



A. Das digitale Architekturmodell wird ein Werkzeug der Kunstgeschichte. Vier aktuelle Herausforderungen

→ Architekturgeschichte, CAD-Modell, digitale Kunstgeschichte, Forschungsdaten, FAIR-Prinzipien, Wissenschaftsgeschichte

Lange Zeit wurden digitale 3D-Modelle historischer Bauten als ein Medium vor allem für die raumbezogene Unterrichtung oder sogar nur zur Unterhaltung von Laien angesehen. Schon zur Zeit der Renaissance sind ähnliche Beschränkungen formuliert worden.

Dabei handelt es sich bei dem digitalen Architekturmodell um ein potentes Forschungswerkzeug auch im Rahmen der historischen Wissenschaften. Zunächst hat es Qualitäten analoger Modelle imitiert, die vor allem den räumlichen Aspekt von Architektur abzubilden versuchen, wie in dem ersten Teil des Beitrags nachgezeichnet wird. Aber die neue Datengetriebenheit des räumlichen Abbildes erlaubt darüber hinaus ganz neue Verwendungen für die Wissenschaft.

Von grundlegender Bedeutung ist dabei, dass das wissenschaftliche Architekturmodell Teil eines Ökosystems wird, in dem Daten miteinander verknüpft werden, weithin zugänglich und maschinenlesbar sind, eine gesicherte Archivinstanz besitzen und allgemein für weitere, anschließende Forschungen nachnutzbar sind. Neue Zugänge besitzen hier wiederum das Potenzial, in die Welt der »Laien« zurückzuwirken, neue Teilhabe zu ermöglichen, womit sich der Kreis schließt. Hier sind aktuell in einigen Bereichen vielversprechende Ansätze zu beobachten, in anderen Feldern müssen noch große Herausforderungen gemeistert werden und neue Denkweisen erst entwickelt werden.

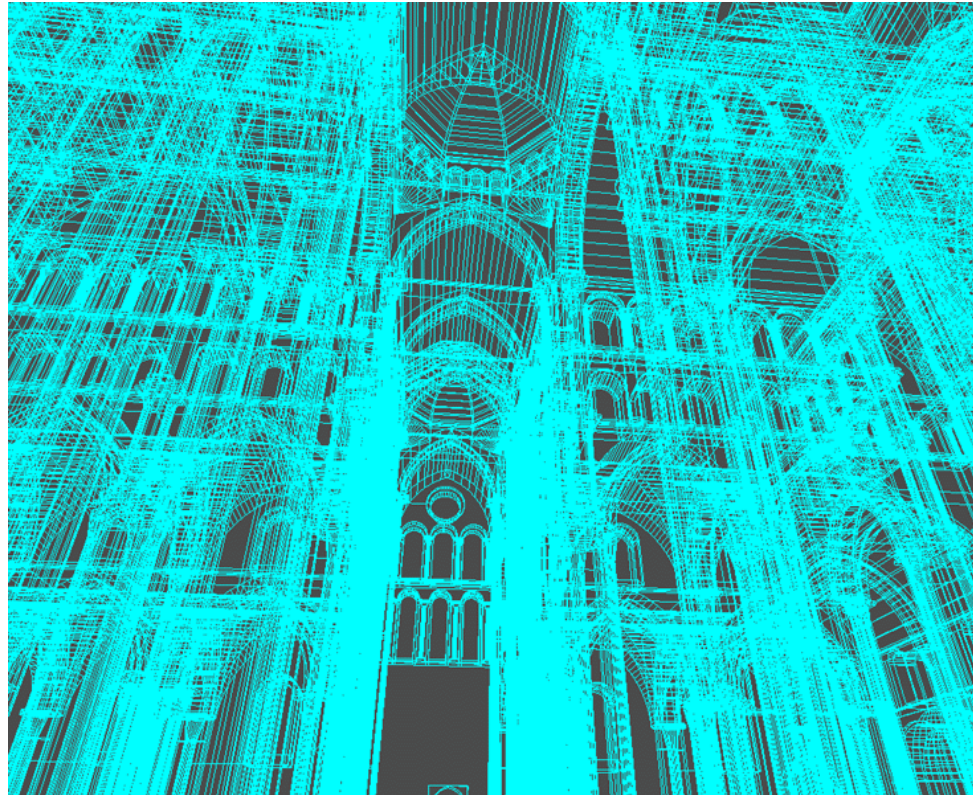
Digitale Architekturmodelle, das heißt hier die visuellen, aber eben auch genuin datengetriebene Repräsentationen historischer Bauten werden bereits seit einiger Zeit in praktischen wie in wissenschaftlichen Kontexten als neuartiges Medium der Erkenntnisvermittlung und -gewinnung eingesetzt. ⁰¹ Einen Meilenstein des deutschsprachigen Raumes stellte das 1993 im Fernsehen und im Buch veröffentlichte Rekonstruktionsmodell der in der französischen Revolution weitgehend abgebrochenen romanischen Klosterkirche von Cluny dar ⁰¹. Kurz zuvor war in England die digitale Rekonstruktion der mittelalterlichen Kirche von Old Minster vorgestellt worden. ⁰²

