled, collaborative process for coordinated and structured information management.« <sup>1323</sup> Deren Umsetzung und Anwendung ermöglichen unterschiedliche kommerzielle Softwarepakete wie **ArchiCAD** von **Nemetschek/Graphisoft**, **Allplan** von **Nemetschek**, **MicroStation** von **Bentley** oder **Navisworks** von **Autodesk**. <sup>1324</sup>

Im Speziellen zeichnen **BIM** folgende Faktoren aus wie Sofia Antonopoulou und Paul Bryan erläutern:

»BIM technology involves the use of parametric objects assembled to provide a virtual representation of a building or facility (asset). Parametric BIM objects represent various architectural features, structural elements, systems, other components and spaces, and are intelligent carriers of information. Parametric objects are created using geometric definitions, associated data and rules that define their behaviour, ie how they interact with other objects or respond to changes in their parameters. In parametric modelling, changes in design will automatically update the assembly and its components so that rules and object definitions are always valid. In a BIM environment, all views of the assembly [two-dimensional (2D), three-dimensional (3D) and schedules] are coordinated; therefore, any changes are automatically reflected in all views, resulting in the consistent production of construction information. In this way, BIM technology combines the advantages of 3D digital geometric representation with a detailed understanding of how a building is constructed and how it performs.« <sup>1325</sup>

Wesentlich ist insofern, dass **BIM** eine Simulation der Wirklichkeit erstellt, kein Abbild der Wirklichkeit. Denn sämtlichen mit dieser Methode erstellten Objekten, werden bestimmte Grundregeln und Eigenschaften zugeordnet, die deren Verhalten und wechselseitige Reaktionen innerhalb eines Objektgefüges bestimmen. Die Besonderheit liegt also darin begründet, dass sozusagen jedes Objekt weiß was es ist, welche Eigenschaften es hat und wie es mit anderen interagiert. <sup>1326</sup> So wird beispielsweise eine Fehlermeldung angezeigt, wenn ein Rohr durch eine Wand führen soll, ohne dass vorher ein Loch dafür definiert wurde. Es ist möglich eine komplexe Lichtsimulation zu erstellen, da für jede Oberfläche genau festgelegt ist, wie sie erscheinen soll, wenn ein bestimmtes Licht auf sie trifft. Alle Objekte sind geometrisch modelliert und deren Texturen werden nicht mehr appliziert, sondern sind inhärent. Auf diese Weise entstehen sehr detaillierte 3D-Modelle, die mit Metadaten – wie historische Bedeutung, Stil, Alter, Materialspezifika, mechanische Besonderheiten – angereichert und mit externen Dokumenten verknüpft werden können und damit die Simulation

## ■ 1327

Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »1 Introduction«.

## ■ 1328

Ebd.

## ■ 1329

Vgl. Fai et al. 2011.

## ■ 1330

Ebd., Abschnitt »3 Batawa Project«.

von Erscheinungsweise, Entwicklung und Eigenschaften von Objekten ermöglichen. Auf dieser Grundlage stellen mit **BIM** generierte digitale Modelle »a central repository for all historic asset information« <sup>1327</sup> dar.

Auch Langzeitarchivierung ist im Kontext von **BIM** ein wichtiges Thema, das von der Community diskutiert wird, insbesondere im Hinblick auf Metadaten, IT-Anforderungen sowie sich für die Archivierung eignende Dateiformate. Eine wichtige Voraussetzung ist dabei die beständige Aktualisierung der Informationen zu einem Bauwerk in **BIM**, das insofern kuratiert werden muss. Indem die einzelnen im Laufe eines Projekts entstandenen Versionen des Modells archiviert werden, kann der Entstehungsprozess dokumentiert und damit nachvollzogen werden. Auf die wesentliche Bedeutung der Dokumentation des Erstellungsprozesses eines wissenschaftlich erarbeiteten 3D-Modells wird in **Kapitel 6.2** (→ 469) eingegangen. Darüber hinaus erweist sich **BIM** als ideal für kollaboratives und multidisziplinäres Arbeiten laut Sofia Antonopoulou und Paul Bryan:

»BIM offers a robust framework for a multi-disciplinary collaborative process of information production and exchange, resulting in the creation of a reliable, shared, knowledge resource to be used as the basis for decision-making, communication, planning and consultation.« <sup>1328</sup>

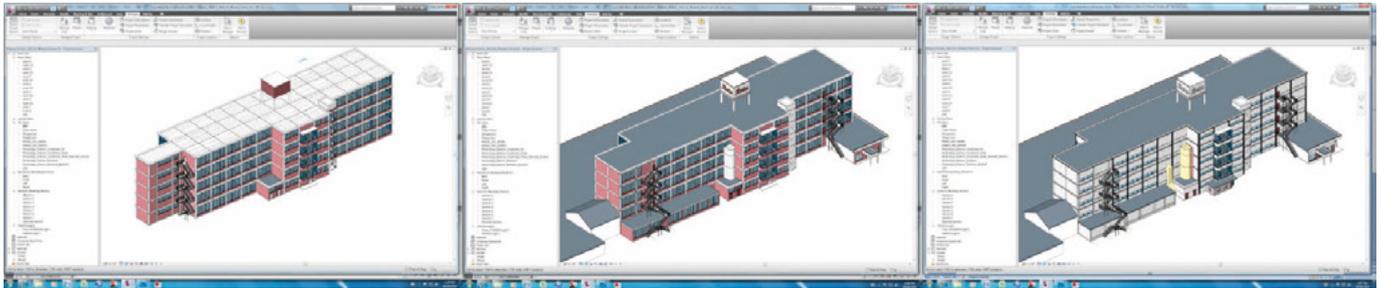
Damit ist **BIM** prädestiniert für den Einsatz im Bereich des Kulturerbes, da hier meist unterschiedliche Disziplinen an 3D-Projekten beteiligt sind, wie an sämtlichen in der vorliegenden Arbeit bereits vorgestellten und analysierten Initiativen deutlich wurde. Bei der Anwendung im Kontext von Neubauten konnte zudem eine erhöhte Effizienz, Kostenreduzierung und bessere Konstruktionsplanung erzielt werden – Faktoren, die auch für Projekte zum kulturellen Erbe relevant sind. Ein weiteres Potential der Methode liegt in der Möglichkeit auch bauliche Entwicklungen über die Zeit wiederzugeben. Dies ist insbesondere von großer Relevanz für die Darstellung der Baugeschichte von historischen Gebäuden.

Umgesetzt haben dies beispielsweise die an der School of Architecture and Urbanism der Carleton University in Ottawa, Kanada, tätigen Architekten Stephen Fai, Katie Graham, Todd Duckworth und Nevil Wood in Zusammenarbeit mit Ramtin Attar von **Autodesk Research**. <sup>1329</sup> Für den ehemaligen Industriort Batawa in Kanada erstellten Fai et al. ein **BIM**-Modell mit folgendem Ziel:

»Our goal in documenting the heritage assets of Batawa is to develop a BIM that will serve as a digital archive to help in conserving the extant heritage buildings and planning and to test future development proposals within the context of these historic buildings and plans.« <sup>1330</sup>

Als Grundlage dienten ihnen sowohl Vermessungen aus mehreren Jahrzehnten, die somit den jeweils aktuellen Stand dokumentierten, als auch Dokumente aus dem Archiv des Orts, die vornehmlich handgezeichnete und

computertechnisch erzeugte Pläne umfassten sowie Texte und Fotografien ab Gründung der Siedlung im Jahr 1939. In aufwändiger Arbeit konnten sämtliche Daten erstmals mittels **AutoCAD Civil 3D** gebündelt werden. Auf Basis von Fotografien und Konstruktionszeichnungen wurde die Schuhfabrik von Batawa in vier verschiedenen Zeiträumen mit der Software **Revit** visualisiert, die die Jahre 1939, 1960 und 1978 umfassen sowie einen Plan für die zukünftige Umgestaltung des Orts <sup>345</sup>. Bildschirmfotos der 3D-Modelle in der **BIM**-Software geben einen Einblick in die komplexe Struktur des Programms.



□ 345

Visualisierung der Schuhfabrik in Batawa in unterschiedlichen Zeiträumen mittels der »BIM«-Software »Revit«, Stephen Fai, Katie Graham, Todd Duckworth, Nevil Wood/Carleton University und Ramtin Attar/»Autodesk Research«, 2011.

Im Hinblick auf die Visualisierung einer Baugeschichte erfüllte das Projekt folgenden Zweck, der auch auf andere Arbeiten im Bereich der Rekonstruktion historischer Architektur übertragbar ist: »The Batawa Model serves to remind us of what is lost, to recognize what remains, and to foster a vital architectural future that is mindful of history.« <sup>1331</sup>

■ 1331

Ebd., Abschnitt »3.2 Time-based Representation of Historical Documents«.

Eine Besonderheit von **BIM** ist, dass das modellierte Bauwerk und dessen zugehörige Informationen unterschiedlich visualisiert werden können, sei es in 3D oder 2D, als Zeichnung oder in Form von Listen. <sup>1332</sup> Sobald neue Daten eingegeben werden, passen sich die jeweiligen Visualisierungen automatisch an, sodass Veränderungen sofort wahrnehmbar sind und überprüft werden können. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass die ausgegebenen Informationen immer konsistent sind.

■ 1332

Zur Funktionsweise von »BIM« und »Historic BIM« vgl.: Antonopoulou/Bryan 2017, Abschnitt »2 How BIM Works«.

Im Wesentlichen basiert die Erstellung von 3D-Modellen mit **BIM** auf dem Prinzip der parametrischen Modellierung. <sup>1333</sup> Dies bedingt das Vorhandensein von Geometriedaten und zugehörigen Informationen zum Objekt, das wiederum durch bestimmte Parameter und Grundregeln definiert ist. Im Fall von historischen Bauwerken, die nicht mehr oder nur noch in Teilen existieren, ist dies allerdings schwer umsetzbar, da wesentliche Informationen fehlen sowie Details von Experten interpretiert und Hypothesen aufgestellt werden müssen. Aus diesem Grund empfehlen Sofia Antonopoulou und Paul Bryan explizit für **Historic BIM** folgende Vorgehensweise:

■ 1333

Für Informationen zum Prinzip des parametrischen Modellierens vgl.: ebd.

»Data voids have implications in the modelling process, where educated guesses may have to be made about certain aspects of the asset's geometry. According to recom-

mended BIM processes, all information (delivered/exchanged) must be verified and validated, allowing zero ambiguity. If any part of the model is based on assumptions because of data voids or incomplete information, this should be explicitly marked to avoid ambiguity and future confusion, misinterpretation and ill-informed decision-making.« <sup>1334</sup>

■ 1334  
Ebd.

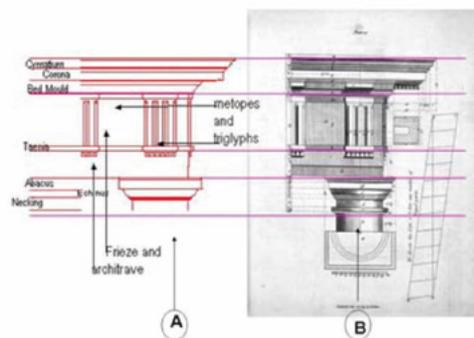
■ 1335  
Hintergrundinformationen zum 3D-Projekt sind zu finden in: Murphy/McGovern/Pavia 2007.

■ 1336  
Die Ziele und Umsetzung des 3D-Projekts, die Baugeschichte der Synagoge sowie die Potentiale von »BIM« aus Sicht der Projektbeteiligten werden umfassend erläutert in: Boeykens/Himpe/Martens 2012.

■ 1337  
Ebd. S. 733.

Insofern schließt diese Methode für die Modellierung von historischer Architektur die Kennzeichnung von unsicherem Wissen von Anfang an in den Rekonstruktionsprozess mit ein.

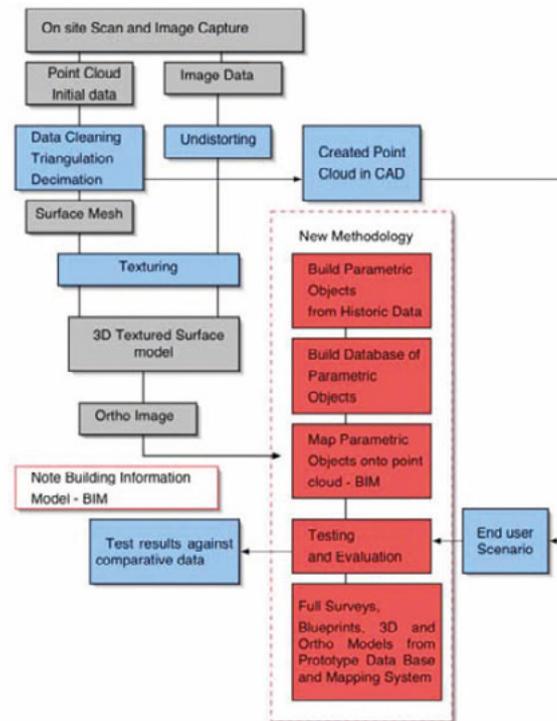
Mit die ersten, die **Historic BIM** zur Erforschung historischer Architektur einsetzten, waren die Bauingenieure Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia am Dublin Institute of Technology des Trinity College in Dublin, Irland. <sup>1335</sup> Gegenstand des 3D-Projekts waren noch heute existierende Stadthäuser in klassizistischer Architektur aus dem 17. Jahrhundert in Dublin, die mittels Laserscans und digitaler Fotografien erfasst wurden. Die daraus resultierende Punktwolke wurde mit Fototexturen ergänzt. Darüber hinaus wurden einzelne architektonische Elemente wie die verbaute Säulenordnung auf Basis von historischen Musterbüchern mit **ArchiCAD** parametrisch modelliert und in das Geometriemodell der Punktwolke eingepasst <sup>346</sup>. Auf diese Weise konnte mittels **BIM** – in einem Gesamtsystem, in dem alle Elemente miteinander in wechselseitiger Beziehung zueinander stehen – überprüft werden, inwiefern die in den Musterbüchern vorliegenden Zeichnungen im tatsächlichen Bauwerk Anwendung fanden bzw. modifiziert wurden <sup>347</sup>. In diesem 3D-Projekt wurde somit nur ein kleiner Anteil an architektonischen Elementen auf Basis von historischen Quellen mit **Historic BIM** rekonstruiert.



□ 346

Punktwolke eines mittels Laserscan erfassten, klassizistischen Bauwerks in Dublin (links) und parametrisch modellierte Säulenordnung auf Basis historischer Musterbücher (rechts), Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia/Trinity College Dublin, 2007.

Demgegenüber sei im Folgenden ein auf **Historic BIM** basierendes 3D-Projekt exemplarisch vorgestellt, das ein heute nicht mehr existierendes Gebäude zum Gegenstand der digitalen Rekonstruktionen hat. Es handelt sich dabei um die im Jahr 2012 von den Architekten Stefan Boeykens und Caroline Himpe von der KU Leuven sowie Bob Martens von der TU Wien vorgestellte Arbeit zur Synagoge im Stadtteil Vinohrady in Prag. <sup>1336</sup> Ziel war es, mit der Erstellung von »intelligent, parametric objects« <sup>1337</sup> das Potential von **BIM** auszuschöpfen und damit Objekte zu generieren, die auch in anderen 3D-Projekten verwendet werden können.



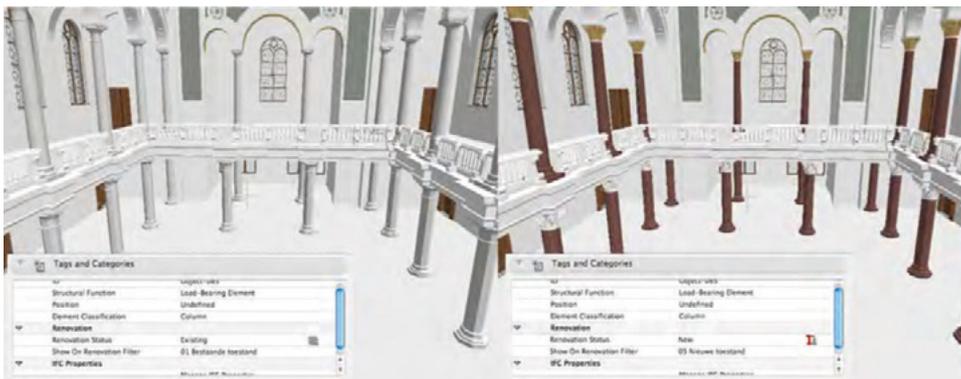
□ 347

Diagramm zum Workflow bei der Anwendung von »Historic BIM« in der Rekonstruktion klassizistischer Architektur in Dublin, Maurice Murphy, Eugene McGovern und Sara Pavia/Trinity College Dublin, 2007.

Für die digitale Rekonstruktion des im Jahr 1951 abgerissenen jüdischen Gotteshauses standen historische Text- und Bildquellen zur Verfügung, die überwiegend aus dem Archiv des Jüdischen Museums in Prag stammten. In einem ersten Schritt wurden die historischen Materialien gesichtet und in einer mit Excel erstellten zentralen Liste abgelegt, die projektintern als »metafil« **1338** bezeichnet wurde und als Grundlage für die 3D-Modellierung diente. Neben Informationen zu unter anderem Quellentyp, Erstellungskontext, Datum, Ort, Ersteller waren auch die jeweiligen Wahrscheinlichkeitsgrade der vorliegenden Quellen verzeichnet. Zur Reduzierung der Rechenzeit wurde in ArchiCAD zunächst ein Grundgerüst des Bauwerks modelliert und erst später durch Details ergänzt, wobei die Rekonstruktionen des Äußeren und des Inneren getrennt voneinander vorgenommen wurden. Aufgrund der teilweise lückenhaften Informationslage zum Bauwerk, mussten für bestimmte Details Hypothesen aufgestellt werden. Um diese kenntlich zu machen, wurden mehrere Versionen von Renderings ausgegeben **348**: abstrakte Darstellungen ohne jegliche Vermutungen zur Materialität sowie texturierte Abbildungen als »make-believe mockup to attempt to recreate a plausible reality.« **1339**

■ 1338  
Ebd. S. 731.

■ 1339  
Ebd. S. 736.



□ 348

Ansichten des Innenraums der digital rekonstruierten Synagoge Vinohrady in Prag ohne und mit Texturen, Stefan Boykens und Caroline Himpe/KU Leuven und Bob Martens/TU Wien, 2012.

Rückblickend zeigten die Autoren mehrere Vorteile und zukünftige Potentiale von **(Historic) BIM** auf. Als wesentlich identifizierten sie die Möglichkeit mit **BIM** ein Modell zu verwalten, das je nach Zweck und Zielrichtung in unterschiedlichen Formen ausgegeben werden kann. Zudem ist ein Wechsel zwischen verschiedenen Ansichten jeder Zeit möglich. Zur Nutzung von **Historic BIM** seien nach Ansicht der Autoren bestimmte Anpassungen notwendig, beispielsweise um Objekte den spezifischen Bedürfnissen der Ersteller anpassen zu können. Dies beträfe auch den in der Software implementierten **Renovation Filter**, der in seiner aktuellen Ausrichtung begrenzt sei, da derzeit architektonischen Elementen nur die Eigenschaften »existing, to be demolished and new« **1340** zugeordnet werden können. Jedoch wäre es zukünftig denkbar, weitere Spezifika hinzuzufügen, um beispielsweise unterschiedliche Bauphasen auszuzeichnen. Diese Ergänzung hätte einen großen Mehrwert für 3D-Projekte, deren Gegenstand historische Architektur ist.

Die beiden Architekten Sanne Maekelberg und Stefan Boeykens sehen in **BIM** einen Wendepunkt im Hinblick auf die Methodenanwendung der digitalen Rekonstruktion im Bereich des Kulturerbes. **1341** Dies liegt nach ihrer Ansicht insbesondere an dem holistischen Anspruch von **BIM**, sämtliche Ansichten (2D/3D), Ausgabeformate (Plan/Liste) und zugehörige Dokumente in einem zu umfassen. Hier ist sicherlich noch großer Handlungsbedarf bezüglich der Bekanntmachung und Bewerbung von **Historic BIM**. Ähnlich wie in der Publikation der britischen Denkmalschutzbehörde, könnten auch im deutschsprachigen Raum Empfehlungen ausgesprochen und Best Practice-Beispiele vorgestellt werden, um die vielversprechenden Möglichkeiten der innovativen Methode in die Community zu tragen.

### Potentiale für die Zukunft

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit interviewte die Autorin mehrere Experten im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur und befragte sie nach deren Einschätzungen zu bislang erfolgten wesentlichen Entwicklungen beziehungsweise Fortschritten in dem Feld sowie zu zukünftigen Potentialen. Ein grundsätzlicher Fortschritt bestehe vor allem im Kostenrückgang für Computertechnik, wodurch die Kosten des gesamten Workflows einer 3D-Rekonstruktion in den letzten Jahren signifikant gesunken seien. **1342** Bernard Frischer betont, dass dies vor allem dazu beigetragen habe, dass bestimmte Technologien allgegenwärtig werden und immer mehr Menschen deren Funktionen erlernen. Im Rückblick sieht Bob Martens insbesondere in den weiterentwickelten CAD-Programmen einen immensen Fortschritt auch im Zusammenhang mit der zunehmenden Rechenleistung der Computer. **1343** Hier sei vor allem die stark verbesserte und heute sehr realistisch erscheinende Lichtsimulation zu nennen. **1344** Auch im Kontext von Präsentationen in Ausstellungen hat sich die Technik zunehmend verbessert. **1345**

Während 3D-Modelle bislang vielfach der Illustration dienten, würden sie, nach Meinung der Experten, in Zukunft »hoffentlich« **1346** – wie Dominik Lengyel sich ausdrückt – als Forschungswerkzeug anerkannt und eingesetzt werden. **1347** Im wissenschaftlichen Kontext skizziert Marc Grellert hierfür folgendes Anwendungsszenario:

■ 1340  
Ebd. S. 733.

■ 1341  
Vgl. Maekelberg/Boeykens 2017,  
Abschnitt »HBIM«.

■ 1342  
Zum Kostenrückgang und dessen Folgen äußerte sich Bernard Frischer im Interview, vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 8.

■ 1343  
Vgl. Appendix 2.7 (→ 683), Interview mit Bob Martens, Frage 15.

■ 1344  
Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 9; Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 10.

■ 1345  
Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 9.

■ 1346  
Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 10.

■ 1347  
Vgl. ebd.; Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 9.

»Dabei steht vielleicht nicht eine Rekonstruktion im Mittelpunkt, es geht also nicht unbedingt darum zu zeigen, wie etwas ausgesehen hat, sondern es geht eher darum, Fragestellungen, die im Rahmen einer Forschungsarbeit auftauchen, zu untersuchen. Hier wird es in der Regel nicht auf atmosphärische Rekonstruktionen ankommen, sondern auf abstrakte Modelle, an denen etwas simuliert wird.« <sup>1348</sup>

## ■ 1348

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 9.

## ■ 1349

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 11.

## ■ 1350

Die Beantwortung technischer Fragen mit 3D-Modellen nennt Paul Reilly im Interview, vgl. ebd.

## ■ 1351

Anwendungsmöglichkeiten nennt beispielsweise Bernard Frischer, der in folgender Publikation hierzu insbesondere auf das Projekt »Rome Reborn« eingeht, vgl. Frischer 2014, S. 155. Ein mögliches Anwendungsszenario schildert auch Andy Walter im Interview in Bezug auf die Rekonstruktion von »Saxon Minsters« im Vereinigten Königreich, vgl. Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Andy Walter, Frage 9.

## ■ 1352

Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 11.

Für diese Art der wissenschaftlichen Arbeit wäre sicherlich ein versierter Umgang mit entsprechender Software eine Grundvoraussetzung, die beispielsweise Kunsthistoriker in der Regel bislang noch nicht vorweisen können.

Laut Paul Reilly werde es einerseits weiterhin »visual hypotheses to stimulate thoughts« <sup>1349</sup> geben und andererseits werden auch ingenieurstechnische und mechanische Fragen mit 3D-Modellen beantwortet werden, die sich beispielsweise damit beschäftigen, ob das rekonstruierte Bauwerk in dieser Form tatsächlich so gebaut werden könnte. <sup>1350</sup> Er nennt hier zwar nicht die BIM-Methode, jedoch wäre diese für ebenjene Fragestellungen geeignet, vor allem auch deshalb, weil sie für die Planung neuer Gebäude entwickelt wurde.

In diesem Kontext sollte auch die in BIM übliche parametrische Erstellung von digitalen Modellen im Bereich der Erforschung historischer Architektur zukünftig verstärkt diskutiert werden. Denn die Parametrisierung umfasst die automatische Generierung von architektonischen Details und Bauteilen, ein Prinzip, das auf den ersten Blick konträr zu historischer Architektur zu sein scheint – möglicherweise abgesehen von gotischen Kathedralen. Es bestehen zwar teilweise schon Ansätze zur Parametrisierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur, jedoch sind diese noch in ihren Anfängen. <sup>1351</sup>

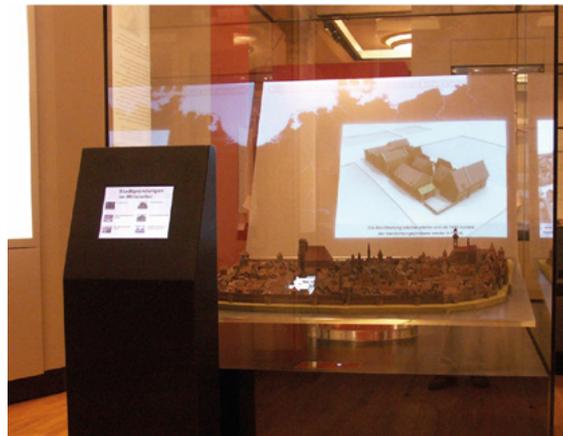
Nach Paul Reillys Meinung wären im Bereich der 3D-Rekonstruktion auch generative Fertigungsverfahren, wie sie aus der Industrie bekannt sind, möglich, und würden damit grundlegende Diskussionen auslösen:

»Finally, of course, full material instantiations (additive manufacturing) is a possibility and raises very big ethical and disciplinary issues surrounding reconstruction (which phase and states matter most, whose narrative is rendered physical?), preservation and the biography of the site/monument.« <sup>1352</sup>

Reilly spricht von der Erstellung von haptischen Modellen auf Basis von 3D-Modelldaten. Hier werden ethische Fragen relevant, sofern es sich dabei nicht nur um einzelne Prototypen – im Sinne von **Rapid Prototyping** – handelt, sondern um in größerem Maßstab erstellte 3D-Drucke von bedeutenden Bauwerken. Denkbar wäre dies beispielsweise für Souvenirs zu nicht mehr existierenden oder in Ruinen vorhandenen Kulturstätten. Wie in **Kapitel 5.4** (→ 403) erläutert, wurden im 3D-Projekt zu Synagogen in Wien bereits einzelne, digital rekonstruierte jüdische Gotteshäuser mittels **Rapid Prototyping**-Verfahren als haptische Modelle erstellt. Dies erfolgte für eine Ausstellung und war nicht als

Massenprodukt gedacht. Im Falle von letzterem wäre es in der Tat zu diskutieren, welche Hypothesen zu einem nicht mehr existierenden Bauwerk materialisiert werden sollten.

Generell stellt der 3D-Druck im Bereich der Erforschung historischer Architektur ein potentiell erkenntnisgenerierendes Werkzeug dar, um Hypothesen auch plastisch und haptisch zu überprüfen. Denn mit der Weiterentwicklung der Technik und sinkenden Preisen für hochwertige Druckmaschinen, wird dieses Feld zu nehmend interessant, wie Bob Martens im Interview erläutert. **1353** Im Ausstellungskontext nutzt Marc Grellert in seiner Firma **Architectura Virtualis** das **Rapid Prototyping**-Verfahren bereits seit einigen Jahren, um digital rekonstruierte Bauwerke den Besuchern auch plastisch vor Augen zu führen. **1354** Hier können auch hybride Exponate aus haptischem 3D-Druck und digitalem Modell entstehen, wie in der 2006 realisierten Ausstellungsstation zu mittelalterlichen Gründungsstädten, die **Architectura Virtualis** für das Deutsche Historische Museum in Berlin erarbeitete **349**. **1355**



□ 349

Installation zum Thema mittelalterliche Gründungsstädte für das Deutsche Historische Museum in Berlin mit einer Kombination aus haptischem »Rapid Prototyping«-Modell und digitalem Modell, »Architectura Virtualis«, 2006.

Von technischer Seite sehen die Experten vor allem Echtzeitmodelle und damit zusammenhängend insbesondere VR und AR als auch in Zukunft wesentliche Konzepte und gewinnbringende Technologien für digitale Rekonstruktionen. **1356** Richard Beacham betont dabei den interaktiven Zugang zu 3D-Modellen, der vielfältige Möglichkeiten für die Vermittlung eröffnet. **1357** Generell sieht er ein großes Potential in virtuellen Welten und deren Erkundung mit neuen Technologien: »My prediction is that the virtual worlds phenomenon is going to become increasingly prevalent and useful. And it's particularly going to be enhanced by the new head-mounted viewing displays.« **1358**

Bernard Frischer weist auf ein weiteres, potentiell zukünftig bedeutendes Feld hin: **Archaeo Astronomy**. **1359** Mit Datenbanken von NASA und European Space Agency, die Aufschluss über Planetenkonstellationen geben, können nun auch Tag- und Nachtzeiten realistisch im 3D-Modell rekonstruiert werden. Um dessen Potential für die Forschung darzulegen, sei hier exemplarisch auf das am **VWHL** von 2006 bis 2012 unter der Leitung von Frischer durchgeführte **Digital Hadrian's Villa Project** verwiesen. **1360** Ein Ziel des Projekts war es, mittels VR-Technologie die von der Archäologin Marina De Franceschini und dem Archäoastronom Guiseppe Veneziano aufgestellte These zu überprüfen. So gehen die beiden Forscher davon aus, dass ein Teil der Villa auf einen bestimmten Sonnenstand wie bei Sonnenwenden hin ausgerichtet worden sei. **1361**

■ 1353

Vgl. **Appendix 2.7** (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 14**.

■ 1354

Vgl. Webseite der Firma »Architectura Virtualis«: <http://www.architectura-virtualis.de/rapidprototyping/index.php?lang=de&file=0>.

■ 1355

Vgl. Beschreibung des Projekts auf der Webseite der Firma »Architectura Virtualis«: <http://www.architectura-virtualis.de/rapidprototyping/gruendungsstaedte.php?lang=de&img=0>; Messmer 2016 (Ideen zu einer Typologie), S. 69–70.

■ 1356

Vgl. **Appendix 2.1** (→ 641), Interview mit Andy Walter, **Frage 8**; **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 9**; **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 9**.

■ 1357

Vgl. **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 9**.

■ 1358

Ebd.

■ 1359

Vgl. **Appendix 2.5** (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, **Frage 8**.

■ 1360

Vgl. umfangreiche Informationen zu den Zielen, Inhalt und Umsetzung des Projekts in: Frischer/Fillwalk 2012; De Franceschini/Venziano 2013; Webseite zum Projekt: <http://vwhl.soic.indiana.edu/villa/>. Auf das »Hadrian's Villa Project« wird zudem in **Kapitel 6.2** (→ 469) im Kontext der Hypothesendarstellung in 3D-Modellen eingegangen.

■ 1361

Zur These von De Franceschini und Venziano vgl.: De Franceschini/Venziano 2013; Frischer/Fillwalk 2012, S. 49–50.

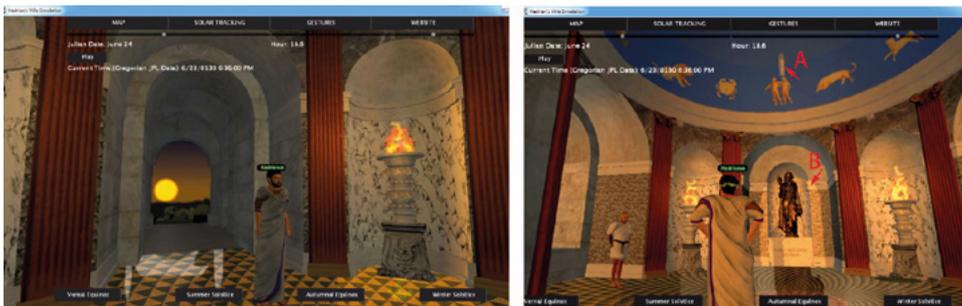
Zunächst wurde von 2006 bis 2011 am **VWHL** mit **3ds Max** ein 3D-Modell der sogenannten Hadriansvilla in Tivoli, Italien, aus dem 2. Jahrhundert n. Chr. erstellt, darunter die als Ruine erhaltene Rotunde Roccabruna. Eine Gegenüberstellung des heutigen mit dem einstigen Zustand des Bauwerks verdeutlicht, dass ein 3D-Modell zwingend notwendig ist, um die Thesen der Archäologen überprüfen zu können <sup>[350]</sup>.



□ 350

Fotografie des heutigen Zustands der Rotunde von Roccabruna im Gebäudekomplex der Hadriansvilla in Tivoli (links), Rendering des 3D-Modells des digital rekonstruierten Bauwerks mit simuliertem Lichteinfall und Schattenwurf (rechts), »VWHL«, 2011.

Am Institute for Digital Intermedia Arts der Ball State University in Muncie, Indiana, USA, wurde das 3D-Modell zwischen Januar und April 2012 in die Game Engine **Unity3D** überführt, denn das Ziel war das Modell in der VR-Umgebung interaktiv erkunden und auch Avatare einfügen zu können. Zur Überprüfung der zuvor genannten These wurde ein Plug-In mit sogenanntem **Solar Tracking Feature** für **Unity3D** implementiert, mittels dessen die Bewegung der Sonne für ein beliebiges Jahr simuliert werden konnte. Unter Angabe der Geo-Koordinaten war dies spezifisch für das gewünschte Gebäude möglich. Die Arbeitsgruppe griff auf die vom **NASA Jet Propulsion Laboratory** online zur Verfügung gestellten Sonnensystemdaten zurück. Auf der Benutzeroberfläche der Game Engine wurde eine Zeitleiste mit einem Regler eingefügt, über die der Benutzer nach Wunsch ein Datum einstellen konnte. Nach einem Klick auf den Startknopf wurde der Sonnenverlauf für den gewählten Tag automatisch abgespielt. Mit dieser Anwendung konnte schließlich die zu überprüfende These bestätigt werden <sup>[351]</sup>.



□ 351

Bildschirmfotos der digitalen Rekonstruktion der Rotunde von Roccabruna in der VR-Umgebung mit der Zeiteinstellung 24. Juni 130 n. Chr., um 18:36 Uhr: Pfeil A deutet auf Lichteinfall durch das Loch in der Westfassade, Pfeil B auf Lichteinfall durch die Eingangstür, Ball State University, 2012.

Der Vorteil einer Visualisierung in VR lag hier insbesondere darin, dass der Nutzer selbst über die Modalitäten (Standort, Tageszeit) bestimmen konnte im Gegensatz zum **3ds Max**-Modell, das nur die Ersteller tatsächlich bedienen können. Insofern bot hier die Verwendung einer VR-Umgebung einen innovativen Ansatz, eine Forschungsfrage zu überprüfen und darüber hinaus einen interaktiven Zugang zu der rekonstruierten Architektur zu gewähren.

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

## 6.2 Eröffnung von Diskursen – Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses, Langzeitarchivierung

Im Bereich der wissenschaftlichen digitalen Rekonstruktion historischer Artefakte allgemein und historischer Architektur im Speziellen können in der Wissenschaftscommunity verschiedene Diskurse identifiziert werden. Diese befassen sich unter anderem mit Fragestellungen zur Darstellung von Hypothesen im 3D-Modell, der Dokumentation des Erstellungsprozesses der digitalen Rekonstruktion (Paradaten) sowie der Langzeitarchivierung der digitalen Modelle. Diese Themen wurden zwar teils schon seit den 1980er-Jahren immer wieder angesprochen, allerdings eher auf ein konkretes Projekt bezogen und weniger als grundlegende Konzepte. Dahingehend ist in den 2000er-Jahren eine steigende Relevanz der genannten Themenbereiche festzustellen: So formieren sich Experten in Gremien, um sich darüber auszutauschen. Sie entwickelten Chartas in unterschiedlichen thematischen Kontexten, die als Leitfäden für die Erstellung von und den Umgang mit digitalen Rekonstruktionen von kulturellem Erbe dienen sollen.

Im Folgenden wird die Entwicklung hin zur Eröffnung von Diskursen zu Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses und Langzeitarchivierung in 3D-Projekten aufgezeigt sowie die ihnen zugrundeliegenden Chartas in den Blick genommen. <sup>1362</sup> Im Mittelpunkt steht dabei die 2006 initiierte **London Charter**, die explizit auf forschungsgetriebene 3D-Projekte ausgerichtet ist. Für die vorliegende Arbeit wurden in Interviews Experten zu deren tatsächlicher Relevanz in der Arbeitspraxis befragt. Ihre Einschätzungen werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

### Initiierung internationaler Richtlinien

In den 2000er-Jahren etablierte sich der Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur in der Wissenschaftscommunity. Darüber hinaus fanden sich Experten zusammen, die ein Grundgerüst für die wissenschaftliche Erstellung von 3D-Modellen erarbeiteten. Ihr Ziel war es, international anerkannte Richtlinien zu entwickeln, an denen sich 3D-Projekte zukünftig orientieren sollten.

Wie in **Kapitel 4.1** (→ **165**) angesprochen, wurden bereits in den 1990er-Jahren erste Empfehlungen zur Präsentation digitaler Visualisierungen von historischen Spielstätten (Theatergebäude, Amphitheater, Zirkus) in Form

#### ■ 1362

Eine Zusammenstellung wichtiger internationaler Chartas zum Thema 3D-Modellierung im Bereich des kulturellen Erbes ist zu finden auf der Webseite von »innova. virtual archaeology international network«: <http://smartheritage.com/seville-principles/international-charters>.

## ■ 1363

Vgl. Webseite der »London Charter«: <http://www.londoncharter.org/history.html>. Die englische und deutsche Sprachversion erschien jeweils 2009: Denard 2009 (London Charter); Denard 2009 (Die Londoner Charta).

## ■ 1364

Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 13.

## ■ 1365

Ebd.

## ■ 1366

Ebd., S. 2.

## ■ 1367

Für Hintergrundinformationen zur Entwicklung der Idee zur »London Charter« im Rahmen des Symposiums an der British Academy in London vgl. Webseite der »London Charter«: <http://www.londoncharter.org/history.html>.

## ■ 1368

Ausführliche Informationen zur Ausarbeitung des Konzepts der »London Charter« auf dem Expertenseminar am King's College London im Jahr 2006 sind zu finden auf der Webseite der »London Charter«, vgl. ebd.

der *Verona Charter on the Use of Ancient Places of Performance* veröffentlicht. Hingegen ist *The London Charter for the computer-based visualisation of cultural heritage* (kurz: *London Charter*; im Deutschen: *Die Londoner Charta*. Für die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe) explizit auf »die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe« ausgerichtet, deren erster Entwurf 2006 ausgearbeitet wurde. <sup>1363</sup> Der Begriff »computergestützte Visualisierung« wird darin folgendermaßen definiert: »Das Verfahren der visuellen Darstellung von Information mithilfe von Computertechnologie.« <sup>1364</sup> Unter dem resultierenden Ergebnis werden in der Charta mehrere Medien verstanden: »digitale Modelle, unbewegte Bilder, Animationen und physische Modelle.« <sup>1365</sup> Wie in den vorangegangenen Kapiteln deutlich wurde, sind immer mehrere Medien Teil eines 3D-Projekts. Insofern sollten die Grundsätze der Charta auf alle diese Medien innerhalb eines 3D-Projekts angewandt werden.

Ferner bezieht sich die *London Charter* nicht auf eine bestimmte Fachdisziplin, sondern wendet sich explizit an alle Fachbereiche, die computergestützte Visualisierungsmethoden einsetzen:

»Da die den Gebrauch von Visualisierungsmethoden motivierenden Ziele von Fach zu Fach stark variieren, weist der erste Leitsatz: »Umsetzung« auf die Wichtigkeit der Entwicklung detaillierter Richtlinien hin, die der jeweiligen Anwendergemeinschaft angemessen sind.« <sup>1366</sup>

Die Idee zu dieser Charta entwickelte sich im Rahmen des Symposiums *Making 3D Visual Research Outcomes Transparent*, das an der British Academy in London vom 23. bis 24. Februar 2006 stattfand. <sup>1367</sup> Mehrere internationale Experten hielten dort Vorträge zum Thema des Transparentmachens von Forschungsergebnissen im Bereich der digitalen 3D-Rekonstruktion. Der Theaterwissenschaftler Hugh Denard, der die Ergebnisse des Symposiums zusammentrug, regte die Beteiligten an, eine Charta mit Leitsätzen zu dem Thema zu verfassen. Hier wurden bereits erste inhaltliche Aspekte des Papiers besprochen.

Am Tag nach dem Symposium fand ein Expertenseminar zum selben Thema am King's College London statt unter dem Vorsitz des Mathematikers Franco Niccolucci. <sup>1368</sup> Im Rahmen dieser Veranstaltung entstand schließlich die erste Version der *London Charter*. Auch wurden dort die Chairs der Initiative nominiert, Richard Beacham (Theaterwissenschaft) und Franco Niccolucci sowie die Koordinatoren Hugh Denard und Sorin Hermon (Archäologie).

Teilnehmer des Seminars waren Experten unterschiedlicher Disziplinen: Andrea D'Andrea, Kate Devlin, Graeme Earl, Sorin Hermon, Donald H. Sanders (Archäologie); Richard Beacham, Hugh Denard, Cat Fergusson (Theaterwissenschaft); Drew Baker, Go Sugimoto (Informatik); Achille Felicetti, Franco Niccolucci (Mathematik); Daniel Pletinckx (Bauingenieurwesen); Chris Baugh (Szenografie); Martin Blazeby (Grafikdesign); Michael Takeo Magruder (Bildende Kunst). Bemerkenswert ist, dass Archäologen die größte Gruppe unter den Teilnehmenden ausmachen und damit hier die Dominanz dieser Disziplin im Bereich der digitalen Rekonstruktion widerspiegeln.

## ■ 1369

Für die Organisation und finanzielle Unterstützung des Seminars waren verantwortlich: »AHRC ICT Methods Network« und »VAST-Lab«, PIN, Prato, Italien, im Rahmen des »EPOCH Network of Excellence Standards«, vgl. ebd.

## ■ 1370

Vgl. Entwurf 1.1 vom 14. Juni 2006 auf der Webseite der »London Charter«: [http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london\\_charter\\_1\\_1\\_en.pdf](http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_1_1_en.pdf).

## ■ 1371

Vgl. die inzwischen elf Sprachversionen des Entwurfs 2.1 auf der Webseite der »London Charter«: <http://www.londoncharter.org/downloads.html>.

## ■ 1372

Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 3.

## ■ 1373

Zu den Leitsätzen vgl.: ebd., S. 2-3 u. S. 5-12. Da in den folgenden Abschnitten auf die Leitsätze 4, 5 und 6 genauer eingegangen wird, seien hier nur die Leitsätze 1 bis 3 im Wortlaut wiedergegeben: Leitsatz 1: Umsetzung: »Die Leitsätze der Londoner Charta sind überall dort gültig, wo computergestützte Visualisierungen in der Forschung oder Verbreitung von Kulturgut angewandt werden.«, zit. aus ebd. S. 5; Leitsatz 2: Ziele und Methoden: »Eine computergestützte Visualisierungsmethode sollte normalerweise nur dann angewandt werden, wenn es die angemessenste verfügbare Methode für diesen Zweck ist.«, zit. aus ebd. S. 6; Leitsatz 3: Forschungsquellen: »Um die intellektuelle Integrität computergestützter Visualisierungsmethoden und -ergebnisse zu gewährleisten, sollen relevante Forschungsquellen in strukturierter und dokumentierter Weise identifiziert und ausgewertet werden.«, zit. aus ebd. S. 7.

## ■ 1374

Vgl.: Principles of Seville. International Principles of Virtual Archaeology, o. O. 2011, online abrufbar unter: <http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2015/03/FINAL-DRAFT.pdf>; Webseite von »innova. virtual archaeology international network«: <http://smartheritage.com/seville-principles/seville-principles>. Für Hintergrundinformationen zu diesen Richtlinien vgl.: Grande/Lopez-Mencheró 2011.

Ausgerichtet wurde diese Veranstaltung von dem am King's Visualisation Lab angesiedelten Projekt **Making Space**, das vom **Arts and Humanities Research Council (AHRC)** als **ICT Strategy Project** gefördert wurde. <sup>1369</sup> Im Juni 2006 wurde schließlich die erste offizielle Version 1.1 der **London Charter** veröffentlicht, die auch heute noch online eingesehen werden kann. <sup>1370</sup> Drei Jahre später, im Februar 2009, erfolgte die Publikation der bis heute aktuellen Version 2.1. <sup>1371</sup> Darin ist das übergeordnete Ziel dieser Initiative folgendermaßen zusammengefasst:

»Die Charta definiert Grundsätze für die Nutzung computergestützter Visualisierungsmethoden in Bezug auf intellektuelle Integrität, Seriosität, Dokumentation, Nachhaltigkeit und Zugänglichkeit. Die Charta ist sich bewusst, dass der Bereich der verfügbaren computergestützten Visualisierungsmethoden konstant wächst, und dass diese Methoden angewandt werden können, um einem gleichermaßen wachsenden Bereich von wissenschaftlichen Fragestellungen zu begegnen. Daher strebt die Charta nicht danach, spezielle Ziele oder Methoden vorzuschreiben, sondern stellt vielmehr jene umfassenden Nutzungsrichtlinien für computergestützte Visualisierungsmethoden in Forschung und Kommunikation von Kulturgut auf, von denen die intellektuelle Integrität solcher Methoden und Ergebnisse abhängen.« <sup>1372</sup>

Die aktuelle Charta umfasst Leitsätze zu folgenden sechs Themen: Umsetzung, Ziele und Methoden, Forschungsquellen, Dokumentation, Nachhaltigkeit sowie Zugang. <sup>1373</sup> Diese Leitsätze sollen international – die Charta wurde bis jetzt in zehn Sprachen übersetzt – beachtet werden im Bereich des Erforschens und Vermittelns kulturellen Erbes anhand computergestützter Visualisierungsmethoden. Auf diese Weise soll die Wissenschaftlichkeit der jeweiligen Projekte gewahrt, ihre Inhalte transparent und zugänglich gemacht werden.

In der Archäologie scheinen die Richtlinien von 2009 grundsätzlich auf fruchtbaren Boden gefallen zu sein: Wie zuvor dargestellt, findet sich in der **London Charter** ein Hinweis darauf, dass einzelne Fachgebiete eigene Richtlinien in Anlehnung an sie entwickeln sollten, um auf fachspezifische Eigenheiten gezielt eingehen zu können. Eine solche Initiative wurde mit den **Principles of Seville. International Principles of Virtual Archaeology** (kurz: **Seville Principles**) im Jahr 2011 veröffentlicht. <sup>1374</sup> Vorgebracht wurde sie durch das **International Forum of Virtual Archaeology (IFVA)**, das wiederum von der 2008 ins Leben gerufenen **Spanish Society of Virtual Archaeology (SEAV – Sociedad Española de Arqueología Virtual)** und dem **Virtual Archaeology International Network (INNOVA)** gegründet wurde. Ziel des **IFVA** war es, internationale Richtlinien für den Fachbereich **Virtual Archaeology** zu entwickeln. Hierfür richtete **SEAV** das **International meeting of archaeology and graphic informatics**,

heritage and innovation. *Arqueología 2.0* im Juni 2009 in Sevilla, Spanien, aus. In dessen Folge erarbeitete SEAV einen ersten Entwurf für eine Charta, der im Rahmen des zweiten Treffens ein Jahr später präsentiert wurde.

Im Jahr 2011 erfolgte schließlich die Veröffentlichung des endgültigen Entwurfs, in dem das Fach **Virtual Archaeology** folgendermaßen definiert ist: »the scientific discipline that seeks to research and develop ways of using computer-based visualisation for the comprehensive management of archaeological heritage.« <sup>1375</sup> Insgesamt finden sich in der Charta acht Leitsätze zu folgenden Themen: **interdisciplinarity, purpose, complementarity, authenticity, historical rigour, efficiency, scientific transparency, training and evaluation.** <sup>1376</sup> In Bezug auf die intendierte Fachdisziplin finden sich hier Spezifizierungen zu beispielsweise dem Umgang mit archäologischen Befunden (Gleichwertigkeit sämtlicher Bauphasen anstelle von Fokus auf architektonische Blütezeit eines Gebäudes, Einbeziehen der landschaftlichen Umgebung von archäologischen Überresten), computergenerierte Visualisierungen als Ergänzung von anderen Methoden statt als deren Ersatz im Umgang mit archäologischem Erbe, Zusammenarbeit mit weiteren Fachdisziplinen (unter anderem Geschichte, Architektur, Informatik, Ingenieurwissenschaften). Im Unterschied zur **London Charter** wird hier das Konzept der Transparenzmachung der Forschung explizit betont (**Principle 7: Scientific transparency**) – ein wesentlicher Aspekt, da er die Nachvollziehbarkeit der wissenschaftlichen Arbeit betrifft und damit eine Grundlage für die Anschlussfähigkeit zu darauf aufbauenden Projekten bildet.