■ 01

Wesentliche Gedanken des vorliegenden Textes wurden im Oktober 2016 unter dem Titel »Das Architekturmodell im digitalen Zeitalter. Neue Ansprüche an die digitale Visualisierung des historischen gebauten Raumes« als externer Beitrag auf der Tagung des BMBF Projektes: »WeSa – Wesersandstein als globales Kulturgut« in Paderborn vorgestellt und diskutiert. Als ideale Plattform für weitere Diskussionen erwies sich die 2014 gegründete interdisziplinäre »Arbeitsgruppe Digitale Rekonstruktion« im DHd. Der Autor dankt allen beteiligten Kolleginnen und Kollegen für Austausch und konstruktive Kritik. Die vorliegende neu formulierte und erweiterte Fassung stellt eine mehrfache Aktualisierung dar, die zuletzt im Juli 2020 an die rasante Entwicklung angepasst wurde.

■ 02

Paul Reilly, Paul Rahtz, *Archaeology and the information age. A global perspective*, London 1992, S. 152–154. Horst Cramer, Manfred Koob (Hg.), *Cluny. Architektur als Vision*, Heidelberg 1993. Historisch-Systematisch zu dieser Entwicklung: Heike Messemer, *Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potenziale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive (= Computing in Art and Architecture, Band 3)*, Heidelberg 2020, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>.



□ 01

Manfred Koob und Team: Drahtmodellversion des digitalen Rekonstruktionsmodells der Klosterkirche von Cluny III (Cramer, Horst/Koob, Manfred (Hg.): *Cluny. Architektur als Vision*. Heidelberg 1993).

Als bekannter Aspekt digitaler Medien gilt, dass sie zunächst oft erprobte Vorbilder aus der analogen Vorzeit reproduzieren. Bei den ersten digitalen Architekturmodellen stand in diesem Sinn oft die Anschaulichkeit eines haptischen Modells im Vordergrund, also die mediale Vorderseite. Aufgrund ihrer Datengetriebenheit können digitale Architekturmodelle jedoch gegenüber ihren analogen Vorläufern auch völlig neue Funktionen übernehmen und grundlegend neue Praktiken integrieren. Ein solcher Prozess der Hybridisierung und Anreicherung findet derzeit in Bezug auf das Architekturmodell statt und seine alten wie neuen epistemischen Aspekte sollen im Folgenden aus der Perspektive der Kunstgeschichte skizziert werden.

■ 03

Zur Einführung in den aktuellen Stand der digitalen Kunstgeschichte: Hubertus Kohle, *Digitale Bildwissenschaft*, Glückstadt 2013, zum vorliegenden Thema besonders das Kapitel »Präsentieren/Rekonstruieren« S. 161–167. Kuroczyński Piotr, Bell Peter, Dieckmann Lisa (Hg.), *Computing Art Reader Einführung in die digitale Kunstgeschichte*, Heidelberg 2018. Eine Übersicht über aktuelle internationale Entwicklungen im architekturbezogenen Feld bietet: Marinos Ioannides et al. (Hg.), *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, Heidelberg, Berlin 2016. Vgl. auch 3. Ausgabe des *International Journal for Digital Art History* zum Thema »Disruptions and Genealogies of the Digital in Architecture« (2018).

■ 04

Zu diesem Feld existiert eine reiche Forschungsliteratur aus den Federn der Kunstgeschichte und Architekturgeschichte: Vgl. als Übersichten: Sabine Frommel (Hg.), *Les maquettes d'architecture. fonction et évolution d'un instrument de conception et de réalisation*, Paris 2015. Andres Lepik, *Das Architekturmodell in Italien 1335–1550*, Worms 1994. Hans Reuther, Ekhart Berckenhagen, *Deutsche Architekturmodelle. Projekthilfe zwischen 1500 und 1900*, Berlin 1994. Henry A. Millon (Hg.), *The triumph of the baroque architecture in Europe 1600–1750*, New York 1999.