In diesem Vergleich wird deutlich, dass sich diese beiden Chartas inhaltlich ergänzen, wie auch Bernard Frischer im Interview 2017 der Autorin gegenüber anmerkte. <sup>1377</sup> Es ist daher als gewinnbringend anzusehen, dass einschlägige Fachcommunitys spezifische Ansätze für ihren Bereich definieren, da sie auf diese Weise auch für andere Disziplinen wichtige Konzepte beisteuern. Für die Kunstgeschichte im Allgemeinen und die Architekturgeschichte im Speziellen wurden bislang noch keine eigenen Richtlinien entworfen. Wie die vorangegangenen Kapitel zeigten, werden in diesen Fachbereichen seit Jahrzehnten wissenschaftliche 3D-Projekte durchgeführt, weshalb auch hier ein Bedarf besteht, Spezifika in einer an die **London Charter** angelehnte Charta festzulegen. Allerdings formulierte der Architekt Manfred Koob in seinem Ideenpapier **Architectura Virtualis**, das er 1992 an der TU Darmstadt und 1995 dem Weltkulturerbe Komitee präsentierte, einige Punkte in Bezug auf digitale Rekonstruktionen, die sich auch in der **London Charter** wiederfinden. <sup>1378</sup> Dabei handelt es sich um eine angestrebte interdisziplinäre Zusammenarbeit bei digitalen Rekonstruktionen mit dem Ziel den neuesten Stand der Forschung einzubeziehen, digitale Rekonstruktionen zu sammeln und eine weltweite Vernetzung und Zugang dazu zu gewährleisten. <sup>1379</sup> Jedoch wurde Koobs Idee nie umgesetzt. Als erste Schritte in diese Richtung kann durchaus das von seinen Schülern, den Architekten Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst, verfasste Konzept für einen Minimalstandard zur Dokumentation von 3D-Projekten gelten. <sup>1380</sup> Dieses wird in einem späteren Abschnitt des vorliegenden Kapitels genauer dargelegt.

Die Sichtbarkeit und Akzeptanz der **London Charter** in der internationalen Wissenschaftscommunity wird unterschiedlich eingeschätzt, wie eine Befragung im Rahmen der von der Autorin geführten Interviews mit einschlägigen Experten ergab: Aus Paul Reillys Sicht würde die **London Charter** zwar durchaus befürwor-

■ 1375

Principles of Seville 2011, S. 3.

■ 1376

Zum Inhalt der »Seville Principles« vgl.: Principles of Seville 2011.

■ 1377

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 9 u. Frage 11.

■ 1378

Vgl. Koob 1992; Pfarr 2010, S. 73 u. S. 77.

■ 1379

Vgl. Koob 1992, Abschnitt »Projekt Weltkulturerbe in der Architectura Virtualis«.

■ 1380

Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 8.

## ■ 1381

Vgl. Appendix 2.2 (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 15.

## ■ 1382

Ebd., Frage 9.

## ■ 1383

Dieser Aspekt wird in Kapitel 8 (→ 595) erörtert.

## ■ 1384

Old Minster, Kapitel 3.2 (→ 091): Erst durch die von Reilly et al. 2016 erfolgte Publikation ist das 3D-Projekt aus den 1980er-Jahren umfassend dokumentiert. Cluny III, Kapitel 3.3 (→ 125): Eine ausführliche Darlegung der Paradata erfolgte in einer Buchpublikation wenige Jahre nach dem Projektabschluss. Gotische Gewölbe, Kapitel 4.2 (→ 193): Informationen sind auf viele Publikationen verteilt und erst im Interview mit Norbert Quien im Rahmen der vorliegenden Arbeit gebündelt. Dresdner Frauenkirche, Kapitel 4.3 (→ 233): Ein Aufsatz dokumentiert den Erstellungsprozess des 3D-Projekts. Festspielhaus Hellerau Kapitel 4.4 (→ 261): Wenige Hintergrundinformationen zum Erstellungsprozess der einzelnen 3D-Modelle finden sich auf Webseiten und in Aufsätzen. Santa Maria Maggiore Kapitel 5.2 (→ 331): Es existiert ein umfangreicher Aufsatz mit Dokumentation des Erstellungsprozesses des digitalen Modells. Synagoge in Köln Kapitel 5.3 (→ 367): Die Dokumentation des Erstellungsprozesses des digitalen Modells ist auf mehrere Publikationen verteilt. Synagoge in Wien Kapitel 5.4 (→ 403): Hintergrundinformationen finden sich in mehreren Publikationen und konnten durch das Interview mit Bob Martens im Rahmen der vorliegenden Arbeit substantiell ergänzt werden. Kölner Dom Kapitel 6.3 (→ 521): In einer reich bebilderten Buchpublikation werden ausführliche Informationen zu den verwendeten Quellen gegeben, aber wenige zum eigentlichen Rekonstruktionsvorgang.

tet werden und in Projekte im Bereich der Virtuellen Archäologie aufgenommen werden. **1381** Reilly selbst zeigt sich ihr gegenüber aber skeptisch:

»These charters [London Charter und Seville Principles, Anm. d. A.] codify principles, which have always underpinned good scholarship and science. They don't make it happen, they probably stifle the creative strides that epitomise good science and scholarship, by being overly prescriptive. I have major concerns with the notion of paradata – how the data were arrived at, as the selection of the paradata to be recorded is itself a form of bias.« **1382**

Problematisch sieht er die seiner Meinung nach übermäßige Vorgabe von Richtlinien an, die einen negativen Einfluss auf den kreativen Prozess in einem 3D-Projekt haben kann. Auch kritisiert er das Darlegen von Paradata, die Dokumentation des Erstellungsprozesses – auf die im nächsten Abschnitt eingegangen wird – das er als subjektive Auswahl empfindet.

Allerdings gehöre zum Verfassen wissenschaftlicher Publikationen auch das Einhalten bestimmter Konventionen, um die Wissenschaftlichkeit zu gewährleisten und beispielsweise die Quellen offen zu legen, um damit anderen die Nachvollziehbarkeit der Arbeit zu ermöglichen. Diese Prinzipien sind heute selbstverständlich und ebenso selbstredend sollten auch gewisse Grundsätze für die Erstellung von 3D-Modellen historischer Artefakte gelten. **1383** Noch existiert diese Selbstverständlichkeit in der Community nicht, sie muss erst noch erarbeitet werden. Dies zeigten sämtliche Analysen der hier vorgestellten 3D-Projekte, die zwar meist in Form von Aufsätzen oder Buchpublikationen Informationen zum Erstellungsprozess lieferten, **1384** aber beispielsweise nicht Bezug auf frühere 3D-Modelle des betreffenden Bauwerks nahmen. **1385** Zudem wurden die in der Rekonstruktion dargestellten Hypothesen kaum erläutert.

Aus Bernard Frischers Sicht wurde im Bereich der digitalen Rekonstruktion diese Selbstverständlichkeit zur Einhaltung von wissenschaftlichen Konventionen jedoch schon erreicht, wie er im Interview erläutert:

»You know, when you are in Highschool, at least in America, you read a book about how do I write a scholarly paper or scientific paper. You should have footnotes and you should mention other people's arguments. But then, when you went to the university, let alone with your postdoc or professor, you don't even think about that, it just becomes natural what it means to be professional. And that's what is happening with these charters [London Charter und Seville Principles, Anm. d. A.]. We don't think about them so much anymore, because they made their point, we accepted them and we are applying it. It is not a problem anymore.« **1386**

## ■ 1385

Der Kölner Dom war bereits vor dem 3D-Projekt von Dominik Lengyel und Catherine Toulouse Gegenstand von digitalen Rekonstruktionen, jedoch wurde das in der Buchpublikation der beiden Architekten nicht erwähnt, wie in Kapitel 6.3 (→ 521) erläutert wird. Lengyel hatte darüber hinaus keine Recherchen unternommen, da er von den Auftraggebern die Information erhielt, dass es keine nennenswerten 3D-Modelle zum Dom gäbe, vgl. ebd.

## ■ 1386

Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 12.

## ■ 1387

Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 13.

## ■ 1388

Vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 14.

## ■ 1389

Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 13.

## ■ 1390

Vgl. Münster et al. 2016 (Preface), S. vi.

Interessanterweise nehmen sowohl Reilly als auch Frischer die Chartas als gegeben hin, ziehen aber unterschiedliche Schlüsse. So hält sie Ersterer für wenig einflussreich hinsichtlich des Einhaltens wissenschaftlicher Konventionen, während Zweiterer annimmt, dass sie akzeptiert und entsprechend angewandt werden. Die differierenden Einschätzungen der beiden Archäologen verwundern, aber scheinen subjektiv geprägt zu sein. Denn Reilly bringt ihnen eine eher skeptische Grundhaltung entgegen, während Frischer die Chartas voll und ganz unterstützt und in seiner Lehre auch den Studierenden vermittelt. Diese konträren Sichtweisen der beiden führen deutlich vor Augen, dass die Chartas nicht universell akzeptiert sind und der Diskussion bedürfen.

So beschreibt auch Marc Grellert die aktuelle Situation, in der seiner Meinung nach kaum Diskussionen zu Standards und Methoden geführt werden und dementsprechend auch die Prinzipien der London Charter zu wenig im Gespräch sind. 1387 Dieser Einschätzung schließt sich Dominik Lengyel an, der ebenso wenig eine lebhafte Diskussion um die Charta wahrnimmt. 1388 Bob Martens äußerte sich den Richtlinien gegenüber sehr vage, was darauf schließen lässt, dass er sich damit möglicherweise nicht grundsätzlich auseinandergesetzt hat oder sich nicht festlegen möchte. Damit bestätigt er das von Grellert und Lengyel gezeichnete Bild der heutigen Situation.

Ein anderer Interviewpartner, Richard Beacham, zeichnet als einer der Autoren für die London Charter verantwortlich. Auch aus seiner Sicht werden die darin aufgestellten Richtlinien in der Wissenschaftscommunity nur teilweise angewandt. Als Lösungsansatz zur umfassenderen Verbreitung und praktischen Implementierung in 3D-Projekten schlägt Beacham daher vor:

»Ideally the London Charter guidelines need to be followed and you need to call attention to the fact that you followed them. That was one reason, why we put it together. We wanted to have a kind of a reference point, a standard, to give academic, scholarly credibility to this work, because the danger is, if it just becomes popular stuff – ›oh, look, here is the Colosseum, how cool!‹ – it's never going to mature into the hugely important scholarly tool that it has the potential to be. So what we are trying to do is, to get publications, particularly serious scholar publications, to say: if you are submitting something based upon virtual reality work, you have got to follow the guidelines of the London Charter.« 1389

Ihm ist demnach wichtig, dass die London Charter nicht nur beachtet und praktisch umgesetzt wird, sondern, dass die Wissenschaftler sich in der Darlegung ihrer Arbeit auch bewusst dazu bekennen. Die Forderung, die Charta als Standard-Anforderung für die Veröffentlichung in wissenschaftlichen Publikationen zu verankern, setzt jedoch voraus, dass sie in der Community grundsätzliche Akzeptanz findet. Dies ist bislang bei an 3D-Projekten Beteiligten nicht der Fall. 1390 Hierfür müsste zunächst eine Diskussion um zentrale Aspekte wie Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses und Lang-

zeitarchivierung unter Wissenschaftlern aktiviert und in die einschlägigen Konferenzen hineingetragen werden. Denn zum einen zeigte dieser Überblick an Einschätzungen von Experten verschiedener Fachbereiche, dass die **London Charter** vor allem im deutschsprachigen Bereich noch nicht in die Diskussion der Fachcommunity vorgestoßen ist. Hier könnte ein fachspezifischer Zugang zu den Richtlinien dazu führen, dass deren Akzeptanz und die Bereitschaft der Experten sie in ihren 3D-Projekten zu implementieren signifikant gesteigert wird. Insgesamt sollte eine Akzeptanz auf nationaler wie internationaler Ebene im Sinne einer verbindlichen Abmachung zur wissenschaftlichen und nachhaltigen Erarbeitung von digitalen 3D-Rekonstruktionen erwirkt werden.

Zum anderen wurde an diesem Überblick deutlich, dass die Wissenschaftler, die 3D-Projekte durchführen, vor allem einen persönlichen Zugang zu den Richtlinien entwickeln müssten, um sie zu akzeptieren und in ihre Arbeit zu implementieren. Hierzu äußerte Mieke Pfarr-Harfst 2010 einen Vorschlag:

»Die London Charter ist durchaus ein Schritt in die richtige Richtung im Umgang mit Digitalen Rekonstruktionen in Wissenschaft und Wissensvermittlung. Allerdings fehlen konkrete Strategien der Umsetzung und die geeignete Körperschaft, um [s]ie zu verbreiten und die eingeforderten Leitsätze zu überprüfen. Eine internationale Forschungsgruppe unter der Schirmherrschaft einer renommierten Institution, die geeignete Strategien entwirft und die Umsetzung dieser überwacht, wäre der nächste wichtige Schritt.« <sup>1391</sup>

■ 1391

Pfarr 2010, S. 78.

■ 1392

Vgl. »Charter on the Preservation of Digital Heritage« auf der Webseite der UNESCO: [http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL\\_ID=17721&URL\\_DO=-DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17721&URL_DO=-DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html).

Insofern sieht sie eine Möglichkeit für die grundlegende Anwendung der Charta, indem eine etablierte Institution die Verantwortung für deren Bekanntmachung und Implementierung in 3D-Projekte übernimmt. Es wäre denkbar, dass zunächst einmal eine EU-geförderte Initiative die Ausarbeitung einer entsprechenden Strategie steuert, um beispielsweise auch bei EU-finanzierten 3D-Projekten die **London Charter** als Grundsatz zur Umsetzung von digitalen Rekonstruktionen festzulegen. Denn wie in den Interviews deutlich wurde, wird die Charta vor allem im deutschsprachigen Raum nicht so stark wahrgenommen. Inwiefern dies auch auf andere europäische Länder zutrifft, müsste im Einzelnen noch untersucht werden. In globaler Hinsicht könnte auch eine allgemein anerkannte Organisation wie die UNESCO eine zentrale Rolle einnehmen, vor allem vor dem Hintergrund, dass sie im Jahr 2003 die **Charter on the Preservation of Digital Heritage** veröffentlichte. <sup>1392</sup> Sie signalisierte damit ein Bewusstsein für den drohenden Verlust digitalen kulturellen Erbes, wie es auch 3D-Rekonstruktionen historischer Architektur sind.

Es besteht also grundsätzlich dringender Handlungsbedarf im Hinblick darauf, die in den 2000er-Jahren vorangeschrittene Etablierung von digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur auf ein solides Fundament zu stellen, um deren Wissenschaftlichkeit sicherzustellen und damit 3D-Modelle als Präsentations- und Forschungswerkzeug in der Community zu etablieren.

## ■ 1393

Vgl. Koller/Frischer/Humphreys 2009.

Weitere Handlungsbedarfe identifizierten die Informatiker David Koller und Greg Humphreys gemeinsam mit Bernard Frischer in ihrem 2009 erschienenen Artikel **Research Challenges for Digital Archives of Cultural Heritage Models** im Hinblick auf »the effective management and dissemination of cultural heritage models in a curated 3D archive«, die aber auch im Kontext der wissenschaftlichen Erstellung von 3D-Modellen historischer Architektur grundsätzlich diskutiert werden sollten: **1393** Klärung der rechtlichen Situation, Einführung von Wasserzeichen, Sicherung gegen Cyberattacken oder Ähnliches, Metadaten, Hypothesendarstellung, Versionsverwaltung, Bereitstellung analytischer Werkzeuge, Indexierung und Durchsuchbarkeit, Kompatibilität, Langzeitarchivierung, Peer Review-Prozess. In ihrer nach Prioritäten geordneten Liste sprechen sie damit wesentliche Themen an, die nur in einer gemeinsamen Anstrengung umgesetzt werden können, um dann auch von der gesamten Fachcommunity anerkannt zu werden. Auf ein erstes Projekt in diese Richtung, **SAVE**, das Frischer 2006 initiierte, wird im Abschnitt zum Thema Langzeitarchivierung des vorliegenden Kapitels eingegangen.

Im Folgenden seien drei zentrale Diskurse herausgegriffen: Hypothesendarstellung, Dokumentation des Erstellungsprozesses (Paradaten) und Langzeitarchivierung. Sie stehen im Fokus der kritischen Untersuchung, die mit 3D-Projekten als Anwendungsbeispielen komplettiert wird. Diese drei Themen wurden aus unterschiedlichen Gründen als zentral erachtet: Insbesondere aus kunsthistorischer Perspektive ist die Hypothesendarstellung in 3D-Modellen relevant, da sie die visuell ästhetische Wirkung und inhaltliche Rezeption von digitalen Rekonstruktionen betreffen. In der **London Charter** wird sie nicht als zentrales Element erachtet, was ein wesentliches Desiderat darstellt. Die Dokumentation des Erstellungsprozesses sowie die Langzeitarchivierung stellten sich im Rahmen der Forschung zu der vorliegenden Arbeit als besonders virulent heraus. So sind Paradaten bislang keine Selbstverständlichkeit in 3D-Projektberichten, wodurch die Nachvollziehbarkeit und Anschlussfähigkeit der Arbeiten extrem gefährdet ist. Insbesondere digitale Modelle aus den 1980er- und 1990er-Jahren werden zunehmend schwer zugänglich aus fehlender Kompatibilität und mangelnder Archivierung.

### Hypothesendarstellung in 3D-Rekonstruktionen

Einer der ersten, der das Thema der Hypothesendarstellung in Computervisualisierungen von historischer Architektur ansprach, ist der Archäologe Paul Reilly. In seinem Aufsatz **Three-dimensional modelling and primary archaeological data** stellte er 1992 fest, dass Anfang der 1990er-Jahre mit der rasanten Weiterentwicklung der Technik die Visualisierungen von historischer Architektur einen immer größeren Grad an Realismus erlangen. **1394** Nach Reilly geht damit für den Betrachter das Problem einher, nicht einschätzen zu können, inwieweit das jeweils Dargestellte tatsächlich so aussah, oder ob es sich um Hypothesen handelt. Er betonte, dass Modelle immer auch Interpretationen sind und sich verändern können, wenn sich die Informationsgrundlage oder Theorien ändern, auf denen sie fußen. Als Lösungsvorschläge bot Reilly folgende Möglichkeiten an:

## ■ 1394

Zu Reillys Ausführungen in Bezug auf **Verlässlichkeit, Darstellung von Hypothesen im 3D-Modell und Lösungsvorschläge** vgl.: Reilly 1992, S. 159.

»One way of dealing with this problem is to provide more than one model or a dynamic model. The final photo-realistic interpretative model could be juxtaposed with a model of the raw data upon which the interpretation is based. Alternatively, the ›control‹ model would contain the same geometry as the interpretive model, but would incorporate some visual cues indicating the level of confidence associated with different elements of the interpretation. A visual method of denoting the level of confidence might take the form of colour-codes or variable levels of opacity.« **1395**

■ 1395  
Ebd.

■ 1396  
Ebd.

■ 1397  
Auf die »BIM«-Methode wird in Kapitel 6.1 (→ 447) ausführlich eingegangen.

■ 1398  
Beacham 1999 (*Reconstructing Ancient Theater*), S. 194–195.

■ 1399  
Vgl. Wilcock 1996, S. 409.

Demnach sah er einerseits in der Gegenüberstellung von gegensätzlichen Visualisierungen (detailreiches, fotorealistisches Modell vs. abstraktes Geometriemodell) und andererseits in der visuellen Auszeichnung von Verlässlichkeit (Farbcodierung oder Transparenzen) das Potential für zukünftige Strategien zur Kenntlichmachung von Hypothesen. Mit seinem Konzept eines »dynamic model«, das er hier nicht weiter ausführt, könnte ein sich veränderndes Modell gemeint sein, in dem verschiedene Varianten möglicherweise abwechselnd eingeblendet werden.

Darüber hinaus lieferte Reilly in seinem Aufsatz einen Vorschlag zum kollaborativen Arbeiten, den er als »hypertext approach« **1396** bezeichnete. Demzufolge können die am Projekt beteiligten Forscher und Institutionen betreffende Objekte im Modell mit Links zu Quellen versehen. Er nennt zwar nicht den Begriff »Annotation«, aber dies könnte mit seiner Idee im weiteren Sinne gemeint sein. Heute wäre es möglich seine Ideen mit der BIM-Methode umzusetzen, die es erlaubt auf Basis eines Ausgangsmodells Variationen davon zu erzeugen. **1397**

Der Theaterwissenschaftler Richard Beacham befasste sich Ende der 1990er-Jahre mit der Problematik der großen Wirkkraft von Bildern digitaler Rekonstruktionen und schlug 1999 folgende Richtlinien für ein Best Practice vor, anhand dessen 3D-Modelle historischer Architektur wissenschaftlich fundiert erstellt werden könnten:

»Such principles might insist a) that adequately trained scholars are engaged in such work, b) that they are given necessary material support to ensure that their research is both properly resourced and scientifically rigorous, and c) that the results are subjected to appropriate peer review by other scholars.« **1398**

Er geht hier also nicht auf die Darstellungsweise von digital rekonstruierten Gebäuden ein, sondern fokussiert sich auf den Entstehungskontext. Auf das Fehlen eines Peer Review-Prozesses wies bereits der Geoinformatiker John Wilcock 1996 hin. **1399** Er bemängelte, dass Computerrekonstruktionen keine solche Überprüfung durchlaufen wie es für Aufsätze üblich ist. So nimmt das

Publikum die Visualisierung als verlässlich wahr – im Sinne einer realistischen Wiedergabe eines bestimmten Zustands – obwohl ihre Aussagekraft vor der Veröffentlichung nicht extern überprüft worden ist.

Darüber hinaus kann eben jene Annahme, dass es sich bei einer 3D-Rekonstruktion um eine realistische Darstellung handelt, den Betrachter insofern in die Irre führen, als möglicherweise einzelne hypothetische Details nicht als solche gekennzeichnet wurden. Sein aus dem 3D-Modell gewonnenes Wissen basiert dann auf Fehlinterpretationen.

Exemplarisch erläutert werden kann diese Problematik anhand des von Kees Kaldenbach von 1997 bis 2000 durchgeführten 3D-Projekts zum virtuellen Flug über Delft im 17. Jahrhundert, das in **Kapitel 5.1** (→ **301**) bereits erläutert wurde. Zwar wird im 3D-Modell anhand der unterschiedlichen Darstellungsweisen von schematisch wiedergegebenen Gebäuden einerseits und texturierten sowie mit architektonischen Details versehenen Bauwerken andererseits die zugrundeliegende Informationsdichte visuell unterschieden, jedoch fehlen Hinweise darauf inwiefern es sich dabei um Hypothesen handelt. **1400** Kaldenbach gibt an, dass zur 3D-Rekonstruktion der von Frederik De Witt Ende des 17. Jahrhunderts angefertigte Stadtplan unverändert herangezogen wurde. Allerdings ist zu beachten, dass historische Stadtpläne nicht die Präzision und Objektivität von heutigen Katasterplänen aufweisen und entsprechend kritisch betrachtet werden müssen. Zur Verdeutlichung sei kurz darauf verwiesen, dass die Autorin aufgrund ihrer Analyse des 1568 von Jakob Sandtner gefertigten Stadtmodells von Straubing feststellte, dass der Drechsler eine Art Idealbild wiedergab. **1401** Er hatte beispielsweise die Form der Stadtplätze begradigt und auch die Gesamtform der Stadt vereinfacht. Dadurch, dass Kaldenbach den Plan von De Witt ohne ihn zu hinterfragen als Grundlage verwendete, zeigt das digitale Modell nicht wie Delft ausgesehen haben könnte, sondern wie De Witt die Stadt wahrgenommen hat. Auf diesen wesentlichen Unterschied weist Kaldenbach allerdings nicht hin. Ebenso wenig erläutert er die Verlässlichkeit der 3D-Modellierung an sich. Eine Kennzeichnung von Hypothesen, die auch auf mögliche subjektive Eingriffe von De Witt hätten aufmerksam machen können, wäre hier von großem Mehrwert für die Rezeption des 3D-Modells gewesen.

An dem Projekt zu Delft wird zudem deutlich, dass der intendierte Betrachter schon zu Beginn eines 3D-Projekts definiert sein sollte, um die Präsentation der digitalen Rekonstruktion auf die Zielstellung des Projekts auszurichten. Grundlage sollte in jedem Fall eine wissenschaftliche Herangehensweise sein, egal, ob ein 3D-Modell an Laien oder ein Fachpublikum adressiert ist. Im Hinblick auf die Präsentation von digitalen Modellen unterscheiden die Architekten Marc Grellert und Franziska Haas in ihrem 2016 erschienenen Aufsatz **Between Science and Illusion. Virtual reconstructions in Darmstadt University – The Dresden Castle** zwischen folgenden Möglichkeiten:

»While didactic models identify uncertainties and knowledge gaps in many ways, atmospheric models show all parts in the same level of detail. Atmospheric models give the illusion of ›completeness‹. Choosing ›complete‹ models is often a concept for the sake of a non-scientific audience.

#### ■ 1400

Ausführliche Informationen und Bildmaterial zum Projekt liefert Kaldenbach auf seiner Webseite in mehreren Sprachen: <https://kaldenbach.home.xs4all.nl/>.

#### ■ 1401

Vgl. Messemer 2011, S. 26; Messemer 2015, S. 203-207.

Consequently these atmospheric reproductions are normally the main attraction in exhibitions, but they are often criticized by art historians, building researchers and archaeologists. The quality of the presentation allows no conclusion as to the quantity and quality of the source materials. Therefore the developers have a great responsibility to fill the gaps by scientifically based speculations. In this case the model can be a contribution to a scientific discussion, especially if it is accomplished by a detailed documentation of the working process.« 1402

## ■ 1402

Grellert/Haas 2016, S. 120.

## ■ 1403

Ryan 1996, S. 107.

## ■ 1404

Meg Twycross' Ausführungen zu digitalen Rekonstruktionen sind zu finden in: Twycross 1999, S. 154.

Die beiden Autoren sprechen damit einen wesentlichen Aspekt an: die Kenntlichmachung von unsicherem Wissen in einer 3D-Rekonstruktion. Denn im Erstellungsprozess einer digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur tauchen immer wieder Lücken in den historischen Quellen auf, Informationen zu Details oder grundlegenden Zusammenhängen sind nicht (mehr) vorhanden. Diese »Fehlstellen« in den zur Rekonstruktion dienenden Quellen verursachen entsprechende Lücken im 3D-Modell des betreffenden Bauwerks. Jedoch wird in digitalen Rekonstruktionsprojekten zu historischer Architektur sehr unterschiedlich damit umgegangen. Einerseits weil es dazu (noch) keine einheitlichen, verbindlichen Standards gibt, andererseits möglicherweise auch, weil das Bewusstsein für die Kenntlichmachung von Fehlstellen bei den Projektmitarbeitern nicht gegeben ist oder auch die Auftraggeber dies nicht wünschen.

In Bezug auf Letzteres appellierte der Informatiker Nick Ryan bereits 1996 an beide Seiten – die Ersteller des 3D-Modells und die Auftraggeber:

»Archaeologists and museum staff must, however, strive to retain a clear understanding of the purposes of their models. The most important of these is to communicate archaeological and historical information to their colleagues and to the public, not to demonstrate their skills in the latest computer graphics effects.« 1403

Demnach ist laut Ryan der Zweck eines digitalen Modells der Dreh- und Angelpunkt eines jeden kooperativen 3D-Projekts. Sein Appell ist auch auf die Zusammenarbeit bei Fernsehproduktionen übertragbar und hat bis heute Gültigkeit.

Eine weitere, wesentliche Komponente sprach Meg Twycross, die am Department English and Creative Writing an der University of Lancaster lehrte, 1999 an. 1404 In ihrem Kommentar zu den von Richard Beacham vorgestellten digitalen Rekonstruktionen im *Theatron*-Projekt hinterfragte sie den Umgang mit Fehlstellen in 3D-Modellen grundlegend:

»To be honest to ourselves and to others, we need to find some way of indicating where the gaps are in our data.

There needs to be a decorum of signalling fakes. [...] Finally: How far are our results conditioned by our software, how far by our data, and how far by our own research backgrounds?« 1405

■ 1405  
Ebd.

■ 1406  
Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 8.

■ 1407  
Agnieszka Lulinska kuratierte im Jahr 2000 die Ausstellung »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn. Hier lag erstmals in einer Ausstellung in Deutschland der Fokus auf am Computer erstellte Rekonstruktionen von historischer Architektur, wie in Kapitel 5.3 (→ 367) erläutert wurde. Zu Lulinskas Ausführungen zu den Potentialen von 3D-Modellen in der Forschung und Vermittlung sowie damit verbundenen Problematiken vgl. das Interview mit Agnieszka Lulinska, das Marc Grellert am 5. September 2003 mit ihr führte: Grellert 2007, insbes. S. 554.

Sie weist hier explizit auch auf die moralische Verpflichtung der Wissenschaftler hin, die sie gegenüber sich selbst aber auch den Betrachtern ihrer digitalen Rekonstruktionen haben. Auch der Kontext, innerhalb dessen eine digitale Rekonstruktion erfolgt, sollte ihrer Meinung nach bei der Rezeption eines 3D-Modells reflektiert werden. Denn auch der wissenschaftliche Hintergrund – hinsichtlich Fragestellung, Methode etc. – sowie die Technik und die Quellen haben einen gewissen Einfluss auf das Endergebnis. Dies sollte den für die Erstellung einer digitalen 3D-Rekonstruktion historischer Architektur Verantwortlichen bewusst sein und im Arbeitsprozess reflektiert werden.

Dem Thema der Hypothesenkennzeichnung in digitalen Rekonstruktionen historischer Artefakte ist in der **London Charter** kein eigenständiger Leitsatz zugeordnet, vielmehr findet es sich innerhalb des **Leitsatz 4: Dokumentation** unter dem Punkt **Dokumentation der Kenntnislage** verankert mit folgender Forderung:

»Es soll den Nutzern klar gemacht werden, was eine computergestützte Visualisierung darzustellen anstrebt, zum Beispiel den bestehenden Zustand, eine belegbasierte Restaurierung oder eine hypothetische Rekonstruktion eines kulturellen Objekts oder einer Gesamtanlage, und von welcher Art und welchem Ausmaß jegliche faktische Unsicherheit ist.« 1406

Demnach soll bei einer digitalen Rekonstruktion also explizit kenntlich gemacht werden, welche Bereiche auf einer Hypothese beruhen und welche auf Fakten. Optimal wäre, auch den Grad der Unschärfe des Wissens anzugeben beziehungsweise visuell darzustellen. Zu fragen bleibt einzig, warum die Kennzeichnung von Hypothesen in der Charta nur sozusagen beiläufig erwähnt und nicht prominenter verzeichnet wurde. Denn schließlich geht es um die grundsätzliche Verlässlichkeit von 3D-Rekonstruktionen.

Gerade digitale Modelle haben das Potential, unsicheres Wissen in der Rekonstruktion kenntlich zu machen und sich damit als wissenschaftliches Instrument par excellence auszuzeichnen. Darauf wies beispielsweise die Kunsthistorikerin Agnieszka Lulinska in einem Interview 2003 hin, in dem sie auf das Potential digitaler Rekonstruktionen als wichtiges Instrument der Wissenschaft einging: 1407 Denn während der Erstellung eines digitalen 3D-Modells ist es erforderlich, die vorhandenen Quellen gewissenhaft auszuwerten und entsprechend in die Arbeit zu integrieren. Wenn dies vom Publikum und der Wissenschaft als selbstverständlich erachtet werden würde, könnte dies dazu beitragen digitale Architekturmodelle als Wissenschaftsinstrumente anzuerkennen.

Problematisch sieht Lulinska den Umstand, dass insbesondere bewegte Bilder, wie sie in Filmen mit virtuellen Flügen durch 3D-Modelle anzutreffen sind, suggerieren, es handle sich hier um eine realitätsgetreue Visualisierung. Wünschenswert wäre es, auf die in der Rekonstruktion dargestellte Hypothese explizit hinzuweisen. Denn genau darin liegt auch das eigentliche Potential einer computergenerierten Rekonstruktion gegenüber dem haptischen Modell: verschiedene Möglichkeiten und Zustände können in einem digitalen Modell dargestellt und erläutert werden. Um das Jahr 2003 gab es demnach durchaus ein Bewusstsein für diese Problematiken, jedoch hatten sich noch keine Lösungsansätze hierzu etabliert, eine Diskussion darüber war kaum vorhanden.

Auch zum Thema der Hypothesendarstellung befragte die Autorin im Rahmen der Interviews Experten, die unmittelbar oder auch indirekt in die in den vorangegangenen Kapiteln detailliert analysierten 3D-Projekten involviert waren. Hierzu stellte sie ihnen die Frage, wie sie in ihren Projekten mit sogenannten Fehlstellen umgehen, wie ihrer Ansicht nach Hypothesen im 3D-Modell gekennzeichnet werden könnten und ob dies ihrer Meinung nach notwendig sei.

Richard Beacham hält die Auszeichnung von unsicherem Wissen für absolut notwendig und nennt hierfür sowohl visuelle als auch textbasierte Möglichkeiten wie Farbigkeit, Transparenz oder Fußnoten und Querverweise. <sup>1408</sup> Seiner Meinung nach waren Wissenschaftler in der Frühzeit digitaler 3D-Modellierung historischer Artefakte gegenüber digitalen Rekonstruktionen skeptisch, weil darin Hypothesen nicht kenntlich gemacht worden waren, wie er in folgender These darlegt:

»But the important thing is – and this is important for the seriousness of the scholarship – that you have got to somehow indicate what is real as it was and what is hypothesis, because the early history of virtual modelling was hampered, was handicapped because people would come and say, ›well, that’s just an artist’s concept, that’s pure imagination‹. Serious scholars were dissuaded from adopting this technology because of those kinds of problems. If I write an article, I have footnotes. So people can use that to judge. In a 3D model – unless you have some way of doing that kind of cross referencing – you just have to take it or leave it. That’s why this is so absolutely crucial.« <sup>1409</sup>

Beacham zufolge könnte somit die fehlende Nähe von digitalen Modellen zu traditionellen Publikationsformaten eine entscheidende Ursache für die anhaltend skeptische Haltung von Forschern gewesen sein.

Die Möglichkeit zur Verwendung von einer Art Fußnoten in digitalen Modellen nennt auch Bernard Frischer, der Wissenschaftler in der Pflicht sieht, Unsicherheiten in 3D-Modellen darzustellen und darüber hinaus weitere Optionen nennt:

■ 1408

Vgl. Appendix 2.4 (→ 663), Interview mit Richard Beacham, Frage 10.

■ 1409

Ebd.

»And yes, we do have a duty to flag the uncertainty and it can be done either in two ways or both ways at the same time: graphically or textually. In graphic ways for example you could use a different way to show the part of a building or statue, that is uncertain. You could use a grey scale instead of a colour, you could use lower resolution, you could flag it some way visually. I myself don't like that because I am very committed to beauty, a thing should look consistent, so I am instead more attracted to the textual approach, because it is very easy now with a software like Sketchfab, which is becoming a kind of a standard, to add a so called annotation or hotspot that is visible on the surface at the right place. You click on it and you open a box and you can get any amount of information you want, including a link to even more information. So that is how I like to handle it, by a kind of a footnote, in the form of an annotation or hotspot.« **1410**

## ■ 1410

Vgl. [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit [Bernard Frischer](#), [Frage 9](#).

## ■ 1411

Vgl. [Frischer et al. 2000](#).

Laut Frischer gibt es somit zwei Möglichkeiten Unsicherheiten im 3D-Modell zu kennzeichnen, eine grafische und eine textbasierte. Bei beiden handelt es sich um visuelle Elemente, die teils stärker oder schwächer das Erscheinungsbild eines 3D-Modells prägen. Der Archäologe favorisiert dabei die Möglichkeit, die eine aktive Involvierung des Benutzers vorsieht – die allerdings für Filme nicht umsetzbar ist. Dieser wird demnach dazu angehalten, selbstständig die Informationen zur digitalen Rekonstruktion nach eigenem Interesse abzurufen. Ihm wird damit nicht alles verfügbare Wissen aufgebürdet, sondern nur für den Bedarfsfall angeboten. Problematisch an dieser Darstellungs- und Vermittlungsmethode ist, dass dem Benutzer das übergreifende Konzept zum 3D-Modell möglicherweise entgeht, das ihm erläutert, welches Ziel mit der Rekonstruktion verfolgt wurde, auf welcher Datengrundlage und Expertise es aufbaut. Denn nur mit diesem Wissen kann eine Interpretation der digitalen Rekonstruktion erfolgen. Insofern müssten diese Informationen dann zusätzlich als Begleittext oder Ähnliches zum digitalen Modell zur Verfügung gestellt werden.

In Anlehnung daran kann noch eine weitere Möglichkeit zu den beiden von Frischer genannten hinzugefügt werden und zwar eine textbasierte. In einer Publikation zum 3D-Modell können Argumente und Entscheidungsprozesse, die der Erstellung der digitalen Rekonstruktion zugrunde liegen, schriftlich dargelegt und mit entsprechenden Bildern und auch Filmen angereichert werden. Für eine solche textbasierte Dokumentation können beispielsweise folgende Projekte genannt werden, die in der vorliegenden Arbeit detailliert analysiert wurden: Die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom wird in einem Aufsatz von Frischer et al. umfassend beschrieben. **1411** Der Text ist jedoch nicht mit dem zugehörigen Film verknüpft. Dies war hingegen der Fall bei dem 3D-Projekt zu Old Minster, Winchester. In den 2015 von Reilly et al. veröffentlichten Aufsatz in der online-Zeitschrift **DAACH**, der eine grundlegende Publika-

## ■ 1412

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016.

## ■ 1413

Appendix 2.1 (→ 641), Interview mit Andy Walter, Frage 9.

## ■ 1414

Vgl. Niccolucci/Hermon 2005.

## ■ 1415

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 10.

## ■ 1416

Informationen zum von Matt Jones vorgestellten Projekt sind zu finden in: Jones 2012.

tion mit Hintergrundinformationen zur Entstehung und Erstellung der Arbeit lieferte, wurden die beiden **Minster Movies** sowie ein Link zur neu erstellten WebGL-Anwendung integriert. **1412**

Eine weitere Möglichkeit wäre es, mehrere Versionen zu einem Bauwerk oder architektonischen Details zu erstellen, um beispielsweise unterschiedliche Interpretationen der vorliegenden Quellen zu zeigen. Diese und weitere innovative technische Lösungen schlägt der Ingenieur und Softwareentwickler Andy Walter vor:

»The existence of hypothesis in a model could be indicated verbally by the computer knowing what part of the model you're looking at closely, and providing you with a tour guide style commentary. Or the object could appear a bit indistinct/shadowy/vague in some way. Or the hypothetical arch could cycle slowly through the range of known variations of such an arch. Lots of possibilities.« **1413**

Er sieht demnach verschiedene Möglichkeiten zu zukünftigen Umsetzungsweisen für die Hypothesenkennzeichnung im 3D-Modell bzw. in dessen Präsentation. Hier könnten neue Standards erschlossen werden. Beispielsweise schlugen Franco Niccolucci und Sorin Hermon 2005 vor, Verlässlichkeit in archäologischen Rekonstruktionen numerisch zu definieren. **1414**

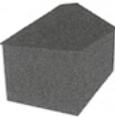
Auf die Diskrepanz zwischen dem Anspruch eines Wissenschaftlers an seine 3D-Rekonstruktion, der Forderung des Auftraggebers an das resultierende digitale Modell und der Erwartungshaltung des Publikums macht Marc Grellert aufmerksam:

»Die Frage wie mit Fehlstellen umgegangen wird, hängt sicherlich auch vom Auftraggeber ab. Es gibt oft den Wunsch, dass eine Rekonstruktion sehr anschaulich sein soll. Gerade in den Bereichen Ausstellung und Fernsehen existiert auch eine gewisse Erwartungshaltung des Publikums nach einer anschaulichen Rekonstruktion. Dem muss man nicht immer gerecht werden, es kann auch sinnvoll sein, abstraktere Rekonstruktionen zu machen, wenn es darum geht, eine Geschichte zu erzählen, Bauprozesse oder verschiedene historische Zustände darzustellen.« **1415**

Ihm zufolge sind Wissenschaftler demnach im Hinblick auf in Ausstellungen oder im Fernsehen gezeigten 3D-Rekonstruktionen nicht unabhängig in ihren Entscheidungen zur Ästhetik ihrer Arbeit.

Diese Erfahrung machte beispielsweise Matt Jones, Experte in **Archaeological Computing**, der für das Museum of Archaeology in Southampton 2007 eine digitale Rekonstruktion von Southampton im Jahr 1454 erstellte. **1416** In der 3D-Rekonstruktion, die ausgestellt werden sollte, waren farbliche Kenn-

zeichnungen von Hypothesen, Überblendungen oder Ähnliches von Seiten des Museums nicht erwünscht. Daher fertigte Jones eine Tabelle an, in der jedes Bauwerk mit Thumbnail-Bild und Angaben zum Wahrscheinlichkeitsgrad der 3D-Visualisierung sowie den verwendeten Quellen verzeichnet war <sup>[352]</sup>. Diese diente als weiterführende Hintergrundinformation und wurde den Besuchern der Ausstellung vor Ort zur Verfügung gestellt.

Model Part	Level of Certainty	Source Data	Thumbnail
Plots 173–180	Low	Excavation has uncovered the ground plans for these cottages and tenements but nothing is known above ground level.	
Poystage (Weigh) House	Low	Survives in ruins. Ground plan is known but little is known above this level.	
Plots 158–162 and 257	Low	Excavation has uncovered the ground plans for these cottages and tenements but nothing is known above ground level.	
King John's	Low	Building survives in ruins.	
Two houses on Cuckoo Lane	Low	These tenements were not detailed in the <i>Terrier</i> or if they were, they were not placed correctly. Ground plans uncovered but nothing known above ground level.	
Towers	Medium	Some survive well such as Arundel Tower, others as ruins, others are completely extant.	

□ 352

Angabe des Wahrscheinlichkeitsgrads für einzelne Objekte im 3D-Modell der digitalen Rekonstruktion von Southampton im Jahr 1454, Matt Jones, 2007.

Es liegt aber auch in der Verantwortung der Forscher, einem potentiellen Auftraggeber zu vermitteln, welche Bedeutung die Darstellung von Hypothesen hat und welchen Mehrwert an Erkenntnis dies auch für das Publikum bedeutet. Was hingegen die rein wissenschaftliche Anwendung betrifft, identifiziert Grellert folgende Tendenz:

»Es gibt dennoch auch eine andere Tendenz, nämlich die Menschen an dem unsicheren Wissen teilhaben zu lassen, eventuell auch Varianten zu zeigen. Eine Möglichkeit ist auch mit Begleittext oder mit verschiedenen grafischen Ausdrucksweisen auf Gesichertes und weniger Gesichertes einzugehen. Im wissenschaftlichen Kontext ist dies die Richtung, in die es hingehen wird und hingehen soll, nämlich,

dass man kenntlich macht, welchen Grad der Wahrscheinlichkeit bestimmte Bereiche der Rekonstruktion haben. Ich denke, dass bei Fehlstellen auch wieder das Thema der Dokumentation ins Spiel kommt, um deutlich zu machen, wo Hypothesen sind und wo mehr gesichertes Wissen ist, selbst wenn am Ende für eine Ausstellung nicht alles umzusetzen ist.« **1417**

## ■ 1417

**Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 10**.

## ■ 1418

Vgl. **Appendix 2.7** (→ 683), Interview mit Bob Martens, **Frage 5** und **Frage 16**.

## ■ 1419

Vgl. **Appendix 2.8** (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, **Frage 11**.

## ■ 1420

Vgl. **Appendix 2.2** (→ 653), Interview mit Paul Reilly, **Frage 12**.

Hier macht Grellert deutlich, dass eine Kennzeichnung von unsicherem Wissen eng mit der Dokumentation des Erstellungsprozess verknüpft ist. Denn in diesem können eben jene Entscheidungen, die zur Hypothesendarstellung führten, erläutert werden. Auf das Thema der Dokumentation wird in einem nächsten Abschnitt des vorliegenden Kapitels genauer eingegangen.

Auch Bob Martens hält es für wichtig, in den zu einer 3D-Rekonstruktion publizierten Berichten auf Fehlstellen einzugehen und damit die Anschlussfähigkeit für spätere Projekte zu ermöglichen. **1418** Das von ihm initiierte 3D-Projekt zu Synagogen in Wien wird diesbezüglich im nächsten Abschnitt unter diesem Aspekt beleuchtet. Dominik Lengyel wirft einen differenzierten Blick auf die Kennzeichnung von Hypothesen: Seiner Meinung nach ist diese abhängig von dem jeweiligen Zweck, der mit einem digitalen Modell verfolgt wird, und kann auch in zweidimensionalen Darstellungen wie Aufriss oder Grundriss erfolgen. **1419** Dieses Konzept setzt er auch praktisch in 3D-Projekten um, wie in **Kapitel 6.3** (→ **521**) exemplarisch an der Rekonstruktion des Kölner Doms gezeigt wird.

Der Archäologe Paul Reilly hält die Frage nach der Hypothesendarstellung im Jahr 2017 allerdings bereits für überholt. Dennoch erachtet er die Kennzeichnung von Unsicherheiten als wichtig und würde hier für variierende Transparenzen im 3D-Modell plädieren:

»I think that perhaps too much attention, time and resources, have been given to this topic which I, personally, regard as a 1990s backlash by established archaeologists who feared non-archaeologists would be in the driving seat as far as orthodox interpretations of sites presented to the public were concerned. There is very little literature that critiques specific reconstructions. I do feel the need to show the basis of what is secure knowledge (what we found/still have) and highlight (a fade to transparency) showing what is interpretation and guesswork.« **1420**

Wie diese Expertenmeinungen zeigen, ist das Feld der Hypothesendarstellung in digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur sehr weit gefasst. In 3D-Projekten der letzten Jahrzehnte können durchaus Arbeiten identifiziert werden, die offen mit Fehlstellen umgingen und dies auch in ihren Texten zur Rekonstruktion thematisierten. Einige herausragende Beispiele für die Darstellung

von Hypothesen sollen im Folgenden kurz genannt und beschrieben werden, um einen Überblick über die Fülle an Möglichkeiten in diesem Kontext zu eröffnen.

### Farbskalen

Eine Möglichkeit besteht darin, Unsicherheiten im Wissensstand mit bestimmten Farbtönen über eine zuvor festgelegte Farbskala zu kennzeichnen. **1421** Wie in der Analyse des von Bob Martens durchgeführten Langzeitprojekts zur digitalen Rekonstruktion jüdischer Gotteshäuser in Wien deutlich wurde, stellte er im 1998 realisierten 3D-Modell der Synagoge Neudeggergasse sämtliche Objekte im Innenraum – bis auf den in gelb gehaltenen Holzeinbau um den Aron Hakodesh – in einem grauen Farbton dar **353**. **1422** Denn zu diesem Zeitpunkt lagen nicht genügend Informationen vor, um fundierte Aussagen zur Gestaltung der Oberflächen zu treffen. Als Jahre später für eine vergleichbare Synagoge historische Unterlagen auftauchten, wurde aufgrund von Analogieschlüssen in einem überarbeiteten Modell der Neudeggergasse der Innenraum detailliert mit farbigen Texturen ausgestattet. Allerdings wurde hier keine visuelle Unterscheidung vorgenommen, die den Grad der Wahrscheinlichkeit einzelner Elemente darlegt. Insofern geht darin auf visueller Ebene eine wichtige Information verloren: der Hinweis darauf, dass die farbige Gestaltung des Inneren des Gotteshauses auf Hypothesen beruht. Dieser war im ersten Modell hingegen in der bewussten Darstellung in Grau vorhanden. Mit dem in Gelb gefärbten Holzaufbau um den Aron Hakodesh wurde zudem ein Akzent gesetzt, der verdeutlichte, dass es sich hierbei um ein wichtiges Objekt handelt, über das nähere Informationen (Vergoldung) vorlagen.

#### ■ 1421

In anderen Disziplinen wie Kartografie, Geologie, Meteorologie, Astronomie und Medizin sind beispielsweise Falschfarbendarstellungen – die Wiedergabe von Farben, die keinem realen Farbeindruck entsprechen – bereits lange etabliert. Vgl. Apollonio 2016, S. 189-190.

#### ■ 1422

Vgl. [Kapitel 5.4](#) (→ 403).

#### ■ 1423

Vgl. [Appendix 2.7](#) (→ 683), Interview mit Bob Martens, [Frage 7](#).



#### □ 353

Blick zum Aron Hakodesh in der digitalen Rekonstruktion der Synagoge Neudeggergasse, Bildschirmfoto des »QTVR«-Panoramas, TU Wien, 1998 (links) und Rendering der neueren Version des 3D-Modells, Stand 2016, TU Wien (rechts).

Insofern stellte das Konzept des ersten 3D-Modells zur Synagoge Neudeggergasse einen erkenntnisfördernden Ansatz dar, der jedoch in den darauf folgenden überarbeiteten Versionen der digitalen Rekonstruktion nicht mehr weiterverfolgt wurde. Dies lag wohl vor allem daran, dass nach Meinung von Bob Martens das Publikum heute die Darstellung eines grauen Innenraums nicht verstanden hätte. **1423** Ein Informationstext im Ausstellungsraum könnte einer solchen Befürchtung allerdings leicht Abhilfe schaffen.

Das 3D-Projekt **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten**, das von 2009 bis 2010 von Dominik Lengyel und Catherine Toulouse durchgeführt wurde, verfolgte ein von den Architekten entwickeltes Konzept zur Darstellung von Hypothesen und Unschärfen im 3D-Modell. Ihm ist **Kapitel 6.3** (→ **521**) gewidmet, um die Intentionen von Lengyel und Toulouse sowie deren praktische Anwendung ausführlich darzulegen und zu analysieren.

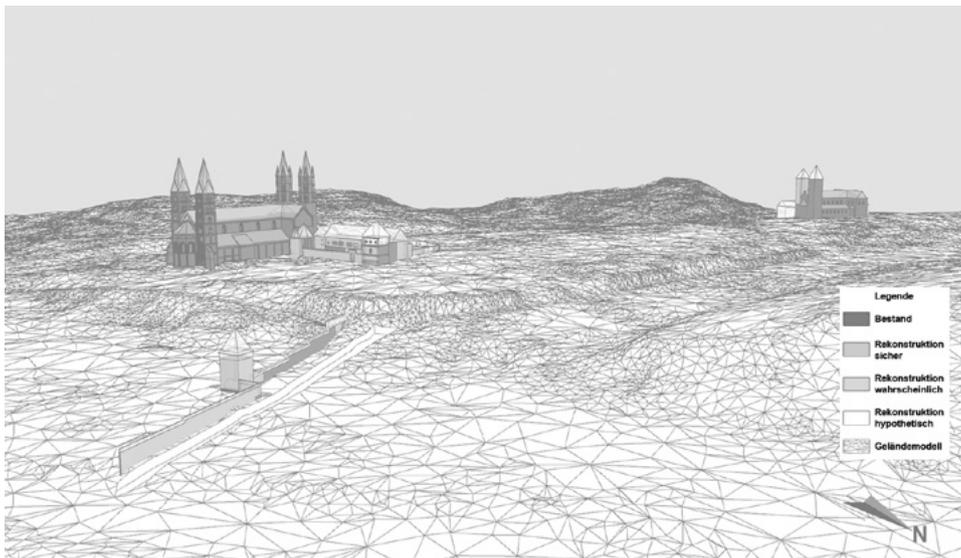
## ■ 1424

Für umfangreiche Informationen zu Entstehung, Umsetzung, Zielen, Konzepten und Anwendungsmöglichkeiten des Projekts vgl.: Webseite der Otto-Friedrich-Universität Bamberg: <https://www.uni-bamberg.de/tauforschung/forschung/projekte/digitales-stadtmodell/4d/>; Breitling/Schramm 2011; Breitling/Buba/Fuhrmann 2015; Breitling/Buba/Fuhrmann 2016.

## ■ 1425

Breitling/Schramm 2011, S. 8.

Ein Beispiel zur farblichen Kennzeichnung unterschiedlicher Grade an Wahrscheinlichkeiten stellt das Projekt **4D-Stadtmodell »Bamberg um 1300«** dar, das unter der Leitung von Stefan Breitling von 2010 bis 2013 im Fach Bauforschung und Baugeschichte an der Otto-Friedrich-Universität in Bamberg durchgeführt wurde. <sup>1424</sup> Ziel war es, den urbanen Zustand um 1300 digital zu rekonstruieren und in das seit 2002 bestehende digitale Stadtmodell zu integrieren, anhand der »Überblendung des gegenwärtigen Zustandes mit der historischen Stadt, die die geschichtlichen Grundlagen der Stadtentwicklung sichtbar macht« <sup>1425</sup>. Hierfür wurden auf Basis der vom Vermessungsamt zur Verfügung gestellten Geoscans in einem Geländemodell historische Begebenheiten des Terrains eingearbeitet. In einem nächsten Schritt konnten die einzelnen, mit der Software **Google SketchUp** realisierten 3D-Modelle der rekonstruierten Bauwerke exakt verortet werden <sup>354</sup>.



## □ 354

In das Geländemodell exakt verortete 3D-Modelle der digital rekonstruierten, historischen Bauten in Bamberg um 1300, »4D-Stadtmodell »Bamberg um 1300«, Stand 2011.

## ■ 1426

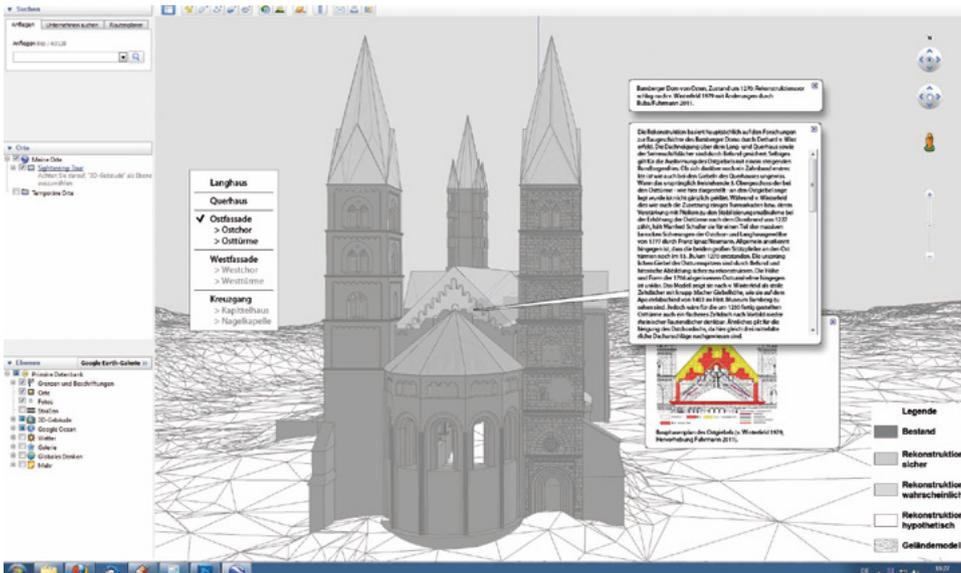
Ebd., S. 9.

Zentraler Kern des Projekts war die visuelle Darstellung der rekonstruierten historischen Architektur. Um die Visualisierung nachvollziehbar zu gestalten, wurde ein Konzept zur Differenzierung von unscharfem Wissen entwickelt. In fünf Stufen unterschied es sowohl farblich als auch im Detaillierungsgrad sowie an Intensität die Wahrscheinlichkeit der dargestellten architektonischen Elemente <sup>355</sup>. So werden archäologische Befunde oder Fakten aus der bauhistorischen Forschung als Details visualisiert. Darüber hinaus haben die in Graustufen wiedergegebenen Abschnitte folgende Bedeutung:

»Sicher vorhandener, nicht erfasster Bestand wird mit einem dunklen Grau markiert. Mit großer Wahrscheinlichkeit ursprünglich vorhandene, heute verschwundene Bauteile sind in einem helleren Grau gehalten. Sehr hell und durchscheinend sind schließlich Bauteile eingefärbt, die zwar nur durch vage Analogieschlüsse rekonstruierbar, aber zur Abrundung des anzunehmenden ursprünglichen Erscheinungsbildes und zur Verständlichkeit der Darstellung notwendig sind.« <sup>1426</sup>

Dieses Farbsystem erlaubt eine genaue Zuordnung einzelner Elemente im 3D-Modell und bildet dabei eine eigene Bildsprache mit folgendem Ziel: »Eine reduzierte, teilweise vorläufig wirkende Darstellung vermittelt das Fragmentarische des Erhaltungszustandes bzw. des Kenntnisstandes und zugleich die Offenheit der Rekonstruktionsvorschläge.« <sup>1427</sup> In Form von erläuternden Texten wird dieses Konzept für Benutzer nachvollziehbar.

■ 1427  
Breitling/Buba/Fuhrmann 2015, S. 64.

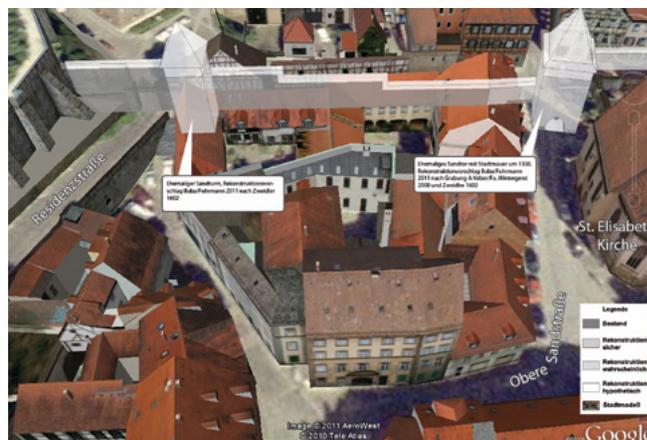


□ 355  
Ansicht des digital rekonstruierten Bamberger Doms von Osten mit in Graustufen dargestellten Wahrscheinlichkeitsgraden und Informationstexten, »4D-Stadtmodell ›Bamberg um 1300«, Stand 2011.

■ 1428  
Ebd., S. 70.

■ 1429  
Vgl. Informationen zum digitalen Modell der Stadt Bamberg in »Google Earth« auf der Webseite der Stadt: <https://www.stadt.bamberg.de/?object=tx%7c2730.2888.1>.

Die Hypothesendarstellung bezog hier auch die Darlegung der dahinterliegenden Entscheidungsprozesse mit ein <sup>356</sup>. Um »ein kritisches, in allen seinen Teilen überprüfbares Rekonstruktionsmodell« <sup>1428</sup>, wie Breitling und Karl-Heinz Schramm es bezeichneten, als Ergebnis zu erhalten, hielten sie den Entscheidungsprozess, der zur Rekonstruktion eines Bauwerks oder eines Bauteils führte, in der folgenden dreiteiligen Form fest: ein Verzeichnis der herangezogenen Veröffentlichungen und Expertenmeinungen, ein schriftlicher Kommentar zu der der Modellierung zugrundeliegenden Argumentation, Verzeichnis der Befunde und weiteren Visualisierungen. Dieses Konzept diente der Nachvollziehbarkeit und zugleich der Anschlussfähigkeit im Hinblick auf neue Forschungserkenntnisse, die ausdrücklich eingearbeitet werden sollten. Veröffentlicht ist das digitale Stadtmodell in Google Earth und kann online interaktiv erkundet werden. <sup>1429</sup>



□ 356  
In »Google Earth« implementiertes digitales Modell der Stadt Bamberg mit eingblendeten Rekonstruktionsvorschlägen zu Stadtmauer und Türmen in der Bergstadt, »4D-Stadtmodell ›Bamberg um 1300«, Stand 2011.

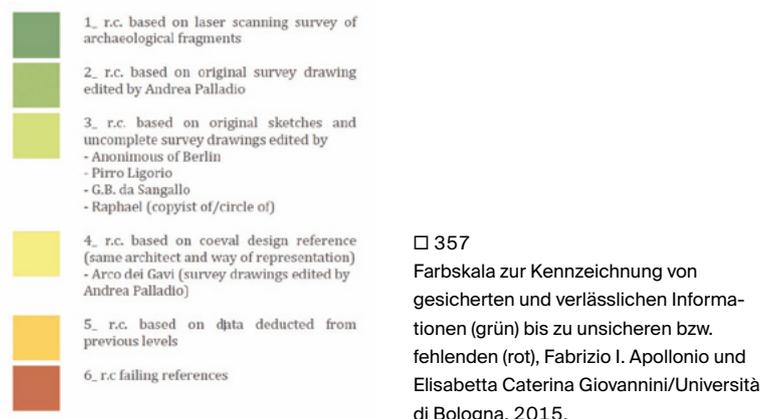
In diesem Projekt vereinen sich somit verschiedene Grundsätze, die in der **London Charter** verankert sind: die Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses, Sicherung der Nachhaltigkeit in Bezug auf spätere Nutzung und die Zugänglichkeit. All dies zeichnet diese von Stefan Breitling geleitete Initiative aus. Einzig gehen Breitling et al. in ihren Publikationen nicht auf die **London Charter** ein und stellen somit ihre Arbeit nicht aktiv in den Kontext der darin aufgestellten Richtlinien. Für zukünftige Projekte wäre dies wünschenswert, um explizit darauf aufmerksam zu machen, dass die in der Charta geforderten Ansprüche umgesetzt wurden. Dies würde dazu beitragen, die Wissenschaftlichkeit von 3D-Projekten herauszustellen und damit zu deren Anerkennung beizutragen.

Eine bunte Farbskala wurde beispielsweise am Dipartimento Architettura der Università di Bologna, Italien, von den Architekten Fabrizio I. Apollonio und Elisabetta Caterina Giovannini in einem 3D-Projekt zur digitalen Rekonstruktion der nicht mehr existierenden Porta Aurea in Ravenna angewandt. **1430** Erbaut 43 n. Chr. wurde es nach einer wechselvollen Geschichte im Jahr 1582 schließlich komplett abgerissen. Heute liegen zahlreiche historische Zeichnungen und Beschreibungen davon vor, einzelne architektonische Fragmente sowie Daten aus einer Ausgrabung Anfang des 20. Jahrhunderts.

Um die aus den heterogenen Quellen resultierenden, unterschiedlich gesicherten Informationen adäquat zu visualisieren, wurde eine Farbskala für die Oberflächen im 3D-Modell erstellt <sup>357</sup>. In insgesamt sechs Farbabstufungen markieren sie verschiedene Wahrscheinlichkeitsgrade, die sich auf die Verlässlichkeit der herangezogenen Quellen beziehen. Mit Stufe 1 (Dunkelgrün) werden Laserscans von erhaltenen Fragmenten ausgezeichnet und umfassen damit die höchste Stufe an gesichertem Wissen. Darauf folgt Stufe 2 (etwas helleres Grün) mit Dokumenten von Andrea Palladio: Zeichnungen beider Seiten des Tors und von architektonischen Details sowie Vermessungen des Bauwerks. Die dritte Stufe (Hellgrün) umfasst Skizzen sowie unvollständige Vermessungszeichnungen weiterer historischer Personen wie Raphael und Pirro Ligorio. Zu Stufe 4 (gelb) zählen Quellen zu stilistisch vergleichbaren Bauten. In der fünften Stufe finden sich Erkenntnisse und Vermutungen, die aus dem 3D-Modellierungsprozess resultieren, der wiederum auf Quellen in den zuvor genannten Farbstufen aufbaut. Hiermit ist insofern eine Metaebene in die Farbskala eingeschlossen, bei der noch hinsichtlich des Wahrscheinlichkeitsgrads der herangezogenen Quelle differenziert werden könnte. Mit der letzten Stufe (rot) werden Elemente gekennzeichnet, für die keine verlässlichen Informationen vorliegen.

#### ■ 1430

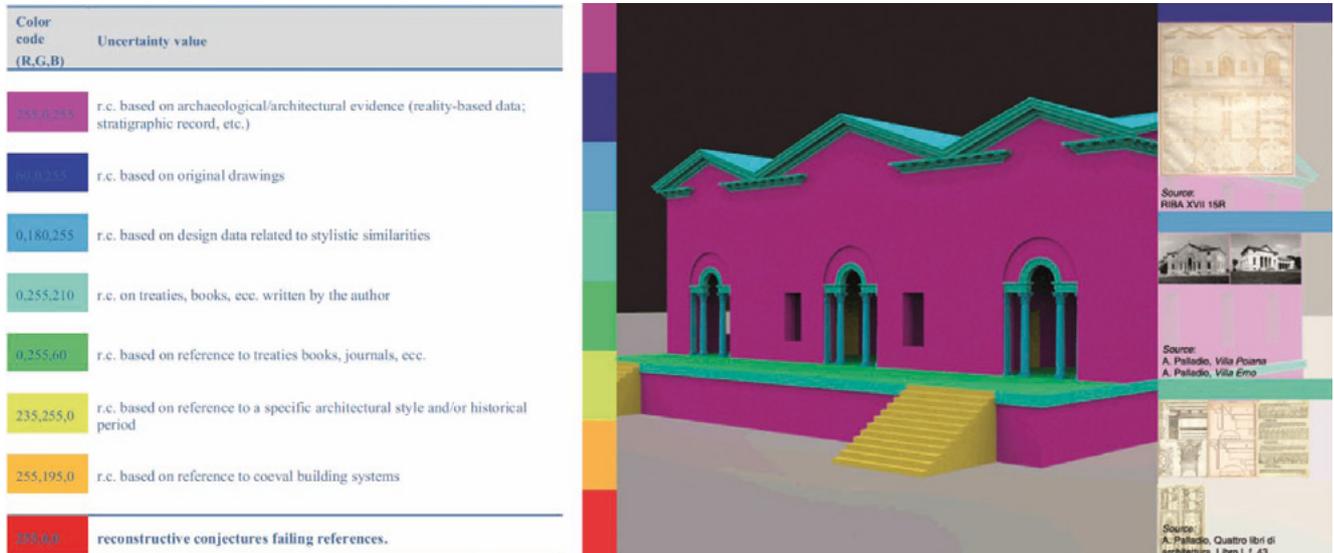
**Zu Zielen und Umsetzung des 3D-Projekts, Konzeption der Farbskala sowie Informationen über die Porta Aurea vgl.: Apollonio/Giovannini 2015.**



Diese Farbskala ergänzte Apollonio später mit drei weiteren Farbtönen (ein Grünton wurde durch eine andere Farbe ersetzt) und verallgemeinerte die Bedingungen für die Einstufung der Quellen, wodurch er ein anschlussfähiges System für andere 3D-Projekte zur Rekonstruktion von historischer Architektur bot [358]. [1431]

#### ■ 1431

Vgl. Apollonio 2016.



#### □ 358

Erweiterte und im Hinblick auf die Bedingungen allgemeingültig gehaltene Farbskala zur Kennzeichnung von Hypothesen in 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur unter Angabe der RGB-Werte (links) und deren Umsetzung am Beispiel eines Entwurfs von Andrea Palladio mit zugehörigem Quellenmaterial (rechts), Fabrizio I. Apollonio/Università di Bologna, 2016.

#### ■ 1432

Vgl. Boeykens 2011; Maekelberg/Boeykens 2017.

#### ■ 1433

Maekelberg/Boeykens 2017, Abschnitt »Historical validation«.

Auch in 3D-Projekten, die am Department für Architektur an der KU Leuven durchgeführt wurden, findet eine bunte Farbskala Verwendung [359]. [1432] Ziel ist hier ebenso die Darstellung unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsgrade im digitalen Modell, von grün/sicher zu rot/unsicher. Die in Leuven forschenden Architekten Sanne Maekelberg und Stefan Boeykens sehen eine Herausforderung insbesondere »in the historic validation of the decision process and its communication towards any third parties, particularly the viewers of the digital model.« [1433] Sie betonen damit, dass der intendierte Betrachter bei der Erstellung bedacht werden muss, wie auch eine Dokumentation des Erstellungsprozesses erfolgen sollte. Letzteres ist ein wichtiger Handlungsbedarf im Kontext wissenschaftlicher digitaler Rekonstruktion von historischer Architektur, auf das in einem folgenden Abschnitt des vorliegenden Kapitels ausführlich eingegangen wird.



#### □ 359

Darstellung von Wahrscheinlichkeitsgraden (von grün/sicher zu rot/unsicher) der wiedergegebenen architektonischen Details im 3D-Modell des Palais Rihour in Lille, KU Leuven, 2017.

### Fotorealismus versus Abstraktion

Während die vorangegangenen 3D-Projekte zwar verschiedene Farben aufwiesen, boten sie dennoch eine in sich homogene visuelle Darstellung der digital rekonstruierten Architektur. Daher sei hier nun ein Beispiel genannt, das eine heterogene Darstellungsweise hat, indem fotorealistische und abstrakte Elemente im 3D-Modell vereint sind. Dabei handelt es sich um das Langzeitprojekt **Zurück in die Zukunft – Die Visualisierung planungs- und baugeschichtlicher Aspekte des Dresdner Zwingers**, das kurz in seinen Grundzügen vorgestellt wird, um dann auf die Besonderheit der Visualisierung einzugehen. <sup>1434</sup> Von der **Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH** im Jahr 2007 initiiert, wurde es gemeinsam mit der Hochschule für Wirtschaft und Technik (HTW) in Dresden durchgeführt. Ausgerichtet war es auf die didaktische Vermittlung des komplexen Themas in einer Dauerausstellung. <sup>1435</sup>

Die mannigfaltige Baugeschichte des Zwingerareals wurde in insgesamt 14 sogenannte Zeitschnitte vom Beginn des 18. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts unterteilt, die nicht nur tatsächlich ausgeführte Bauwerke umfassten, sondern auch nie realisierte Pläne. Für die 3D-Rekonstruktion wurden hiervon diejenigen Abschnitte ausgewählt, die am umfassendsten in historischen Quellen fassbar waren und alle jemals beteiligten Architekten miteinschlossen.

Das Zwingerareal wurde im 18. und 19. Jahrhundert mehrfach umgebaut und ergänzt. Zahlreiche zur Umgestaltung angefertigte Pläne wurden jedoch nie umgesetzt. Um die großen Unterschiede zwischen geplanten, nicht mehr bestehenden und noch heute existierenden Gebäuden im Zwingerkomplex entsprechend zu visualisieren, wurde folgendes Konzept für das 3D-Projekt entwickelt:

»Ultimately, the decision for the graphic realization was made for an architectonic model made out of cardboard which is the generally known type [...]. Due to this display mode all levels of abstraction can be represented easily, the status of the modelling seems clear and the distinction or separation from the existing Zwinger buildings is obvious [...].« <sup>1436</sup>

Je nach Dichte der vorliegenden Quellen variierte zudem der Detaillierungsgrad der Darstellung, sodass noch bestehende Bauten sehr detailreich gestaltet waren, um einen authentischen Eindruck wiederzugeben, weniger gut dokumentierte Gebäude erhielten hingegen eine abstrakte Anmutung <sup>360</sup>.

Weitere visuelle Darstellungsweisen für kaum dokumentierte Bauphasen umfassten eine abstrakte Volumendarstellung ohne Details und Texturen sowie eine Verräumlichung von Grundrissen <sup>361</sup>. Diese abstrahiert gehaltenen Visualisierungen vermitteln sehr anschaulich, dass die Quellenlage hier nicht sehr umfangreich war und betonen dadurch den Entwurfscharakter.

#### ■ 1434

Umfangreiche Informationen zur Entstehung, Durchführung und den Zielen des 3D-Projekts sind zu finden in: Jahn/Wacker/Welich 2016; Webseite zum Projekt: <https://www2.htw-dresden.de/~zwinger/webs/projekt.html>. Eine kurze Zusammenfassung des 3D-Projekts findet sich in: Messemer 2016 (Ideen zu einer Typologie), S. 66–67.

#### ■ 1435

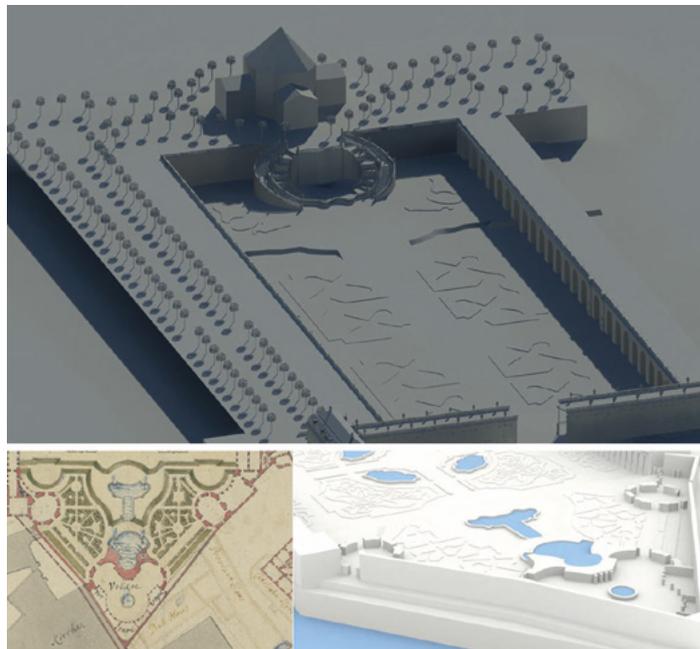
Die 3D-Modellierung übernahmen größtenteils 27 Studierende der Medieninformatik an der HTW mit der Software »3D Studio Max« sowie weitere Mitarbeiter, die »Cinema 4D« und »Blender« verwendeten. Innenräume wurden allerdings nicht modelliert. Protokolle zu den Arbeitstreffen der Beteiligten dokumentieren die Entwicklung der 3D-Modellierung, um diese nachvollziehbar zu machen. Vgl. Jahn/Wacker/Welich 2016, S. 277–278 u. S. 283.

#### ■ 1436

Ebd., S. 281.



□ 360  
 Digitales 3D-Modell des Dresdner Zwingers nach Matthäus Daniel Pöppelmanns Entwurf von 1722, wiedergegeben in der optischen Erscheinungsweise eines Kartonmodells in Kontrast zum texturiert dargestellten Residenzschloss, Markus Zönnchen (Modellierung), »Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH«, 2007.



□ 361  
 Möglichkeiten zur visuellen Wiedergabe von Bauphasen mit wenigen historischen Quellen: abstraktes Volumenmodell ohne Texturen der 1716 geplanten Erweiterung der Orangerie (oben) und verräumlichter Grundriss (unten rechts) basierend auf einem historischen Grundriss von 1716/1718 (unten links), 3D-Modelle (Modellierung oben: Chris Leister; Modellierung unten: Conny Coburger), »Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH«, Stand 2010–2011.



□ 362  
 Diskrepanz zwischen perspektivisch verzerrter Darstellung in einer Ansicht des von Pöppelmann 1716 bis 1718 geplanten Schlosses und entsprechender Wiedergabe im 3D-Modell, das die tatsächliche Erscheinungsweise des Bauwerks unverzerrt wiedergibt, 3D-Modell, Conny Coburger (Modellierung), »Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen gGmbH«, Stand 2010–2011.

Der kritische Umgang mit den vorliegenden Quellen konnte im Laufe des 3D-Projekts auch Unstimmigkeiten in historischen Zeichnungen aufdecken, die ohne 3D-Modellierung nicht sichtbar geworden wären. So wurde erst beim Erstellen eines digitalen Modells deutlich, dass in einer von Pöppelmann angefertigten Ansicht die Fassade des 1716 bis 1718 geplanten Schlosses stark verkürzt dargestellt ist und in gebauter Form einen vollkommen anderen Eindruck vermittelt hätte <sup>[362]</sup>.

Die Ergebnisse dieses Rekonstruktionsprojekts wurden 2013 im Rahmen der Ausstellung **Pöppelmann 3D – Bücher, Pläne, Raumwelten** in der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek (SLUB) öffentlich in einem elfminütigen Film präsentiert. <sup>[1437]</sup> Dieser beinhaltet einen virtuellen Rundgang durch sämtliche realisierte Bauphasen und nicht ausgeführte Planungen. <sup>[1438]</sup> Die darin gezeigten Bauwerke umfassen die zuvor erläuterten variantenreichen Darstellungsweisen von abstrakter, kubusförmiger Architektur bis zu detailliert modellierten Bauwerken. Ergänzt wird die Rekonstruktion durch Fototexturen mit sich bewegenden und spiegelnden Wasseroberflächen sowie einem nicht näher spezifizierten grünen Untergrund. Zur weiteren Informationsvermittlung werden teils historische Pläne oder Ansichten eingeblendet, um zu zeigen, worauf das 3D-Modell basiert. Nahegelegene Bauten wie das Residenzschloss sind weitgehend abstrahiert als Volumenmodell wiedergegeben, was allerdings leicht verwirrend wirkt, da dies bedeuten würde, dass hierfür nicht ausreichend Quellen vorlagen. Tatsächlich wurde diese Entscheidung wohl aber getroffen, damit eine zu detailreiche Darstellung des Schlosses nicht von der im Zentrum des Films stehenden Architektur ablenken kann. Stattdessen wäre es auch möglich gewesen, das Schloss zwar detailreich zu modellieren, aber dafür leicht verschwommen zu visualisieren und es somit auch optisch in den Hintergrund treten zu lassen.

Dennoch wird anhand des starken Kontrasts zwischen den fotorealistischen beziehungsweise detailreichen und den abstrakten Darstellungen in den 3D-Modellen für den Betrachter schnell deutlich, welche Elemente gesicherte Informationen wiedergeben und wo sich Hypothesen befinden. Einzig der Grad an Wahrscheinlichkeit lässt sich daran nicht ablesen. Jedoch bietet die hier umgesetzte Art und Weise der Visualisierung eine für die museale Präsentation geeignete Methode den Betrachter über die zugrundeliegende differierende Quellenlage zu informieren.

Hingegen bauen die Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse in ihren 3D-Projekten bewusst auf eine durchgehend abstrahierte Darstellung. <sup>[1439]</sup> So findet sich in der von ihnen 2009 bis 2010 realisierten digitalen Visualisierung des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten eine differenzierte Darstellung in Graustufen – ohne Texturen – die bestimmte Materialien abbildet. In ihre 3D-Modelle binden sie bewusst keine medienfremden Elemente wie historische Pläne ein, um »eine kohärente virtuelle Welt« <sup>[1440]</sup> zu erstellen. Im anschließenden **Kapitel 6.3 (→ 521)** wird diese Arbeit detailliert analysiert, um das Konzept der beiden Architekten zur Hypothesendarstellung in 3D-Modellen, das sie in all ihren Projekten verfolgen, genauer zu untersuchen.

Andere Experten entscheiden von Fall zu Fall, ob sie in ein digitales Modell auch Fototexturen integrieren oder nicht. Beispielsweise widersprach der Archäologe Bernard Frischer einem Vorschlag für die Integration eines Stadt-

■ 1437

Zur Präsentation des 3D-Projekts vgl.: ebd., S. 295.

■ 1438

Ein Trailer zur Ausstellung in der SLUB ist auf »Vimeo« hinterlegt: <https://vimeo.com/82913964>. Hierauf beruht die folgende Beschreibung des Films.

■ 1439

Zum Konzept der Architekten vgl. insbes.: Lengyel/Toulouse 2011; **Appendix 2.8 (→ 689)**, Interview mit Dominik Lengyel, **Frage 5**, **Frage 6**, **Frage 8** und **Frage 9**.

■ 1440

**Appendix 2.8 (→ 689)**, Interview mit Dominik Lengyel, **Frage 5**.

## ■ 1441

Vgl. Appendix 2.5 (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, Frage 4.

## ■ 1442

Ebd., Frage 3

## ■ 1443

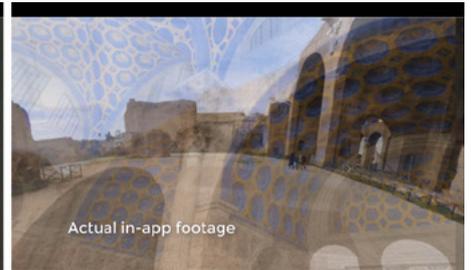
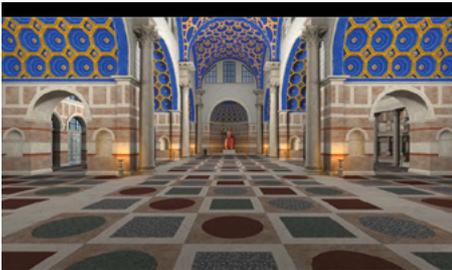
Vgl. Webseite zu »Rome Reborn VR«: <https://www.romereborn.org/>; Messemer 2019.

## ■ 1444

Vgl. Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 6.

plans in die digitale Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore – worauf in **Kapitel 5.2** (→ 331) bereits hingewiesen wurde. Denn hier plädierte er für eine konsistente Darstellungsweise im 3D-Modell, wie er im Interview betonte. **1441** An anderer Stelle findet sich im Video zu diesem Projekt hingegen der Grundriss eines Atriums, der vor dem digitalen 3D-Modell der Kirche angeordnet ist. Generell spricht sich Frischer für eine differenzierende Visualisierung aus, je nach vorliegender Quellenlage:

»We have a very minimalistic policy toward reconstruction, that we don't go beyond what is at least probable. When there is absolutely no information, we simply reduce. There is always the danger of misleading people and you don't want to do that. [...] That's what science is. You make distinctions between what is definitely known, what is probable, what is possible and where we simply don't know anything and certainly where there is a disagreement of views. You have a responsibility to make that quite clear and then to give the reason why you hold your view and not the other persons' views.« **1442**



## □ 363

Digitale Rekonstruktion der Maxentius Basilika in Rom im Rahmen des Projekts »Rome Reborn VR«, Stand 2018.

Allerdings bleibt hier die Frage offen, wie dieser Anspruch an eine digitale Rekonstruktion konkret umgesetzt werden kann. Denn beispielsweise findet sich in einer aktuellen 3D-Visualisierung der Maxentius Basilika, die im Rahmen von Frischers Projekt **Rome Reborn VR** in einem Trailer zur zugehörigen VR-App zu sehen ist, keine differenzierte Darstellung von Hypothesen und gesichertem Wissen. **1443** Lediglich eine Überblendung mit der existierenden Ruine deutet an, dass das im 3D-Modell prächtig erscheinende Bauwerk heute nicht mehr in dieser Form existiert **363**. Im Trailer werden keine Angaben zu verwendeten Quellen gemacht und es ist nicht ersichtlich, ob in der interaktiven Anwendung Informationen dazu hinterlegt sind.

Marc Grellert stellt im Interview ganz klar seine offene Haltung dar, unter bestimmten Bedingungen beispielsweise noch bestehende Bausubstanz in eine 3D-Rekonstruktion einzubeziehen. **1444** So war dies der Fall im 2004 durchgeführten Projekt zur mittelalterlichen Synagoge in Speyer **364**. Grellert begründet seine Entscheidung folgendermaßen:

»Bei dieser Rekonstruktion, die auch eine archäologische Komponente hat, treten noch einmal ganz andere Möglichkeiten hervor, beziehungsweise haben wir andere Dinge thematisiert: die Erläuterung des Rekonstruktionsprozess und die Frage nach den Quellen. So zeigen wir einerseits die Computerrekonstruktion und andererseits das, was an Baubestand noch da ist, beispielsweise ein romanisches Fenster, das heute im Museum in Speyer ausgestellt ist. Bei dieser Rekonstruktion liegt der Schwerpunkt auf ihrer Herleitung.« 1445

■ 1445  
Ebd.



□ 364  
Digitale Rekonstruktion der mittelalterlichen Synagoge in Speyer mit Überblendung der heute noch vorhandenen Bausubstanz, »Architectura Virtualis«, 2004.

■ 1446  
Auf dieses 3D-Projekt wird im Rahmen der in Kapitel 5.4 (→ 403) erfolgten Analyse des 3D-Projekts zu Synagogen in Wien näher eingegangen. Zur Intention des Projekts vgl.: Huber 2000, S. 11.

Hier war die archäologische Ausrichtung der Rekonstruktion ausschlaggebend für die hybride Visualisierung im Modell. Letztendlich bedeutet diese Darstellungsweise einen inhaltlichen Mehrwert für den Betrachter, dem sich die einstige Erscheinungsweise des Bauwerks in Kombination mit dem vertrauten Anblick der erhaltenen Ruine leichter erschließt.

In den beiden zuletzt genannten Beispielen, der Maxentius Basilika und der mittelalterlichen Synagoge in Speyer wurden Visualisierungstechniken aus unterschiedlichen Medienbereichen – das filmische Mittel der Überblendung sowie das fotografische Prinzip der Montage – verwendet, um zu verdeutlichen, dass noch erhaltene Bausubstanz als Grundlage für die digitale Rekonstruktion diene.

Hingegen findet das fotografische beziehungsweise filmische Mittel der Unschärfe kaum Anwendung in 3D-Projekten. Lediglich in Form von Nebel wird es teilweise eingesetzt und dient dann vornehmlich der Schaffung einer geheimnisvollen Atmosphäre. So ist beispielsweise in der 1999 bis 2000 realisierten digitalen Rekonstruktion der mittelalterlichen Synagoge in Wien auch ein virtueller Rundgang durch die Stadt zu sehen, bei dem es nicht darum ging ein exaktes Bild der Architektur in den Gassen zu visualisieren, sondern die Atmosphäre der Stadt wiederzugeben 365. 1446



□ 365

Jüdisches Viertel im mittelalterlichen Wien visualisiert mit Elementen der Unschärfe zur Erzeugung von Atmosphäre, Rendings der digitalen Rekonstruktion »1421 – Jüdisches Viertel und Synagoge«, »Nofrontiere«, 1999/2000.

Jedoch könnte das Stilmittel der Unschärfe auch mit objektivem Charakter verwendet werden: Wenn beispielsweise in einem digitalen Stadtmodell der Fokus des Interesses auf bestimmte Bauwerke im Vordergrund der Visualisierung gelegt werden soll, wäre es möglich dahinter befindliche Gebäude nur diffus, sozusagen verpixelt darzustellen. So wäre deren prinzipielle Anwesenheit zwar demonstriert, aber ihr exaktes Erscheinungsbild wortwörtlich verschleiert, vor allem wenn deren architektonische Gestaltung nicht oder kaum mit Quellen belegt ist. Da sich allerdings ein digitales Modell vornehmlich durch exakte Geometrie auszeichnet und in der Regel auf Messdaten beruht, fällt es möglicherweise schwer, sich in Teilen davon zu lösen und bewusst unklare Bereiche in ein 3D-Modell einzubauen. In diese Richtung zielte bereits Nick Ryan, als er 1996 eine bewusste Reduktion in der Darstellung forderte, um Unsicherheiten zu visualisieren: »[...] it is argued that simplicity of appearance, rather than ultimate visual realism, has an important part to play in imparting a sense of uncertainty in the interpretation that is presented to the public.« **1447**

■ 1447

Ryan 1996, S. 96.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass hier definitiv noch Potential vorhanden ist die Darstellung von Hypothesen in Rekonstruktionen zu verbessern.

### Annotationen

Eine weitere Möglichkeit zur Kennzeichnung von Hypothesen im 3D-Modell stellen Annotationen dar, die darüber hinaus Hintergrundinformationen zum dargestellten Objekt bieten und mit Dateien (Fotos, Texten, Videos) verlinkt sein können. Auf diese Weise kann in umfangreicher Form Information zur digitalen Rekonstruktion für den Nutzer angereichert werden. Angewandt wird dieses Prinzip beispielsweise auf der 2012 ins Leben gerufenen Webseite Sketchfab, auf der 3D-Inhalte veröffentlicht werden können. **1448** So präsentiert dort das Virtual World Heritage Laboratory (VWHL) mehrere 3D-Modelle, die innerhalb des von 2006 bis 2012 durchgeführten Projekts Digital Hadrian's Villa Project entstanden **366**. **1449** Es handelt sich um eine digitale Rekonstruktion der Hadriansvilla, die im ersten Drittel des 2. Jahrhunderts n. Chr. erbaut wurde und heute nur noch in Teilen erhalten ist. Der große Gebäudekomplex ist in einzelnen 3D-Modellen wie Bäderkomplex, Theater, Baracken, Piazza D'Oro und Stadion zugänglich gemacht. Klickt ein Nutzer beispielsweise auf das Modell des Theaters, erscheint dieses nach einer kurzen Ladezeit. Er kann sich nun mit der Maus vollkommen frei darin bewegen. Auf dem Objekt befinden sich mit von eins bis 20 durchnummerierte, anklickbare Buttons **367**. **1450** Nach dem Klick auf eine Ziffer erfolgt ein virtueller Flug zum zugehörigen Standpunkt. Sodann erscheint eine kleine schwarze Anzeigetafel, die wesentliche Informationen zu

■ 1448

Vgl. Webseite von »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/> u. <https://blog.sketchfab.com/500-cultural-institutions-joined-sketchfab/>.

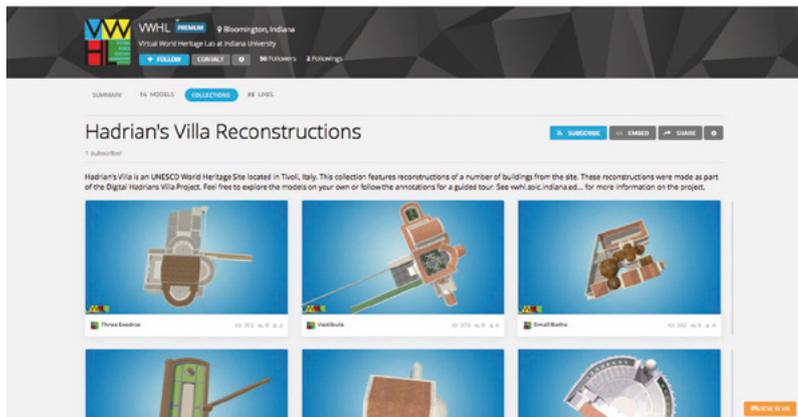
■ 1449

Vgl. »Digital Hadrian's Villa Project« auf »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/vwhl/collections/hadrians-villa-reconstructions>; Webseite zum Projekt: <http://vwhl.soic.indiana.edu/villa/>. In Kapitel 6.1 (→ 447) wurde ein anderer Aspekt des Projekts beleuchtet, der Einsatz einer Game Engine für eine VR-Anwendung.

■ 1450

Vgl. 3D-Modell »Stadium Garden« auf der Webseite von »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/models/4f7ea2e6ee-084adcbab6e7c570fbfb39>.

dem ausgewählten Objekt bereithält. Sofern Abbildungen hinterlegt sind, werden auch diese darin eingeblendet. Auf diese Weise können dem Betrachter Quellen, die zur Erstellung des 3D-Modells dienten, gezeigt und mit Hintergrundinformationen versehen werden. Zudem hat er die Möglichkeit über die Funktion **Model Inspector** die Anzeige nach eigenen Bedürfnissen anzupassen und sich das rekonstruierte Objekt als Drahtgittermodell oder mit neutralen Oberflächen und in diversen Farben anzeigen zu lassen.



□ 366

Präsentation des »Digital Hadrian's Villa Project« (2007–2012) des »VWHL« auf der Webseite von »Sketchfab«, Bildschirmfoto, Januar 2018.



□ 367

Die digitale Rekonstruktion des Theaters im Gebäudekomplex der Hadriansvilla in Tivoli: Übersicht zum Bauwerk (oben links) und Detailansichten zu bestimmten festgelegten Punkten mit eingeblendeten Annotationen (mit Text und Abbildungen), »VWHL«, 2007–2012, Bildschirmfoto, Januar 2018.

■ 1451

Vgl. [Kapitel 4.4](#) (→ 261).

Eine vereinfachte Version dieser Annotationsmöglichkeit war bereits Ende der 1990er-Jahre Teil des Langzeitprojekts **Theatron**, wie in [Kapitel 4.4](#) (→ 261) gezeigt wurde. 1451 In Online-Anwendungen zur interaktiven Exploration von historischen Theaterbauten, konnte sich der Nutzer durch ein Gebäude navigieren und parallel dazu in einem separaten Fenster Informationen zum entsprechenden Standpunkt anzeigen lassen.

Im Hinblick auf die Anreicherung von 3D-Modellen mit Annotationen besteht ein großes Potential für wissenschaftliche Anwendungen, das es auszuloten gilt. Möglicherweise eröffnen sich hier über die **BIM**-Methode neue Möglichkeiten, wie im vorangegangenen Kapitel bereits angesprochen.

Im Folgenden steht die Dokumentation des Erstellungsprozesses von 3D-Modellen im Fokus, denn dies ist ein essentieller Teil von 3D-Projekten, dem bislang viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

**Dokumentation des Erstellungsprozesses – Paradata**

Mit der Dokumentation des Erstellungsprozesses einer 3D-Rekonstruktion ist die dezidierte Aufzeichnung aller durchgeführten Schritte im Rahmen eines 3D-Projekts gemeint, die die Auswertung und Verwendung von Quellmaterial, vollzogene Entscheidungsvorgänge und die 3D-Modellierung an sich umfasst. Eine solche Dokumentation soll in einem ersten Schritt der Nachvollziehbarkeit dienen und in einem zweiten Schritt die Arbeit für daran anschließende oder darauf aufbauende Projekte nachhaltig zugänglich machen. <sup>1452</sup>

In schriftlich dargelegten Forschungsergebnissen ist es in den Geisteswissenschaften selbstverständlich, Begründungen für Entscheidungen und Vermutungen anzugeben, Querverbindungen zu anderen Untersuchungen darzulegen sowie in Fußnoten auf Quellen und Literatur zu verweisen. Im Gegensatz dazu existieren diese Konventionen im Bereich der digitalen Rekonstruktionen von historischen Artefakten noch nicht. <sup>1453</sup> Dies bringt der Theaterwissenschaftler Richard Beacham 2009 auf den Punkt:

»However, there is not, in the historical or cultural heritage domains, a ready-made set of conventions for making ›intellectually transparent‹ the logical progression of visually-constructed arguments. In order to render visualisation outputs academically valid, intellectually transparent, susceptible to critical assessment, one must publish not only the finished product, but also documentation of the process of visualisation – a type of information we term ›paradata.« <sup>1454</sup>

Er schlägt vor, sogenannte Paradata zusammen mit der digitalen Rekonstruktion zu veröffentlichen, um den Prozess, der zur Erstellung der Rekonstruktion führte, auch zugänglich und nachvollziehbar zu machen. Ein erster Schritt, in diesem Bereich international und fachübergreifend Standards zu setzen, erfolgte mit der **London Charter**, in der der Begriff Paradata folgendermaßen definiert wird:

»Informationen über menschliche Prozesse des Verstehens und Interpretierens von einzelnen Daten. Beispiele von Paradata beinhalten in strukturierten Datensätzen gespeicherte Beschreibungen, wie Belege bei der Interpretation eines Artefakts genutzt wurden, oder sind ein Kommentar über methodische Prämissen innerhalb einer wissenschaftlichen Publikation. Der Begriff ist nahe verwandt, jedoch mit etwas anderer Betonung, mit ›kontextuellen Metadaten‹, welche eher auf die Vermittlung von Interpretationen eines Artefakts oder einer Sammlung als auf die Prozesse gerichtet sind, durch die ein oder mehrere Artefakte verarbeitet oder interpretiert werden.« <sup>1455</sup>

## ■ 1452

Wie die technische Zugänglichkeit und Langzeitarchivierung umgesetzt werden kann, ist Thema des nachfolgenden Abschnitts.

## ■ 1453

Vgl. Beacham 2009, o. S., Abschnitt »Roman Theatres at Pompeii: Visualisation and Virtual Performance«.

## ■ 1454

Ebd.

## ■ 1455

Denard 2009 (Die Londoner Charta), S. 14.

Innerhalb des **Leitsatz 4: Dokumentation** wird unter **Dokumentation der Prozesse (Paradaten)** folgende Forderung zum Erstellen von Paradaten formuliert:

»Die Dokumentation der auswertenden, analytischen, deduktiven, interpretativen und kreativen Entscheidungen, die im Verlauf der computergestützten Visualisierung gemacht wurden, soll derart verfügbar sein, dass die Beziehung zwischen Forschungsquellen, implizitem Wissen und expliziten Schlussfolgerungen und visualisierungsbasierten Ergebnissen verstanden werden kann.« **1456**

■ 1456

Ebd., S. 9.

■ 1457

Vgl. ebd., S. 8–10.

■ 1458

Vgl. Bentkowska-Kafel/Denard/Baker 2012.

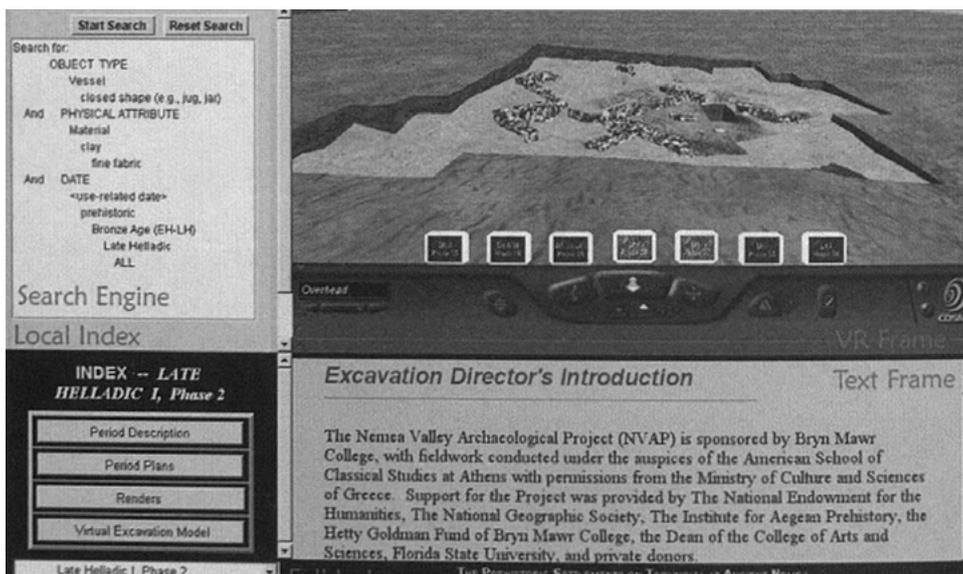
■ 1459

Bentkowska-Kafel, Anna u. Hugh Denard: Introduction, in: ebd., S. 1.

■ 1460

Für Informationen zu diesem Projekt vgl.: Sanders 2012, S. 46. Darüber hinaus erläutert Sanders weitere ähnlich strukturierte Projekte von »Learning Sites«. Vgl. ebd., S. 44–55.