■ 05

David J. Bodenhamer, John Corrigan, Trevor M. Harris (Hg.), *The Spatial Humanities. GIS and the Future of Humanities Scholarship*, Indiana 2010. Kai-Christian Bruhn, Fredie Kern, Frithjof Schwartz, *Spatial Humanities – Eine neue Forschungsdisziplin*, in: *gis.Business* 1 2014, S. 53–55.

Die vorliegenden Überlegungen versuchen dabei am Ende eine Anzahl der Chancen und Herausforderungen zu benennen, die sich aus den Besonderheiten des neuen Mediums und Instruments ergeben. Das gilt sowohl für die methodologische Ebene und das institutionelle Umfeld des Faches Kunstgeschichte als auch der Tendenz nach für verwandte geisteswissenschaftliche Fächer. Hier wäre insbesondere an Verbindungen zu Bereichen der Archäologie, der historischen Bauforschung und der Geschichtswissenschaft wie auch zu anderen Geisteswissenschaften zu denken. Zusätzliche Kompetenzen stellen die sogenannten Digital Humanities und die Digitale Kunstgeschichte im Speziellen bereit, über deren zukünftiges Verhältnis zu den verschiedenen Mutterdisziplinen noch nicht das letzte Wort gesprochen ist. ⁰³

Im Folgenden sollen jene Modelle von historischer Architektur betrachtet werden, die nachträglich, also retrospektiv von bestehenden, teilüberlieferten oder nur geplanten Bauten zu Dokumentations- und Forschungszwecken angefertigt wurden bzw. werden. Es geht also nicht um die Geschichte oder Theorie von architektonischen Entwurfsmodellen. ⁰⁴ Der übergeordnete Rahmen wird immer häufiger als »raumbezogene Geisteswissenschaften« oder »Spatial Humanities« als Teil der »Digitalen Geisteswissenschaften« angesprochen, wobei die initiale Rolle der Historischen Geographie und Kartographie noch deutlich durchscheint. ⁰⁵ Man kann jedoch eine Diversifizierung der disziplinären Kontexte und typischen Fragestellungen erwarten.

Natürlich bestehen dabei weiterhin vielfältige Bezüge auch zur Geschichte des architektonischen Entwurfsmodells, das von der Kunst- und Bildgeschichte entwicklungsgeschichtlich und systematisch bereits gut erforscht wird, also eine eigene Gattung von Untersuchungsobjekten darstellt. Gerade dessen Funktionsbereich der prospektiven und entwerferischen Veranschaulichung von Architektur in ihrer Räumlichkeit steht schon in der analogen Form dem Medientypus des posthumer Architekturmodells sehr nahe, doch hat auch hier die digitale Revolution disruptive Prozesse in Gang gesetzt, ohne die das heutige wissenschaftliche Architekturmodell gar nicht in seinem vollen Umfang denkbar wäre. Dabei werden beide Medien, das prospektive und das retrospektive Architekturmodell, jedoch kaum deckungsgleich ausfallen.

A.1 Basisinnovationen der Renaissance-Epoche

Die Entwicklung und Etablierung des architektonischen Entwurfsmodells als Muttergattung beschleunigten sich nach vereinzelt Anfängen im Rahmen der Kultur der europäischen Renaissance. Das Entwurfsmodell sollte damals immer häufiger den seit dem Hochmittelalter perfektionierten zeichnerischen Entwurf ergänzen, da es besonders gut – und anders als etwa Grundrisse und Schnitte – die räumlichen Aspekte und visuellen Qualitäten des angestrebten Endprodukts Bauwerk veranschaulichen konnte.

■ 06

Johannes Helmuth et al. (Hg.),
**Diffusion des Humanismus: Studien zur
 nationalen Geschichtsschreibung euro-
 päischer Humanisten, Göttingen 2002.**
 Ulrich Muhlack, *Renaissance und
 Humanismus, Berlin/Boston 2017.*

■ 07

Alain Schnapp, *Die Entdeckung der Ver-
 gangenheit, 3. Aufl. Stuttgart 2011.*
 Peter N. Miller, François Louis (Hg.),
*Antiquarianism and Intellectual Life in
 Europe and China, 1500–1800,*
 Ann Arbor, MI 2012.