Das in der Charta vorgelegte Konzept zur Dokumentation der Arbeit an einer digitalen Visualisierung umfasst explizit folgende Bereiche: Kenntnislage, Forschungsquellen, Methoden, Verknüpfung von Abhängigkeiten, Formate und Standards. **1457** Wie all das konkret umgesetzt werden soll, wird jedoch nicht thematisiert. Möglichkeiten für die Umsetzung dieses Leitsatzes finden sich hingegen in der von Anna Bentkowska-Kafel, Hugh Denard und Drew Baker 2012 herausgegebenen Publikation **Paradata and Transparency in Virtual Heritage**, die in diesem Bereich bereits als Standardwerk gelten kann. **1458** Forscher aus den Bereichen Archäologie, Geschichte, Kunstgeschichte, Paläobiologie, Informatik, Informations- und Kommunikationstechnologie widmen sich darin dem Thema »[i]ntellectual transparency of visualization-based research« **1459**, das insbesondere 3D-Rekonstruktionen von historischen Objekten in den Blick nimmt. So stellten Experten unterschiedliche Projekte und deren jeweilige Strategien zum Transparentmachen der zugrundeliegenden Forschung dar. Der Architekt und Archäologe Donald H. Sanders nennt beispielsweise das **Nemea Valley Archaeological Project**, das 1998 von seiner Firma **Learning Sites** im Auftrag des Ausgrabungsteams begonnen wurde. **1460** Hier wurde eine online-Anwendung erstellt, in der 3D-Rekonstruktionen mit Befunden, Texten und anderem verknüpft wurden, anhand derer der Nutzer in interaktiver Weise die Rekonstruktionen nachvollziehen konnte **368**.



□ 368

Bildschirmfoto des Zwischenstands der Online-Anwendung des »Nemea Valley Archaeological Project« mit vernetzter Suchmaschine, digitaler Rekonstruktion eines Grabens, Indices und Text, »Learning Sites«, um 1998.

Die kompakt gestaltete Nutzeroberfläche war dabei in verschiedene Bereiche aufgeteilt: ein großes Feld zum Betrachten und eigenständigen Erkunden des 3D-Modells inklusive Navigationsmenü, ein Bereich zum Lesen von Informationen zur rekonstruierten Stätte und eine Spalte für einen Index und Suchfunktionen.

Darüber hinaus standen auch technisch orientierte Lösungsansätze im Fokus der Publikation. Eine niederschwellige Vorgehensweise wurde von dem Paläobiologen Mark Carnall vorgebracht: die Veröffentlichung von Paradata als Zusatzmaterial auf einer DVD von Dokumentarfilmen, die Gebrauch von 3D-Rekonstruktionen machen. <sup>1461</sup> Blu-Ray Discs weisen noch umfangreichere Funktionen auf, wie er erläuterte. <sup>1462</sup> Da sie mit Java programmiert sind, können Verlinkungen zu anderen Medien im Netz oder sogar mit Museumsdatenbanken implementiert werden. Laut Carnall wäre folgende Vision zukünftig umsetzbar:

»They [the users, Anm. d. A.] would have immediate access to interviews and commentaries by documentary makers and the scientific advisers, written media, alternative versions of the documentary and other data sources. In the future, viewers may be able to make these links themselves, creating an all-encompassing web of information held together by the aspects of the documentary.« <sup>1463</sup>

Insofern könnte auch ein Nutzer zur Erweiterung des Wissens über den dargestellten 3D-Inhalt interaktiv beitragen, ganz im Sinne von »the wisdom of the crowds« <sup>1464</sup>.

Auf eine wichtige Entwicklung machte Franco Niccolucci aufmerksam: das seit 2006 als ISO-Standard (ISO 21127:2006) etablierte **CIDOC Conceptual Reference Model (CRM)**, das im Bereich der Dokumentation von Kulturerbe Verwendung findet. <sup>1465</sup> Es bietet ein semantisches Bezugssystem mit folgendem Ziel:

»The CIDOC Conceptual Reference Model (CRM) provides definitions and a formal structure for describing the implicit and explicit concepts and relationships used in cultural heritage documentation. The CIDOC CRM is intended to promote a shared understanding of cultural heritage information by providing a common and extensible semantic framework that any cultural heritage information can be mapped to. It is intended to be a common language for domain experts and implementers to formulate requirements for information systems and to serve as a guide for good practice of conceptual modelling. In this way, it can provide the »semantic glue« needed to mediate between different sources of cultural heritage information, such as that published by museums, libraries and archives.« <sup>1466</sup>

■ 1461

Vgl. Carnall 2012, S. 90.

■ 1462

Zur Funktionsweise und dem Potential von Blu-Ray Discs vgl.: ebd. S. 90–91.

■ 1463

Ebd. S. 91.

■ 1464

Surowiecki 2005.

■ 1465

Vgl. Niccolucci 2012, S. 35–36.  
Informationen zu »CIDOC CRM« sind zu finden auf der zugehörigen Webseite: <http://www.cidoc-crm.org/>.

■ 1466

Webseite zu »CIDOC CRM«: <http://www.cidoc-crm.org/>.

## ■ 1467

Vgl. Kuroczyński 2014, Abschnitt »2. Semantic data modelling«.

## ■ 1468

Informationen zu Zielen, Inhalt, Umsetzung und Veröffentlichung des 3D-Projekts sind zu finden in: Webseite des Herder-Instituts: <https://www.herder-institut.de/projekte/abgeschlossene-projekte/digitale-3d-rekonstruktionen-in-virtuellen-forschungsumgebungen.html>;

Kuroczyński 2014; Kuroczyński 2017, insbes. S. 471–473.

## ■ 1469

Zur hier vorgestellten Systematik vgl.: Kuroczyński/Hauck/Dworak 2014, Abschnitt »2 Digital Reconstruction Methodology and Cultural Heritage markup Language«.

## ■ 1470

Zu »CHML« vgl.: Kuroczyński 2014; Kuroczyński/Hauck/Dworak 2014; Hauck/Kuroczyński 2016; Webseite zu »CHML«: <http://chml.fondati-on/?lang=de>.

## ■ 1471

Kuroczyński/Hauck/Dworak 2014, Abschnitt »5. Conclusion«.

## ■ 1472

Vgl. Hauck/Kuroczyński 2015, S. 250.

**CIDOC CRM** ist insbesondere auf die Beschreibung von Ereignissen ausgerichtet und eignet sich als Referenzierungs-Ontologie insbesondere dazu, Bezüge zwischen Informationen im Kulturbereich herzustellen. <sup>1467</sup>

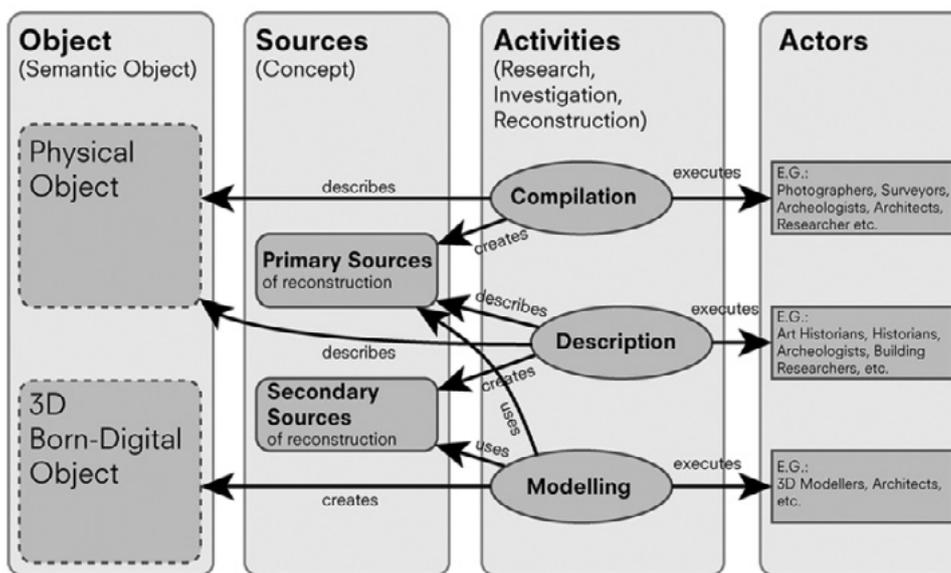
Als ein Anwendungsbeispiel von **CIDOC CRM** in einem 3D-Projekt zu historischer Architektur kann das Forschungsprojekt **Virtuelle Rekonstruktionen in transnationalen Forschungsumgebungen – Das Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen** genannt werden. <sup>1468</sup> Unter Koordination von Piotr Kuroczyński, Herder-Institut, wurde es von 2013 bis 2016 von der Leibniz-Gemeinschaft gefördert und in Kooperation mit unterschiedlichen Institutionen in Europa durchgeführt. Ziel war es eine virtuelle Forschungsumgebung zu entwickeln unter Einbindung von **CIDOC CRM** referenzierter Modellierung und sich damit den Desideraten zu Dokumentation und Methodik im Bereich digitaler Rekonstruktion zu widmen sowie einer langfristigen Verfügbarkeit der Arbeit. Die Grundlage hierfür bildete folgende Systematik: <sup>1469</sup> Zuordnung eines neunstelligen **Uniform Resource Identifier (URI)** zu jedem Objekt und jeder Quelle sowie einer vierstelligen Buchstabenkombination zur Attributierung. Zur langfristig ausgerichteten Dokumentation des gesamten Projekts wurde die 2003 erstmals vorgestellte **Cultural Heritage Markup Language (CHML)** verwendet, <sup>1470</sup> wie Kuroczyński und seine Kollegen Oliver Hauck und Daniel Dworak erläutern:

»Developing the CHML for digital reconstruction connects the sources used, the technical processes involved in creating digital objects (provenance), the human processes of understanding and interpreting the digitized sources (paradata) to the resulting born-digital 3D objects. CHML standardizes the methodology of computer-based 3D reconstruction of tangible cultural heritage and ensures the interoperability of data sets by referring to CIDOC-CRM. It ensures mapping the data sets into EDM and provides the described 3D content to linked open data environment of EUROPEANA. CHML stands also for long-term preservation of information through 3D-objectoriented records with an integrated inline description of geometry, materials, light and cameras in DAE COLLADA format.« <sup>1471</sup>

**CHML** eignet sich insbesondere für 3D-Rekonstruktionen von nicht mehr existierender Architektur im Gegensatz zu anderen Lösungen wie beispielsweise **CARARE 2.0**. <sup>1472</sup> Mit **CHML** kann eine allumfassende Beschreibung einer digitalen Rekonstruktion erstellt werden und somit auch den Erstellungsprozess transparent machen, wie ein Diagramm zu einem möglichen Workflow anschaulich verdeutlicht <sup>369</sup>. Es veranschaulicht die Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen Objekt, Quellen, Aktivitäten und Akteuren.

Dieser Ansatz entstand erst in den letzten Jahren und befindet sich noch in der Entwicklung. Zudem ist er darauf ausgelegt, von Beginn an die Grundstruk-

tur eines 3D-Projekts zu bilden. Daher sei nun ein Blick auf bislang etablierte Strategien geworfen, die sich sozusagen konventionellen Methoden bedienen und entsprechend niederschwelliger angelegt sind sowie einen anderen Ansatzpunkt zur Dokumentation eines Projekts aufweisen. So ist es zum einen möglich, eine begleitende Publikation, sei es in Form eines Aufsatzes oder Buches, zu veröffentlichen, um der Wissenschaftscommunity die Arbeit an einer 3D-Rekonstruktion offenzulegen. Zum anderen können die der Modellierung zugrundeliegenden Entscheidungen auch direkt im 3D-Modell als Informationen abgelegt und damit digital zugänglich gemacht werden. Auf das hier anklingende Potential zur Methode des **Building Information Modelling** wurde bereits im vorangegangenen Kapitel eingegangen. Allerdings fehlen bislang noch Online-Repositorien, die wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle zuverlässig zugänglich machen. Dieser Handlungsbedarf wird an späterer Stelle dieses Kapitels näher thematisiert.



□ 369

Diagramm zum Workflow einer digitalen 3D-Rekonstruktion im Sinne von »CHML«, Oliver Hauck und Piotr Kuroczyński, 2015.

■ 1473

Vgl. Kapitel 5.2 (→ 331).

Grundsätzlich ist es für die Forschung essentiell, Entscheidungsprozesse transparent zu kommunizieren wie folgendes konkretes Beispiel zeigt: Im Rahmen der Analyse der 3D-Rekonstruktion der Basilika Santa Maria Maggiore in Rom von Bernard Frischer et al. erfolgte ein Vergleich mit dem nur wenige Jahre später durchgeführten Projekt von Maria Andaloro et al. zur gleichen Kirche. **1473** So konnte festgestellt werden, dass in Ersterem Entscheidungen zur Darstellung bestimmter Hypothesen in der begleitenden Aufsatzveröffentlichung ausführlich dargelegt wurden. Bei der Arbeit von Andaloro et al. fehlen solche Hinweise hingegen gänzlich, obwohl sich deren Buchpublikation durchaus an ein Fachpublikum richtet. Da zudem die beiden 3D-Modelle in einigen wesentlichen Details wie Apsisumgang, Fußboden oder Dach aufgrund unterschiedlicher Thesen der Forschung differieren, wäre es für deren Rezeption hilfreich, die jeweiligen Entscheidungsprozesse nachvollziehen zu können. Nur so kann sich ein Betrachter eine fundierte Meinung zu beiden Projekten bilden sowie ein wissenschaftlicher Diskurs zu differierenden Hypothesen geführt werden und letztendlich auch zu einem Fortschritt der Forschung führen.

Mit Blick auf dieses Beispiel stellt sich die Frage, wie 3D-Rekonstruktionen ernst genommen werden können, die zwar von Wissenschaftlern erstellt

wurden, aber weder Vorgänger-3D-Projekte zum gleichen Gegenstand reflektieren, noch eigene Entscheidungen transparent machen. Eine wirklich wissenschaftliche Auseinandersetzung mit einem Forschungsthema kann nicht auf diese Weise geführt werden. Darüber hinaus kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Wissenschaftscommunity aufgrund der Reputation der beteiligten Forscher ein 3D-Modell akzeptiert, ohne es zu hinterfragen. In wissenschaftlichen Veröffentlichungen werden schließlich auch Argumente für die vorgebrachten Hypothesen geliefert. Dieser Grundsatz muss auch für 3D-Modelle gelten, denn nur so werden diese nicht nur als schöne Bilder wahrgenommen, sondern als seriöse Visualisierungen wissenschaftlicher Forschung. Die Skepsis mancher Kunsthistoriker ist ohnehin sehr groß gegenüber digitalen Rekonstruktionen von historischen Artefakten. Dem kann durch transparente Entscheidungsprozesse entgegengewirkt und somit können 3D-Rekonstruktionen als objektive, Erkenntnisse generierende Werkzeuge etabliert werden.

Hier setzen die beiden Architekten Marc Grellert und Mieke Pfarr-Harfst mit ihrem Konzept zu einem Minimalstandard zur Dokumentation einer 3D-Rekonstruktion an. 2016 stellten sie es im Rahmen der EuroMed-Konferenz erstmals öffentlich vor. <sup>1474</sup> Ihrer Meinung nach wurde bislang häufig nach Maximallösungen zur Dokumentation des Erstellungsprozesses eines digitalen Modells gesucht, die im schlimmsten Fall jedoch aufgrund des hohen Aufwands nie umgesetzt wurden. Zudem kann eine umfangreiche Dokumentation mit aufwendiger Dateneingabe nur in ausreichend finanziell unterstützten Projekten durchgeführt werden, argumentierten die Architekten. Daher sehen sie den Bedarf eines niederschweligen Ansatzes, der weder zeit- noch kostenintensiv ist. Im Interview erläuterte Grellert worauf das von ihm und Pfarr-Harfst erarbeitete Konzept beruht:

■ 1474

Informationen zum von Pfarr-Harfst und Grellert konzipierten Minimalstandard sind zu finden in: Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 39-49; Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 8.

»Daher haben wir einen Minimalstandard entwickelt, der folgende drei Komponenten umfasst: Die erste Komponente beinhaltet textliche Informationen zum Hintergrund des Projekts, also um welches Gebäude handelt es sich, ganz kurz die Geschichte des Gebäudes, wer das Projekt in Auftrag gegeben, wer es durchgeführt hat und wer die wissenschaftliche Beratung gemacht hat, die verwendete Software, aber auch die Georeferenzierung oder der Hinweis zu einer Webseite des Projekts. Das sollte grob gesagt auf einer DIN A4-Seite untergebracht werden können. Die zweite Komponente hält die finalen Ergebnisse fest, das heißt man zeigt das Ergebnis der Rekonstruktion in Form von Renderings. Die dritte Komponente umfasst die Dokumentation der Entscheidungsprozesse. Ein Bauwerk wird dabei in verschiedene Bereiche unterteilt, beispielsweise die Nordfassade, die Ostfassade oder Fußboden, Decken, Gewölbe. Zu jedem dieser Bereiche gibt es Abbildungen der Rekonstruktion,

denen die Abbildungen der Quellen gegenübergestellt werden. Eine textliche Argumentation erläutert dann, wie man von den Quellen zur Rekonstruktion kommt. [...] Dieser Dreiklang – Rekonstruktion, Quellen, Argumentation – ist der Kern des Minimalstandards, den wir entwickelt haben und gerne auch zur Diskussion stellen.« 1475

■ 1475

Appendix 2.6 (→ 675), Interview mit Marc Grellert, Frage 8.

■ 1476

Zu Umsetzbarkeit, Vorteilen und Ausgabemöglichkeiten des Minimalstandards vgl.: Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 44–45.

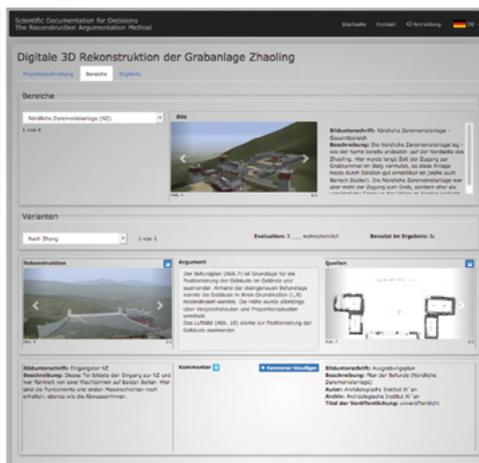
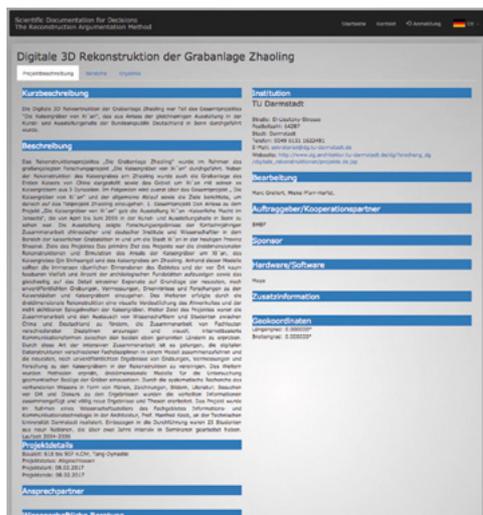
■ 1477

Vgl. Webseite zur »Scientific Documentation for Decisions. The Reconstruction Argumentation Method«: [http://dmz-39.architektur.tu-darmstadt.de/reconstruction/?ac=project&cm=view&project\\_id=13](http://dmz-39.architektur.tu-darmstadt.de/reconstruction/?ac=project&cm=view&project_id=13). Zum 3D-Projekt »Die Kaisergräber von Xi'an« vgl.: Pfarr 2010, S. 5.

■ 1478

Vgl. Pfarr-Harfst/Grellert 2016, S. 44.

Als essentiellen Aspekt eines Minimalstandards sehen die beiden dessen Umsetzbarkeit im Rahmen der täglichen Arbeitsroutine. 1476 Vorteilhaft ist auch seine Übertragbarkeit auf andere Kontexte im Bereich der Rekonstruktion wie Zeichnung, haptisches Modell oder tatsächliches Bauwerk. Die Ausgabe kann als Datenbank oder auch als mit Bildern angereichertes Textdokument erfolgen. Eine Online-Anwendung könnte über eine bloße Präsentationsform hinaus auch ein Forum für fachlichen Austausch bieten. Hierfür erstellten sie bereits einen Prototyp und veröffentlichten darin einen Teil der von Mieke Pfarr-Harfst erstellten Dokumentation des 3D-Projekts Die Kaisergräber von Xi'an, das unter der Leitung von Manfred Koob von 2003 bis 2006 an der TU Darmstadt realisiert wurde 370. 1477 In übersichtlicher und kompakter Form sind hier die Kerninformationen zum 3D-Projekt unter folgenden Punkten gebündelt: Beschreibung, Kurzbeschreibung, Projektdetails, Institution, Bearbeitung, Auftraggeber/ Kooperationspartner, Sponsor, Hardware/Software, Zusatzinformation, Geokoordinaten. Hintergrundinformationen zur konkreten Umsetzung der 3D-Rekonstruktion sind in einem eigenen Bereich abgelegt und mit Abbildungen des digitalen Modells und der verwendeten Quellen angereichert. Auch unterschiedliche Varianten der 3D-Rekonstruktion können hier zugänglich gemacht werden, sodass der Nutzer einen fundierten und umfangreichen Überblick und vor allem Einblick in das jeweilige 3D-Projekt erhält.



□ 370

Prototyp für die online-Anwendung des von Mieke Pfarr-Harfst und Marc Grellert entwickelten Minimalstandards zur Dokumentation des Erstellungsprozesses von digitalen 3D-Rekonstruktionen, hier am Beispiel des 3D-Projekts zur Grabanlage Zhaoling in der Provinz Shaanxi in China, Manfred Koob/TU Darmstadt, 2003–2006, Bildschirmfotos, Februar 2018.

Die beiden Architekten argumentierten zudem, dass die tatsächliche Umsetzung einer Dokumentation des Erstellungsprozesses auch dazu beitragen würde, das darin enthaltene digitale Kulturerbe langfristig zu erhalten. 1478

Um die Möglichkeiten für die konkrete Umsetzung einer Dokumentation des Erstellungsprozesses im Rahmen eines 3D-Projekts aufzuzeigen, sei hier kurz auf zwei unterschiedliche Herangehensweisen exemplarisch hingewiesen. Die zuvor angesprochene von Mieke Pfarr-Harfst erstellte Dokumentation zu einem Teilbereich des Projekts **Die Kaisergräber von Xi'an**, führte sie im Rahmen ihrer 2010 publizierten Dissertation durch. <sup>1479</sup> Die Architektin unterschied dabei zwei Ebenen der Dokumentation, eine inhaltliche und eine technische. Bei Letzterer ging es um das Archivieren von Daten. Erstere, die im Folgenden genauer erläutert wird, umfasste die Darlegung der Argumentation auf Basis der Quellen in systematischer und deskriptiver Form: Zu Anfang legte Pfarr-Harfst eine Dokumentationssystematik fest, die sie an die DIN EN 61355 anlehnte und auf die speziellen Bedürfnisse im Bereich der digitalen Rekonstruktion anpasste. <sup>1480</sup> Zudem orientierte sie sich an DIN 6789, T.1, die »Anforderungen für Technische Dokumentationen und deren Dokumentationssystematik« <sup>1481</sup> vorgibt. Sie bedient sich damit eines Architekten vertrauten, bestehenden Regelwerks, das sie entsprechend abwandelt.

Zur eindeutigen Zuordnung von Einzelbauwerken zu Gebäudekomplexen führte sie eine Nomenklatur ein, die Erstere mit einer zweistelligen Buchstabenkombination auszeichnete und Letztere mit einer fortlaufenden zweistelligen Ziffernfolge ausstattete. Darauf aufbauend erstellte sie ein Nomenklatur-System, das auch den Quellen (Pläne, Zeichnungen, Ausgrabungsbefunde, Vergleichsbauwerke, Literatur) eine eindeutige Zuordnung zu einer bestimmten Buchstaben-Ziffer-Kombination ermöglichte. Um dann die Beziehung von Gebäude und zugehöriger Quelle zu beschreiben, konnten die einzelnen Elemente der Nomenklaturen zu einer Abfolge zusammengesetzt werden, die eine eindeutige Zuordnung gewährleistete.

Des Weiteren umfasste die Dokumentation auch den Bereich der Arbeitsphasen, die in chronologischer Reihenfolge erfasst und mit einer Kombination aus zwei Buchstaben und römischen Ziffern eindeutig referenzierbar gemacht wurden. <sup>1482</sup> In einzelnen Texten beschrieb Pfarr-Harfst sodann unter Nennung der zugehörigen Nomenklaturen sämtliche Gebäude der Grabanlage, wobei sie jeweils auch auf die zugrundeliegenden Quellen und Vorgehensweisen im Rekonstruktionsprozess einging sowie die kombinierten Nomenklaturen durch Fußnoten zuordnete. Auf diese Weise kann die gesamte Arbeit an dem 3D-Projekt nachvollzogen werden. Allerdings sind Abbildungen im Anhang ihrer Dissertation abgelegt und daher visuell nicht direkt mit den schriftlichen Ausführungen verbunden. Der Aufwand für die systematische Erfassung aller Elemente des 3D-Projekts und deren Zusammenführung in Textform erscheint hier sehr groß. Auch wenn Pfarr-Harfst darauf bedacht war von sprachlicher Seite über die Einführung von Begriffen, die auch in anderen 3D-Rekonstruktionsarbeiten relevant sind, eine Anschlussfähigkeit zu gewährleisten, könnte diese komplexe Vorgehensweise dennoch praktisch schwer umsetzbar sein. Ein Minimalstandard, wie die Architektin ihn mit ihrem Kollegen ein paar Jahre später vorlegte, scheint vor diesem Hintergrund eine anwenderfreundlichere und praxisorientiertere Lösung zu bieten.

Eine weit weniger aufwendige Form der Dokumentation des Rekonstruktionsprozess wendet die Firma **Visual Dimension** des Bauingenieurs Daniel Pletinckx an. So werden sämtliche ihrer Initiativen in einzelnen Blogs in deskrip-

#### ■ 1479

Zu den Zielen und der Umsetzung der 3D-Rekonstruktion vgl.: Pfarr 2010, insbes. S. 3,

#### ■ 1480

Die DIN EN 61355 legt die »Klassifikation und Kennzeichnung von Dokumenten für Anlagen, Systeme und Einrichtungen [fest], um Dokumente zu den Objekten, die sie beschreiben, in Bezug zu setzen.«, zit. aus: ebd., S. 107. Zur Ausarbeitung der Dokumentationssystematik von Pfarr-Harfst vgl.: ebd., S. 109-114.

#### ■ 1481

Ebd. S. 107.

#### ■ 1482

Zur Systematisierung im Bereich der Arbeitsphasen sowie zur Zusammenführung der gesamten Dokumentation vgl.: ebd., S. 120-123.

## ■ 1483

Zur Übersicht der bislang erstellten Blogs vgl. Webseite der Firma »Visual Dimension«: <http://visualdimension.be/heritage/blogs.html>.

## ■ 1484

Vgl. Blogeintrag »The Benedictine abbey of Ename«, 22.12.2013, in: »Visualisation of the Benedictine abbey of Ename. How a bunch of stones becomes an intriguing story«: <https://enameabbey.wordpress.com/2013/12/>. Vgl. Erläuterungen zum 3D-Projekt »Ename 974«, an dem »Visual Dimension« beteiligt war, in Kapitel 5.1 (→ 301).

## ■ 1485

Blogeintrag »Virtual Reconstruction«, 09.06.2014, in: »Visualisation of the Benedictine abbey of Ename. How a bunch of stones becomes an intriguing story«: <https://enameabbey.wordpress.com/2014/06/>.

## ■ 1486

Auf das Fehlen eines zentralen Online-Archivs machten wie zuvor angedeutet Koller et al. 2009 bereits aufmerksam. Vgl. Koller/Frischer/Humphreys 2009.

tiver Weise festgehalten. <sup>1483</sup> Als Beispiel sei hier auf die von 2013 bis heute erfolgte digitale Rekonstruktion der Baugeschichte der nicht mehr existierenden Abteikirche in Ename eingegangen. <sup>1484</sup> Ziel des bis heute geführten Blogs ist:

»This blog is about the virtual reconstruction process of the abbey of Ename in Belgium. [...] So this blog is a way to document this process in a good-looking and readable way, not focusing on the pretty pictures but on the sources, on the interpretation process and on the methodology of this process.« <sup>1485</sup>

Die von Visual Dimension verfassten Einträge beschreiben die Vorgehensweise im Prozess der digitalen Rekonstruktion zu einzelnen Zeitabschnitten der Baugeschichte, die eine Zeitspanne von 1063 bis 1795 abdeckt. Hierfür werden Abbildungen von verwendeten historischen Text- und Bildquellen sowie Planmetrial der archäologischen Untersuchungen eingebunden und zusammen mit Renderings der 3D-Modelle gezeigt. Auf diese Weise erhält der Nutzer einen umfassenden inhaltlichen wie auch visuellen Eindruck des gesamten Prozesses <sup>371</sup>. Zusätzlich sind in rot markierte Hyperlinks zu zentralen Begriffen und zu Quellenmaterial eingebunden, sodass sich der Nutzer nach eigenem Interesse in das Thema vertiefen kann. Allerdings zeigt sich hier gleichzeitig auch eine Problematik, denn nicht alle Links funktionieren heute noch und führen mitunter sozusagen ins Leere. Insofern erfordert diese Dokumentationsmethode eine beständige Wartung der Inhalte, um eine nachhaltige Benutzbarkeit zu gewährleisten.

## □ 371

Blog zur Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses der nicht mehr existierenden Abteikirche in Ename, Belgien, gestartet am 22. Dezember 2013 von »Visual Dimension«, Bildschirmfotos, Februar 2018.

Im Internet kursieren in großer Zahl digitale Modelle, die fast gänzlich ohne Paradata und wenige mit meist nur unvollständigen Metadaten (Ersteller, Zeitraum, Methoden, Technik) verknüpft sind. Inzwischen finden sich 3D-Modelle auf zahlreichen Plattformen. <sup>1486</sup>

Wie in **Kapitel 1.3** (→ **029**) gezeigt wurde, existieren mit **3DVisA**, **arts-humanities.net** und **netzspannung.org** durchaus online-Sammlungen von explizit wissenschaftlich erstellten 3D-Modellen historischer Architektur, jedoch sind sie thematisch teils spezifisch ausgerichtet und geben daher keinen globalen Überblick wieder. Zudem ist ihre Reichweite eher gering einzuschätzen beziehungsweise auf einen Kreis von einschlägigen Experten begrenzt. Für die Bekanntmachung und Etablierung von wissenschaftlich erstellten, digitalen Rekonstruktionen wäre eine breite Öffentlichkeit wünschenswert. Die im folgenden vorgestellten Webseiten weisen eine teilweise große Nutzerschaft auf, jedoch fehlen generell meist zahlreiche Informationen zu den archivierten Projekten, um sie wissenschaftlich untersuchen zu können. So macht beispielsweise **3DWarehouse** von **Google** 3D-Modelle in großer Zahl frei verfügbar, darunter auch solche, die Architektur abbilden. **1487** Hintergrundinformationen zum dargestellten Objekt oder zugrundeliegenden Quellen werden nicht angegeben, sodass seine Wissenschaftlichkeit unklar bleibt.

## ■ 1487

Vgl. Webseite von »3DWarehouse«:  
<https://3dwarehouse.sketchup.com>.

## ■ 1488

Vgl. Webseite »3D CAD BROWSER«:  
<http://www.3dcadbrowser.com/3dmodels.aspx?collection=architecture>.

## ■ 1489

Vgl. Webseite »3D CAD BROWSER«:  
<http://www.3dcadbrowser.com/download.aspx?3dmodel=65871>.

## ■ 1490

Vgl. die archivierte Version der Webseite von »Deutsche Schlösser und Burgen in 3D«: <http://web.archive.org/web/20180322144621/http://www.3d-schloesser-und-burgen.de/> (Stand 22. März 2018).

## ■ 1491

Hintergrundinformationen zur Webseite von »GreatBuildings« sind zu finden in: <http://www.greatbuildings.com/gbc.html>.

## ■ 1492

Vgl. Webseite von »GreatBuildings«:  
[http://www.greatbuildings.com/types/models/detailed\\_models.html](http://www.greatbuildings.com/types/models/detailed_models.html).

## ■ 1493

Für das Copyright vgl. Angaben bei diversen 3D-Modellen, z. B. zum **Globe Theater**, auf der Webseite von »GreatBuildings«: [http://www.greatbuildings.com/models/GlobeTheater\\_mod.html](http://www.greatbuildings.com/models/GlobeTheater_mod.html).

## ■ 1494

Vgl. Webseite der Firma »Artifice, Inc.«:  
[http://www.artifice.com/about\\_artifice.html](http://www.artifice.com/about_artifice.html).

Eine weitere online-Datenbank für 3D-Modelle von unter anderem (historischer) Architektur ist **3D CAD BROWSER**. **1488** Hier kann sich der Nutzer aus einem nach Gebäudetypen geordneten Verzeichnis (Schlösser, Häuser, Tempel, Villen – sakrale Gebäude werden nicht als eigene Kategorie aufgelistet) CAD-Modelle herunterladen. Es handelt sich dabei sowohl um prototypartige Bauten als auch um ganz spezifische wie die **Dresdner Frauenkirche**. **1489** Hintergrundinformationen zum Erstellungsprozess fehlen gänzlich.

Thematisch ausgerichtet war hingegen die bis März 2018 zugängliche Seite **Deutsche Schlösser und Burgen in 3D**, auf der 3D-Modelle in großer Zahl online gestellt waren. **1490** Es handelte sich hierbei um 3D-Modelle von weitgehend bestehenden Bauten, die georeferenziert und fast allesamt in **Google Earth** eingebettet waren. Zwar wurden Angaben zum Ersteller des jeweiligen Objekts gemacht, jedoch handelte es sich dabei vornehmlich um Privatpersonen, nicht um wissenschaftliche Einrichtungen. Informationen zum 3D-modellierten Bauwerk speisten sich aus Wikipedia, Details zur Erstellung wurden nicht genannt.

Die Webseite **GreatBuildings** hält, beginnend in den 1990er-Jahren, Dokumentationen von bedeutenden Bauwerken vor, die mit Kurzbeschreibungen, Fotos, Plänen, Zeichnungen, Zeitleisten, Weblinks sowie 3D-Modellen angereichert sind. **1491** Ausgewählt wurden die Bauten von den Herausgebern der Architekturzeitschrift **ArchitectureWeek**. Über die Suchfunktion kann die Datenbank nach unterschiedlichsten Kategorien wie »3D-Modelk« durchforstet werden. Die vorgehaltenen 3D-Modelle wurden mit der Software **DesignWorkshop** erstellt und können mittels der Software **DesignWorkshop Lite** betrachtet werden. **1492** Deren Copyright gibt Aufschluss über die Entstehungszeit der 3D-Modelle: »The Great Buildings 3D Models are ©1994-2010 Kevin Matthews and Artifice, Inc., All Rights Reserved.« **1493** Die 1992 gegründete Firma **Artifice** spezialisierte sich auf 3D-Modellierungssoftware für den professionellen Gebrauch und hält auch die Webseite von **GreatBuildings** vor. **1494** Allerdings finden sich keinerlei Hinweise, anhand welcher Quellen die Gebäude modelliert wurden, daher ist es schwer zu beurteilen, ob es sich um verlässliche Objekte handelt.

Eine Ausnahme zu den hier genannten Webseiten stellt die bereits zuvor erwähnte Plattform **Sketchfab** dar. Unter dem Schlagwort »Architektur« finden sich unzählige 3D-Modelle, von Gebäuden oder Räumen, die nicht nur von Privatpersonen erstellt wurden, sondern auch von wissenschaftlichen Einrichtungen wie beispielsweise dem **VWHL** oder dem British Museum. Anfang 2017 verkündete die Plattform, dass bereits mehr als 500 Museen 3D- und VR-Inhalte online gestellt haben. <sup>1495</sup> Ein großer Nachteil von **Sketchfab** ist allerdings, dass es keine Trennung gibt zwischen 3D-Modellen, die wissenschaftlich fundiert von etablierten Institutionen realisiert und solchen, die zu privaten Zwecken erstellt wurden. Eine gezielte Suche nach explizit wissenschaftlichen Objekten ist nicht möglich. Da es nicht verpflichtend ist bestimmte Angaben zum Inhalt und technischen Daten der Modelle zu machen, variiert der Umfang der bereitgestellten Informationen stark, wodurch auch die Verlässlichkeit der digitalen Rekonstruktion kaum überprüft werden kann. Das **VWHL** verlinkt seine hier präsentierten digitalen Modelle mit der entsprechenden Webseite zum 3D-Projekt, sodass der Nutzer sich außerhalb von **Sketchfab** umfassend über die jeweilige Arbeit informieren kann. <sup>1496</sup>

#### ■ 1495

Vgl. Webseite von »Sketchfab«: <https://blog.sketchfab.com/500-cultural-institutions-joined-sketchfab/>.

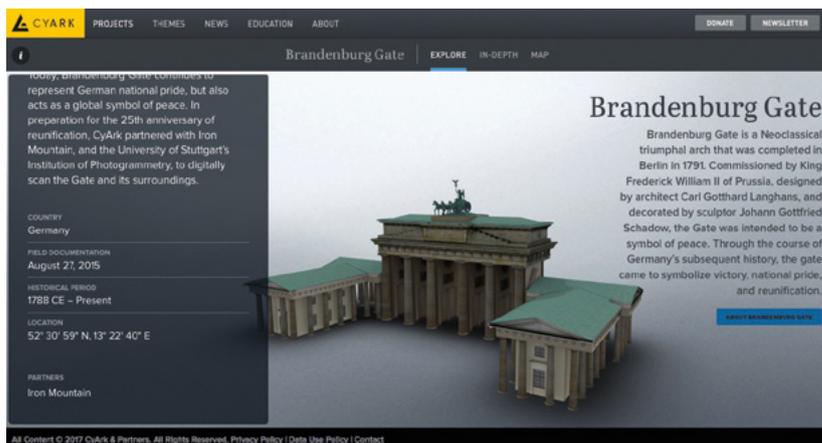
#### ■ 1496

Der Link zur Projektwebseite ist allerdings etwas versteckt hinter dem Hinweis »Learn more about the Maritime Theater here«, vgl. Präsentation des am »VWHL« realisierten 3D-Modells des Theaters im Gebäudekomplex der Hadriansvilla auf »Sketchfab«: <https://sketchfab.com/models/57b35f-396de846cfa2eb7ce0b848b1ed>.

#### ■ 1497

Zu Hintergrundinformationen zu »CyArk« vgl. deren Webseite: <http://www.cyark.org/about/>; Kapitel 1.2 (→ 023).

Mit **CyArk** existiert seit 2003 eine Online-Plattform, die (bedrohte) Kulturerbestätten und Architektur in digitaler Form dokumentiert und zugänglich macht, worauf bereits kurz eingegangen wurde. <sup>1497</sup> Hier finden sich vornehmlich 3D-Modelle, die mit Hilfe von Laserscans und Fotogrammetrie erstellt wurden. Im online frei zugänglichen Archiv können die direkt eingebundenen 3D-Modelle von den Nutzern durch Rotation und Zoomen eigenständig erkundet werden <sup>372</sup>. Eine ein- und ausblendbare Informationsleiste bietet einen Text zur Geschichte des Bauwerks, der auch über den Hintergrund für die Erstellung der 3D-Visualisierung aufklärt. Dazu finden sich Daten zum Bauwerk (Land, Datum zur Datenerhebung, Zeitraum der Errichtung, Geografische Koordinaten zum Gebäude, Partnerorganisation). Informationen zum Datensatz, zu verwendeten Programmen und zugrundeliegenden Quellen werden allerdings nicht gegeben. Für den Betrachter wäre darüber hinaus zur Verortung des Bauwerks im Stadtgefüge beispielsweise eine Karte hilfreich, allerdings befindet sich das 3D-Modell in einem abstrakt gehaltenen grauen Raum ohne jeglichen visuellen Kontext.



#### □ 372

Fotogrammetrisch erstelltes 3D-Modell des Brandenburger Tors zu Zusammenarbeit der Universität Stuttgart und »Iron Mountain«, Datenerhebung 27. August 2015, präsentiert im Online-Archiv von »CyArk«, Bildschirmfoto, Februar 2018.

Einen innovativen Ansatz für eine Online-Datenbank zu 3D-Architekturmodellen verfolgt das DFG-geförderte Projekt **PROBADO**, das seit 2006 von

## ■ 1498

Für ausführliche Informationen zum Konzept und Funktionen von »PROBADO« und »PROBADO 3D« vgl.: Webseite von »PROBADO«: <http://www.probado.de/3d.html>; Blümel et al. 2010.

## ■ 1499

Vgl. Pfarr 2010, S. 15.

einem Konsortium bestehend aus der TU Darmstadt, Universität Bonn, Technischen Universität Graz, Technischen Informationsbibliothek (TIB) in Hannover und der Bayerischen Staatsbibliothek in München erarbeitet wird. **1498** Darin werden über die übliche textuelle Erschließung hinaus neue Ansätze erforscht, die die Entwicklung von effizienten Indexierungsstrategien umfassen, die eine visuelle Suche nach 3D-Modellen via Skizziertools in 2D und 3D ermöglichen sowie die Vergabe von Digital Object Identifier (DOI) zur nachhaltigen Zitierfähigkeit der herunterladbaren Modelle bereitstellen. Mit der Datenbank **PROBADO 3D** zu 3D-Modellen von Architektur entwickelt die TIB ein Dienstleistungsangebot speziell für die Baubranche. Daher finden sich darin keine Rekonstruktionen von historischer Architektur. Jedoch bietet **PROBADO 3D** in verschiedener Hinsicht (visuelle Suchfunktion, DOI) Anknüpfungspunkte für eine mögliche zentrale Datenbank im Bereich des Kulturerbes.

Diese Übersicht an Datenbanken und Portalen, die explizit 3D-Modelle von (historischer) Architektur vorhalten, zeigt mehrere wichtige Handlungsbedarfe: Zum einen existiert noch keine zentrale Datenbank, die gezielt digitale, wissenschaftlich erstellte Architekturmodelle archiviert, mit Para- und Metadaten anreichert, präsentiert und öffentlich zugänglich macht. Zum anderen zirkuliert im Internet eine Vielzahl an digitalen Rekonstruktionen von Bauwerken, deren Erstellung weitestgehend im Unklaren bleibt, da Para- und Metadaten fehlen. Daher ist es notwendig, seriöse Plattformen – oder zumindest eine – zu schaffen, die wissenschaftliche 3D-Modelle mit verlässlichen Informationen vorhalten, denn ansonsten sind 3D-Modelle weiterhin schwer auffindbar und weit verstreut oder werden weiterhin möglicherweise falsches Wissen und vermeintliche Wahrheiten über historische Bauten verbreitet. **1499** Darüber hinaus würden seriöse Plattformen einen essentiellen Beitrag zur langfristigen Verfügbarkeit von 3D-Rekonstruktionen liefern.

### Langzeitarchivierung

Unter Langzeitarchivierung ist hier eine nachhaltige, auf Dauer angelegte Speicherung und Zugänglichhaltung von digitalen Daten zu verstehen, wie es in der 2012 publizierte Bestandsaufnahme zur **Langzeitarchivierung von Forschungsdaten** heißt:

»Im Sinne der Langzeitarchivierung (LZA) geht es also darum, einerseits Forschungsdaten – zum Teil auch als eigenständige Publikation – langfristig digital zur Verfügung zu stellen und damit verifizierbar, interpretierbar und nachnutzbar zu machen und andererseits Forschungsdaten auf der Basis von Forschungsinfrastrukturen miteinander zu vernetzen und so insbesondere die potentielle Nachnutzung auch interdisziplinär zu erhöhen.« **1500**

## ■ 1500

ÖBwald/Schaffel/Neuroth 2012, S. 15.

Wie in diesen Definitionen bereits anklingt, spielen im Kontext der Langzeitarchivierung auch folgende Aspekte eine wesentliche Rolle: Nachhaltigkeit der Datensicherung, Kompatibilität von Hard- und Software sowie mediale Zugänglichkeit. Sie alle sind eng miteinander verwoben und bedingen sich

■ 1501  
Vgl. ebd., S. 21.

■ 1502  
Denard 2009 (Die Londoner Charta),  
S. 11.

■ 1503  
Zu den in der Charta angesprochenen  
Themen der Archivierung, Konservie-  
rung und Zugänglichkeit vgl.: ebd.,  
S. 11-12.

gegenseitig. Bei dem zu archivierenden Gegenstand wird in der Literatur unterschieden zwischen digitalem kulturellem Erbe und digitalen Forschungsdaten. <sup>1501</sup> Digitale 3D-Modelle historischer Architektur changieren zwischen diesen beiden Kategorien, je nachdem in welchem Kontext sie Verwendung finden, ob als Untersuchungsgegenstand – wie es in der vorliegenden Arbeit der Fall ist – oder als Forschungswerkzeug – indem mittels 3D-Modellierung Erkenntnisse und damit auch Forschungsdaten gewonnen werden. In beiden Fällen ist eine Langzeitarchivierung essentiell.

Im Laufe der Recherchen für die vorliegende Arbeit wurde die Virulenz der Langzeitarchivierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur mehr als deutlich. Denn seit dem Beginn wissenschaftlich erstellter digitaler Modelle in den 1980er-Jahren, verstarben bereits einige Experten in diesem Gebiet, deren umfangreiches Material zu 3D-Projekten nun bestenfalls im Archiv einer Universität, in ihrem eigenen Privatarchiv oder in dem eines beteiligten Kollegen zu finden ist, teilweise aber weder auffindbar noch heute technisch kompatibel ist. Auch Dokumente und Objekte von noch lebenden Experten sind teils schwer zugänglich, da sie ebenso in deren privaten oder in institutionellen Archiven lagern, ohne weiter gepflegt zu werden. Selbst wenn elektronische Datenträger aus den 1990er-Jahren beispielsweise in Bibliotheken öffentlich zugänglich sind, können sie oftmals nicht mehr abgespielt werden, da die aktuellen Betriebssysteme der Computer die Dateien und Abspielprogramme nicht öffnen können. Hier zeigt sich ein großer Handlungsbedarf, zumal das Thema in der Fachcommunity nicht umfassend in Bezug auf Lösungsansätze diskutiert und vor allem in der Praxis noch nicht umgesetzt wird. In den für die vorliegende Arbeit geführten Interviews wurden die Experten diesbezüglich befragt. Ihre Einschätzungen und eigenen Lösungsansätze werden im Folgenden vergleichend dargelegt.

Auch in der **London Charter** findet sich das Thema Langzeitarchivierung, das unter dem **Leitsatz 5: Nachhaltigkeit** in folgender Weise eingefordert wird:

»Strategien zur Sicherung der langfristigen Zukunftsfähigkeit von kulturgutbezogenen computergestützten Visualisierungsergebnissen und Dokumentationen sollen geplant und umgesetzt werden, um Wachstumseinbußen dieses Zweigs an geistigem, sozialem, ökonomischem und kulturellem Erbe der Menschheit zu vermeiden.« <sup>1502</sup>

Ferner fordert die Charta, dass für jedes Projekt die jeweils am geeigneten erachtete Archivierungsart angewandt werden soll. <sup>1503</sup> Ziel der digitalen Bewahrung sollte sein, nicht das ursprüngliche Speichermedium, sondern die originalen Rohdaten der Visualisierung zu erhalten sowie die für ihre zukünftige Verwendung erforderlichen Informationen. Eng damit verknüpft ist auch die mediale Zugänglichkeit von digitalen Rekonstruktionen, die unter dem **Leitsatz 6: Zugang** in der **London Charter** gefordert wird:

»Die Erstellung und Verbreitung von computergestützter Visualisierung soll in einer Art und Weise geplant werden, die sicherstellt, dass maximal möglicher Gewinn für Studium, Verständnis, Interpretation, Erhaltung und Verwaltung von Kulturgut erzielt wird.« <sup>1504</sup>

■ 1504  
Ebd., S. 12.

■ 1505  
Einen Überblick zur in diesen Bereichen geführten, umfangreichen Diskussion bietet die Dissertation von dem Informatiker Jens-Martin: Loebel 2014. Einer der ersten, die das Thema der Langzeitarchivierung in Bezug auf digitale Kulturgüter zur Diskussion stellten, ist der Informatiker Jeff Rothenberg. Bereits 1995 wies er auf das Problem der Haltbarkeit von digitalen Medien hin, vgl. Rothenberg 1995; Rothenberg 1999; Loebel 2014, S. 48–50.

■ 1506  
Zum Workshop in Warwick 1998 und den daraus entstandenen Initiativen vgl.: Beagrie/Greenstein 1998, Abschnitt »Preface«. In den USA widmete sich eine gemeinsame aus 21 Experten bestehende Taskforce der »Commission on Preservation and Access« und der »Research Libraries Group« über ein Jahr hinweg dem Thema »Archiving of Digital Information«. In ihrem 1996 veröffentlichten Bericht kamen sie zu dem Schluss, dass die Bewahrung von digitalen Informationen nicht gewährleistet werden könne und neben einer technischen Lösung auch eine rechtliche erarbeitet werden müsse, vgl. Rothenberg 1999, S. iv.

■ 1507  
Beagrie/Greenstein 1998, Abschnitt »Preface«.

■ 1508  
Ebd., Abschnitt »Appendix 1. Guidelines for Digital Preservation«.

Aber auch in diesen Fragen bleibt die Charta den Experten konkrete Vorschläge zu Umsetzungsmöglichkeiten schuldig.

In den Geisteswissenschaften und in der Archäologie ist im Kontext der 3D-Rekonstruktion von historischer Architektur die Diskussion um und die Auseinandersetzung mit der Langzeitarchivierung von digitalen Forschungsdaten sowie digitalen Modellen bislang nur ein Randbereich. Dies wird daran ersichtlich, dass eine Strategie zur Langzeitarchivierung im Konzept sämtlicher 3D-Projekte nicht inbegriffen ist, was sich in den Einzelanalysen in der vorliegenden Arbeit deutlich herausstellte. Hingegen nimmt in der Informatik und im Kontext von Computerspielen – seien es Computerspielemuseen, die Spielcommunity oder die Games-Forschung – das Erarbeiten von Lösungsstrategien einen zentralen Platz ein. <sup>1505</sup> Für Bibliotheken wurde die Thematik in den 1990er-Jahren virulent, da mehr und mehr digitale Daten in ihre Sammlungen eingingen und bewahrt werden mussten. So fand im November 1995 an der University of Warwick ein Workshop zum Thema **Long Term Preservation of Electronic Materials** statt. <sup>1506</sup> Daraufhin wurde eine von der **Digital Archiving Working Group** geleitete Initiative gestartet und durch das **Joint Information Systems Committee (JISC)** gefördert. Mitglieder der Arbeitsgruppe waren die British Library, Research Libraries Group, Publishers' Association und das National Preservation Office. Im Rahmen der Initiative wurde eine Studie zur Langzeitarchivierung durchgeführt. Erarbeitet hatten sie Neil Beagrie und Daniel Greenstein, die am **Arts and Humanities Data Service (AHDS)** tätig waren, dessen Ziel darin besteht »on behalf of the UK Higher Education community to collect, manage, preserve, and promote the re-use of scholarly digital resources.« <sup>1507</sup> Die beiden Experten Beagrie und Greenstein identifizierten in ihrer Studie folgende mögliche Strategien zur Langzeitarchivierung:

- » → Migration (data are stored in software-independent format and migrated through changing technical regimes)
- Technology preservation (data are preserved along with the hardware and/or software on which they depend)
- Emulation (the look, feel, and behaviour of a data resource is emulated on successive hardware/software generations)« <sup>1508</sup>

Es handelt sich dabei um drei grundlegend verschiedene Strategien mit unterschiedlich hohem Kosten- und Zeitaufwand, die bis heute Aktualität

besitzen. Auch für 3D-Projekte zeigen sich hier mögliche Lösungsansätze, digitale Daten, Datenträger, Soft- und Hardware zu bewahren und nachhaltig nutzbar und zugänglich zu halten. Allerdings erweisen sich nicht alle drei Vorschläge gleichermaßen als für wissenschaftliche 3D-Projekte geeignet. So kann in deren Rahmen eine vollständige Bewahrung von Hard- und Software kaum vollzogen werden, da dies eine langfristige Lagerung und Wartung der Geräte miteinschließen würde. Diese Aufgabe fällt in den Arbeitsbereich von Museen, wie Andreas Lange, Direktor des Computerspielmuseums in Berlin, im Interview erläutert. **1509** So werden an seinem Haus neben Computerspielen und deren Datenträgern auch Computer sowie weitere zugehörige Hardware in die Sammlung aufgenommen.

Explizit auf die Belange von VR-Projekten ausgerichtet ist der 2002 publizierte **AHDS Guides to Good Practice. Creating and Using Virtual Reality: a Guide for the Arts and Humanities**, der wichtige Voraussetzungen und praktische Hinweise für deren Langzeitarchivierung nennt. **1510** So erläutern die Autoren Vor- und Nachteile sowie Voraussetzungen für die drei von Beagrie und Greenstein 1998 identifizierten Strategien. In Bezug auf die Datenmigration weisen sie beispielsweise darauf hin, dass neben standardisierten Datenformaten eine Dokumentation der Datenstruktur in VR-Projekten wesentlich ist, um eine verlustfreie Übertragung zu gewährleisten. **1511**

Hier ist eine aktive Kuratierung (»actively curated« **1512**) – wie es Paul Reilly im Interview ausdrückte – der digitalen Daten notwendig. Diese umfasst folgende Ebenen:

- Dokumentation des Erstellungsprozesses einer 3D-Rekonstruktion (zur inhaltlichen Nachvollziehbarkeit)
- Kompatibilität (zur technischen Anschlussfähigkeit)
- Nachhaltige Datensicherung (zu Verbesserungen und Nachnutzung der Inhalte)
- Zentrale Langzeitarchivierung (zur öffentlichen, medialen Zugänglichkeit)

Auch Lange hält die beiden Strategien Migration und Emulation für sinnvoll, wobei erstere relativ aufwendig ist und bei komplexen digitalen Dateien nur bedingt automatisiert durchgeführt werden kann. **1513** Jedoch ist dies ein probates Mittel, um zumindest institutionsintern die Daten zu einem Projekt zukünftig nutzen zu können. So berichtet Bob Martens im Interview, dass die Daten zu seinen 3D-Projekten an der TU Wien in verschiedenen Formaten und auf unterschiedlichen Medien gespeichert werden. **1514** Auch setzt er bezüglich des Datenaustauschs auf die im Bauwesen Verwendung findende IFC-Schnittstelle in CAD-Programmen, auf deren Funktion in **Kapitel 5.4 (→ 403)** bereits eingegangen wurde. Standardisierte Dateiformate sind dabei eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Migration. **1515**

3D-Datensätze sind durchaus als wertvolle Objekte zu erachten, da viel Zeit und Aufwand in ihre Erstellung investiert wurde und somit laut Marc Grellert als »Kapital« **1516** angesehen werden können. Allein aus eigenem Interesse heraus, ist es insofern für die verantwortlichen Experten wichtig, diese Daten zu bewahren und für mögliche eigene Anschlussprojekte oder darüber hinaus vorzuhalten. Jedoch weist der Architekt darauf hin, dass es stark auf die verwal-

#### ■ 1509

Zum Sammlungsgegenstand des Computerspielmuseums in Berlin vgl.: **Appendix 2.9 (→ 695)**, Interview mit Andreas Lange, **Frage 1**.

#### ■ 1510

Vgl. Fernie/Richards 2002.

#### ■ 1511

Ebd.

#### ■ 1512

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

#### ■ 1513

Vgl. ebd., **Frage 2**.

#### ■ 1514

Martens erläutert seine Strategie zur Langzeitarchivierung im Interview: **Appendix 2.7 (→ 683)**, Interview mit Bob Martens, **Frage 12** und **Frage 17**.

#### ■ 1515

Vgl. Fernie/Richards 2002, Abschnitt »6: Archiving Virtual Reality Projects«.

#### ■ 1516

**Appendix 2.6 (→ 675)**, Interview mit Marc Grellert, **Frage 12**. Zu Grellerts Einschätzung der aktuellen Situation der Langzeitarchivierung im Bereich der digitalen Rekonstruktion vgl. ebd.

## ■ 1517

Vgl. **Appendix 2.4** (→ 663), Interview mit Richard Beacham, **Frage 11**.

## ■ 1518

Vgl. **Appendix 2.9** (→ 695), Interview mit Andreas Lange, **Frage 2 bis 4**.

## ■ 1519

Zur Entwicklung von Emulatoren in der Retro-Gaming-Community vgl.: Lange 2009.

## ■ 1520

Zu den Zielen, Inhalten und Ergebnissen von Loebels Forschungsarbeit vgl.: Loebel 2014, insbes. S. 5–7, S. 15–17, S. 21–22, S. 99–102, S. 135–144 u. S. 166–170.

## ■ 1521

Ebd., S. 168.

## ■ 1522

Vgl. **Appendix 2.6** (→ 675), Interview mit Marc Grellert, **Frage 11**.

## ■ 1523

Vgl. Loebel 2014, S. 141–143.

## ■ 1524

Zu Besonderheiten von »KEEP« vgl.: Lange 2009, S. 56.

tende Institution ankommt, ob und wie die 3D-Datensätze und zugehöriges Material archiviert werden. Beispielsweise wurden laut Richard Beacham alle Daten, die er im Laufe seiner Tätigkeit am King's College London generierte, nach seiner Emeritierung 2011 auf Servern gespeichert. **1517** In seinem Fall kommt hinzu, dass die von ihm durchgeführten Projekte weitgehend mit öffentlichen Geldern finanziert wurden und somit nicht verloren gehen sollten. Einen öffentlichen Zugang zu den Daten auf den Servern gibt es allerdings nicht.

Aufgrund des großen Aufwands der Datenmigration hat sich Andreas Lange der Emulation verschrieben, mit der veraltete Hard- und Software virtuell simuliert werden kann. **1518** So können Dateien und Programme sozusagen in ihrer ursprünglichen Umgebung wieder verwendet werden, ohne dass die alte Hardware erforderlich ist. Zudem werden Emulatoren in der Computerspielcommunity vielfach entwickelt und sind teils online frei zugänglich. **1519**

Der Informatiker Jens-Martin Loebel kommt in seiner 2014 veröffentlichten Dissertation **Lost in Translation. Leistungsfähigkeit, Einsatz und Grenzen von Emulatoren bei der Langzeitbewahrung digitaler multimedialer Objekte am Beispiel von Computerspielen** im Kern zu einem ähnlichen Schluss wie Lange. **1520** Jedoch räumt er anhand seiner grundlegenden Analyse von damals 41 zur Diskussion stehenden Emulatoren und Emulationsstrategien ein, dass es »eine faktische Bewahrungsgrenze aufgrund technischer und ökonomischer Machbarkeit« **1521** insbesondere im Kontext komplexer digitaler Artefakte wie Computerspielen gebe. Seiner Studie zufolge verwenden Gedächtnisinstitutionen aus Kostengründen und aufgrund fehlenden Personals weitgehend in der Retro-Gaming-Community programmierte Emulatoren, die im Internet frei verfügbar sind. Nachhaltiger wäre es hingegen bei der Auswahl von Emulatoren auf deren Funktionsumfang und Genauigkeit Wert zu legen, anstatt sich nur an den entstehenden Kosten und der Verfügbarkeit zu orientieren. In Bezug auf 3D-Projekte fordert Marc Grellert daher ganz konkret, Gelder für eine Langzeitarchivierung bereitzustellen. **1522** Die bisherige Handhabung führt laut Loebel zu einer Abhängigkeit von der Retro-Gaming-Community – deren Fortbestand nicht gesichert ist – und daher langfristig aufgelöst werden sollte. Denn die Entscheidungsgewalt über Bedingungen und Voraussetzungen für eine Langzeitarchivierung digitaler Artefakte sollte bei den Kulturinstitutionen selbst liegen. Zwar gab es mit dem an der Koninklijke Bibliotheek van Nederland in Den Haag entwickelten und 2007 veröffentlichten Emulator Dioskuri eine Initiative aus der Forschung, die sich dem Thema der Langzeitarchivierung explizit aus der Perspektive der Kulturinstitutionen widmete, jedoch blieb dieser in seiner Leistungsfähigkeit weit hinter den in der Retro-Gaming-Community realisierten zurück. **1523**

Diesem Defizit entgegen wirkte das EU-geförderte Forschungsprojekt **KEEP (Keeping Emulation Environments Portable)**, das von 2009 bis 2012 vom Computerspielmuseum Berlin – vertreten durch den Förderverein für Jugend und Sozialarbeit e.V. – in Kooperation mit der University of Portsmouth, der Bibliothèque nationale de France sowie Vertretern aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie und Spieleindustrie durchgeführt wurde. So war eine Besonderheit des Projekts, dass die Retro-Gaming-Community direkt in den Entwicklungsprozess eingebunden wurde, und damit eine nachhaltige Nutzung ihrer Expertise gesichert werden konnte, wie Andreas Lange betonte. **1524** KEEP hatte zum Ziel ein sogenanntes **Emulation Framework** zu

## ■ 1525

Hintergrundinformationen zu »KEEP« sind zu finden in: Loebel 2014, S. 52–54; Lange 2009, S. 55–57; Webseite des Computerspielmuseums Berlin: [https://www.computerspielmuseum.de/1219\\_Ueber\\_uns.htm](https://www.computerspielmuseum.de/1219_Ueber_uns.htm); Webportal »Cordis« der EU-Kommission: [https://cordis.europa.eu/project/rcn/89496\\_en.html](https://cordis.europa.eu/project/rcn/89496_en.html). Die ursprüngliche Webseite zum Projekt »KEEP« mit der URL »<http://www.keep-project.eu/>« ist heute nicht mehr verfügbar. Bei Eingabe der Adresse erfolgt zudem keine Verlinkung auf die heute zugängliche Webseite von »KEEP«. Im Hinblick auf das Projektthema ist dies sehr befremdlich, zumal in der Literatur ausschließlich auf die ursprüngliche URL verwiesen wird.

## ■ 1526

Zur Funktion und Besonderheiten von KEEP vgl.: Lange 2009, S. 56.

## ■ 1527

KEEP 2012, S. 2.

## ■ 1528

Vgl. Webseite zu »KEEP. Emulation Framework«: <http://emuframework.sourceforge.net/about.html>.

## ■ 1529

Vgl. [Appendix 2.1](#) (→ 641), Interview mit Andy Walter, [Frage 7](#).

## ■ 1530

Reilly/Todd/Walter 2016, S. 38.

## ■ 1531

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

## ■ 1532

Zu den Konvertierungsarbeiten von Reilly und seinen Kollegen vgl.: Reilly/Todd/Walter 2016, S. 35 u. S. 37.

## ■ 1533

»OpenSCAD« ist eine frei verfügbare Software zum Modellieren von 3D-Modellen anhand von Textdateien, die das zu modellierende Objekt beschreiben. Vgl. Webseite zu »OpenSCAD«: <http://www.openscad.org/about.html>. Bei »WebGL« handelt es sich um eine plattformübergreifende Programmierschnittstelle, die es ermöglicht 3D-Inhalte auf einer Webseite zu implementieren, vgl. Webseite zu »WebGL«: [https://www.khronos.org/webgl/wiki/Getting\\_Started](https://www.khronos.org/webgl/wiki/Getting_Started).

entwickeln. <sup>1525</sup> Hiermit wurde zwar kein neuer Emulator, jedoch eine Schnittstelle geschaffen, von der aus beliebige Emulatoren gestartet werden können. <sup>1526</sup> Dies stellte laut Lange hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit eine große Verbesserung dar:

»The Emulation Framework allows you to render digital files and computer programmes in their native environment. This offers you the potential to view these files in their intended »look and feel«, independent from current state of the art computer systems. The spectrum of potential computer platforms and applications that can be supported is practically unlimited.« <sup>1527</sup>

Das in KEEP entwickelte Framework kann bis heute über die zugehörige Webseite frei heruntergeladen und damit in den Arbeitsablauf von Kulturinstitutionen integriert werden. <sup>1528</sup>

Zum Thema der Langzeitarchivierung zeigten sich im Rahmen der mit Experten geführten Interviews teils konträre Meinungen. So nimmt der Ingenieur und Softwareentwickler Andy Walter beispielsweise eine zwiegespaltene Haltung ein. Er gibt zu bedenken, dass Archäologen 3D-Modelle aufgrund der Interpretationsarbeit, auf der sie basieren, nicht als Originale erachten würden. <sup>1529</sup> Allerdings sieht er das Potential die sozusagen alten Rekonstruktionen aufgrund neuer Forschungserkenntnisse zukünftig verbessern zu können, was eine langfristige Sicherung rechtfertigen würde.

Sein ehemaliger Kollege am IBM UKSC, Paul Reilly, beschreibt in anschaulicher Weise die Folgen der beständigen Weiterentwicklung der Technologien ohne Anschlussfähigkeit zu früheren Standards: »The remorseless march of progress with its inbuilt, self-fulfilling processes of obsolescence continues to deposit many more digital artefacts in deep and complex digital strata [...], containing the traces of innumerable technological extinctions.« <sup>1530</sup> Auf diese Weise werden 3D-Modelle, bei denen es sich in Reillys Worten um »transient things unless actively curated« <sup>1531</sup> handelt, sukzessive verschwinden. Er spricht hier aus Erfahrung, denn 2015 konvertierten er und seine Kollegen Stephen Todd und Andy Walter Dateien von digitalen Rekonstruktionen von Old Minster, die Mitte der 1980er-Jahre erstellt worden waren, in aktuelle Dateiformate. <sup>1532</sup> Beispielsweise wandelten sie die Dateien der alten 3D-Modelle in OpenSCAD-Dateien um und veröffentlichten eine WebGL-Anwendung im Internet sowie in der online-Zeitschrift DAACH. <sup>1533</sup> So konnten die inzwischen historischen Filmstills, Animationen und CAD-Modelle gut 30 Jahre nach ihrer Erstellung wieder zugänglich gemacht werden. Da hier Experten, wie Andy Walter, der unmittelbar an der 3D-Modellierung in den 1980er-Jahren beteiligt war, noch greifbar waren, konnte sozusagen eine archäologische Kampagne zu den alten digitalen Modellen unternommen werden. Andernfalls hätte hier möglicherweise nur eine Emulation den Zugang zu den alten Daten gewährt.

In den vergangenen Jahren wurden auf nationaler Ebene in unterschiedlichen Initiativen Ansätze entwickelt, die sich der grundsätzlichen Langzeitarchivierung von digitalen (Forschungs-)Daten widmen.

In Deutschland findet sich mit *nestor* eine Initiative, die bis heute ein zentrales Netzwerk zum Thema Langzeitarchivierung darstellt. Begonnen hatte es 2003 als vom BMBF bis 2009 gefördertes Projekt *nestor – Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung* mit dem übergeordneten Ziel der Langzeitarchivierung und -zugänglichkeit zu digitalen Daten. <sup>1534</sup> Am Anfang stand zunächst die Sensibilisierung für die dringliche und problematische Thematik sowie der Aufbau eines breiten Netzwerks an Institutionen unterschiedlicher Sparten im Fokus der Initiative. Darüber hinaus waren im weiteren Projektverlauf Standardisierungen im Bereich der Langzeitarchivierung sowie Angebote zur Aus- und Weiterbildung virulent.

Nach Ende der Förderzeit führten die beteiligten Einrichtungen aus dem Bibliothekswesen (Deutsche Nationalbibliothek, Bayerische Staatsbibliothek und andere), Hochschulbereich (Fernuniversität Hagen) und weiteren Bereichen (Bundesarchiv, Institut für Museumsforschung) *nestor* eigenständig weiter. In dessen Rahmen entstanden zudem Open Access-Publikationen, die einen Überblick über Metadatenstandards, digitale Erhaltungsstrategien, Zugänglichkeit, technischen Workflow sowie über Forschungsprojekte in Deutschland innerhalb bestimmter Fachdisziplinen bieten. <sup>1535</sup>

Bis heute ist *nestor* im Bereich der Langzeitarchivierung zentraler Ansprechpartner für Institutionen unterschiedlicher Kontexte und vergibt das *nestor*-Siegel für vertrauenswürdige digitale Langzeitarchive. <sup>1536</sup> In einschlägigen Publikationen zu 3D-Projekten wird *nestor* und deren Ergebnisse jedoch kaum genannt, wie sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit bei der Literaturrecherche zeigte. Hier besteht demnach Handlungsbedarf, diese Initiative in der 3D-Community bekannt zu machen.

In den USA hat sich das *Digital Preservation Network (DPN)* die Langzeitarchivierung digitaler Daten von US-Institutionen (im akademischen Bereich sowie Stiftungen, Archive, staatliche und bundestaatliche Behörden, Unternehmen) zum Ziel gesetzt. <sup>1537</sup> Mitgliedern wird zugesichert, dass ihre eingespeisten Daten auch in eine ferne Zukunft hinein sicher gespeichert bleiben. Der Arbeitsprozess für die Sicherung der Daten erfolgt dabei laut *DPN* in folgenden Schritten:

»(1) Content is deposited into the system via an Ingest Node; (2) Content is replicated to at least two other Replicating Nodes and stored in varied repository infrastructures; (3) Content is checked via bit auditing and repair services to ensure the content remains the same over time; (4) destroyed or corrupted content is restored by DPN; (5) as Nodes enter and leave DPN, preserved content is redistributed to maintain the continuity of preservation services into the far-future.« <sup>1538</sup>

#### ■ 1534

Informationen zur Entwicklung, Zielen und beteiligten Institutionen des Projekts sind zu finden auf der Webseite zu »*nestor*«: <http://www.langzeitarchivierung.de/>; Schumann 2008. Im Jahr 2010 wurde in Kooperation von »*nestor*« und der Gesellschaft für Informatik (GI) eine bis heute aktive Arbeitsgruppe zum Thema Emulation gegründet (heute: Fachgruppe Langzeitarchivierung), die »einen Knotenpunkt für die Verbreitung, Erforschung und Vermittlung von praktischen Erfahrungen zu diesem Thema« bildet. Zit. aus Webauftritt der Fachgruppe Langzeitarchivierung auf der Webseite der GI: <https://fg-emulation.gi.de/ueber-uns/>.

#### ■ 1535

Die Publikationen sind über die folgende Webseite von »*nestor*« zugänglich: <http://www.nestor.sub.uni-goettingen.de/education/index.php>.

#### ■ 1536

Informationen zum »*nestor*«-Siegel sind zu finden auf der zugehörigen Webseite: [https://www.langzeitarchivierung.de/Webs/nestor/DE/Zertifizierung/zertifizierung\\_node.html](https://www.langzeitarchivierung.de/Webs/nestor/DE/Zertifizierung/zertifizierung_node.html).

#### ■ 1537

Während Drucklegung dieser Arbeit hat sich das »*DPN*« im Dezember 2018 aufgelöst. Vgl. dazu: Molinaro 2019; Pressemitteilung vom 05.12.2018, unter: <https://duraspace.org/the-digital-preservation-network-dpn-to-cess-operations/> (zuletzt besucht am 02.08.2019). Informationen zu Zielen, Organisation, strukturellem Aufbau und Funktionen des »*DPN*« waren bis Dezember 2018 zugänglich auf dessen Webseite: <http://dpn.org>.

#### ■ 1538

Webseite des »*DPN*«, archiviert in der »Wayback Machine« des »Internet Archive«: <https://web.archive.org/web/20181029074519/http://dpn.org/about> (Version vom 29.10.2018).

Demnach wird beispielsweise eine aktive Kuratierung der gespeicherten Daten geleistet, wie es auch für 3D-Projekte essentiell wäre. Geführt wird das Netzwerk von einem Direktorium bestehend aus Universitätspräsidenten, Richtern, Informationsmanagern, Bibliothekaren und Branchenführern. Dadurch, dass es aus Mitgliedern der Zielgruppen besteht, kann gewährleistet werden, deren Anforderungen und Bedarfe einzubeziehen. Dies ist essentieller Kern für eine erfolgreiche Langzeitarchivierung.

Exemplarisch kann darauf verwiesen werden, dass im Rahmen der 2016 begonnenen wissenschaftlichen Kooperation zwischen den Uffizien in Florenz, und der Indiana University in Bloomington, Indiana, USA, zur Digitalisierung der Sammlung antiker Skulpturen des italienischen Museums geplant ist, den Dienst des DPN in Anspruch zu nehmen. <sup>1539</sup> So sollen die generierten Daten nicht nur von den Uffizien und der Indiana University vorgehalten, sondern auch als Sicherungskopie von dem DPN verwaltet werden.

Im Vereinigten Königreich bietet der bereits 1996 eingerichtete **Archaeology Data Service (ADS)** die Möglichkeit zur Langzeitarchivierung von digitalen Daten im Bereich »Archaeology and the Historic Environment« <sup>1540</sup>. Durch die spezifische Ausrichtung auf eine bestimmte Fachdisziplin kann auf deren Bedürfnisse genau eingegangen werden. Vor der Archivierung werden die von den Forschern vorgelegten Daten wie CAD-, VR- oder GIS-Dateien, Fotografien, Vermessungsdaten und Texte mittels Peer Review-Verfahren nach folgenden Kriterien evaluiert:

- » → Assess their intellectual content and the level of potential interest in their re-use.
- Evaluate how (even whether) they may viably be managed, preserved, and distributed to potential secondary users.
- Determine the presence or absence of another suitable archival home.« <sup>1541</sup>

Damit wird eine nachhaltige Nutzung des Archivierungsservices angestrebt, wodurch aber prinzipiell die Gefahr einer Gewichtung in jedweder Richtung (thematisch, methodisch, regional) besteht.

Nach diesen grundlegenden Initiativen zur Langzeitarchivierung digitaler Daten seien nun zwei Projekte kurz vorgestellt, die explizit auf digitale 3D-Modelle von historischen Artefakten ausgerichtet waren.

Bernard Frischer konzipierte das Projekt **SAVE (Serving and Archiving Virtual Environments)**, dem 2006 eine Förderung durch die National Science Foundation zugesprochen wurde. <sup>1542</sup> Der Archäologe beschrieb dessen Ziele und Potentiale folgendermaßen:

»The purpose of SAVE™ is to provide the framework for creating, archiving, and distributing online such real-time, scientific 3D cultural heritage models. I like to imagine the user interface of SAVE™ as an adaptation of Google Earth or

#### ■ 1539

Vgl. Povoledo 2016.

#### ■ 1540

Webseite des »ADS«: <http://archaeologydataservice.ac.uk/advice/DepositingData.xhtml>. Zu Hintergrundinformationen zum »ADS« vgl. zudem folgende Unterseite: <http://archaeologydataservice.ac.uk/about.xhtml>.

#### ■ 1541

Webseite des »ADS«: <http://archaeologydataservice.ac.uk/advice/DepositingData.xhtml>.

#### ■ 1542

Informationen zu Konzept, Zielen und Aufgaben von »SAVE« unter: <http://vwhl.clas.virginia.edu/save.html>; Frischer 2006, S. 172-173.

of NASA's World Wind model of the planet textured by satellite photographs. SAVE™ would add a time-bar to the representation of the earth so that instead of simply flying down onto a particular spot of the planet, as you can do today, the user could choose a certain date and see reds dots scattered around the earth indicating places where there are 3D reconstructions available for that place and time.« 1543

## ■ 1543

Frischer 2006, S. 172.

## ■ 1544

Vgl. [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 10](#). Heute wird die Zeitschrift »DAACH« von Sofia Pescarin geleitet, vgl. Webseite von »DAACH«: <https://www.journals.elsevier.com/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage>. Zur Veröffentlichung von 3D-Modellen in Artikeln in »DAACH« vgl. Ausführungen in [Kapitel 3.2](#) (→ 091) im Zusammenhang mit dem Artikel Reilly/Tood/Walter 2016 zur digitalen Rekonstruktion von Old Minster.

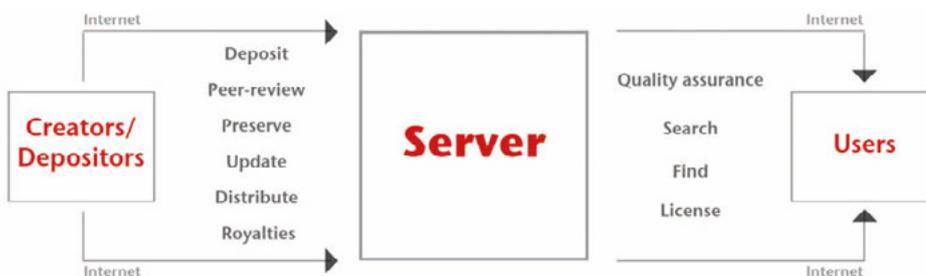
## ■ 1545

»Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. Author information pack«, online abrufbar unter: <https://www.elsevier.com/journals/digital-applications-in-archaeology-and-cultural-heritage/2212-0548?generatepdf=true>.

Darüber hinaus sollte **SAVE** folgende Aufgaben in Bezug auf das gesamte, globale, digitale Kulturerbe umfassen: Zugänglichkeit, Kompatibilität und Übertragbarkeit (zum Herunterladen und Weiterverwenden digitaler Modelle); Lizenzierung von 3D-Modellen für kommerzielle, didaktische, museale Verwendungskontexte; zentrale Stelle für Standards und Best Practice; digitales Repositorium; Wartung der Software, auf der die archivierten 3D-Modelle basieren; Peer Review-Verfahren für digitale Modelle; Zulassen von Aktualisierungen der 3D-Modelle aufgrund neuer Forschungserkenntnisse; Ermöglichung virtueller Zeitreisen. Im Ganzen ergeben diese Komponenten das Bild einer idealen Vision, die in dieser Form bislang nicht umgesetzt wurde. Womöglich war eben dieser ganzheitliche Anspruch der Grund dafür.

Auf der noch heute zugänglichen Webseite, die das Konzept von **SAVE** erläutert, finden sich weit weniger umfangreiche Ziele. So wird das Projekt hier als erste online Peer Review-Zeitschrift angekündigt, in der wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle von Kulturerbe veröffentlicht werden können 373. Letztendlich entstand in Folge dieser Initiative und auf Empfehlung der National Science Foundation die Peer Review-Zeitschrift **Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage (DAACH)** im Verlag Elsevier, die Frischer von Anfang 2014 bis Oktober 2016 als Chefredakteur leitete. 1544 Bis heute bietet sie Forschern die Möglichkeit auch 3D-Modelle in Beiträge einzubinden unter Einhaltung bestimmter Vorgaben:

»DAACH will provide full peer-review for all 3D models, not just the text, 2D renderings or video fly-throughs, and requires all models to be accompanied by metadata, documentation, and a related article, explaining the history of the subject and its state of preservation, as well as an account of the modeling project itself.« 1545



□ 373

Diagramm zur Funktionsweise des von Bernard Frischer konzipierten Projekts »SAVE«, um 2006.

Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass das jeweilige 3D-Modell in seiner inhaltlichen Komplexität dokumentiert vorgehalten wird und damit nachhaltig nutzbar ist. Einzig die Tatsache, dass die Zeitschrift nicht Open Access publiziert wird, schmälert ihren Anspruch an das Zurverfügungstellen von wissenschaftlichen 3D-Projekten. Aus diesem Grund verließ Frischer DAACH und gründete daraufhin die frei zugängliche, Peer Review-Zeitschrift **Studies in Digital Heritage** über den Verlag der Indiana University. <sup>1546</sup> Sie bietet ebenso die Möglichkeit 3D-Modelle in Artikel einzubinden und verwendet hierfür **Sketchfab**.

■ 1546

Zu Inhalt, Ausrichtung und Gründung der Zeitschrift »Studies in Digital Heritage« vgl.: [Appendix 2.5](#) (→ 669), Interview mit Bernard Frischer, [Frage 10](#); Webseite von »Studies in Digital Heritage«: <https://scholarworks.iu.edu/journals/index.php/sdh>.

■ 1547

Informationen zu Zielen, Inhalt und Durchführung von »POCOS« sind zu finden in: Delve et al. 2012; [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 11](#); Webseite zum Projekt »POCOS«: <http://www.cdpa.co.uk/POCOS/>.

■ 1548

Vgl. [Appendix 2.4](#) (→ 663), Interview mit Richard Beacham, [Frage 11](#); Webseite zum Projekt »POCOS«: <http://www.cdpa.co.uk/POCOS/visualisations.php>.

■ 1549

Zu den beim Symposium und im e-Book präsentierten Themen vgl.: Delve et al. 2012.

■ 1550

Vgl. Webseite zum Projekt »POCOS«: <http://www.cdpa.co.uk/POCOS/symposia.php>.

■ 1551

Pletinckx 2012.

Ein weiteres ambitioniertes Projekt stellte **POCOS (The Preservation of Complex Objects)** dar, das von 2009 bis 2011 durch das **JISC Information Environment Programme** gefördert wurde. <sup>1547</sup> Ziel dieser Initiative war es in drei Symposien zum Thema Erhaltung von komplexen digitalen Objekten, Experten unterschiedlicher Fachbereiche zusammen zu bringen. Das erste fand im Juni 2011 zum Thema Visualisierungen und Simulationen am **King's Visualisation Lab** des King's College London statt. <sup>1548</sup> Das 2012 veröffentlichte e-Book wartet mit einem Überblick zum State of the Art aktueller Ansätze zur Bewahrung digitaler Artefakte auf, der über die am Symposium präsentierten Beiträge hinausgeht. <sup>1549</sup> Vorgestellt werden beispielsweise die Verwendung des **Archaeology Data Service** und Ergebnisse aus dem Projekt **KEEP**. Emulation wurde hier als zentrale Langzeitarchivierungsstrategie identifiziert. Auch das Thema der Informationssicherheit im Kontext der digitalen Archivierung wurde angesprochen. Die beiden weiteren Symposien widmeten sich Digitaler Kunst (Oktober 2011) sowie Computerspielen und virtuellen Welten (Januar 2012). <sup>1550</sup>

Wichtige Impulse lieferte vor allem Daniel Pletinckx, der in seinem Beitrag folgende sechs Handlungsfelder identifizierte:

- » → Lack of methodology to document and exchange 3D CH [Cultural Heritage, Anm. d. A.] objects
- Lack of communication methodology
- Lack of stimuli to document and preserve
- Lack of long term storage and digital preservation strategies
- Lack of business models for reuse and exchange
- Lack of updating methodology« <sup>1551</sup>

Als zentral erachtet er generell einen Konsens innerhalb der Community, sich auf bestimmte Methoden und Strategien zu verständigen und sie auch praktisch umzusetzen. Hierfür ist seiner Meinung nach eine multidisziplinäre und internationale Kollaboration notwendig, um sich auszutauschen und zusammenzuarbeiten. Insbesondere die Bereiche der Dokumentation und Archivierung eines 3D-Projekts im Hinblick auf deren Kosten müssten laut Pletinckx zukünftig in Angriff genommen werden. Auch sollten diese Themen in die Curricula an Hochschulen aufgenommen werden, um Studierende dafür zu sensibilisieren. Die **London Charter** erachtet Pletinckx als ideale Grundlage, um darauf aufbauend nun praktische Umsetzungsstrategien zu entwickeln:

»And why not look into expanding the London Charter with clear guidance on these processes, based upon a wide consensus in the cultural heritage domain, so that it can acquire the status of a real Charter that governs documentation, communication and preservation of digital cultural heritage objects?« 1552

■ 1552  
Ebd., S. 109.

■ 1553  
Auf nationaler Ebene können hierzu beispielsweise genannt werden:  
Fachgruppe Langzeitarchivierung der Gesellschaft für Informatik, vgl. <https://fb-iug.gi.de/informatik-und-gesellschaft-iug/fg-langzeitarchivierung.html>; »nestor – Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung«, vgl. <https://www.langzeitarchivierung.de/>;  
Computerspielmuseum Berlin, vgl. [http://www.computerspielmuseum.de/1219\\_Ueber\\_uns.htm](http://www.computerspielmuseum.de/1219_Ueber_uns.htm).

Die Forderungen und Vorschläge des Ingenieurs haben heute nach wie vor Gültigkeit und zeigen damit den akuten Handlungsbedarf den Status Quo zu ändern.

Eine kurzfristig angesetzte Lösung kann durchaus eine Datenmigration bieten, jedoch wird dies umso schwieriger, je komplexer die Daten werden. Zudem muss dieser Vorgang regelmäßig durchgeführt werden, um einen effektiven Nutzen zu generieren. Langfristig sollten diejenigen, die 3D-Rekonstruktionen durchführen, Emulation zur Langzeitarchivierung und Wahrung der Zugänglichkeit einsetzen. Zwar ist auch damit ein technischer Aufwand verbunden, wie in diesem Abschnitt deutlich wurde, jedoch existieren inzwischen zahlreiche Anlaufstellen, die Wissenschaftler zu dem Thema der Emulation beraten und unterstützen können. 1553 Letztendlich sollte hier auch die Seite der Auftrag- und Fördergeber aktiv werden, und Strategien für die Langzeitarchivierung von 3D-Projekten von Beginn an einplanen. Nur in einer gemeinsamen Anstrengung kann diese immense Aufgabe gelingen und nachhaltig wirksam sein.



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

## 6.3 Kölner Dom (Lengyel Toulouse Architekten, 2009–2010)

Das 2009 bis 2010 realisierte Projekt **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** stellt ein Beispiel für die innovative Arbeit der Berliner Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse auf dem Gebiet der Hypothesendarstellung in digitalen Rekonstruktionen dar. Allerdings sprechen sie selbst nicht von Rekonstruktionen, sondern von der Visualisierung von wissenschaftlich fundierten Hypothesen. Hierfür entwickelten sie ein spezielles Konzept, um Fehlstellen beziehungsweise Unsicherheiten zur Quellenlage in wissenschaftlichen 3D-Modellen zu kennzeichnen. Im Rahmen der computer-technischen Visualisierung des Kölner Doms befassten sie sich erstmals mit einem mittelalterlichen Bauwerk, dessen Baugeschichte in einer Filminstallation für die Kirchenbesucher aufgezeigt wird.

### Baugeschichte und wissenschaftshistorischer Vorlauf

Die Baugeschichte des Kölner Doms umfasst einen sehr langen Zeitraum, bezieht man auch seine Vorgängerbauten des 5. bis 12. Jahrhunderts mit ein, wie es in dem 3D-Projekt von Lengyel und Toulouse der Fall ist. Da die Erkenntnisse zur Baugeschichte unmittelbar auf den im 20. Jahrhundert erfolgten Ausgrabungen gründen, werden sie hier kurz vorgestellt.

Die archäologische Erforschung des Kölner Doms begann kurz nach Ende des Zweiten Weltkriegs unter der Leitung des Archäologen Otto Doppelfeld. **1554** Zwischen dem Beginn der Arbeiten im Jahr 1946 und der Weihe des Doms 1948 erfolgten im gesamten Inneren Grabungen, ab 1956 ausschließlich in Stollen unterhalb des Fußbodens. Unter verschiedenen Grabungsleitern wurden die Arbeiten bis 1997 fortgeführt, wobei noch 2001 und 2011/2012 Nachuntersuchungen vorgenommen wurden. **1555**

Anhand dieser langjährigen Forschung konnten neue Erkenntnisse zur Baugeschichte gewonnen werden, die auch in visueller Form vielfach publiziert wurden. Der von Doppelfeld und dem späteren Dombaumeister Willy Weyres 1980 herausgegebene Band **Die Ausgrabungen im Dom zu Köln** stellt diese beispielsweise umfassend dar. **1556** Eine Diskussion dieser Forschung wurde später im Rahmen eines Kolloquiums in Köln geführt und schließlich 1996 in einem Sammelband publiziert. **1557** In diesen und weiteren Werken wurden einzelne Bauphasen der Kirche und auch ihrer Vorgängerbauten in Zeichnungen

#### ■ 1554

Ausführliche Informationen zu den archäologischen Ausgrabungen sind zu finden in: Doppelfeld 1965, S. 24.

#### ■ 1555

Vgl. Hauser 2012, S. 235.

#### ■ 1556

Vgl. Doppelfeld/Weyres/Hellenkemper 1980.

#### ■ 1557

Vgl. Wolff 1996.

rekonstruiert. Aus dieser vorliegenden Fülle an Bildmaterial werden hier einige Werke exemplarisch entnommen und kurz vorgestellt. Ausgewählt wurden diese im Hinblick auf die in der digitalen Visualisierung gezeigten Bilder, die in einem späteren Abschnitt detailliert analysiert und abschließend mit den hier besprochenen Rekonstruktionen verglichen werden. Zwar wurde der Dom auch schon vor den archäologischen Untersuchungen des 20. Jahrhunderts zeichnerisch rekonstruiert, jedoch stellen diese Arbeiten meist falsche Annahmen dar, da die Erkenntnisse der Ausgrabungen noch nicht bekannt waren. <sup>1558</sup>

■ 1558

Vgl. Weyres 1980, S. 420.

■ 1559

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 14; Hauser 2003, S. 49.

■ 1560

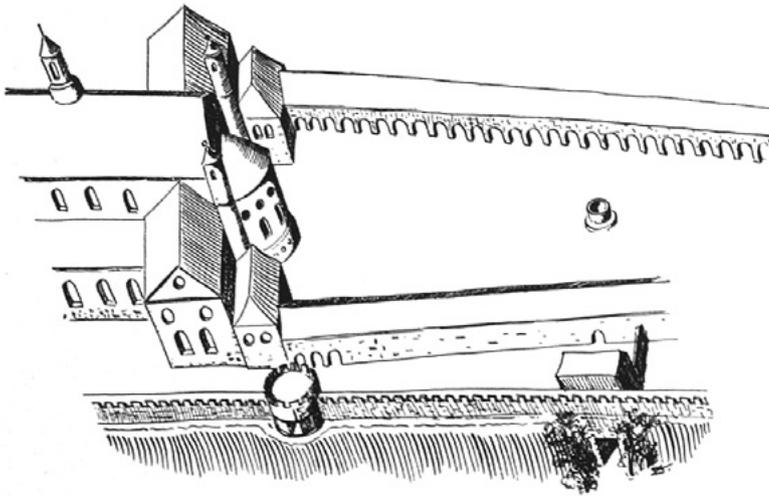
Zur Baugeschichte und Architektur des Alten Doms vgl.: Hauser 2003, S. 55 u. S. 58; Doppelfeld 1980 (Ein Schnitt durch den Untergrund), S. 14.

■ 1561

Zur Bauphase Periode VII und zugehöriger Zeichnung vgl.: Doppelfeld 1980 (Stand der Grabungen), S. 146, Abb. 34, S. 151–53.

Ein erster Vorgängerbau ist für das 5. Jahrhundert greifbar: Nachdem die Römer in dieser Zeit Köln verlassen hatten, entstand nahe der nördlichen Stadtmauer ein größeres Gebäude, das als möglicher Kirchenbau interpretiert werden kann, die sogenannte erste Bischofskirche. <sup>1559</sup> Um 860 bis 873 kam es zur Errichtung eines Neubaus, der zweiten Kölner Bischofskirche, die ab dem Spätmittelalter Alter Dom genannt wurde. <sup>1560</sup> Dieser wurde in Form einer Doppelchoranlage erbaut und um 870/873 von Erzbischof Willibert geweiht. An den dreischiffigen Bau schlossen sich sowohl im Westen als auch im Osten Querhausriegel an. Zwei Rundtürme betonten den Westchor.

Im Kontext der archäologischen Untersuchungen wurde das Erscheinungsbild des Vorgängerbaus aus der von Doppelfeld mit Periode VII bezeichneten karolingischen Bauphase rekonstruiert. <sup>1561</sup> Eine Zeichnung aus dem Jahr 1951 zeigt das Querhaus des Baus mit Atrium sowie die nahegelegene Stadtmauer <sup>374</sup>.



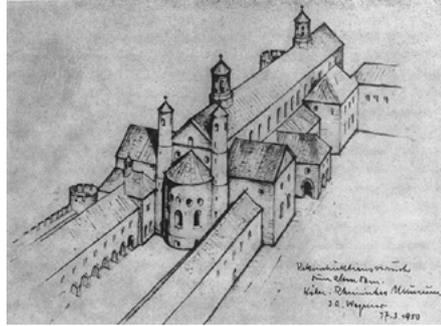
□ 374

Atrium und Querhaus der karolingischen Bauphase (nach Otto Doppelfeld, sog. Periode VII), zeichnerische Rekonstruktion des Alten Doms in Köln, um 1951.

■ 1562

Zu Informationen zur Rekonstruktionszeichnung von Walter Wegener vgl.: Hauser 2012, S. 235–236.

Ziel dieser Visualisierung, die nicht den kompletten Baukörper der Kirche wiedergibt, war es darzustellen, wie sich das Atrium an das sakrale Bauwerk anschließt. Hier wird anschaulich deutlich, dass die nahe gelegene Stadtmauer eine großzügige Ausdehnung des Innenhofs verhinderte. In einer Rekonstruktion des Architekten Walter Wegener ist hingegen der gesamte Baukörper des Alten Doms zu sehen, der auch im Bildzentrum steht <sup>375</sup>. <sup>1562</sup> Hier ist nur ein kleiner Teil des Atriums dargestellt und die Stadtmauer durch einen Turm und wenige Zinnen lediglich angedeutet. Wegener hatte die Zeichnung 1950 im Auftrag des Rheinischen Museums (heute Kölnisches Stadtmuseum) unter Einbeziehung von Erkenntnissen aus den Grabungen angefertigt. Es handelt sich dabei wohl um die erste zeichnerische Rekonstruktion dieser Bauphase.



□ 375  
Rekonstruktionszeichnung des Alten  
Doms in Köln, Walter Wegener, 1950.

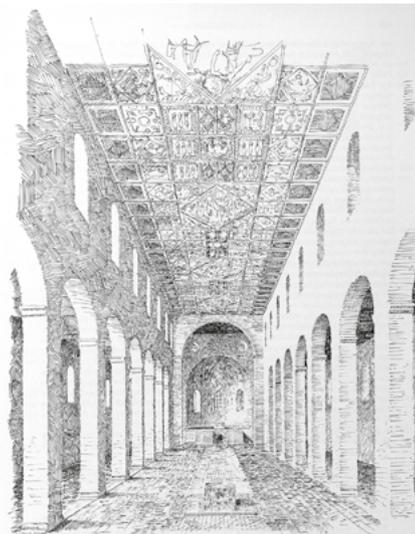
■ 1563

Vgl. Weyres 1980, S. 447, Abb. 7.

■ 1564

Vgl. Informationen zum Hillinus-Codex sind zu finden auf der Webseite der Erzbischöflichen Diözesan- und Dombibliothek Köln unter <https://digital.dombibliothek-koeln.de/hs/content/titleinfo/213994> sowie auf der Webseite des Projekts Codices Electronici Ecclesiae Coloniensis (CEEC) der Universität zu Köln unter <http://www.ceec.uni-koeln.de/ceec-cgi/kleioc>.

Auch der Innenraum des Bauwerks aus der karolingischen Bauphase Periode VIIb wurde zeichnerisch rekonstruiert 376. 1563 Trotz des skizzenhaften Charakters der Zeichnung finden sich darin einige Details wie die Ausschmückung der Decke und die Darstellung von Altären. Hierfür wurden nicht nur Grabungsbefunde, sondern auch historische Bild- und Schriftquellen herangezogen, wie das Widmungsbild aus dem um 1030 entstandenen Hillinus-Codex, der sich heute in der Erzbischöflichen Diözesan- und Dombibliothek Köln befindet 377. 1564



□ 376  
Zeichnerische Rekonstruktion des  
Innenraums des karolingischen Baus der  
Periode VIIb, um 1965.



□ 377  
Widmungsbild, Hillinus-Codex, Erzbischöfliche Diözesan- und Dombibliothek Köln, Codex 12, fol. 16v, Köln oder Reichenau, um 1030.

## ■ 1565

Vgl. Wolff 1980, S. 629.

## ■ 1566

Vgl. ebd., S. 616, S. 629, S. 631, Abb. 8a, b.

## ■ 1567

Vgl. Hauser 2012, S. 236.

## ■ 1568

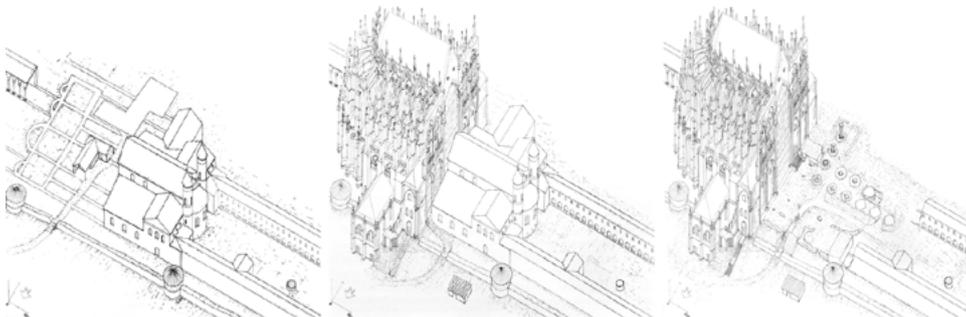
Weitere Informationen zum Alten Dom sowie zur Baugeschichte des gotischen Doms sind zu finden in: Hauser 2003, insbes. S. 55, S. 63, S. 65, S. 70 u. S. 76–77.

## ■ 1569

Vgl. Back/Höltken 2008, S. 22, Abb. 10, S. 54, Abb. 27, S. 97, Abb. 89. Diese Zeichnungen wurden im Rahmen des 3D-Projekts nicht als Quellen herangezogen, da darin laut Dominik Lengyel teils noch fehlerhafte Details zu finden sind. Darauf machte er die Autorin in einem Gespräch am 26. September 2016 aufmerksam.

## ■ 1570

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 56.



## □ 378

Zeichnerischer Vorschlag für die Rekonstruktion des baulichen Zustands des Alten Doms um 1248/1251 (links), um 1319/1320 (Mitte) und nach dessen Abriss um 1331 (rechts) nach einer Grundidee von Arnold Wolff, zeichnerisch bearbeitet von Ingenieurbüro »Fitzek/Pancinik« und F. Spangenberg, 2008.

## ■ 1571

Gemälde, die den unvollendeten Zustand des Kölner Doms zeigen, sind beispielsweise zu finden in: Borger 1980.

## ■ 1572

Vgl. Wolff 1986, Farbtafel F 20, Legende F 20, S. 109; Breuer/Kier 1980, S. 111–113. Laut Judith Breuer und Hiltrud Kier wurde das Modell 1979 von H. Kuhle restauriert und farblich neu gestaltet. Vgl. Breuer/Kier 1980, S. 111.

Über der in der Bildmitte dargestellten Szene, die die Übergabe des Codex durch den Kirchenstifter Hillinus an den Patron der Kirche, den Heiligen Petrus, zeigt, ist im oberen Bildfeld eine Ansicht des Doms zu sehen. Die Darstellung des Bauwerks hat in der Forschung – insbesondere vor der Ausgrabung – Anlass zu Spekulationen über die räumliche Disposition von bestimmten Bauteilen der Kirche gegeben. **1565** Aufgrund der archäologischen Befunde konnte diese historische Darstellung neu interpretiert werden. **1566** Seither ist gesichert, dass der ergrabene Grundriss der Periode VII derjenige des Alten Doms ist, der wiederum mit der im Widmungsbild wiedergegebenen Kirche übereinstimmt. **1567** So wurde beispielsweise das im Hillinus-Codex erkennbare turmartige Gebäude, das dem südöstlichen Querhaus vorgelagert ist, archäologisch nachgewiesen und als Verlängerung des Querhausriegels in Richtung Süden gedeutet. **1568** Im Inneren konnten aufgrund von Grabungsbefunden in den Bereichen des Chors Krypten festgestellt werden, über diesen wohl stark erhöht jeweils ein Altar stand. In seiner endgültigen Form wies dieser Bau fünf Schiffe auf, wobei diese wahrscheinlich erst nach der Erstellung des Widmungsbilds errichtet worden sind.

Im Jahr 1248 wurde schließlich der Grundstein für den gotischen Dom gelegt, worauf mit dem Abriss des östlichen Teils des bestehenden Baus begonnen wurde. Zwischen 1325 und 1360 kam es bis auf den westlichen Bereich des Atriums, der bis in das 19. Jahrhundert hinein Bestand hatte, zum Abbruch der übrigen Gebäudeteile. Der Zustand zwischen der Errichtung des gotischen Chors und des Abrisses des westlichen Teils des Alten Doms wurde in zeichnerischen Rekonstruktionen nach Ideen des ehemaligen Dombaumeisters Arnold Wolff 2008 festgehalten **378**. **1569** In der Gegenüberstellung der einzelnen Bau- und Abrissphasen wird sehr deutlich, in welchem Größenverhältnis der Alte Dom zum gotischen Dom stand und welche monumentale Ausmaße die Baustelle hatte.

Die Weihe des gotischen Chors fand 1322 statt, als der für den inzwischen großen Reliquienschatz angefertigte Dreikönigsschrein überführt wurde. Die Errichtung des Neubaus erstreckte sich allerdings über mehrere Jahrhunderte, wobei die Bautätigkeit um 1520 zunächst eingestellt wurde. **1570** Der über Jahrhunderte währende Baustellenzustand ist nicht nur in Gemälden festgehalten, sondern auch in einem haptischen Modell dargestellt **379**. **1571** Es wurde um 1925 von dem damals deutschlandweit bekannten Architekturmodellbauer Hans Boffin aus Gips gearbeitet und farbig gefasst. **1572** Heute befindet es sich als Teil der Dauerausstellung im Kölnischen Stadtmuseum. Es zeigt das Bauwerk sowie die umgebenden Häuser um 1780, wobei laut Wolff

## ■ 1573

Vgl. Wolff 1986, Farbtafel F 20,  
Legende F 20, S. 109.

die Vierung eigentlich mit einem Dach versehen war und der im Hintergrund dargestellte Bischofspalast im 18. Jahrhundert bereits nicht mehr existierte. **1573** Schließlich wurde der Dom 1842 nach historischen Plänen als mittelalterliche Architektur fortgeführt. **1574** So erfolgte erst im 19. Jahrhundert seine Vollendung. **1575**



□ 379

Farbig gefasstes Gipsmodell des Kölner Doms im Zustand um 1780, 237 × 137 cm, Kölnisches Stadtmuseum, Köln, Hans Boffin, um 1925.

## ■ 1574

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse  
2011, S. 60.

## ■ 1575

Vgl. ebd.; Hauser 2003, S. 78.

## ■ 1576

Vgl. Ristow 2002.

Wie bereits an den nach Wolff gefertigten Rekonstruktionszeichnungen ersichtlich wird, rückte die Baugeschichte des Kölner Doms mit den archäologischen Nachuntersuchungen in den 2000er-Jahren wieder verstärkt in den Fokus der Forschung. Beispielsweise veröffentlichte der Archäologe Sebastian Ristow im Jahr 2002 ein umfassendes Buch, in dem er die Befunde und Funde für den Zeitraum vom 4. bis 9. Jahrhundert vorstellt. **1576** Auf Basis dieser Forschung erläutert er einzelne Bauphasen und leitet Überlegungen zur Rekonstruktion der Gebäude anschaulich her. Illustriert werden seine Thesen und Feststellungen unter anderem mit von dem Archäologen und Architekten Zsolt Vasáros angefertigten kolorierten Zeichnungen, die Grundrisse, Aufrisse, Ansichten und Details der Kirchenbauten in unterschiedlichen Bauphasen zeigen. So findet sich in der Publikation beispielsweise eine dezent kolorierte Ansicht des Innenraums der Kirche aus dem 6. bis 7. Jahrhundert **380**. Sie zeigt einen Schnitt durch das Bauwerk, wodurch auch die Dachkonstruktion von Haupt- und Seitenschiffen einsehbar ist. Der Betrachter kann hier eine Perspektive einnehmen, die so in Realität nicht möglich wäre.



□ 380

Visualisierung des Innenraums der zweiten Bischofskirche um das 6. bis 7. Jahrhundert: Rekonstruktionszeichnung, Zsolt Vasáros, 2002.

Ende der 2000er-Jahre erhielten die Architekten Dominik Lengyel und Catherine Toulouse den Auftrag den Kölner Dom und seine Vorgängerbauten digital zu rekonstruieren. Inwiefern die anhand der Ausgrabungen gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse in diesem 3D-Projekt eine Rolle gespielt haben, wird im Folgenden erläutert. Hierzu wird zunächst der Entstehungskontext des Projekts dargelegt, unter besonderer Berücksichtigung der konzeptionellen Herangehensweise der beiden Architekten.

### Entstehungskontext des 3D-Projekts

Seinen Ursprung hat das 3D-Projekt **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** im Jahr 2009. **1577** Das Berliner Architekturbüro **Lengyel Toulouse Architekten (LTA)** wurde von der damaligen Dombaumeisterin Barbara Schock-Werner beauftragt die Baugeschichte des Doms und seiner Vorgängerbauten zu visualisieren. **1578** Diese sollte in zehn Phasen unter Einbezug des aktuellen Stands der Forschung dargestellt werden. Im Jahr 2010 wurde an der Kirche ein neuer Zugang für die Turmbesteigung eröffnet, im Zuge dessen eine filmische Präsentation installiert werden sollte. **1579** Das Ziel war ein neues Vermittlungskonzept zu entwickeln, um die Baugeschichte den Besuchern näher zu bringen. **1580** Obwohl nicht angestrebt wurde Wissen zu generieren, konnten im Verlauf der 3D-Modellierung dennoch neue Erkenntnisse gewonnen werden, worauf an späterer Stelle eingegangen wird.

Erarbeitet wurde das Konzept von der Dombaumeisterin gemeinsam mit LTA. **1581** Damit konnte die bisherige Präsentation in Form von Farbtafeln, auf denen Zeichnungen des Kölner Doms als Solitär auf weißem Grund abgebildet waren, abgelöst werden. **1582** So wurde schließlich im Mai 2010 die von Lengyel und Toulouse erarbeitete Filminstallation **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** zwischen den Westtürmen erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. **1583** Die Visualisierung erstellten die beiden Architekten, die von dem Archäologen Sebastian Ristow wissenschaftlich beraten wurden. **1584** Seitdem ist die hierfür mit einem Sprechertext auf Deutsch und Englisch unterlegte Filminstallation den Besuchern dauerhaft zugänglich und bietet ihnen eine inhaltliche Einführung zu dem historischen Gebäude. **1585** Die Besucher können über Knopfdruck den Start des etwa 13-minütigen Films auslösen, der dann auf einem fest montierten Bildschirm gezeigt wird. **1586** An einigen Stellen nimmt der Sprecher konkret Bezug auf die die Installation umgebenden Räumlichkeiten und verortet somit die genannten Informationen in anschaulicher Weise.

Die Förderung des Film-Projekts übernahmen die Hohe Domkirche zu Köln, das Römisch-Germanische Museum der Stadt Köln sowie das Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. **1587** Zu sehen war der Film im Jahr 2010 auch im Rahmen der archäologischen Landesausstellung **Fundgeschichten. Archäologie in Nordrhein-Westfalen** des Landes Nordrhein-Westfalen im Römisch-Germanischen Museum, allerdings ohne Vertonung. **1588**

Ziel der digitalen Rekonstruktion war mit Hilfe gestalterischer Mittel die archäologischen Hypothesen zu visualisieren. **1589** Für die Darstellung wurde laut Schock-Werner eine grundsätzliche Vereinbarung getroffen: »Dabei sollte bewusst jeder Oberflächenrealismus vermieden werden, der vorgaukelt, dass man genau wisse, wie jeder Stein der nicht mehr vorhandenen Bebauung ausgesehen habe.« **1590** Denn wie bereits erläutert, umfasst die Baugeschichte der

■ 1577  
Das Zustandekommen des Projekts erläuterte Dominik Lengyel in einem Gespräch mit der Autorin am 26. September 2016.

■ 1578  
Vgl. hier auch: Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1579  
Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327.

■ 1580  
Vgl. ebd.; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1581  
Vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 1.

■ 1582  
Vgl. ebd. Darüber hinausgehende Informationen erhielt die Autorin im Gespräch mit Dominik Lengyel am 26. September 2016.

■ 1583  
Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1584  
Vgl. Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1585  
Vgl. ebd.; Lengyel/Toulouse 2013, S. 327.

■ 1586  
Die Hinweise zur Filminstallation im Kölner Dom erhielt die Autorin in einem Gespräch mit Dominik Lengyel am 26. September 2016.

■ 1587  
Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327.

## ■ 1588

Vgl. ebd.; Schock-Werner 2010, S. 42. Für Informationen zur Landesausstellung vgl. Archiv der Ausstellungen im Römisch-Germanischen Museum Köln auf dessen Webseite: <http://www.roemisch-germanisches-museum.de/Archiv>.

## ■ 1589

Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 328.

## ■ 1590

Schock-Werner 2010, S. 42–43.

## ■ 1591

Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327–328.

## ■ 1592

Informationen zur Hard- und Software, die im Projekt verwendet wurden, entstammen einem Gespräch mit Dominik Lengyel am 26. September 2016.

## ■ 1593

Bei den Mitarbeitern handelte es sich um S. Jahnke, C. Krause, R. Patz, O. Schäfer, P. Trabs und R. Wohlfeil. Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 79.

## ■ 1594

Informationen zur Erstellung der Visualisierungen sind zu finden in: Lengyel/Toulouse 2013, S. 329 u. S. 333–334; Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 2 bis 4.

## ■ 1595

Inwiefern das Projekt einen aktiven Beitrag zur Erforschung des Kölner Doms liefern konnte, erläutert Dominik Lengyel im Interview: vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 7.

## ■ 1596

Auf die Abbildung im Hillinus-Codex wird im vorliegenden Kapitel unter dem Abschnitt zur Detailgenauigkeit der digitalen Visualisierung eingegangen.

Vorgängerbauten des Kölner Doms viele verschiedene Phasen, die unterschiedlich gut dokumentiert sind. **1591**

### Beschreibung des Rekonstruktionsvorgangs

Die Erstellung der 3D-Modelle wurde von LTA mittels PCs mit 64 GB-Speicher realisiert. **1592** Die Modellierung erfolgte mit der Freiform-Modellierungssoftware Rhinoceros und der Rendering-Software Maxwell in Zusammenarbeit von Lengyel und Toulouse sowie mehrerer ihrer Mitarbeiter. **1593** Als Grundlage für die digitalen Visualisierungen dienten vor allem zwei Komponenten: Ergebnisse der langjährigen archäologischen Forschung am Kölner Dom sowie Vergleichsbauten aus den jeweils entsprechenden Zeiträumen. **1594** So wurden die vorliegenden archäologischen Befunde, deren Beschreibungen und daraus resultierende, schriftlich verfasste Hypothesen zur Rekonstruktion herangezogen. Zudem konsultierten sie vorhandene historische Text- und Bildquellen, um sich ihr eigenes Bild zu machen, da die Fragen, die Archäologen an das Material stellen, mit denen von Architekten nicht immer übereinstimmen, wie die beiden feststellten. Auf dieser Basis wurde ein Befundmodell erstellt. Sofern die Architekten bei Fehlstellen Ergänzungen vornahmen, wurden diese anschließend diskutiert. Daraufhin konnten räumliche Entwürfe für diese Fehlstellen vorgestellt werden, die von Schock-Werner und Ristow begutachtet sowie hinsichtlich Widerspruchsfreiheit geprüft wurden.

Im Projektverlauf konnten durch die computertechnische Visualisierung auch neue Erkenntnisse gewonnen werden, wie Dominik Lengyel im Interview erläuterte. **1595** Dies betraf beispielsweise die Gestaltung des Taufbeckens, das bislang in Rekonstruktionen als über einen Meter über den Boden herausragend dargestellt wurde. Diese Annahme stellten die Architekten im Rahmen der Erstellung des 3D-Modells in Frage und legten eine realistischer erscheinende Hypothese vor. Demnach könnte das Becken auch als in den Boden versunken angenommen werden, mit einem Rand, der nur mehr die Höhe einer Stufe umfasst. Diese Darstellung findet sich seitdem auch in anderen wissenschaftlichen Visualisierungen, wie Lengyel im Interview erklärte.

In der Forschung herrschte zudem bisher Uneinigkeit darüber, ob es sich bei dem Gebäude, das zwischen dem 5. bis 6. Jahrhundert und dem 7. bis 8. Jahrhundert errichtet wurde, um einen Neubau oder Anbau handelt. In dieser Frage konnte das 3D-Modell die Theorie für einen Anbau stärken. Denn anhand der digitalen Visualisierung konnte die Schichtung des Fußbodens mit Befunden aus der Zeit der Merowinger und der Römer rekonstruiert werden, der demnach im 7. bis 8. Jahrhundert abgestuft angelegt gewesen sein muss.

Auch bezüglich der Darstellung des Alten Doms im Hillinus-Codex war die Forschung bislang gespaltener Meinung hinsichtlich der Türme über der Firstlinie **377**. **1596** So konnte mit der Visualisierung im 3D-Modell gezeigt werden, dass es sich dabei um Aufbauten der Stadtmauer handelt und nicht um Vierungstürme.

Die gesamte Arbeit am digitalen Modell konnte nach erneuter Diskussion und Abstimmung mit der gemeinsam vorgenommenen Auswahl an Visualisierungen abgeschlossen werden, wobei der Dombauverwaltung die Abnahme der Gesamtgestaltung oblag.

Den beiden Architekten ging es bei den entstandenen Visualisierungen darum, die Ideen, die den Kirchen zugrunde gelegen haben könnten, wiederzu-

## ■ 1597

Lengyel/Toulouse 2011 (Die Darstellung), S. 69.

## ■ 1598

Lengyel/Toulouse 2013, S. 333–334.

## ■ 1599

Vgl. [Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 6](#).

## ■ 1600

Vgl. ebd.

## ■ 1601

Für die Informationen zum Konzept von Lengyel und Toulouse zur Darstellung von Architektur in digitalen Visualisierungen vgl.: Lengyel/Toulouse 2011 (Die Darstellung), S. 69–71.

geben: »Sie zeigen nicht die rekonstruierten Kirchen selbst, sondern die Vorstellung der neuen Kirchen in der Stadt: den Entwurfsgedanken im städtischen Kontext.« [1597](#) Dieser inhaltliche Anspruch an die mit den 3D-Modellen erzeugten Ansichten äußert sich auch in deren Bildsprache, die Lengyel und Toulouse entwickelt haben und die sich auf folgendem Anliegen gründet:

»Unsere Fragestellung lautete von Beginn an, wie es gelingen kann, geometrisch reduzierte Modelle so darzustellen, dass die Reduktion nicht versteckt wird, sondern im Gegenteil zum zentralen Ausdruck der Darstellung wird und dabei – trotz der reduzierten Geometrie – eine aussagekräftige Atmosphäre erzeugt.« [1598](#)

In Bezug auf bereits existierende 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur im Allgemeinen und von Kathedralen im Speziellen sahen sie sich dazu veranlasst, Visualisierungen zu realisieren, die Architekturmodelle zum Vorbild nehmen und bestimmten Ansprüchen im Hinblick auf die Gestaltung entsprechen. [1599](#) Denn ihrer Ansicht nach orientieren sich viele Projekte an großen Filmproduktionen, wobei sie aus vielerlei Gründen (Geld, Technik, Kompetenz im Bereich der Gestaltung) mit diesem Ansinnen scheitern und letztendlich 3D-Modelle entstehen, die unter den eigentlichen technischen Möglichkeiten bleiben. [1600](#) Dem setzen die beiden Architekten ein eigenes Konzept entgegen, das sich in ihrer Arbeit zum Kölner Dom folgendermaßen darbietet:

In den Visualisierungen sind alle Gegenstände in Grautönen ohne jegliche Texturen dargestellt. Die Bauten, die die Kirchen umgeben, werden zudem nur schematisch wiedergegeben. [1601](#) Dies beruht auch auf der Tatsache, dass zu bestimmten Zeiträumen kaum ausreichend Quellen vorhanden sind, die eine detaillierte Darstellung ermöglichen würden. Somit liegt die Betonung nicht auf einzelnen Bauten, sondern auf der Visualisierung eines hypothetischen städtischen Gefüges. In diesem Sinne kommt der Darstellung der bebauten Umgebung um die rekonstruierten Kirchen herum eine wichtige Bedeutung zu. Sie verorten sie im Raum und verleihen ihnen somit einen baulichen Kontext, der schließlich zu jeder Bauphase existiert hat, wenn auch in unterschiedlicher Form. Dominik Lengyel betont, dass es sich bei der hier entstandenen Arbeit nicht um Rekonstruktionen von Architektur im üblichen Sinne handelt:

»Die Besonderheit im Vergleich zu früheren Rekonstruktionen ist, dass es sich bei unserer Visualisierung nicht um Rekonstruktion von Architektur, sondern um eine Visualisierung von Hypothesen handelt. Ausdrücklich erheben weder wir noch die Dombauverwaltung den Anspruch, Architektur rekonstruiert zu haben. Stattdessen hat die Dombauverwaltung das aktuelle Fachwissen zusammen gestellt und daraus Hypothesen zur Vervollständigung formuliert, wäh-

rend LTA daraus Bilder erstellt hat, die über den Umweg eines virtuellen 3D-Modells diese Hypothesen bildlich verdeutlichen.« **1602**

■ 1602

Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 5.

■ 1603

Lengyel/Toulouse 2011 (Die Darstellung), S. 69.

■ 1604

Ebd., S. 70.

■ 1605

Vgl. Appendix 2.8 (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, Frage 8.

■ 1606

Über die Erarbeitung des Drehbuchs und die Umsetzung der Bildberechnung informierte Dominik Lengyel die Autorin in einer E-Mail vom 30. Juli 2017.

■ 1607

Vgl. Lengyel/Toulouse 2013, S. 327; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1608

Die Informationen zu den entfallenen Sequenzen erläuterte Dominik Lengyel in einem Gespräch am 26. September 2016. Vgl. auch Webseite zum Kölner Dom: <http://www.koelner-dom.de/index.php?id=19261>.

■ 1609

Für Informationen zur Landesausstellung vgl. Archiv der Ausstellungen im Römisch-Germanischen Museum Köln auf dessen Webseite: <http://www.roemisch-germanisches-museum.de/Archiv>; Schock-Werner 2010, S. 42.

■ 1610

Die beiden anderen Versionen des Films sind nicht online zugänglich.

Die computergenerierten Bilder der Kirchen erheben anhand der auf Reduktion abzielenden Darstellungsweise keinen Anspruch auf Abbildung von Realität. Die beiden Architekten vertreten die Meinung, dass erst im Kopf des Betrachters die in den Visualisierungen gezeigten, teils relativ abstrakten Darstellungen zu Architektur werden. Demnach ist die Interpretation des Betrachters wichtiger Bestandteil ihrer Arbeit.

Die beiden Architekten reflektieren ganz bewusst ihre Herangehensweise und unterscheiden zudem explizit zwischen der **Erstellung** und der **Darstellung** einer digitalen Rekonstruktion von Architektur. Bei der eigentlichen Rekonstruktion geht es laut Lengyel und Toulouse um den Entwurf einer »im architekturgeschichtlichen Sinne glaubhaft[en]« **1603** Architektur. Aufgabe von deren **Darstellung** ist die Vermittlung ihrer Inhalte. Dementsprechend legen sie großen Wert auf die Darstellungsweise der von ihnen realisierten Bilder von Architektur. Hierbei greifen sie auf Prinzipien unterschiedlicher Methoden zurück: Beispielsweise liefert die in der Archäologie klassischerweise angefertigte Handzeichnung Möglichkeiten, zeichnerische Andeutungen zu machen oder fehlende Informationen schlicht nicht zu zeigen. Aus der Architekturfotografie übernehmen sie das Prinzip der Augenhöhe sowie die Wiedergabe senkrechter Kanten. Da für sie insbesondere diese fotografischen Prinzipien im Hinblick auf ihre Arbeit essentiell sind, bezeichnen sie ihre Darstellungsmethode als »Virtuelle Fotografie« **1604**. So steht in ihren Arbeiten das Bild im Vordergrund, nicht das Modell, das nur eine Art Grundgerüst für das Bild liefert. **1605**

### Beschreibung der fertiggestellten Visualisierung – Virtueller Rundgang

Das Drehbuch des Films **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** entwickelte das LTA gemeinsam mit Schock-Werner und Ristow. **1606** Die zugrundeliegende Bildberechnung nahm das Architekturbüro mit der Software **Maxwell** vor. Der Film existiert in drei verschiedenen Versionen: Seit seiner Fertigstellung im Jahr 2010 ist er als 13-minütige Fassung mit deutschem beziehungsweise englischem Sprechertext im Ausstellungsbereich des Kölner Doms in einer permanenten Installation zu sehen. **1607** Für die Präsentation im Internet wurde eine um drei Minuten gekürzte Version mit deutschem Sprechertext erstellt. **1608** Bei den entfallenen Szenen handelt es sich um Passagen, in denen direkt auf den Ort der Installation, die Turmfundamente, Bezug genommen wird. Der in der Landesausstellung **Fundgeschichten. Archäologie in Nordrhein-Westfalen 2010/2011** präsentierte Film hat keine Tonspur, entspricht aber ansonsten der online verfügbaren Fassung. **1609**

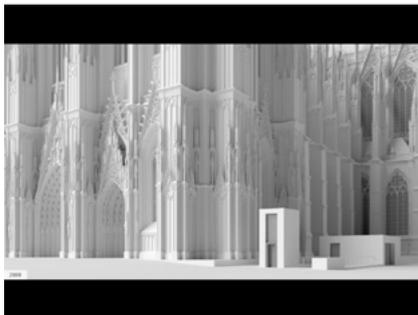
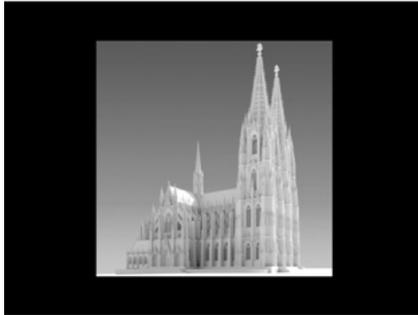
Im Folgenden wird die Internet-Version des Films analysiert, denn diese weist eine Tonspur auf, ist öffentlich leicht zugänglich und kann von Wissenschaftlern entsprechend unkompliziert herangezogen werden. **1610** Der insgesamt 9:58 Minuten dauernde Film kann grob – mit gerundeten Zeitangaben – in sieben Abschnitte unterteilt werden: Einführung mit Übersicht über die Baupha-

sen (30 Sekunden), Bauphasen bis 1025 (5 Minuten), Rückblick auf die Bauphasen bis 1025 (50 Sekunden), Bauphasen von Grundsteinlegung des gotischen Doms bis zum Zustand 1942 (1 Minute), Rückblick auf die mittelalterlichen Bauphasen (40 Sekunden), Zustand 1880–1942 und 2009 (40 Sekunden), Abspann (1 Minute). So wechseln sich jeweils Sequenzen, die einen Rückblick über bestimmte Zeiträume geben, mit Abschnitten ausführlicherer Information zu einzelnen Bauphasen ab.

Eine Besonderheit des Films besteht darin, dass hier Standbilder aneinander gereiht und somit keine virtuellen Flüge wiedergeben sind. Kamerafahrten, Schwenks sowie das Hinein- oder Hinauszoomen aus den Bildern finden hier keinen Einsatz als gestalterische und filmische Mittel. Jedoch werden die aufeinanderfolgenden Einzelbilder durch Überblendungen anstatt mit harten Schnitten miteinander verbunden. Dieses Verfahren ermöglicht in ausgewählten Sequenzen, die beispielsweise eine Zusammenfassung der architektonischen Entwicklung des Doms und seiner Vorgängerbauten über einen bestimmten Zeitraum zeigen, einen dynamischen Charakter. So entsteht der Eindruck, aus einem Bau erwachse der nächste. Dazu ist ein fester Standpunkt des Betrachters ausgewählt, der für alle darauffolgenden Einzelbilder identisch bleibt. Wenn nun Einzelbilder, die jeweils einen anderen Bauzustand zeigen, in einer Abfolge überblendet werden und sämtliche Parameter im Bild zur räumlichen Orientierung gleich bleiben (zum Beispiel der Turm der Stadtmauer) wird die bauliche Entwicklung der Kirche deutlich. Am linken unteren Bildrand werden jeweils in kleinformatiger schwarzer Schrift Jahreszahlen beziehungsweise entsprechende Zeiträume eingeblendet sowie teils Zusatzinformationen zu Besonderheiten der Architektur. Sonstige Verweise auf bestimmte Elemente im Bild erfolgen nur in mündlicher Weise. Gestalterische Markierungen wie Pfeile oder Kringel zur Verdeutlichung werden nicht verwendet.

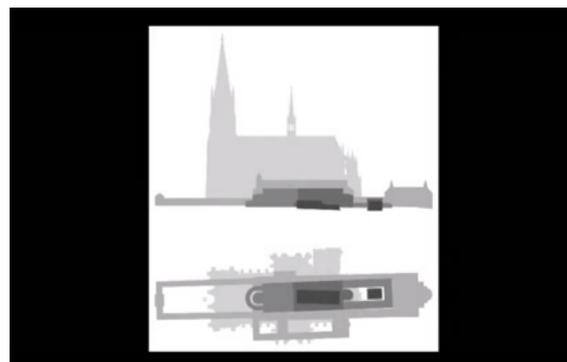
Die rekonstruierten Bauten werden fast ausschließlich von außen visualisiert, lediglich zu drei Bauphasen der Kirche, Ende 6. Jahrhundert, um 800 sowie 1025, sind auch Innenansichten zu sehen. Einen visuellen Rahmen bildet das Anfangsbild des Films mit der Schlusssequenz <sup>[381]</sup>. Gezeigt wird jeweils in hellen Grautönen auf dunkelgrauem Grund die digitale Rekonstruktion des Doms in seiner Form vor der Zerstörung 1942 mit Ausnahme des letzten Bildes. Das erste zeigt im Hochformat die Frontalansicht der Westfassade. Als einzige Sequenz wird sie von Glockengeläut untermalt. Das Ende des Films bildet eine Abfolge von fünf Bildern, die Ansichten der vollendeten Kirche aus verschiedenen Himmelsrichtungen wiedergeben. Die letzte zeigt in einer Nahansicht der Südwestseite den 2009 entstandenen neuen Zugang zu den Turmunterbauten und der Ausgrabungsstätte.

Wie zu Anfang erläutert, strukturiert eine Abfolge von Sequenzen mit unterschiedlich aufbereitetem Inhalt den Film. Die erste Überblicksdarstellung zeigt in einem Bild die komplette bauliche Entwicklung des Doms und seiner Vorgängerbauten. Dies erfolgt anhand von Überlagerungen von sowohl Schnitten durch das Gebäude sämtlicher Bauphasen, die in differenzierten Grautönen im oberen Bildfeld zu sehen sind, als auch von Grundrissen der einzelnen Bauten im unteren Bildfeld <sup>[382]</sup>. Diese Zusammenstellung schafft einen visuellen Überblick über die im Film darauffolgenden detaillierteren Erläuterungen zur gesamten Baugeschichte.



□ 381

Titelbild mit digitaler Visualisierung des vollendeten Kölner Doms (oben) und Schlusssequenz mit Ansichten vor der Zerstörung (Mitte) und mit Zustand 2009 (unten), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 0:06 und Min. 8:27 – 8:45, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 382

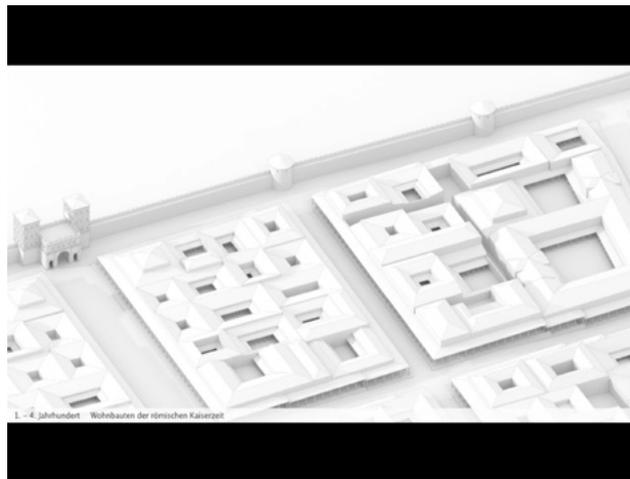
Schematische Darstellung der Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten in Form von Schnitten und Grundrissen, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 0:11, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

In der daran anschließenden, längsten Sequenz des Films werden die Bauphasen von der Antike bis zum Jahr 1025 näher erklärt. Laut Lengyel handelte es sich dabei um keine der Dramaturgie des Films geschuldete Gewichtung, sondern resultiert aus der Tatsache, dass die hier gezeigte Zeitspanne

## ■ 1611

Darauf wies Dominik Lengyel in einer E-Mail vom 30.07.2017 hin.

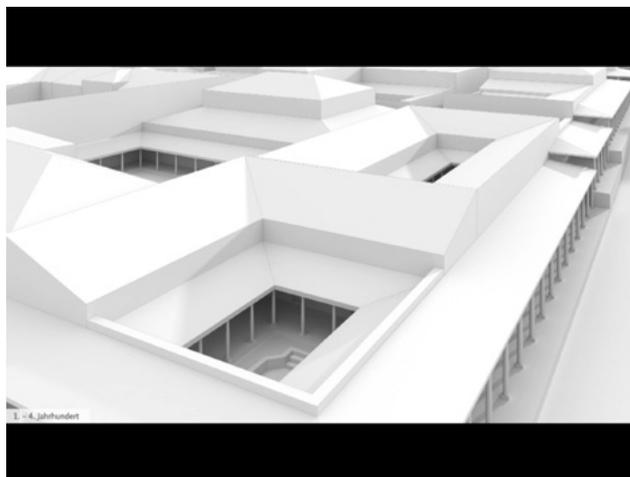
eine Vielzahl an Bauphasen aufweist. **1611** Den Beginn dieses langen Abschnitts bildet eine Ansicht des römischen Kölns des 1. bis 4. Jahrhunderts n. Chr. aus der Vogelperspektive **383**. Die damalige Bebauung prägen Häuser mit Atrium, die in großen Blöcken zusammengefasst waren. Diese Anordnung wird insofern schematisch dargestellt, als die einzelnen Bauten nur aus ihren Grundelementen Dach, Säulen und Atrium bestehen, die sie als solche erkennbar machen. Spezifizierungen wie Ziegel, Mauerwerk, Bepflanzung, Fenster- oder Türöffnungen fehlen allesamt. Trotz dieser detaillosen Darstellung, erweckt die durchaus abwechslungsreiche Visualisierung der Häuser (quadratischer oder rechteckiger Grundriss, kleineres oder größeres Gebäude, niedrigeres oder höheres Dach) den Eindruck es handle sich dennoch um mehr oder weniger individuelle Bauten.



□ 383

Digitale Visualisierung des römischen Kölns im 1. bis 4. Jahrhundert, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 0:46, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Die darauffolgende Nahansicht zeigt ein bestimmtes Haus im Osten der Stadt, an dessen Standort später eine Taufkapelle stand und in dessen Atrium sich ein noch heute nachweisbares Wasserbecken befindet **384**. Nur ein kleiner Teil dieses Objekts ist in der Ansicht zu erkennen.

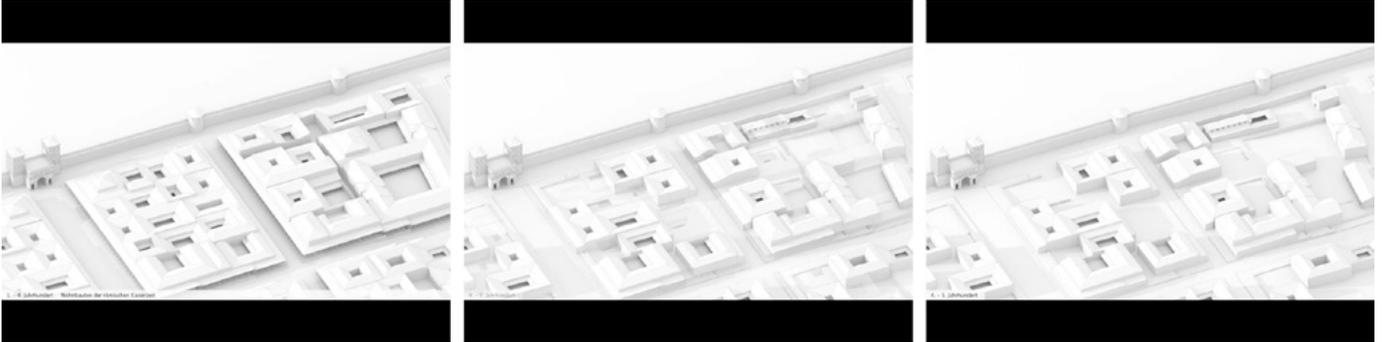


□ 384

Digitale Visualisierung eines römischen Hauses mit Atrium und archäologisch nachweisbarem Wasserbecken an dem späteren Standort der Taufkapelle des Kölner Doms, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 1:00, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

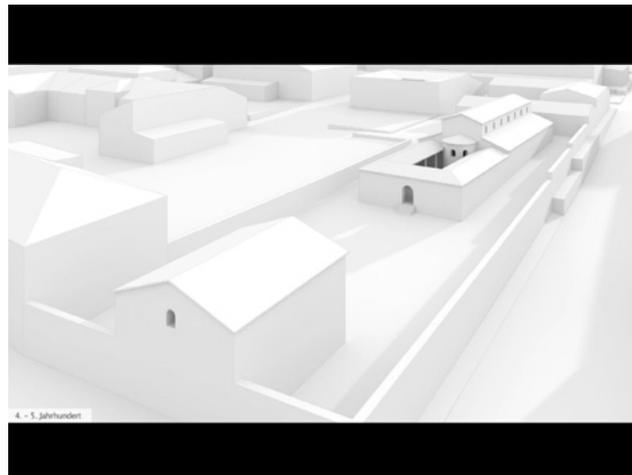
Die wechselvolle Geschichte der Stadt Mitte des 4. Jahrhunderts erhält im Film ihre visuelle, dynamische Entsprechung und wird – wie zu Beginn der Sequenz – anhand einer Ansicht aus der Vogelperspektive erläutert. Die im Jahr 355, im Zuge der Eroberung durch die Franken, erfolgte Zerstörung einiger Gebäude der Stadt sowie die bereits ein Jahr später erreichte Rück-

eroberung Kölns durch die Römer und die damit verbundene Errichtung neuer Bauten wurden folgendermaßen visualisiert: Anhand einer raschen Abfolge von Einzelbildern, die jeweils die gleiche Perspektive wiedergeben, verschwinden einzelne Bauwerke und hinterlassen Lücken im Stadtraum [385]. Im östlichen Teil, nahe der Stadtmauer tauchen sodann neue Gebäude auf. Dort entsteht etwa im 5. Jahrhundert ein größeres Gebäude im Bereich des heutigen Doms, das mittels Fenster- und Türöffnungen sowie Treppenstufen vor dem Zugang zum Atrium mit Säulenumgang detailreicher dargestellt wird als die umgebende Architektur [386].



□ 385

Digitale Visualisierung der baulichen Entwicklung der Stadt im 1. bis 4. Jahrhundert, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 1:12 – 1:22, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 386

Digitale Visualisierung der angenommenen, ersten Kirche am Standort des späteren Kölner Doms, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 1:44, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

In der Wiedergabe der einzelnen Bauten findet somit eine visuell sichtbare Abstufung zwischen hypothetischem Bau (mit Details versehene Kirche) und Staffage-Architektur (schematisch angelegte Nachbargebäude) statt. Dieses Bild legt nahe, dass für die Darstellung der Kirche im Vergleich zu den umgebenden Häusern mehr Befunde vorlagen. Allein der Sprecher weist auf die dennoch relativ unsichere Quellenlage zum Gotteshaus hin.

Nach abwechselnden Ansichten zur weiteren Entwicklung der Stadtstruktur und dem ersten Kirchenbau folgt ein Bild, das auf Basis der ältesten vorliegenden archäologischen Befunde zur zweiten Hälfte des 6. Jahrhunderts erstellt wurde. Es zeigt die Kirche sowie das östlich davon gelegene Baptisterium aus der Vogelperspektive von Nordosten. Nach einer Überblendung folgt erstmals

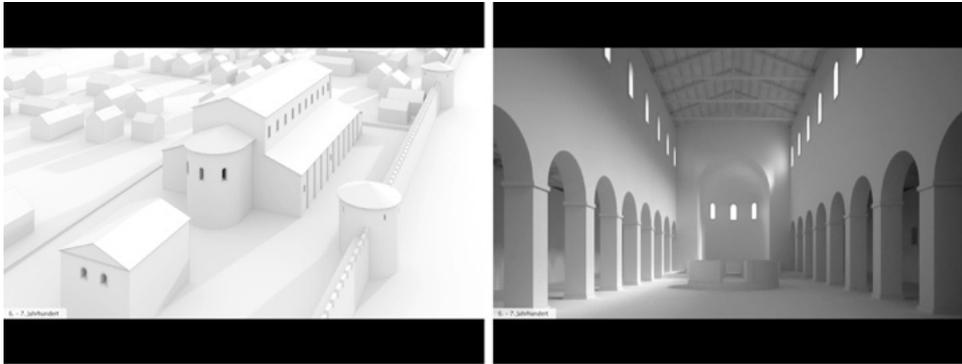
## ■ 1612

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 18.

## ■ 1613

Zur Quellenlage zum Architrav und der alternativen architektonischen Lösung vgl. ebd.

eine Innenansicht <sup>387</sup>. Aus der Perspektive eines Besuchers, der sich in der Mitte des Hauptschiffs befindet, ist in einem Standbild der Blick in den Ostchor zu sehen. Mittig erhebt sich eine Kanzelanlage in sogenannter Schlüssellochform, deren Unterbau laut Sprecher bei Ausgrabungen gefunden wurde. Im Gegensatz zu diesem gesicherten Befund unterliegen sämtlichen anderen Details dieser Visualisierung nur Vermutungen, worauf die Erläuterungen in der zugehörigen Buchpublikation hinweisen. <sup>1612</sup> So ist der Innenraum bis auf dieses Element relativ schlicht wiedergegeben mit planen Oberflächen ohne etwa angedeutete Bodenfliesen oder Wandbemalung. Über dem Hauptschiff erhebt sich ein relativ flaches Giebeldach, das von Längs- und Querbalken getragen wird. Knapp darunter befinden sich Öffnungen für Bogenfenster. Durch diejenigen an der rechten Wand, also der Südseite der Kirche, fällt Licht ins Innere. Im Osten schließt sich ein halbrunder Chorraum mit drei Rundbogenfenstern an. Seine Tiefe kann aus dieser Perspektive kaum eingeschätzt werden. Mit Rundbögen verbundene Pfeiler, die mit schmalen Kämpfern versehen sind und eine quadratisch anmutende Grundform aufweisen, trennen die drei Schiffe voneinander. Die Ausstattung der Seitenschiffe ist durch die enge Pfeilerstellung kaum zu erkennen. Lediglich Balken unter ihren flachen Decken sind zu sehen sowie an der rechten Wand ein kleines dunkles Rechteck, das eine Nische andeuten könnte.



## □ 387

Digitale Visualisierung der ersten Kirche mit östlich davon gelegenem Baptisterium am Standort des späteren Kölner Doms sowie einer Innenansicht, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:19 – 2:29, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Auf diese Ansicht folgt nach einer Überblendung ein Bild, das einen Einblick in das Baptisterium gewährt <sup>388</sup>. In dessen Zentrum befindet sich das in den Boden eingelassene achteckige Taufbecken, das von ebenso vielen Säulen umrahmt wird. Auf ihnen liegt ein schlichter Architrav, dessen Existenz allerdings nicht gesichert ist. <sup>1613</sup> An seiner statt könnte auch eine Kuppel errichtet worden sein, wie die zugehörige Buchpublikation erläutert, nicht aber der Sprecher im Film. Sowohl die Kapitelle als auch die Basen der Säulen sind nur schematisch angedeutet und keinem spezifischen Stil zuzuordnen. Hingegen sind die Pilaster des Rundbogentors, das den Blick in das Baptisterium einrahmt, mit Kanneluren und abgetreppter Basis relativ detailreich wiedergegeben. Eine nicht im Bild befindliche Lichtquelle beleuchtet von links den Raum. Der hinter dem Taufbecken liegende Raum, der ebenfalls durch ein Rundbogentor abgeteilt wird, scheint keine Beleuchtung zu besitzen, er ist komplett verschattet.



□ 388

Digitale Visualisierung des Baptisteriums der ersten Kirche am Standort des Kölner Doms, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:48, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Nun ist wieder eine Ansicht aus der Vogelperspektive auf den nordöstlichen Teil der Stadt zu sehen, die deren Zustand um das 6. bis 7. Jahrhundert zeigt. Bis um 800 wird die Kirche mehrfach umgebaut, wie der Sprecher erwähnt. Visuell dargestellt werden deren architektonische Entwicklung sowie die Veränderung der Stadtstruktur anhand einer Überblendung auf ein Bild mit dem letzten Zustand dieser Phase [389](#).



□ 389

Bildabfolge zur Darstellung der Bauphasen der ersten Bischofskirche in Köln vom 6. bis 7. Jahrhundert bis um etwa 800, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 3:08 – 3:12, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

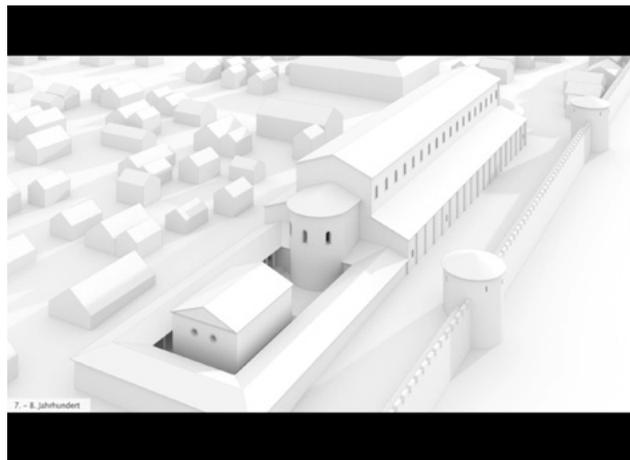
Daraufhin wechselt der Standpunkt der virtuellen Kamera, sodass die Kirche nun aus Richtung Nordosten im Bild ist [390](#). Währenddessen weist der Sprecher daraufhin, dass nun die letzte Bauphase des Baptisteriums zu sehen ist, an dessen Stelle im 9. Jahrhundert ein Friedhof angelegt wird, der noch heute existiert. Diese Information wird ohne entsprechende Visualisierung nur in verbaler Form weitergegeben.

Im Anschluss daran folgt eine Ansicht, die sich gestalterisch von den bisherigen abhebt. Denn hier ist der Gebäudekomplex der Kirche um das 7. bis 8. Jahrhundert in Form einer Axonometrie dargestellt [391](#). Nur die nördlichen und östlichen Außenmauern der Kirche sind plastisch modelliert, die übrigen Wände werden durch dünne schwarze Umrisslinien angedeutet und ergänzen somit den Baukörper zu einem Volumen. Viele Details im Boden wurden dreidi-

## ■ 1614

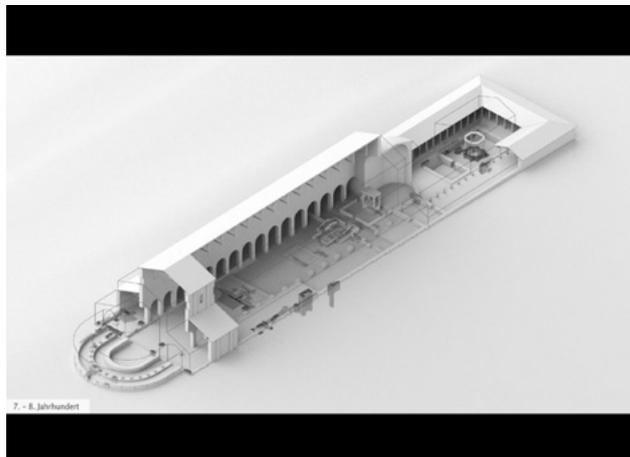
Darauf machte Dominik Lengyel die Autorin in einer E-Mail vom 30.07.2017 aufmerksam.

mensional visualisiert und in unterschiedlichen Grautönen gefärbt: Sie bilden archäologische Funde von unter anderem Mauerresten, Fundamenten, Böden und dem Taufbecken ab. Auf diese Weise ist ein Blick in das Innere des Bauwerks und die ihm zugrundeliegenden Schichten historischer Bausubstanz möglich. Der Sprecher erläutert hierzu zwei Möglichkeiten der architektonischen Ausformung der Kirche, die aufgrund der archäologischen Befunde in Betracht kommen. Visualisiert ist nur eine davon: die erste karolingische Bauphase des 7. bis 8. Jahrhunderts als Erweiterung des Baus aus dem 6. bis 7. Jahrhundert. Die zweite Möglichkeit – die Errichtung eines eigenständigen Kirchenbaus – wurde nicht dargestellt, da dies zum Zeitpunkt der computertechnischen Modellierung als weit unwahrscheinlicher eingestuft wurde. **1614** Darauf weist der Sprecher jedoch nicht hin.



## □ 390

Digitale Visualisierung der ersten Bischofskirche in Köln um das 7. bis 8. Jahrhundert, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 3:17, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



## □ 391

Digitale Visualisierung der ersten Bischofskirche in Köln in Form einer Axonometrie mit hypothetischer Darstellung der ersten karolingischen Bauphase im 7. bis 8. Jahrhundert als Erweiterung des Baus aus dem 6. bis 7. Jahrhundert, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 3:27, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

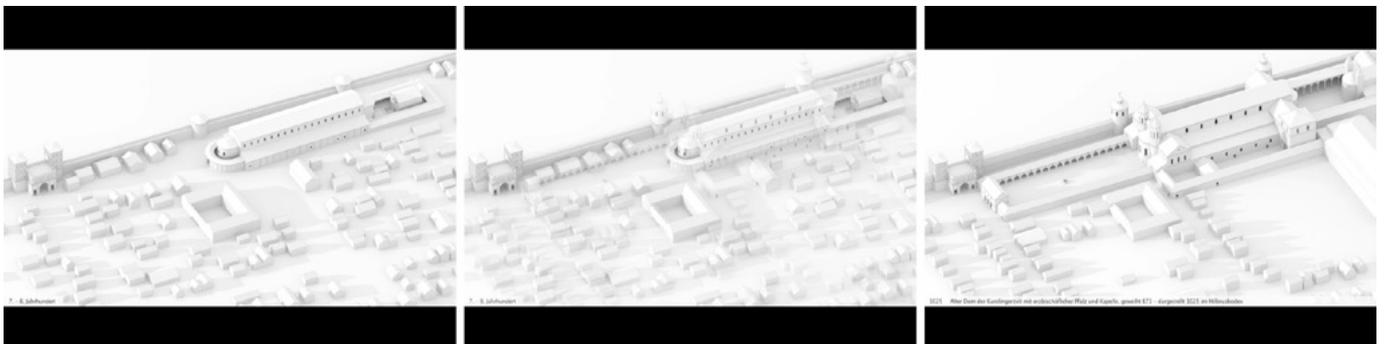
Hierauf folgt eine Innenansicht der Kirche des 7. bis 8. Jahrhunderts mit Blick Richtung Osten **392**. Die Einbauten, die der Sprecher kurz beschreibt – Grabstätte, zwei Kanzeln und ein erhöhter Fußboden im Ostteil – liegen teils verschattet im Bildhintergrund, sodass sie eher zu errahnen, als genau zu erkennen sind. Dies entspricht jedoch genau der Darstellungsmethode von Lengyel und Toulouse, eine visuelle Unschärfe einzubringen, wenn die exakten Details nicht bekannt sind.



□ 392

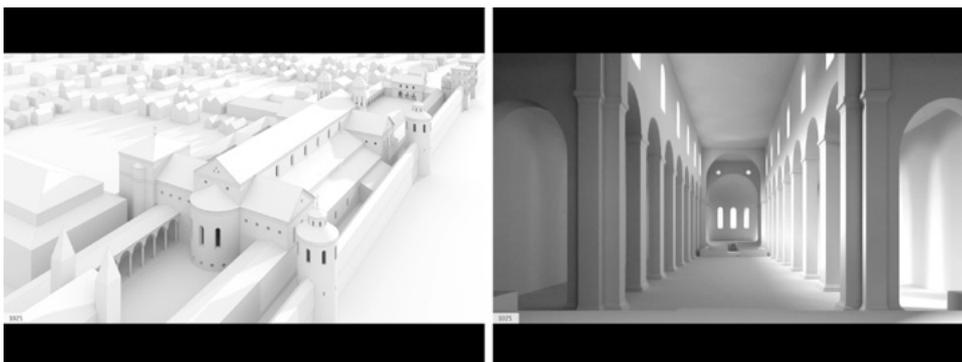
Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:00, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Daran schließt sich abermals eine Sequenz von zwei ineinander überblendeten Ansichten an, die die bauliche Entwicklung der Kirche zeigen <sup>[393]</sup>. So wird die architektonische Veränderung zwischen der ersten und zweiten Bischofskirche anschaulich vor Augen geführt. Die eingeblendete Information zum letzten Bild weist daraufhin, dass der wiedergegebene Bauzustand im Hillinus-Codex dargestellt ist. Nachdem eine weitere Ansicht des Alten Doms zu sehen ist, die ihn allerdings aus Richtung Nordosten abbildet, folgt ein Bild, das dessen Innenraum wiedergibt <sup>[394]</sup>. Der Bildaufbau gleicht dabei denjenigen Ansichten, die zuvor von der ersten Bischofskirche gezeigt wurden <sup>[390]</sup> <sup>[392]</sup>. So ist es für den Betrachter möglich einen visuellen Vergleich der baulichen Entwicklungsstufen zu ziehen.



□ 393

Überblendung zweier Ansichten mit unterschiedlichen Bauphasen: erste Bischofskirche Zustand 7. bis 8. Jahrhundert (links) und zweite Bischofskirche um 1025 (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:05 – 4:32, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 394

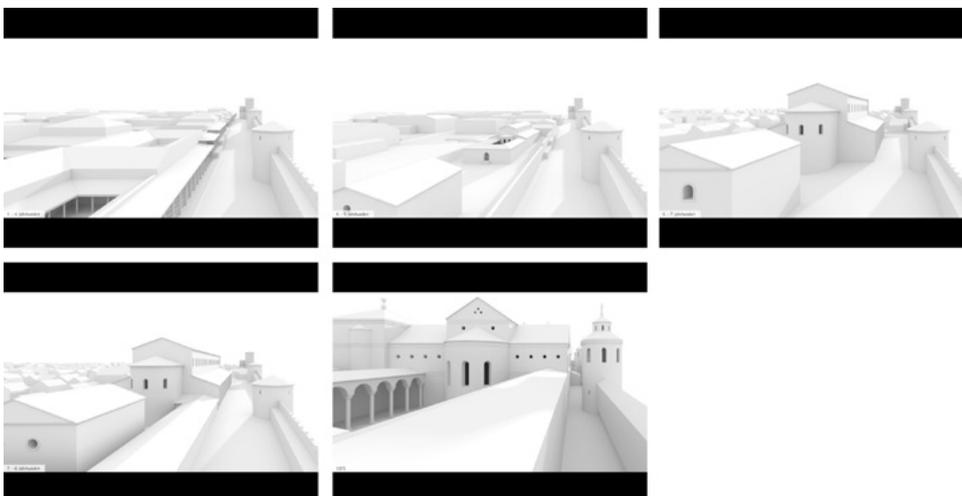
Digitale Visualisierung des Alten Doms um 1025 mit Ansicht aus Nordost und Blick in den Innenraum in Richtung Osten, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:46 – 5:00, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Mit dem Einblenden des nächsten Bildes erfolgt eine gestalterische Zäsur des Films, die zugleich dessen Mitte markiert. Es handelt sich dabei um das in Farbe gezeigte Widmungsbild aus dem Hillinus-Codex, das laut Sprecher die Rekonstruktion des Alten Doms ermöglicht. Sogleich ist eine Ansicht der digitalen Visualisierung des Bauwerks zu sehen, die die Ähnlichkeit der historischen Vorlage deutlich werden lässt <sup>[395]</sup>. Auf diese Gegenüberstellung wird in einem späteren Abschnitt zur Detailgenauigkeit der Darstellung genauer eingegangen. Hiermit endet die längste Sequenz des Films, die die Bauphasen bis 1025 umfasst.

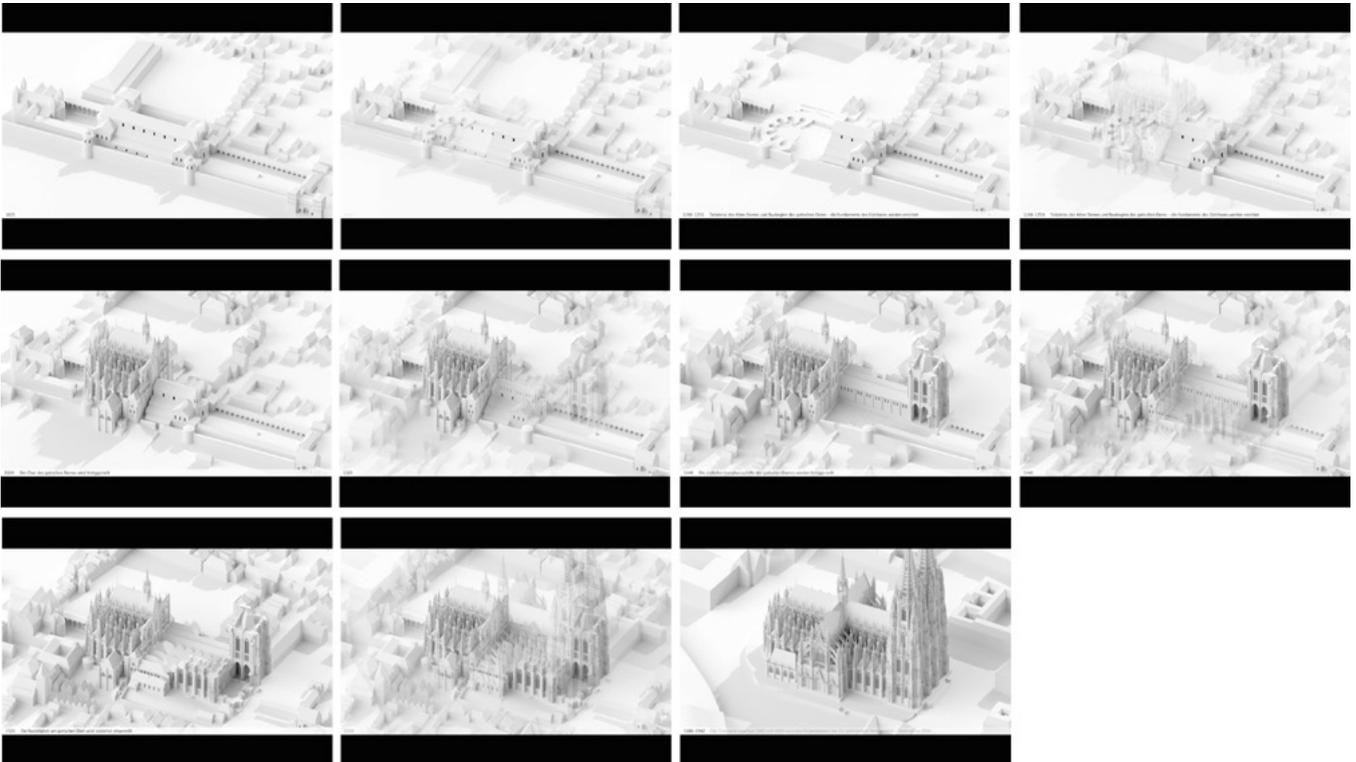


□ 395  
Darstellung des Alten Doms im Hillinus-Codex (links) und in der digitalen Visualisierung (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 5:15 – 5:30, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Es folgt ein Rückblick auf die vorangegangenen Bauphasen anhand einer Aneinanderreihung von Einzelbildern, die die Vorgängerbauten des Kölner Doms jeweils von Nordosten zeigen <sup>[396]</sup>. Die Bilder weisen allesamt die gleiche Kameraeinstellung auf und werden ineinander überblendet, wodurch der filmische Effekt eines Zeiträffers evoziert wird. Nach dem Zeigen des Zustands des Alten Doms um 1025 wechselt die Position der virtuellen Kamera, sodass die Kirche nun aus der Vogelperspektive von Nordwesten zu sehen ist. Diese Einstellung bildet den Beginn der nächsten Sequenz, die sich der Baugeschichte des gotischen Doms widmet <sup>[397]</sup>. Die jeweiligen Phasen werden in Einzelbildern dargestellt, die wie schon zuvor ineinander überblendet werden. Der Sprecher erläutert hierzu die Besonderheiten und Schwierigkeiten, die sich während der Bautätigkeiten bis ins 19. Jahrhundert ergaben. Diese Entwicklung schließt mit einem Bild, das den Kölner Dom in seinem Zustand vor der Bombardierung 1942 zeigt.



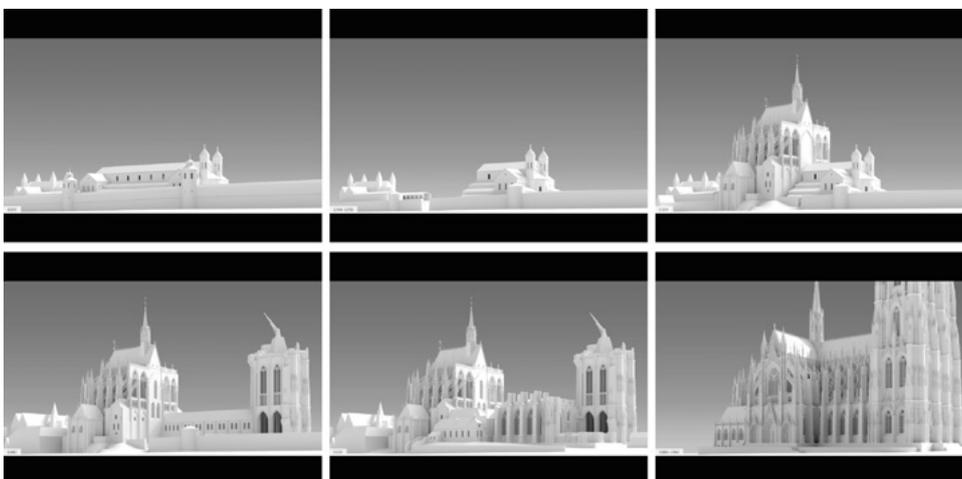
□ 396  
Überblick über fünf Bauphasen: 1. bis 4. Jahrhundert, 4. bis 5. Jahrhundert, 6. bis 7. Jahrhundert, 7. bis 8. Jahrhundert und um 1025, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 5:52 – 6:30, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 397

Aus der Vogelperspektive dargestellter Überblick über die Bauphasen, beginnend mit dem Alten Dom 1025 über die Erbauung des gotischen Doms im 13. Jahrhundert und dessen Vollendung 1880 bis hin zu seinem Zustand 1942, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 6:39 – 7:30, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Auch diese Bauphasen werden anschließend anhand eines Überblicks visuell und verbal kurz zusammengefasst [398]. Die virtuelle Kamera nimmt hierzu eine andere Perspektive ein als zuvor.

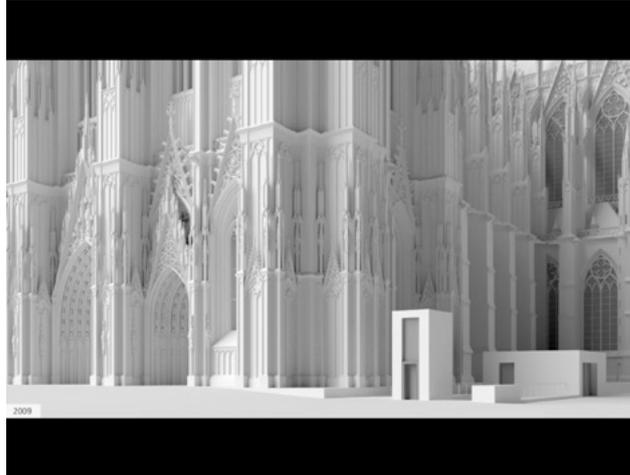


□ 398

Aus der Perspektive eines Spaziergängers dargestellter Überblick über die Bauphasen, beginnend mit dem Alten Dom 1025 bis hin zu seinem Zustand 1942, Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 7:43 – 8:23, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Den Abschluss des Films bildet eine Sequenz, die den finalen Zustand des Kölner Doms zeigt. Die Kirche wird hier als Solitär ohne umgebende Bebauung auf einem niedrigen Podest stehend dargestellt. Eine Abfolge von Einzelbildern präsentiert das Gebäude aus verschiedenen Perspektiven [381]. Zuletzt ist eine Nahansicht des unteren Bereichs des Südturms aus dem Blickwinkel eines

Fußgängers zu sehen. Im Bild befindet sich auch der 2009 realisierte Zugang zu den Fundamenten, der zu dem Ausstellungsort führt, an dem dieser Film als Dauerinstallation der Öffentlichkeit präsentiert wird [399]. Mit einem etwa einmütigen Abspann, der eine Auflistung der Beteiligten an dem Gesamtprojekt von digitaler Rekonstruktion und Filmfassung beinhaltet, endet der Film.



□ 399

Visualisierung des heutigen Zustands des Kölner Doms mit dem 2009 eingerichteten Zugang zu den Fundamenten, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 8:45, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Dieser unter analytischem Blick dargelegte virtuelle Rundgang bildet die Basis für die nun folgende detaillierte Analyse, die zunächst auf die Verwendung von Farben und Texturen sowie die daraus resultierende Bildsprache eingeht.

### **Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Verwendung von Farben und Texturen – Bildsprache**

Die komplette Visualisierung ist in Grautönen gehalten, wobei Dächer und nach oben weisende Oberflächen weiß gefärbt sind. Je nach Lichteinfall haben Wandflächen eine hell- bis dunkelgraue Farbe. Teils definieren feine Umrandungslinien bestimmte Bauglieder, teils werden Kanten durch das Aufeinandertreffen von weißen und grauen Flächen gebildet. **1615** Die Oberflächen sämtlicher Objekte im 3D-Modell weisen allesamt keine Texturen auf, die etwa bestimmte Materialien nachahmen würden. So werden alle dargestellten Elemente, ob Fußboden, Mauer, Dach oder auch Himmel gleich behandelt und nicht näher charakterisiert oder differenziert visualisiert. Jedoch sind sie durch ihre spezifische geometrische Form beziehungsweise Anordnung im Modell als bestimmtes Objekt klar zu erkennen. Dies bedeutet eine klare Reduktion auf das Wesentliche, also die pure Form und Geometrie der Bauten.

Von dieser den Film durchziehenden Bildsprache weichen allerdings drei Sequenzen ab. Gleich zu Beginn wird nach dem einleitenden Bild des Doms eine schematische Darstellung der Bauphasen eingeblendet: Im Hochformat ist in der oberen Bildhälfte auf weißem Grund ein in hellgrauer Farbe gehaltener Schnitt durch die Kirche zu sehen [382]. Entsprechend des zeitlichen Verlaufs der Bauphasen sind die Schnitte zu den einzelnen Bauwerken in verschiedenen dunkleren Grautönen gestaffelt angeordnet. In der unteren Bildhälfte vollzieht sich dies nach dem gleichen Prinzip in Form der Grundrisse, die hier als graue Flächen dargestellt sind, ohne Spezifizierung von Gebäudeöffnungen oder architektonischen Elementen wie Pfeiler oder dergleichen. So ist durch diese collageartige Zusammenstellung klar ersichtlich, wie sich die

#### ■ 1615

In den Abbildungen der zum Film gehörenden Buchpublikation sind in einigen Bildern dünne schwarze Umrisslinien zu sehen, die im Film kaum zu finden sind. Dies liegt daran, dass im Buch ein anderer Kontrast gewählt wurde, um die Objekte entsprechend wahrnehmen zu können. Im Film sind die Visualisierungen sozusagen »unschärfer« dargestellt. Dies erläuterte Dominik Lengyel der Autorin in einem Gespräch am 26. September 2016.

Größenverhältnisse und räumlichen Ausmaße der Kirche im Laufe der Zeit verändert haben.

Eine weitere hervorzuhebende Darstellungsweise findet sich in der längsten Sequenz des Films, dem Abschnitt zu den Bauphasen bis 1025. Der Zustand des Gebäudes um das 7. bis 8. Jahrhundert ist in Form einer Axonometrie dargestellt <sup>[391]</sup>. Herausgelöst aus der Umgebung ist sie als Solitär auf hellgrauem Grund visualisiert und schräg ins querformatige Bild gesetzt. Einzelne Objekte sind als solide Körper mit opaken Oberflächen versehen, andere werden nur mit feinen schwarzen Umrisslinien räumlich angedeutet. Diese Ansicht ermöglicht einen exklusiven Blick in das Innere des Kirchenbaus und auf die ihm wortwörtlich zugrundeliegenden architektonischen Details vorangegangener Bauphasen. Die im Bild zu erkennenden Umrisslinien vervollständigen das Gesamtvolumen des Bauwerks, könnten aber durchaus auch als den Hypothesencharakter der abgebildeten Rekonstruktion unterstreichende Elemente gedeutet werden.

Folgende dritte Sequenz, die sich in der Mitte des Films befindet, stellt einen starken Kontrast zum Rest des Films dar: die Einblendung des in Farbe gezeigten Widmungsbilds aus dem Hillinus-Codex <sup>[395]</sup>. **1616** Die farbenprächtige Ausgestaltung dieses Bildwerks stellt in visueller Hinsicht eine Zäsur dar. Zwar weist der Sprecher explizit auf den im unteren Bereich der Seite dargestellten Fußboden hin, der sich aus roten und grünen auf die Spitze gestellten Quadraten zusammensetzt, jedoch wird danach keine Innenansicht des Baus gezeigt.

In gestalterischer Hinsicht unterscheidet sich zudem die Anfangs- und Schlussequenz von weiten Teilen des Films, denn in diesen sind Bilder im Hochformat eingesetzt, im Gegensatz zum restlichen Teil des Films, in dem das Bildformat 16:9 verwendet wird <sup>[381]</sup>. Zu sehen ist jeweils der vollendete Zustand des Kölner Doms. Diese Ansichten bieten somit einen visuellen wie auch inhaltlichen Rahmen und stellen dadurch eine heutigen Besuchern vertraute Form der Kirche gestalterisch in den Fokus.

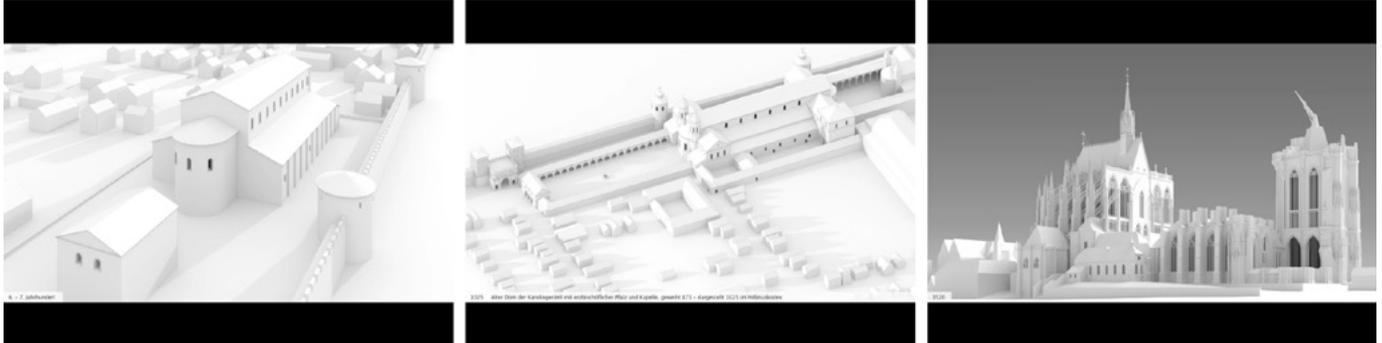
### **Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Einsatz von Licht und Schatten**

Nach der Betrachtung der Verwendung von Farben und der Bildgestaltung allgemein, wird nun der Fokus auf den Einsatz von simulierten Lichtquellen und daraus resultierenden Schatten gelegt. Dies scheint in der Visualisierung relativ realistisch wiedergegeben zu sein. Jedoch unterscheidet sich die Wirkung des Lichteinfalls auf die Architektur je nachdem, ob es sich um eine Ansicht des Außen- oder Innenraums handelt. Bei sämtlichen Bildern, die die Gebäude von außen zeigen, befindet sich die Lichtquelle im Westen. Zu erkennen ist dies an den langen Schlagschatten der Bauwerke, die sich deutlich auf dem Boden und an den Nachbarhäusern abzeichnen. In Einstellungen, die den Dom beziehungsweise seine Vorgängerbauten aus Richtung Norden zeigen, erfolgt die Beleuchtung hingegen aus Süden. Dies mutet auf den ersten Blick merkwürdig an, da auf diese Weise die Partien, die sich frontal zum Betrachter befinden, leicht verschattet sind. Vergleicht man diese Bilder mit Ansichten, in denen sich die Lichtquelle im Westen befindet, fällt auf, dass auch hier die dem Betrachter zugewandten Wände im Schatten liegen <sup>[400]</sup>. So scheint diese Art

#### ■ 1616

Vgl. Informationen zum Hillinus-Codex auf der Webseite der Erzbischöflichen Diözesan- und Dombibliothek Köln unter: <https://digital.dombibliothek-koeln.de/hs/content/titleinfo/213994> sowie auf der Webseite des Projekts »Codices Electronici Ecclesiae Coloniensis (CEEC)« der Universität zu Köln: <http://www.ceec.uni-koeln.de/ceec-cgi/kleioc>.

der Darstellung bewusst gewählt worden zu sein, um diejenigen Parteien, die im Fokus des Interesses stehen, anhand der grauen Farbigkeit – also des simulierten Schattens – besser von der weißen Umgebung abzuheben. Auf diese Weise sind die einzelnen Gebäudeteile wesentlich besser zu erkennen beziehungsweise voneinander zu unterscheiden.



□ 400

Unterschiedliche, simulierte Lichtquellen: Lichteinfall von Westen (links, Mitte) und von Süden (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

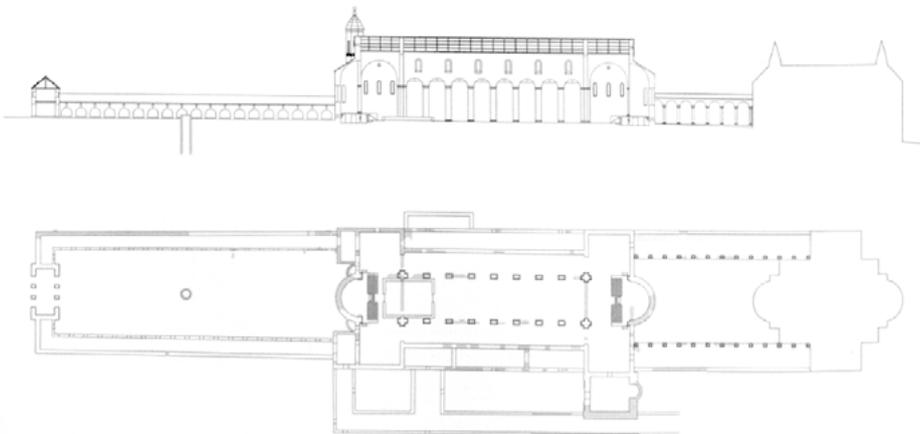
Nun sei noch auf die in den drei Innenansichten wiedergegebene Beleuchtung eingegangen: Im Film werden drei Ansichten des Innenraums aus unterschiedlichen Bauphasen gezeigt <sup>[401]</sup>. In den Visualisierungen des 6. bis 7. sowie des 7. bis 8. Jahrhunderts fällt das Licht von Süden – hier auf der rechten Seite dargestellt – ein. In der Ansicht, die den Zustand des Alten Doms um 1025 wiedergibt, befindet sich die Lichtquelle hingegen links. Da am Ende des Baus ein Chor zu sehen ist, liegt die Vermutung nahe, es handle sich hier um den Ostchor. Dementsprechend fiel das Licht von Norden ein, was anhand der dargestellten Lichtintensität als merkwürdig anmutet. Die vom Sprecher gelieferten Informationen können diese Frage nicht endgültig lösen und auch die Außenansichten nicht, da sich sowohl an der Ost- als auch an der Westseite je ein Chor befindet. Zudem gleichen sich von außen beide Bauten architektonisch. Erst ein Blick in das zum Film erschienene Buch kann hier Aufschluss bringen: Der Grundriss der Kirche um 1025 legt nahe, dass in der im Film gezeigten Innenansicht der im Westen befindliche Chor zu sehen ist <sup>[402]</sup>. Insofern ist festzustellen, dass dieses Bild des Innenraums beim Betrachter zur irreführenden Annahme führt, es handle sich um den Chor im Osten. Evoziert wird dies von den zuvor gezeigten Innenansichten, die jeweils den Blick in Richtung Ostchor wiedergeben. An dieser Stelle wäre ein kurzer Hinweis von Seiten des Sprechers hilfreich gewesen.

Insgesamt sind die Schatten im Innenraum markanter dargestellt, als in den Ansichten des Äußeren der Bauwerke <sup>[394]</sup>. Zudem ist eine variantenreichere Abstufung der Grautöne zu bemerken. Diese Gestaltung lässt die Innenräume tief erscheinen und kleine Details wie angedeutete Kämpfer an den Pfeilern deutlicher hervortreten. Die Detailgenauigkeit der gesamten Visualisierung in Bezug auf vorliegende Quellen wird im folgenden Abschnitt genauer untersucht.



□ 401

Lichteinfall in den Innenansichten der Bauzustände um das 6. bis 7. Jahrhundert (links), 7. bis 8. Jahrhundert (Mitte) und um 1025 (rechts), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.



□ 402

Grundriss und Schnitt der Bauphase des Alten Doms vom 9. bis 12. Jahrhundert, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2011.

### Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Detailgenauigkeit

Im Film finden sich außer in den Ansichten des gotischen Doms kaum detailliert ausgearbeitete Elemente, was der Quellenlage geschuldet ist. Allerdings weisen beispielsweise die Visualisierungen der Phasen des 6. bis 7. sowie des 7. bis 8. Jahrhunderts in gestalterischer Hinsicht keine großen Unterschiede gegenüber der Darstellung der vorangegangenen römischen Zeit auf, aus der weit weniger gesicherte Informationen vorliegen <sup>[385]</sup> <sup>[389]</sup>. Es lässt sich keine Abstufung in der Wiedergabe unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsgrade in den Überblicksbildern feststellen. Alles ist gleichmäßig in Grautönen dargestellt. Die Bildsprache ändert sich im weiteren Verlauf des Films nicht, einzig der Sprecher weist auf die jeweiligen Unterschiede in der Befundlage hin.

Eine Differenzierung erfolgt jedoch im Hinblick auf das architektonische Detail. So weisen beispielsweise Friesbänder und kleine Rundfenster in der Rekonstruktion des Alten Doms daraufhin, dass hier ausreichend historische Quellen vorlagen, um diese Details darzustellen, im Gegensatz zu den nicht näher spezifizierten Nachbargebäuden oder Bauten früherer Epochen <sup>[394]</sup>.

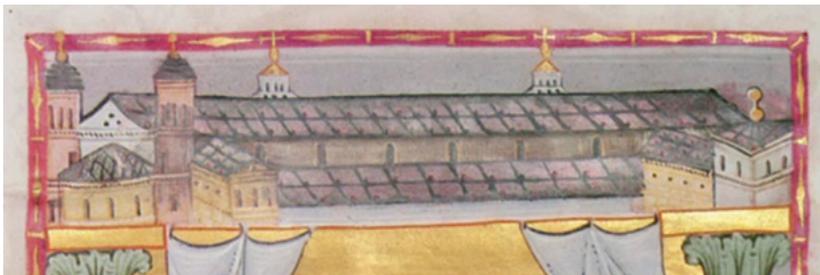
Laut des Sprechers haben sich die Grundmauern sowie Reste des Fußbodens des Alten Doms erhalten. In der Visualisierung von dessen Innenraum wird der Fußboden jedoch als plane graue Fläche dargestellt. Dies widerspricht sich mit der Aussage des Sprechers während der unmittelbar darauffolgenden Einblendung der Widmungsseite aus dem Hillinus-Codex zum aufschlussrei-

## ■ 1617

Das Zitat stammt aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, ca. 05:17 – 05:28 Min., online auf »YouTube« abrufbar: <https://www.youtube.com/watch?v=1ZiDbLNxALY>.

chen Informationsgehalt dieser historischen Darstellung: »Der dargestellte Bodenbelag zeigt, wie der Fußboden im Alten Dom ausgesehen hat. Im oberen Bildfeld ist der Alte Dom zu sehen. Das Bild ermöglicht seine detaillierte Rekonstruktion.« <sup>1617</sup> Die Gestaltung des Fußbodens, die auch archäologisch belegt ist, wird in der digitalen Rekonstruktion nicht visualisiert. Das Weglassen dieses Details mag eine wohlüberlegte Entscheidung gewesen sein, jedoch fällt das Fehlen des archäologisch belegbaren Fußbodens durch den Hinweis des Sprechers umso mehr auf und wäre ein bereicherndes Element in der Visualisierung gewesen. Um die Bildsprache des Films nicht zu stören, wäre es möglich gewesen, das Rautenmuster in Grautönen darzustellen. Dies hätte dazu beigetragen die unterschiedliche Befundlage einzelner Bauphasen auch visuell widerzuspiegeln.

Auf die Einblendung der Widmungsseite folgt eine Ansicht des digital rekonstruierten Alten Doms, in der sämtliche Elemente aus der historischen Darstellung auch im 3D-Modell wiederzufinden sind <sup>403</sup>. Die Perspektive der digitalen Visualisierung ist so gewählt, dass sie mit der Ansicht im Codex vergleichbar ist und die Rekonstruktion nach der historischen Quelle leicht nachvollziehbar macht. So tauchen unter anderem die Friesbänder unterhalb des Dachansatzes wieder auf, ebenso die kleinen Rundfenster am Giebel des Hauptschiffs sowie an den Querhäusern. Wünschenswert wäre hier lediglich gewesen, beide Darstellungen im direkten Vergleich zueinander in einem Bild zu zeigen, um dem Betrachter die Möglichkeit zu geben, Quelle und Rekonstruktion gleichzeitig im Blick zu haben.



□ 403

Darstellung des Alten Doms auf der Widmungsseite des Hillinus-Codex um 1025 (oben) und in der digitalen Visualisierung (unten), Stills aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010.

Im Film wird verbal wie auch schriftlich auf Ereignisse hingewiesen, die Teil der Baugeschichte des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten sind, beispielsweise die Zerstörung einiger Bauwerke durch die Franken im Jahr 355, der Wiederaufbau der Stadt durch die Römer kurze Zeit später oder die Bombardierung Kölns 1942, ebenso werden alternative Möglichkeiten zur Rekonstruktion der Bauwerke erklärt. Jedoch werden all diese Begebenheiten nicht beziehungsweise nur indirekt visuell wiedergegeben. Beispielsweise werden die gravierenden Eingriffe der Franken in das Stadtbild anhand der Überblendung zweier Ansichten widerspiegelt: Auf ein Bild mit intaktem Häuser- und Straßengeflecht folgt eine Einstellung mit nur mehr lückenhafter Bebauung <sup>[385]</sup>. Die Zerstörung der Kirche im Zweiten Weltkrieg wird hingegen überhaupt nicht visuell wiedergegeben, was aber mit der Einblendung der Ruine des Bauwerks möglich gewesen wäre, ohne die Bildsprache des Films zu stören. Das bewusste Nicht-Zeigen von bestimmten Ereignissen kann als Teil des Konzepts des Films gesehen werden. Der Betrachter ist somit vielmehr selbst gefordert, sich die vom Sprecher geäußerten Andeutungen mit der eigenen Vorstellungskraft zu imaginieren.

### **Analyse der fertiggestellten Visualisierung – Plastizität, Raumeindruck und Perspektive**

Wie zuvor bereits erläutert, handelt es sich bei allen Bildern des Films um Standbilder. Sie alle wurden einzeln erstellt mit einer für den jeweils zu zeigenden Bildausschnitt bewusst ausgewählten Perspektive. Dominik Lengyel <sup>1618</sup> beschreibt die Grundsätze der Bildsprache hinsichtlich dieser Parameter folgendermaßen:

»Konkrete Besonderheiten gegenüber früheren Darstellungen sind die Kontextualität, dass also die Kirchen immer im städtischen Umfeld standen, sowie die konsequente Darstellung aus einer angenommenen historischen Betrachterperspektive. Außerdem sind alle Darstellungen in sich geschlossen, sie sind Einblicke in eine kohärente virtuelle Welt, deren innere Gesetzmäßigkeiten denen der realen Welt ähneln. Hybride aus Grundrisszeichnungen und digitalen Volumina sind damit ausdrücklich ausgeschlossen. Auch ist der Bildausschnitt immer auf die dargestellte Welt begrenzt, die Visualisierung erscheint damit niemals als Solitär in einem fotostudio- oder modellbauwerkstatt-ähnlichen Kontext.«

Die einzige Ausnahme von diesem Prinzip bilden das Anfangsbild und die Schlussequenz, die den Dom als Solitär von verschiedenen Betrachterstandpunkten aus gesehen abbilden. Diese Bilder wirken wie Fotografien eines haptischen Modells, das von mehreren Seiten gezeigt wird. Anstelle einer Kamerafahrt um das Modell herum, werden nur vier ausgewählte Abbildungen des Bauwerks gezeigt. Sie werden zwar durch Überblendungen miteinander verbunden, jedoch ergibt sich daraus keine kontinuierliche, simulierte Kamerafahrt um

#### ■ 1618

Vgl. [Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 5](#).

die Kirche. Genau hier hätte es sich aber angeboten, eine Animation des 3D-Modells einzusetzen beziehungsweise eine engmaschigere Auswahl an Einzelbildern vorzunehmen, um einen fließenden Rundumblick um die virtuelle Kirche zu ermöglichen.

Die digital visualisierten Bauwerke werden im Film aus unterschiedlichen Blickwinkeln dargestellt: Die Einstellungen, die Innenansichten einzelner Bauphasen des Doms oder seiner Vorgängerbauten visualisieren, zeigen den Raum aus der Perspektive eines Besuchers. Dieser ist mittig positioniert und blickt sozusagen geradeaus, das heißt das Bild ist nicht gekippt oder gedreht. Die Außenansichten der Bauwerke sind zumeist aus der Vogelperspektive oder zumindest aus einer Höhe von wenigen Metern über dem Boden festgehalten. Gegen Ende des Films, beginnend mit dem Überblick über die mittelalterlichen Bauphasen, ist der Dom jedoch nur mehr aus der Perspektive eines Fußgängers im Bild. Dies vermittelt den Eindruck, dass mit der zeitlichen Nähe der Bauphasen auch die räumliche Nähe zum Bau zunimmt. Der distanzierte Blick von oben auf die architektonische Entwicklung wird somit abgelöst von einer optisch vertrauteren Wahrnehmung des Gebäudes.

Der Eindruck räumlicher Tiefe ist im gesamten Film gegeben, in manchen Einstellungen deutlicher als in anderen: So ist generell zu bemerken, dass die Ansichten der Innenräume aufgrund eines breiteren Grau-Spektrums und größerer Flächen eine stärkere räumliche Wirkung haben als Außenansichten<sup>[394]</sup>. Insbesondere die Einstellungen, die die Stadt aus der Vogelperspektive zeigen, weisen einen hohen Anteil an weißen Flächen auf, die hellgrauen Partien gegenüberstehen und sich daher nicht so deutlich voneinander absetzen. Eine stärkere räumliche Wirkung hätte beispielsweise erreicht werden können, indem Schatten deutlich dunkler wiedergegeben worden wären. Zudem hätten Bauten, die weiter entfernt liegen, mit zunehmender Unschärfe dargestellt werden können.

Dieses Prinzip fand hingegen Anwendung in den Ansichten der Innenräume. Insbesondere in den Einstellungen zum Zustand um das 7. bis 8. Jahrhundert und um 1025 erscheinen weit entfernt liegende architektonische Details – wie die Podeste und Treppen im Chorbereich – etwas unscharf, sodass sich die Tiefenwirkung der Räume voll entfalten kann<sup>[401]</sup>. Diese Bilder sind zudem stark von Symmetrie geprägt, da sich der virtuelle Betrachter immer auf der Mittelachse des Raums befindet.

Die den Einzelbildern inhärente Statik wird aber aufgebrochen, in dem sie mit weichen Überblendungen aneinander gefügt werden. Insbesondere Sequenzen, die einen Überblick über bestimmte Bauphasen der Kirche zeigen, profitieren von dieser Darstellungsmethode. Diese Art der Bildmontage erzeugt Dynamik, als Gegenpol zu den statischen Einzelbildern, aus denen der Film zusammengesetzt ist. Aber auch die plastische Wirkung erhöht sich, indem einzelne Bereiche der Gebäude verschwinden und andere hinzukommen. So erhalten die Ansichten anhand ihrer Abfolge eine räumliche Tiefe.

### **Zwischenfazit zur Analyse und Ausblick**

Der Film *Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten* wirkt im Gegensatz zu vielen anderen digitalen Visualisierungen historischer Architektur, die in der vorliegenden Arbeit analysiert werden, komplett entschleunigt. Dieser Eindruck ist auf verschiedene gestalterische und filmische Metho-

den zurückzuführen. Vor allem die Farbgebung als gestalterisches Mittel trägt hierzu bei, denn die Reduktion auf Grautöne beruhigt den optischen Eindruck. Die Konzentration des Betrachters wird dadurch insbesondere auf die Wahrnehmung der geometrischen Formen gelenkt und damit auf die Veränderung der Architektur über die Zeit. Der Verzicht auf Kamerafahrten, Schwenks und Zoomeffekte kann als filmisches Mittel betrachtet werden, das die Geschwindigkeit in der Bildabfolge und damit der Eindrücke, die auf den Betrachter einwirken, extrem reduziert. Hinzu kommt die klare symmetrische Anordnung des 3D-Modells im Bildausschnitt. Dies ist insbesondere in den Ansichten am Anfang und Ende des Films der Fall, in denen der gesamte Baukörper des Doms zu sehen und mittig angeordnet ist. In Ansichten des Innenraums befindet sich der Standpunkt des Betrachters immer auf der Mittelachse, sodass das Bild durch seine klare Ordnung sehr ruhig wirkt.

Die Übergänge zwischen den einzelnen Standbildern sind als Überblendungen zu identifizieren. Hier wurde auf den Einsatz von Zeitraffereffekten verzichtet, die weit mehr Einzelbilder erfordert hätten, um einen komplett dynamischen Ablauf der Bilder im Sinne einer fließenden Bewegung zu ermöglichen. Eine Verbindung zwischen den Bildern erzeugt auch der Sprecher. Durch seine Anmerkungen verknüpft er die Einzelbilder in einer übergeordneten inhaltlichen Wissensebene miteinander. Zudem liefert er nur einen mündlichen Verweis auf bestimmte Elemente im Bild, was zur Konzentration auf das Wesentliche im Film beiträgt.

Die in Grau gehaltenen Bilder sollen den Hypothesencharakter der gesamten Visualisierung verdeutlichen. Die Besonderheit an dieser Darstellung ist, dass Lengyel und Toulouse nicht einzelne Wahrscheinlichkeitsstufen in unterschiedlichen Grautönen wiedergeben, sondern die Detailgenauigkeit abstufen, je nachdem ob Quellen vorlagen oder wie verlässlich diese waren. So finden sich in den Bildern, die das römische Köln zeigen, keine Türen und Fenster an den Bauwerken, die nur als schematische Kuben dargestellt sind. Der Alte Dom erhält hingegen verschiedene architektonische Details, da hier auf entsprechende Nachweise zurückgegriffen werden konnte. Warum allerdings der Fußboden aus dieser Bauphase nicht im 3D-Modell wiedergegeben ist, wird weder im Film noch in der Buchpublikation thematisiert. Die Auswahl der abzubildenden Elemente in der Visualisierung bleibt damit ein Stück weit im Unklaren. In der Darstellung des gotischen Doms entfaltet sich schließlich eine Fülle an Details, während die umgebende Bebauung nur als geometrische Grundkörper erscheinen und somit einen starken Kontrast bilden. Sie treten optisch zurück und wirken wie Staffagearchitektur, wodurch der Dom in den Fokus der Aufmerksamkeit der Betrachter gerückt wird. Die Darstellung von Hypothesen erfolgt hier also vornehmlich auf der Ebene der Details. Sie unterscheidet sich damit von anderen Konzepten zur Hypothesendarstellung, die beispielsweise Farbskalen mit Grautönen oder bunten Farbtönen verwenden, um zwischen unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsgraden zu differenzieren. Auf diese wird in **Kapitel 6.2 (→ 469)** genauer eingegangen.

Um den Eindruck zu vermeiden, Lengyel und Toulouse verweigerten sich grundsätzlich farbiger Darstellungen in Visualisierungen, soll folgendes Projekt gleichsam als Ausblick auf weitere Arbeiten zum Kölner Dom kurz vorgestellt werden: Im Jahr 2013 erhielten die beiden Architekten von der Kölner Dommu-

sik den Auftrag, den Innenraum der Kirche um das Jahr 1856 digital zu rekonstruieren <sup>404</sup>. <sup>1619</sup> Ziel war das Wissen über diese spezifische Bauphase der Kirche darzustellen. Da hierzu eine Vielzahl an Quellen und farbigen Befunden vorlagen, konnte auch eine polychrome Wiedergabe umgesetzt werden. Dennoch wurden Details wie Holzmaserungen weggelassen und beispielsweise die Seitenkapellen des Chorumgangs nicht ausgeschmückt. Denn hierzu lagen keine entsprechenden Hinweise zu deren Beschaffenheit vor. Insgesamt zeigen sich auch in diesem Projekt in sich stimmige Visualisierungen, wie es dem bereits aufgezeigten grundsätzlichen Konzept von Lengyel und Toulouse entspricht.



□ 404

Digital rekonstruierter Innenraum des Kölner Doms um 1856: Blick zur Chortrennwand aus dem 14. Jahrhundert (links) und Blick zum Hochaltar (rechts), Renderings, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2013.

## ■ 1619

Informationen zum Projekt nannte Dominik Lengyel im Interview. Vgl. **Appendix 2.8** (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, **Frage 9**. Für Abbildungen und weitere Informationen vgl. **Webseite der Architekten**: <http://www.lengyeltoulouse.com/projekte14.html>.

Zu dieser digitalen Rekonstruktion des Innenraums wurde ein Film mit einer Länge von 11:02 Min. erstellt, der in der Ausstellung anlässlich des 150-jährigen Jubiläums des Kölner Domchors im Tagungszentrum des Erzbistums Köln von November 2013 bis Januar 2014 gezeigt wurde, vgl. zuvor genannte Webseite.

## ■ 1620

Vgl. **Schock-Werner 2010**, S. 42–43.

## ■ 1621

Vgl. **Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011**.

## ■ 1622

Vgl. **Appendix 1.9** (→ 637), **Kölner Dom (2009–2010)**.

## ■ 1623

Vgl. **Dietmar/Trier 2011**, S. 88, Abb. 53.

## ■ 1624

Vgl. **Appendix 1.9** (→ 637), **Kölner Dom (2009–2010)**.

### Mediale Präsenz und Zugänglichkeit

Öffentlich erstmals präsentiert wurde das 3D-Projekt in Form des Films **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** im Rahmen der Landesausstellung in Köln 2010/2011. Dauerhaft zu sehen ist dieser Film seit 2010 in einer Installation im Dom. Im gleichen Jahr erschien ein von der damaligen Dombaumeisterin Schock-Werner verfasster Bericht zum Entstehungskontext des Projekts in der Publikationsreihe **Kölner Domblatt. Jahrbuch des Zentral-Dombau-Vereins**. <sup>1620</sup> Ein Jahr später publizierten die Architekten Lengyel und Toulouse gemeinsam mit Schock-Werner ein Buch zum Film. <sup>1621</sup> Darin finden sich zahlreiche Abbildungen der digitalen Visualisierung sowie Beschreibungen zu den einzelnen Bauphasen und archäologischen Untersuchungen. Abschließend gehen die Architekten darin auch auf die visuelle Gestaltung der 3D-Modelle ein. Diese Publikation ist allerdings bereits vergriffen und nur noch antiquarisch erhältlich. Eine CD-Rom mit dem Film war dem Buch nie beigelegt. Online zugänglich ist der Film hingegen: Er findet sich auf den Webseiten des Architekturbüros LTA, des Kölner Doms, des Wissenschaftsportals der Gerda Henkel Stiftung, L.I.S.A., sowie auf YouTube. <sup>1622</sup>

Auch in wissenschaftlichen Publikationen zur Baugeschichte des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten werden Visualisierungen der Architekten Lengyel und Toulouse verwendet, beispielsweise in dem von Carl Dietmar und Marcus Trier 2011 veröffentlichten Buch **COLONIA – Stadt der Franken. Köln vom 5. bis 10. Jahrhundert**, einem Überblickswerk zur Stadt Köln. Darin ist eine Ansicht des digital visualisierten Kirchenbaus zu sehen, die die Vorgängerkirche des Doms um das 6. bis 7. Jahrhundert zeigt. <sup>1623</sup> Weiterhin präsent sind die digitalen Visualisierungen in zahlreichen Vorträgen, die Dominik Lengyel seit 2010 auf diversen nationalen und internationalen Konferenzen gehalten hat. <sup>1624</sup>

Im Vergleich zu anderen in der vorliegenden Arbeit untersuchten 3D-Projekten ist die Arbeit zum Kölner Dom insbesondere anhand der Buchpublikation der Ersteller sehr gut dokumentiert. Auch die Erreichbarkeit des Films über unterschiedliche Online-Plattformen stellt keine Selbstverständlichkeit dar. Diese Aspekte tragen wesentlich dazu bei, dass das Projekt auch in Zukunft sichtbar ist. Im folgenden Abschnitt werden nun weitere 3D-Projekte zum Kölner Dom vorgestellt, um sie der Arbeit von Lengyel und Toulouse gegenüberzustellen. Denn sowohl vor als auch nach ihnen wurde die Kirche digital rekonstruiert. Hier sei nun auf einige Beispiele kurz eingegangen, um die Bandbreite an Herangehensweisen und Darstellungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

### Weitere Projekte zur digitalen Rekonstruktion des Kölner Doms

Im Jahr 1998 wurde eine umfangreiche CD-Rom über den Kölner Dom veröffentlicht, die unter wissenschaftlicher Leitung der Dombauhütte Köln und der Mitarbeit von **COLOGNE DIGITAL Medienproduktion GmbH** und **Atelier für Mediengestaltung**, Köln, realisiert wurde. <sup>1625</sup> Anhand von Fotos, Illustrationen, QuickTime VR-Panoramen, Filmen und Animationen werden die Bauphasen der Kirche sowie seiner Vorgängerbauten dargestellt.

Das Menü des Datenträgers ist interaktiv angelegt, sodass sich der Benutzer am Bildschirm selbstständig durch die Informationen navigieren kann. Erstmals haben Interessierte die Möglichkeit auch die archäologische Grabung, den Dachstuhl und weitere ansonsten für die Öffentlichkeit unzugängliche Orte zumindest virtuell zu betreten. In diesem Angebot finden sich auch drei vertonte Filmsequenzen, die die Baugeschichte der Kirche in Form animierter 3D-Modelle in Farbe vorstellen und zusammen gut drei Minuten umfassen. Darin erläutert ein Sprecher die Hintergründe zu einzelnen Bauphasen. Zusätzlich werden in der unteren rechten Ecke des Bildes – ähnlich wie bei Lengyel und Toulouse – relevante Jahreszahlen eingeblendet.

Der erste Film (Dauer: 1:20 Minuten) umfasst die Zeit ab 600 bis zum 12. Jahrhundert, woran der nächste (1:25 Minuten) mit der Erbauung der gotischen Kathedrale 1248 anschließt bis zum Stillstand der Baustelle. Der letzte Film (28 Sekunden) widmet sich dem Weiterbau ab 1842 bis hin zur Vollendung. Insgesamt weisen alle Sequenzen ein hohes Tempo auf, mit raschen virtuellen Kamerafahrten. So erfolgt ein Flug durch die Kirche des 6. Jahrhunderts bis zum dahinter befindlichen Taufbecken und wieder zurück innerhalb von nur knapp 20 Sekunden <sup>405</sup>. Innerhalb dessen sind teils merkwürdige Ansichten zu sehen, beispielsweise eine halbhohe Apsiswand, in die ein buntes Glasfenster gesteckt zu sein scheint.

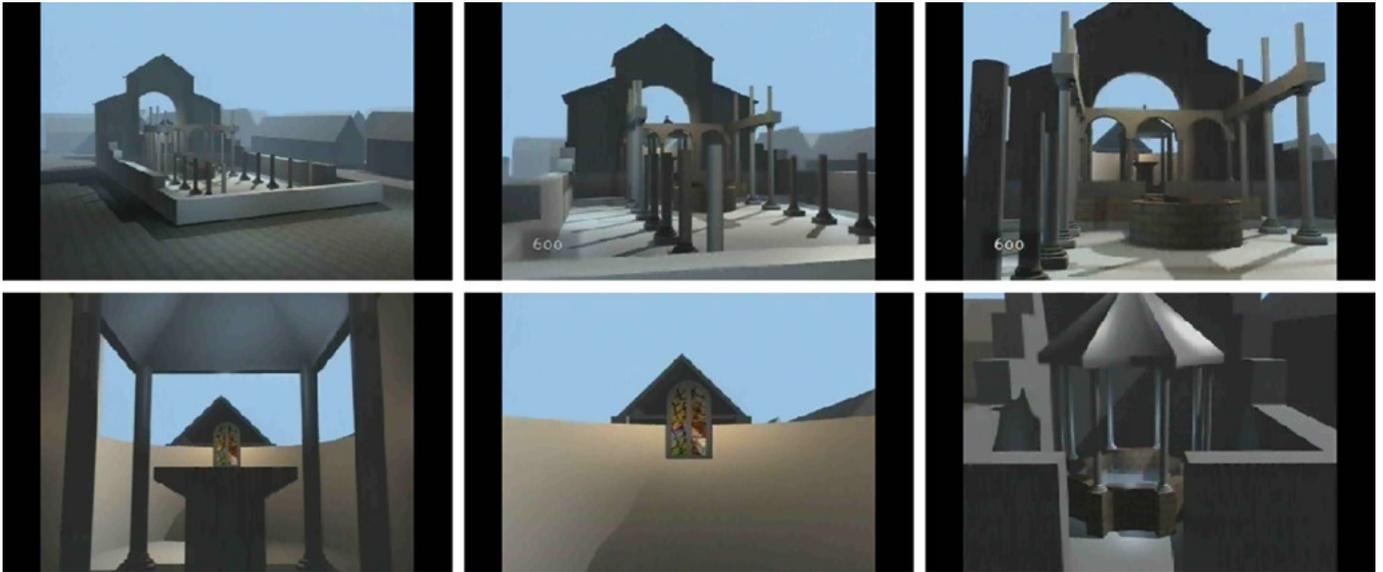
Bei der Innenansicht ist darauf hinzuweisen, dass der Ambo hier als geschlossen dargestellt ist, im Gegensatz zur Visualisierung der Architekten <sup>406</sup>. Auch die Wiedergabe des Taufbeckens gestaltet sich in beiden Projekten unterschiedlich, da wie bereits erläutert, erst durch die digitale Rekonstruktion der Architekten gezeigt werden konnte, dass es sich wahrscheinlich nur um eine Treppenstufe über den Boden erhebt. In allen Einstellungen ist das Bauwerk nicht als Solitär zu sehen, sondern immer mit den umgebenden Häusern, die ohne Details nur in schematischer Weise dargestellt sind.

Teilweise erwecken einzelne Bilder die Anmutung von Theaterszenarien aufgrund des Bildaufbaus und des dramatischen Lichteinfalls mit starker Schat-

#### ■ 1625

Das im Folgenden beschriebene Projekt ist in Form von Filmsequenzen auf der folgenden CD-Rom zu finden: »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, Köln/München/Berlin 1998 (CD-Rom). Im Informationstext auf der Hülle der CD-Rom heißt es zum Inhalt u. a.: »Geschichte – 2000 Jahre christliche Kunst in Europa / WDR und Dombauhütte stellten die Schätze ihrer Archive zur Verfügung: Das römische Köln – Erleben Sie den Bau der Vorgängerkirchen des gotischen Domes und alle seine Bauphasen in Illustrationen, Fotos, Filmen und Animationen, darunter auch die aus Quarks & Co. / Außerdem: Alle Kölner Bischöfe und Erzbischöfe in Bild und Text.« Im Begleitheft zur CD-Rom werden zwar die an der Produktion beteiligten Institution und Firmen genannt, allerdings wird keine Angabe dazu gemacht, wer explizit für die 3D-Modellierung des Kölner Doms verantwortlich zeichnete.

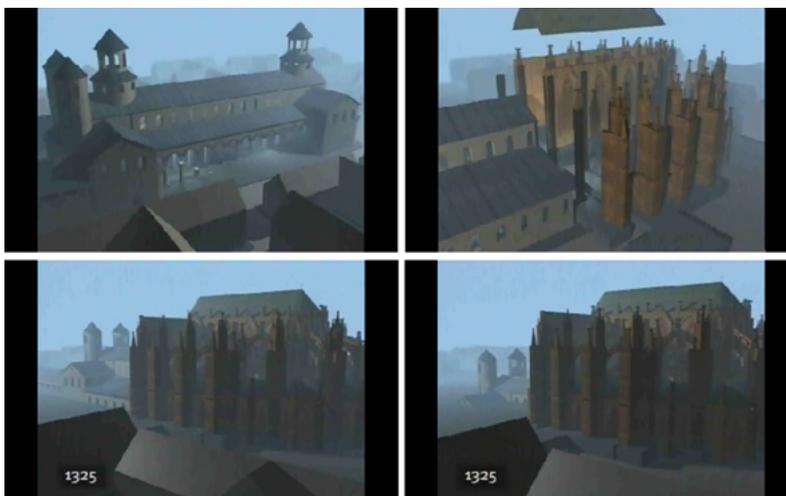
tenwirkung <sup>[405]</sup>. Wenn ein Gebäude errichtet wird, fahren Wände und Stützen aus dem Boden empor, Bedachungen senken sich aus der Luft herab <sup>[407]</sup>. Umgekehrt versinken Bauelemente sobald von Umbauten oder einem Abriss die Rede ist. Ein Brand der Kirche wird sogar mit animierten Flammen und Rauchschwaden dargestellt, in anderen Sequenzen liegt ein diffuser Nebel über der Stadt oder es erstrahlt ein hellblauer Himmel mit weißen Wolken <sup>[408]</sup>.



□ 405  
Virtueller Flug durch die digital rekonstruierte Kirche des 6. Jahrhunderts bis zum dahinter befindlichen Taufbecken, Filmstills, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998.



□ 406  
Rekonstruktion des Ambo in der Kirche des 6. bis 7. Jahrhunderts: Filmstill, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998 (links) und Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:29, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).



□ 407  
Inszenierung der Erbauung des Kölner Doms: Säulen fahren empor (oben links), Dächer sinken herab (oben rechts), der Alte Dom versinkt im Boden (unten links/rechts), Filmstills, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998.



□ 408

Inszenierung von atmosphärischen Stimmungen: lodernde Flammen und Rauch beim Brand des Alten Doms, Nebelschwaden um den Alten Dom und den gotischen Neubau, blauer Himmel über der fertiggestellten Kirche, Filmstills, CD-Rom »Kölner Dom. Ein virtueller Rundgang durch 2000 Jahre Kunst, Kultur und Geschichte«, 1998.

■ 1626  
Vgl. ebd.

■ 1627

Der Beitrag »Die Geschichte des Kölner Doms: Der lange Weg zur Kathedrale« aus der Fernsehsendung »Quarks & Co«, WDR, Autor: Jo Siegler, wurde auf »YouTube« am 25.04.2012 veröffentlicht: <https://www.youtube.com/watch?v=9VF6blRTcOI>. Im Informationstext dazu heißt es: »Schon zur Zeit der Römer beginnt die Geschichte des Kölner Doms. Dort wo heute die imposante Kathedrale steht, ist vermutlich bereits zu Beginn des 4. Jahrhunderts ein Versammlungsort der ersten Kölner Christen. Später entstehen hier eine Taufkapelle und ein erster Dom. Um 1200 n. Chr. soll der Alte Dom einer noch größeren und modernen Kathedrale weichen. Doch als der Bau 1520 in vollem Gange ist, kommt es zum Baustopp. Über 300 Jahre ist der Baukran auf einem halbfertigen Turm das Wahrzeichen der Stadt Köln. Sehen Sie im Film mehr über die Geschichte des Kölner Doms und wie er schließlich doch noch fertig gestellt wird.« Über die Ersteller der 3D-Modellierung werden keine Angaben gemacht.

■ 1628

Scheinbar waren die drei Filmsequenzen Teil eines ersten TV-Beitrags von »Quarks & Co« und wurden dann für eine spätere Sendung überarbeitet.

Untermalt sind die kurzen Filme mit diversen Geräuschen wie loderndem Feuer, klappernden Werkzeugen und gregorianischen Gesängen. Dieses Zusammenspiel aus dynamischen Bildern, Hintergrundgeräuschen, Musik sowie dramatischer Bildinszenierung führen dazu, dass die Filme keinen rein objektiven, wissenschaftlichen Blick auf die Baugeschichte vermitteln, trotz des seriös wirkenden Kommentars des Sprechers. Es scheint sich hierbei vielmehr um eine populärwissenschaftlich aufbereitete Visualisierung zu handeln, die in knapp bemessener Zeit möglichst viele Informationen in anschaulicher Weise vermitteln will. Ihre Ästhetik steht der Darstellungsweise der 3D-Modelle von Lengyel und Toulouse diametral gegenüber.

Einzelne Teile aus den soeben beschriebenen Filmsequenzen wurden zudem in einer Folge der WDR-Sendung **Quarks & Co** im Fernsehen gezeigt, worauf der Informationstext der CD-Rom-Hülle hinweist. **1626** In den Jahren 2012 und 2013 wurde ebenfalls im Rahmen dieser Sendereihe ein etwa fünfminütiger Beitrag mit dem Titel **Die Geschichte des Kölner Doms: Der lange Weg zur Kathedrale** ausgestrahlt, der auch auf YouTube online zugänglich ist. **1627** Darin sind ebenso einige Szenen zu sehen, die auch auf dem Datenträger zu finden sind. Für den TV-Film wurden noch zusätzliche Simulationen eingefügt, so beispielsweise ein Luftbild der römischen Stadt, eine neue Rekonstruktion des Taufbeckens und eine der Kirche im 6. Jahrhundert **[409]**. Diese ergänzten Sequenzen stellen das Bauwerk abstrakter dar, zudem weist das Taufbecken keine Säulen sowie eine niedrigere Höhe auf und der Ambo ist als schlüssellochförmig mit einem Eingang wiedergegeben. Offenbar wurden hier andere Informationen als Grundlage für die Visualisierung verwendet als in der früheren Version. **1628** Bemerkenswert ist, dass für diese Sendung zu großen Teilen die digitale Rekonstruktion von 1998 verwendet wurde, obwohl zu dieser Zeit bereits die auf aktueller Forschung basierende Visualisierung von Lengyel und Toulouse vorlag und vor Ort ausgestellt wurde. Immerhin scheint die Höhe des Taufbeckens reduziert worden zu sein, da es ohne Treppenstufen zu sehen ist, was auf die Erkenntnisse der beiden Architekten zurückgehen könnte.



□ 409

Digitale Visualisierung des Baptisteriums der ersten Kirche am Standort des Kölner Doms: Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Doms und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:48, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (links) und Still aus dem TV-Beitrag »Die Geschichte des Kölner Doms: Der lange Weg zur Kathedrale«, WDR, 2012/2013 (rechts).

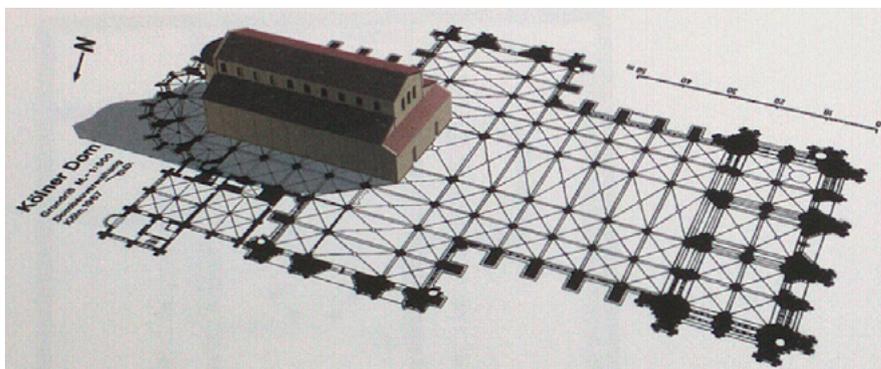
■ 1629

Abbildungen und Informationen zu den hier genannten digitalen Rekonstruktionen der Archäologen sind zu finden in: Ristow 2004.

■ 1630

Dominik Lengyel erläuterte seine Ansicht bezüglich der Darstellung des Doms in Ristows Zeichnung in einem Gespräch mit der Autorin am 26. September 2016.

Der Archäologe Sebastian Ristow – der wie bereits erwähnt Lengyel und Toulouse beriet – erstellte bereits Anfang der 2000er-Jahre im Rahmen seiner Forschung zum Kölner Dom gemeinsam mit dem Architekten und Archäologen Zsolt Vasáros digitale Rekonstruktionen des Inneren und Äußeren der Kirche des 6. bis 7. Jahrhunderts. **1629** Das Ziel war, Rekonstruktionen auf Grundlage der damals aktuellen Forschung zu realisieren, da bisherige Arbeiten in diesem Bereich hinsichtlich der Erkenntnislage nach Meinung Ristows überholt waren. Auf einem Grundriss des gotischen Doms platzierten die beiden Archäologen die räumlich modellierte ältere Kirche und versahen sie zudem mit Texturen **410**. Lengyel kritisiert diese Art der Darstellung, da sie seiner Meinung nach nicht hilfreich sei. **1630** Die Vorgängerkirche sähe darin im direkten Vergleich mit den Ausmaßen des gotischen Doms winzig aus. Dies verfälsche den Eindruck, denn die ältere Kirche war im Verhältnis zur bebauten Umgebung riesig groß. Bis auf dieses Größenverhältnis hat das Bild laut Lengyel keine Aussage. In der Tat würde die Anschaulichkeit dieser Ansicht erhöht werden, wenn auch Gebäude der unmittelbaren Nachbarschaft zumindest andeutungsweise modelliert worden wären. Im Gegensatz zu dieser Darstellungsweise bei Ristow und Vasáros haben die Berliner Architekten die Kirche in ihren Visualisierungen – mit Ausnahme der Ansichten an Anfang und Ende des Films – nie als vom städtischen Kontext isoliert gezeigt.

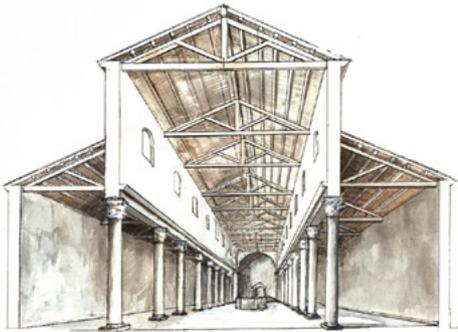


□ 410

Digitale Rekonstruktion des Kölner Doms mit Zustand im 6. bis 7. Jahrhundert (Bauphase 3a/b nach Ristow) über dem Grundriss der gotischen Kirche, Zsolt Vasáros/»Studio Namer« und Sebastian Ristow, 2004.

Auch den Innenraum stellten die beiden Archäologen in einer Visualisierung dar, die im Wesentlichen einer zeichnerischen Rekonstruktion von Ristow aus dem Jahr 2002 entspricht, jedoch mit mehr Details (ausgearbeitete Kapitel-

le, Leuchter, Fensterglas) ausgestattet ist <sup>[411]</sup>. Hier findet sich auch eine komplexe Lichtsimulation: Sowohl die in den Seitenschiffen hängenden Leuchter als auch das durch die Obergadenfenster einströmende Tageslicht erhellen den Raum und erzeugen vielfache Schatten. Oberflächen sind mit Texturen belegt, die teils auch bestimmte Materialien andeuten wie Naturstein bei den Säulen oder Holz im Falle des Gebälks. Auch von dem Taufbecken fertigten die Archäologen eine digitale Rekonstruktion an, die allerdings auf einem anderen Forschungsstand als die Visualisierung der Architekten beruht <sup>[412]</sup>. Wie der Innenraum ist dieses Objekt ebenfalls mit Texturen und Details – an Stangen aufgehängte Vorhänge, die mittig verknotet sind – versehen und erhält dadurch eine fotorealistische Anmutung.



□ 411

Visualisierung des Innenraums der zweiten Bischofskirche um das 6. bis 7. Jahrhundert: Rekonstruktionszeichnung, Zsolt Vasáros, 2002 (links), digitale Rekonstruktion, Zsolt Vasáros/»Studio Namer« und Sebastian Ristow, 2003 (rechts).



□ 412

Digitale Visualisierung des Baptisteriums der ersten Kirche am Standort des Kölner Doms: Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 2:48, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (links) und digitale Rekonstruktion, Zsolt Vasáros/»Studio Namer« und Sebastian Ristow, 2004 (rechts).

All diese Details in den von Ristow und Vasáros realisierten Darstellungen erwecken den Eindruck, es handle sich um auf durchwegs gesicherten Informationen basierende, realistische Visualisierungen des Innenraums und des Taufbeckens. Ristow stellt in seinem Aufsatz aber klar, dass für die digitalen Rekonstruktionen nicht immer ausreichende Informationen vorlagen und er daher vergleichbare Bauten der Region für die Darstellung von Elementen mit Unsicherheiten im Befund herangezogen habe. <sup>1631</sup> Ein derartiger Hinweis im Begleittext ist unbedingt notwendig, damit der Betrachter die Aussagekraft der digitalen Rekonstruktion entsprechend einordnen kann. Wünschenswert wäre hier allerdings eine dezidierte Aufstellung, die darüber Auskunft gibt, welche Bereiche im 3D-Modell auf welcher Grundlage realisiert wurden. Im Vergleich zum Projekt der Architekten wirken die Ansichten von Ristow und Vasáros insgesamt weniger hypothetisch, da sie mit einer Vielzahl an Details ausgestattet und mit farbigen Texturen versehen wurden.

■ 1631

Vgl. Ristow 2004, S. 118.

## ■ 1632

**Umfassende Informationen sowie Abbildungen zu den digitalen Rekonstruktionen aus dem Projekt »Colonia3D« finden sich auf der zugehörigen Webseite und in den dort zugänglichen Abschlussberichten von 2009 bzw. 2010: <http://colonia3d.de/colonia3d-home/>.**

Abschließend sei noch auf das Projekt Colonia3D verwiesen, das von 2006 bis 2009 unter der Leitung von Henner von Hesberg, Archäologisches Institut der Universität zu Köln, und Michael Eichhorn, Köln International School of Design (KISD), realisiert und 2010 überarbeitet und abgeschlossen wurde. <sup>1632</sup> Da es nur das römische Köln zum Gegenstand hat und es daher den Dom nicht visualisiert, wird es hier nur kurz vorgestellt. Ziel des Projekts war unter Bezug auf aktuelle Forschungsergebnisse diese historische Phase darzustellen und in einer Echtzeitanwendung der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Ein interdisziplinäres Team aus den Bereichen Archäologie, Bauforschung, Design und Informatik war an der Erstellung und Präsentation des digitalen Stadtmodells beteiligt. Der Benutzer dieser Anwendung, die sich seit 2010 in der Dauerausstellung des Römisch-Germanischen Museums befindet, hat die Möglichkeit sich über einen Touchscreen selbstständig durch das 3D-Modell zu navigieren und Informationen abzurufen. Diese umfassen nicht nur eine Erklärung der Funktion der jeweiligen Bauwerke, sondern auch die Vorstellung der Befunde und Quellen, die zur Rekonstruktion vorlagen, sowie eine Bezugnahme zur heutigen Stadt.

Die gesamte Visualisierung ist in Farbe ausgeführt und mit vielen Details wie Dachziegeln, ornamentalen Friesen, stilisierten Personen oder bewölktem Himmel ausgestattet <sup>413</sup>. Die Ästhetik dieses Projekts unterscheidet sich fundamental von dem Konzept der Berliner Architekten und erweckt auf den ersten Blick den Eindruck, es handle sich hier um eine Rekonstruktion, die auf durchwegs gesicherten Quellen beruhe, da Bereiche mit deutlichen visuellen Unschärfen fehlen. Erst durch das aktive Aufrufen von Hintergrundinformationen erfährt der Benutzer, dass viele Elemente nur Hypothesen sind. Diese Schwelle existiert nicht in der Visualisierung von Lengyel und Toulouse, die anstreben, in der Darstellung der Kirchenbauten die Abstufung von Wahrscheinlichkeiten visuell abzubilden.



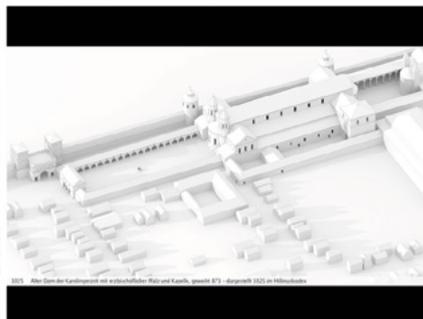
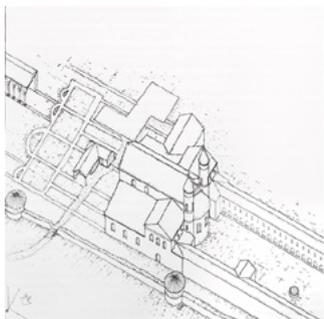
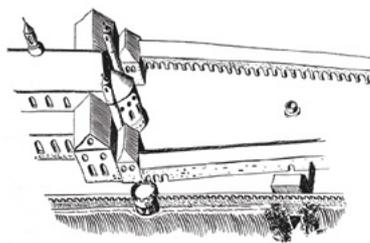
□ 413  
Kapitolstempel (links) und Forum (rechts)  
in der digitalen Rekonstruktion des  
römischen Köln, »Colonia3D«, 2010.

Wie dieser vergleichende Überblick zeigte, unterscheidet sich die Arbeit von Lengyel und Toulouse grundlegend von den anderen hier vorgestellten 3D-Projekten. Dies betrifft vor allem die visuelle Gestaltung, die didaktische Aufbereitung und die zugrundeliegende Forschung. Dadurch, dass sie auf die aktuellsten Daten und Erkenntnisse aus der Domgrabung zugreifen konnten, hatten sie eine verlässliche Informationsgrundlage zu Verfügung. Zudem wirkt ihre Visualisierung aufgrund der Reduktion auf das Wesentliche insbesondere gegenüber den weiteren 3D-Projekten zum Dom objektiv und seriös.

### Vergleichende Analyse – Der Kölner Dom im Bild

Nachdem hier die Arbeit der Berliner Architekten anderen 3D-Projekten des Kölner Doms und der römischen Stadt gegenübergestellt wurde, erfolgt nun ein Vergleich mit Visualisierungen, die Rekonstruktionen der Kirchen auf Basis von Grabungsbefunden zeigen. Diese wurden im Rahmen oder in der Folge von archäologischen Ausgrabungen nach Ende des Zweiten Weltkriegs angefertigt, wie bereits dargelegt wurde. Im Folgenden werden exemplarisch verschiedene Bildmedien sowie das 1950 entstandene haptische Modell des gotischen Doms herangezogen. Anhand dieser unterschiedlichen Visualisierungen sollen einerseits ein Überblick über die Darstellung von Architekturrekonstruktionen in unterschiedlichen Medien geboten und andererseits unterschiedliche Bauphasen der Kirche genauer betrachtet werden. Ziel ist es zu ergründen, wie sich die computertechnisch erstellten Bilder von den zuvor existierenden unterscheiden und inwiefern sie diesen gegenüber einen visuellen Mehrwert aufweisen.

In verschiedenen Kontexten wurden beispielsweise Rekonstruktionszeichnungen des äußeren Erscheinungsbilds des Alten Doms angefertigt. Diesen Bildern lässt sich eine Ansicht des 3D-Modells des Alten Doms gegenüberstellen 414. Alle vier Ansichten zeigen das Gebäude aus der Vogelperspektive, teils den vollständigen Baukörper, teils nur den westlichen Teil in Abhängigkeit des jeweils wiedergegebenen Zeitabschnitts. Ihnen allen gemein ist die Darstellung der nahe gelegenen Stadtmauer. Jedoch variiert sowohl die Blickrichtung als auch der Blickwinkel auf die Architektur, sodass bestimmte Details, wie das westliche Giebelfeld des Langhauses, nicht in jeder Ansicht komplett sichtbar sind. In den zeichnerischen Rekonstruktionen ist der urbane Kontext ausgeblendet, lediglich die Stadtmauer gibt darin einen Hinweis auf die Verortung des Doms. Dieser ist darin als Solitär im Zentrum der Ansicht, das ihm zugehörige Atrium ist in allen Zeichnungen nur angeschnitten im Bild. Hingegen wurde in die digitale Visualisierung der vollständige Baukomplex der Kirche mitsamt der umgebenden städtischen Bebauung aufgenommen. Dies ermöglicht dem Betrachter, den architektonischen Umfang des sakralen Bauwerks wahrzunehmen und dessen bauliche Dimensionen im Verhältnis zu den umliegenden Häusern einzuschätzen.



□ 414

Visualisierung des Alten Doms in Köln aus der Vogelperspektive: Rekonstruktionszeichnung, Walter Wegener, 1950 (oben links); Rekonstruktionszeichnung, um 1951 (oben rechts); Rekonstruktionszeichnung (Zustand um 1248/1251) nach einer Grundidee von Arnold Wolff, zeichnerisch bearbeitet vom Ingenieurbüro »Fitzek/Pancinik« und F. Spangenberg, 2008 (unten links); digitale Visualisierung (Zustand um 1025), Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 4:20, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (unten rechts).

In den Zeichnungen werden durchwegs keine realistischen Beleuchtungssituationen wiedergegeben. Nur vereinzelt finden sich Schattierungen, die auf einen Lichteinfall hinweisen, jedoch wurden beispielsweise keinerlei Schlag- schatten dargestellt. Im Gegensatz dazu weist die digitale Visualisierung des Alten Doms eine eindeutige Lichtquelle auf, die entsprechende Schatten erzeugt. Diese Ansicht wirkt dadurch realistischer, wobei anhand der Grautöne und der schematischen Wiedergabe des urbanen Kontexts der hypothetische Charakter der Darstellung dennoch gewahrt bleibt. Abschließend ist noch festzuhalten, dass die digitale Visualisierung den aktuellen Stand der Forschung wiedergibt, während die hier vorgestellten Rekonstruktionszeichnungen den jeweils zur Zeit ihrer Entstehung gültigen Wissensstand repräsentieren.

In dem 1950 von Hans Boffin realisierten haptischen Modell ist der gotische Dom zu sehen wie er seit 1520 über Jahrhunderte hinweg als Baustelle in Köln existierte. Diese Phase ist auch Teil der digitalen Visualisierung <sup>[415]</sup>. Beide Darstellungen bieten einen Blick auf das jeweils mittig platzierte Bauwerk und zeigen auch sämtliche die Kirche umgebenden Häuser. Im farbig gefassten Modell sind alle Gebäude mit vertieft gearbeiteten Fenster- und Türöffnungen dargestellt. Es finden sich zudem zahlreiche architektonische Details wie Fensterrahmen und -läden, Lisenen, Zinnen, Dachgauben. Diese Darstellungsweise erweckt den Eindruck, es handle sich um eine realistische Wiedergabe des Doms und seiner Umgebung. Inwiefern diese Darstellung tatsächlich der Realität entspricht, kann mangels fehlender Angaben zur Modellerstellung hier nicht beurteilt werden und müsste daher noch gesondert überprüft werden. <sup>1633</sup> Demgegenüber wurde in der digitalen Visualisierung zwar der Dom sehr detailreich dargestellt, jedoch erscheint die umliegende Bebauung nur in schematischer Weise. Durch den Unterschied des Detaillierungsgrads wird hier auf einen Blick deutlich, dass für die Kirche entsprechende Quellen für die Rekonstruktion vorlagen und die Nachbarbauten lediglich die städtische Bebauung andeuten sollen. Zudem liegt durch diese Darstellungsweise der Fokus eindeutig auf dem Dom, während das Bauwerk in dem haptischen Modell zwar mittig angeordnet, aber durch die umgebenden, detailliert dargestellten Häuser nicht unmittelbar im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit steht.

■ 1633

Arnold Wolff machte keine Angabe zur Detailgenauigkeit des Modells. Vgl.: Wolff 1986, Legende F 20, S. 109.

■ 1634

Vgl. Ristow 2002.

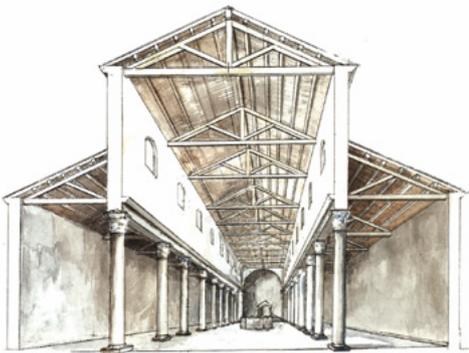


□ 415

Rekonstruktion des gotischen Doms als Baustelle: farbig gefasstes Modell des Kölner Doms mit Zustand um 1780, Hans Boffin, ca. 1925 (links); digitale Visualisierung des Kölner Doms um 1520, Still aus dem Film »Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten«, Min. 7:20, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).

An diese vergleichenden Untersuchungen der Darstellung des äußeren Erscheinungsbilds des Alten Doms beziehungsweise des gotischen Doms schließt sich nun eine Betrachtung von Visualisierungen des Innenraums unterschiedlicher Bauphasen an. In seiner 2002 erschienenen Buchpublikation untersuchte der Archäologe Sebastian Ristow die Vorgängerkirchen des Kölner Doms. <sup>1634</sup> Darin ergänzt er beispielsweise seine Ausführungen zum Kirchenbau

des 6. bis 7. Jahrhunderts mit einer Zeichnung des Innenraums <sup>[416]</sup>. Diese ist farbig ausgeführt und zeigt einen Nord-Süd-Schnitt durch das Gebäude. Die Blickachse befindet sich etwas rechts von einer imaginären Mittellinie. Demgegenüber haben die Architekten eine fotografisch anmutende Ansicht des Innenraums erschaffen. Hier ist der Betrachterstandpunkt in der Mitte, wodurch das Bild einen stark symmetrischen Aufbau erhält. Darin wird zudem die Lichtsituation relativ realistisch simuliert, wohingegen in der Zeichnung keine eindeutige Lichtquelle erkennbar ist. Lediglich einige Partien der Seitenschiffe scheinen verschattet zu sein, was durch eine grau-braune Färbung der Wände angedeutet wird. Bis auf die Latten des Dachs sind sämtliche Elemente der Zeichnung weiß gehalten und anhand von schwarzen Umrisslinien definiert. Demgegenüber wirkt die digitale Visualisierung sehr ruhig, da sie eine homogene Farbgebung in Graustufen aufweist.



□ 416

Visualisierung des Innenraums der zweiten Bischofskirche um das 6. bis 7. Jahrhundert: Rekonstruktionszeichnung, Zsolt Vasáros, 2002 (links); digitale Visualisierung, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).

Im direkten Vergleich der beiden Ansichten erscheint die Zeichnung als skizzenhafte Rekonstruktion, der eine künstlerische Handschrift zugrunde liegt, und die computertechnisch erzeugte Arbeit wirkt wie eine Fotografie eines Gipsmodells. In der Zeichnung befindet sich der Betrachter explizit außerhalb des Gebäudes, das durch den Nord-Süd-Schnitt als Zeichnung entlarvt wird. Hier wird ein distanzierter Blick auf die offensichtlich rekonstruierte Kirche gezeigt. Hingegen ist der Standpunkt des virtuellen Besuchers des 3D-Modells inmitten des Kirchenraums positioniert und ermöglicht dadurch ein immersives Raumerlebnis. Die digitale Visualisierung ist zwar nur mit wenigen Details ausgestattet und erscheint als Hypothese, dennoch ist es vorstellbar, dass es sich hier um ein tatsächlich errichtetes Bauwerk handelt und sei es »nur« ein fotografisch festgehaltenes Gipsmodell. Insofern bieten die beiden Darstellungsmethoden verschiedene Raumerlebnisse mit unterschiedlich realistisch anmutendem Erscheinungsbild bei Offenlegung des darstellenden Mediums (Zeichnung) beziehungsweise der Schaffung einer räumlichen Illusion (digitale Visualisierung).

Auch der Innenraum der zweiten Kölner Bischofskirche wurde vor der digitalen Visualisierung 2010 beispielsweise in malerischer Form wiedergegeben. Der ehemalige Dombaumeister Willy Weyres publizierte 1987 im Rahmen seines Buchs **Die vorgotischen Bischofskirchen in Köln** eine kolorierte Zeichnung, die das Mittelschiff der Kirche wiedergibt. <sup>1635</sup> Die Farbigkeit erinnert an die Darstellung des Alten Doms im Hillinus-Codex. Stellt man die Zeichnung der digitalen Visualisierung gegenüber, erscheint sie auf den ersten Blick als die farbige Entsprechung des in Grautönen gehaltenen 3D-Modells <sup>[417]</sup>. Beide

■ 1635

Vgl. Weyres 1987, S. 197, Abb. 156.

## ■ 1636

Vgl. ebd. u. Abschnitt zum Lichteinfall in diesem Kapitel.

## ■ 1637

Vgl. Schock-Werner/Lengyel/Toulouse 2011, S. 36.

Visualisierungen geben den Blick in Richtung Westchor wieder. **1636** Zudem weisen sie die gleichen architektonischen Elemente auf, die in der Zeichnung anhand der farbigen Gestaltung näher spezifiziert sind. So findet sich darin eine detailreich anmutende Ausschmückung der Decke, eine differenzierte Darstellung von Bodenfliesen im Bildvordergrund sowie angedeutete Wandmalereien in der Apsis. Der Lichteinfall erfolgt wie in der digitalen Visualisierung von Süden, was anhand hellerer und dunklerer Wandpartien abzulesen ist.



## □ 417

Visualisierung des Innenraums des Alten Doms in Köln in Richtung Westen: in malerischer Ausführung, Willy Weyres, 1987 (links); als digitale Visualisierung, »Lengyel Toulouse Architekten«, 2010 (rechts).

Neben der Kolorierung fällt noch ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Rekonstruktionen auf: der Bildausschnitt. Zwar befindet sich in beiden der virtuelle Betrachter auf der Mittelachse, jedoch ist seine Position im Verhältnis zum Chor verschieden angeordnet. Während er in der gezeichneten Kirche im Mittelschiff steht, ist er im 3D-Modell in das Querschiff zurückgerückt. Auf diese Weise erhält der Betrachter der digitalen Visualisierung zusätzliche Informationen zu weiteren architektonischen Details des Alten Doms wie dem Podest im östlichen Bereich der Kirche und zu den mit Rundbögen eingeleiteten Seitenschiffen. In der Buchpublikation zur 3D-Modellierung wird explizit darauf hingewiesen, dass der Dom eine prächtige Ausschmückung aufwies, auch wenn die darin gezeigten, in Grautönen gehaltenen Visualisierungen dies nicht andeuten. **1637** In der kolorierten Zeichnung hingegen finden sich entsprechende Hypothesen zur Ausstattung, allerdings sind diese optisch nicht als solche gekennzeichnet. Insofern bietet das 3D-Modell sozusagen eine objektivere Ansicht des Innenraums des Alten Doms mit Fokus auf der architektonischen Gestaltung, die gleichzeitig eine weitaus reduziertere Darstellung ist.

### Bedeutung und Einordnung des Projekts

Die abstrahierte Darstellungsweise kann insgesamt als Grundsatz identifiziert werden, der für die gesamte Arbeit von Lengyel und Toulouse Gültigkeit hat. Wie gezeigt werden konnte, beruhen ihre 3D-Modelle auf wissenschaftlich fundierten Hypothesen, die jeweils den Dreh- und Angelpunkt des Konzepts der Berliner Architekten bilden: »Unsere Arbeitsmethode besteht in der Übersetzung der archäologischen Hypothesen in architektonische Gestaltung, oder in anderen Worten, im auf architektonische Weise visuellen Nachvollziehen der archäologischen Argumentation.« **1638** Diese konsequente Herangehensweise wurde besonders im Vergleich mit zeichnerischen, malerischen und haptischen

## ■ 1638

Lengyel/Toulouse 2013, S. 329.

sowie weiteren digitalen Rekonstruktionen deutlich. Denn diese Arbeiten wendeten andere Methoden für die Visualisierungen an und kamen daher zu anderen Ergebnissen im resultierenden Bild wie auch Objekt. Im Hinblick darauf und im Vergleich zu sämtlichen weiteren 3D-Projekten, die in der vorliegenden Arbeit bereits analysiert wurden, sticht das Projekt zum Kölner Dom und seiner Vorgängerbauten hervor, da sich die beiden Architekten bewusst von üblichen Gestaltungsweisen absetzen. Es ist ihnen wichtig in sich konsistente Bilder zu erzeugen, in denen bewusst darauf verzichtet wurde, sozusagen fremde Elemente wie Grundrisse oder Fotografien in das 3D-Modell zu integrieren. **1639**

■ 1639

Vgl. dazu auch Lengyels Ausführungen im Interview: [Appendix 2.8](#) (→ 689), Interview mit Dominik Lengyel, [Frage 5](#).

Allerdings zeigen sie in der hier untersuchten Visualisierung jeweils nur eine Hypothese zu einem bestimmten Thema, alternative Vermutungen wie beispielsweise zur Bauphase des 7. und 8. Jahrhunderts, werden allenfalls vom Sprecher erwähnt, aber nicht visuell wiedergegeben. Auch bestimmte Details wie das Fußbodenmuster, das im Hillinus-Codex dargestellt ist, fanden nicht Eingang in die Visualisierung. Möglicherweise haben diesbezüglich Schock-Werner und Ristow Vorgaben zum Inhalt gemacht. Für den Betrachter wäre es interessant gewesen, auch die Alternativen und Details konkret vor Augen zu sehen.

Da die von Lengyel und Toulouse realisierten Ansichten aufgrund des Weglassens von fotorealistischen Texturen teils relativ abstrakt wirken, ist es besonders wichtig, diese einem Betrachter gegenüber auch entsprechend zu erklären. So liefert einerseits der Sprecher im Film **Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten** Informationen und andererseits die zugehörige umfangreiche Buchpublikation der Architekten mit dem gleichen Titel. Dies sind zwei wesentliche Elemente, die für eine umfassende Rezeption der Arbeit essentiell sind. Zudem gewährleisteten diese Veröffentlichungen in unterschiedlichen Medien die Zugänglichkeit dieser Arbeit auch in Zukunft.

Dem hier vorgestellten Projekt kommt auch im Hinblick auf die Forschung Bedeutung zu: Die Arbeit an der digitalen Visualisierung der Vorgängerbauten des Kölner Doms konnte in verschiedenen Bereichen wissenschaftliche Erkenntnisse zur Erforschung der Bauwerke beisteuern, wie bereits dargelegt wurde. Obwohl das Projekt nicht mit dem Ziel neue Erkenntnisse zu generieren initiiert wurde, konnten dennoch im Verlauf der Arbeit wichtige Beiträge zur Forschung geliefert werden. Dies unterstreicht das große Potential digitaler Rekonstruktionen historischer Architektur als Forschungswerkzeug zu dienen.

Eine weitere Erkenntnis, die auch im Hinblick auf andere 3D-Projekte Gültigkeit hat, betrifft die Wahrnehmung und Rezeption von ebensolchen Arbeiten innerhalb der Wissenschaftscommunity: Der in diesem Kapitel vorgenommene Überblick über weitere digitale 3D-Rekonstruktionen des Kölner Doms zeigte, dass innerhalb von zehn Jahren unterschiedliche Projekte entstanden, die scheinbar nicht aufeinander aufbauten oder auch nur aufeinander Bezug nahmen. Denn in den jeweils neueren Arbeiten fehlen jegliche Hinweise auf die bereits vorhandenen 3D-Modelle, obwohl sie alle in einem relativ engen persönlichen Umkreis entstanden und insofern bekannt gewesen sein müssten. Die Tatsache, dass auf vorhergehende Arbeiten oftmals kaum oder wie hier überhaupt kein Bezug genommen wird, kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden: Zum einen sind möglicherweise insbesondere frühe 3D-Projekte aufgrund weniger Publikationen kaum bekannt. Zum anderen beabsichtigen die

Ersteller aktueller Rekonstruktionen sich explizit **nicht** in eine Reihe vorangegangener Arbeiten zu stellen. Die Gründe hierfür können vielfältig sein, denkbar wäre: Das eigene Projekt soll als einzig existierendes wahrgenommen werden, man möchte vermeiden, sich gegenüber vorherigen Arbeiten erklären und vielleicht sogar verteidigen zu müssen, es soll kein Verdacht auf Redundanzen aufkommen und Ähnliches. So erklärte beispielsweise Lengyel in einem Gespräch mit der Autorin im September 2016, dass er die CD-Rom aus dem Jahr 1998 nicht kannte und ihm am Anfang des Projekts gesagt wurde, es gäbe keine guten oder nennenswerten 3D-Rekonstruktionen des Kölner Doms und er brauche nicht danach zu suchen. Wie gezeigt wurde, existierten jedoch sehr wohl schon vor 2010 verschiedene digitale Modelle der Kirche, die auch auf wissenschaftlichen Grundlagen erarbeitet wurden. Es wäre wünschenswert gewesen auf diese Tatsache zumindest in der Buchpublikation aufmerksam zu machen, um noch einmal deutlicher darzustellen, welchen großen Mehrwert an Erkenntnis und damit an Gewinn für die Forschung die von Lengyel und Toulouse in Zusammenarbeit mit Schock-Werner und Ristow realisierte Arbeit zum Kölner Dom und seiner Vorgängerbauten bietet.

Zuletzt sei kurz auf die Besonderheit der hier analysierten Visualisierung eingegangen: Die Architekten vertreten den Grundsatz, keine perspektivisch verzerrten Ansichten ihrer digital modellierten Bauwerke zu erzeugen. Die Bilder, die auf diese Weise entstehen, entsprechen klassischer Architekturfotografie, die Gebäude dokumentarisch festhält. Wie bereits erwähnt sprechen Lengyel und Toulouse hier von virtueller Fotografie. Dies unterscheidet sie stark von sämtlichen anderen 3D-Projekten, die in der vorliegenden Arbeit vorgestellt wurden und zeichnet sie aus. Die beiden Architekten haben hier eine Gesamthypothese zum Kölner Dom und seiner Vorgängerbauten visualisiert. Ihr Konzept fokussiert sich auf das differenziert dargestellte architektonische Detail, im Gegensatz zu anderen methodischen Ansätzen zur Hypothesendarstellung, wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausführlich dargelegt wird.

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

## 6.4 Offene Potentiale

In den vorangegangenen Kapiteln, die sich den Entwicklungen im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur in den 2000er-Jahren widmeten, konnte deren fortschreitende Etablierung in der Wissenschaftscommunity festgestellt werden. Dies zeigte sich nicht zuletzt in der Initiierung und Durchführung zahlreicher EU-Projekte, in deren Zentrum die Erstellung und Präsentation sowie das öffentliche Zurverfügungstellen von 3D-Rekonstruktionen historischer Artefakte standen. Hinsichtlich der Themen zeigte sich jedoch ein wichtiges Desiderat in EU-Projekten: Kulturelles Erbe bezog sich darin bislang immer auf bestehende Architektur und Monumente, hingegen wäre es essentiell, historische Bauwerke, die nicht mehr existieren, zukünftig in den Fokus von digitalen Rekonstruktionen zu nehmen.

Die EU-geförderte Online-Plattform **Europeana** verfügt über ein großes Potential, als zentrales Repositorium für wissenschaftlich erstellte 3D-Modelle historischer Architektur zu dienen. Denn bislang existiert ein solches nicht. Hierfür wären teilweise Ergänzungen im Hinblick auf Funktionsweisen in **Europeana** notwendig, um die Plattform als für Wissenschaft und Forschung relevantes Archiv zu etablieren. So sollte die Durchsuchbarkeit, Auffindbarkeit von 3D-Projekten und allgemeine Bedienbarkeit substantiell verbessert und gezielt auf die Bedürfnisse von Wissenschaftlern ausgerichtet werden.

Im vorangegangenen **Kapitel 6.1** (→ 447) und **Kapitel 6.2** (→ 469) konnte aufgezeigt werden, dass im Bereich der Ersteller und Auftraggeber (Geisteswissenschaften, Archäologie, Museen) die Langzeitarchivierung von 3D-Modellen bis heute wenig thematisiert wird. Allerdings ist das Thema im Kontext von Bibliotheken und Archiven seit den 1990er-Jahren virulent und in der Informatik wurden bereits mögliche Lösungsstrategien wie Emulation und technische Standards erarbeitet. Scheinbar fehlt zum einen bei den Geisteswissenschaften das Bewusstsein für die Dringlichkeit der Langzeitarchivierung von digitalen Rekonstruktionen historischer Artefakte und zum anderen auch der Know-How-Transfer von der Informatik zu den Geisteswissenschaften. Hier besteht akuter Handlungsbedarf in Aufklärungs- und Entwicklungsarbeit. Ein Vorschlag wäre, wichtige nationale und supranationale Fördergeber wie die EU-Kommission in die Pflicht zu nehmen und Strategien zur standardisierten Implementierung von Langzeitarchivierungslösungen von sowohl bestehenden als auch zukünftigen 3D-Modellen zu entwickeln.

Zu diesem Kontext zählen auch Fragen zur Nachhaltigkeit der Datensicherung, Kompatibilität und medialen Zugänglichkeit. Insbesondere auf Letzteres wurde im Rahmen der Analysen einzelner 3D-Projekte in den jeweiligen Kapiteln bereits eingegangen, wobei sich teils große Unterschiede zeigten im Hinblick darauf, wie auf die digitalen Rekonstruktionen heute noch zugegriffen werden kann. Sowohl für die Erhaltung des digitalen kulturellen Erbes als auch dessen Erforschung ist es notwendig zukünftig Archivierungsstrategien zu erarbeiten.

Hier bieten die in der **London Charter** und den **Seville Principles** aufgestellten Richtlinien erste wichtige Ansätze, sich diesem Thema sowie weiteren wesentlichen Fragen wie der Dokumentation des Erstellungsprozesses und der Hypothesendarstellung zu stellen und Impulse für die Forschung zu geben. Eine selbstverständliche Umsetzung der vorgeschlagenen Richtlinien in 3D-Projekten hat sich noch nicht vollzogen. Insofern bedarf es hier weiterer Entwicklung, um Wissenschaftlern deren Bedeutung und Relevanz in den verschiedenen Fachdisziplinen zu verdeutlichen.

In der Analyse des 3D-Projekts zum Kölner Dom konnte eine individuelle Strategie zur visuellen Auszeichnung von Hypothesen exemplarisch aufgezeigt und detailliert untersucht werden. Der Blick auf andere 3D-Projekte, die Hypothesen in digitalen Modellen anhand bestimmter Farbskalen, Annotationen oder hybriden Formen bestehend aus fotorealistischen und abstrakten Elementen kennzeichneten, weist auf die große Bandbreite der Möglichkeiten hin, die noch lange nicht ausgeschöpft ist. Vor allem ist es aber notwendig in der Wissenschaftscommunity das Bewusstsein zu schärfen, dass dies wichtige Verfahren zur Kennzeichnung von Hypothesen sind, um 3D-Modelle als wissenschaftlich auszuzeichnen und sie damit auch als Forschungswerkzeuge zu etablieren.

Im Bereich der Technik konnten VR- und AR-Anwendungen als sich zunehmend etablierende und zukünftig weiter auszubauende Potentiale für die Wissensvermittlung und Präsentation sowie als Forschungswerkzeuge im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischer Architektur identifiziert werden.

Mit der noch am Anfang der Anwendung im Kulturerbebereich stehenden Methode (**Historic**) **BIM** erwächst ein Forschungswerkzeug für die Rekonstruktion von historischer Architektur, das zukünftig sein Potential noch weiter entfalten wird – im Hinblick auf die Darstellung von Bauphasen, Visualisierung von Varianten, Ausgabe der Informationen in unterschiedlichen Formaten und der Möglichkeit zu kollaborativem Arbeiten.

Nicht zuletzt kann mit dieser Methode noch eine immense Vielzahl an historischen Gebäuden digital rekonstruiert werden. Denn bislang wurde erst ein kleiner Bruchteil an bedeutender Architektur wissenschaftlich 3D-modelliert. Hier besteht ein großes Potential – insbesondere für die Kunstgeschichte – in diesem Feld aktiv zu werden. Denn wie in den vorangegangenen Kapiteln ersichtlich wurde, können 3D-Modelle als erkenntnisgenerierende Forschungswerkzeuge eingesetzt werden und damit die Erforschung historischer Architektur maßgeblich bereichern.

Mit dem Aufzeigen von noch auszuschöpfenden Potentialen für die wissenschaftliche digitale Rekonstruktion von historischer Architektur schließt der vollzogene Überblick zur Entwicklung und Kontextualisierung von 3D-Modellen historischer Architektur. Im nun folgenden **Kapitel 7** (→ **563**) steht deren Analyse und kritische Reflexion im Fokus der vergleichenden Untersuchung.