Damit wurden bereits zu Beginn der Frühen Neuzeit die intellektuellen und technischen Rahmenbedingungen geschaffen, auch bereits realisierte Gebäude im Medium entsprechender Modelle zu dokumentieren. Die in gewissen Kreisen, z. B. am päpstlichen Hof in Rom der Hochrenaissance, schon gut eingeführte visuelle Erfahrung eines maßstäblichen Architekturmodells konnte zudem auch dazu genutzt werden, um verloren gegangene Bauten – entsprechend den Grundideen der Renaissance hier insbesondere Bauwerke der Antike – nicht nur mit zweidimensionalen Medien wie der Zeichnung, sondern eben auch in dreidimensionalen Abbildern mehr oder weniger raumillusionistisch vor Augen zu führen. Den geistigen Hintergrund hierfür legte ein neues Geschichtsverständnis des Renaissance-Humanismus, der sich als Bildungsbewegung seit dem 15. Jahrhundert über ganz Europa ausbreitete ⁰⁶ und neben den Texten auch zunehmend materielle Hinterlassenschaften der Alten Geschichte mit einbezog. ⁰⁷ Darüber hinaus gab es natürlich auch weitere Funktionen von Modellen wie beispielsweise die Memoria von Stiftern, die im Mittelalter sicherlich eine besondere Relevanz hatte oder andere stärker symbolische Auffassungen, welchen aber hier im Detail nicht nachgegangen werden kann.

Ein solches herkömmliches (analoges) Modell eines Bauwerks, das lange Zeit über in aller Regel aus Holz gefertigt wurde, erforderte nicht nur eine aufwändige Herstellung, sondern auch eine dauerhafte Pflege und Archivierung, um eine langfristige Überlieferung zu gewährleisten. Die Geschichte der Frühen Neuzeit hat gezeigt, dass damals nur wenige Institutionen überhaupt in der Lage waren, über mehrere Generationen hinweg die Aufbewahrung solcher platzraubenden Objekte zu sichern. Nahezu alle erhaltenen Architekturmodelle der Frühen Neuzeit stammen deshalb aus fürstlichen Kunstkammern oder anderen Sammlungen und Archiven bedeutender und auf Dauer ausgerichteter Herrschaften. Erst viel später und nur nach und nach traten als mögliche Aufbewahrungs- und Ausstellungsorte auch Kunstakademien und Schulen als Ausbildungsträger hinzu, wie auch später das moderne öffentliche Museum.

A.2 Der Begriff des digitalen Architekturmodells als metaphorische Übertragung

Für das Verständnis des digitalen Architekturmodells als neue Gattung können zunächst verschiedene Aspekte und Qualitäten des analogen Mediums betrachtet werden, die auch für das digitale Modell eine wesentliche Grundlage darstellen. Insbesondere die haptische Dimension des traditionellen Modells macht deutlich, dass es sich bei dem Begriff des digitalen Baumodells (englisch: digital scale model, virtual model) ganz offensichtlich um eine metaphorische Übertragung von etwas handelt, das ursprünglich vor allem durch seine Materialität in einer konkreten Praxis faktisch definiert war. Wie bereits angedeutet, werden diese Qualitäten nun im digitalen Medium teilweise nachgeahmt, zumindest in einigen Aspekten.

Die offensichtliche Eigenschaft eines analogen Entwurfsmodells besteht in seiner haptischen Dimension und den räumlichen Qualitäten, in der die Architektur als Kontinuum erscheint. Durch unterschiedliche Betrachterstandpunkte und Veränderung des Blickwinkels kann dieses in eine zeitliche Abfolge und Vielzahl von visuellen Sinneseindrücken übersetzt werden. Natürlich spiegelt das Baumodell selbst die drei klassischen Dimensionen des vom Menschen in seiner Körperlichkeit erfahrbaren Raums wider, wird aber in seinem medialen Gebrauch durch die vierte Dimension der Zeit angereichert. Diese ist gerade bei der Nachbildung im digitalen Modell von besonderer Bedeutung, sodass hier oft auch von vierdimensionalen Modellen gesprochen wird, wo in der Regel Dispositive der Filmregie oder der Interaktion die Zeitdimension erfahrbar machen.

Eines der ältesten, noch bis fast in unsere Zeit überlieferten Dokumentationsmodelle wurde bis 1945 in der Dresdener Kunstkammer bzw. den Dresdener Kunstsammlungen aufbewahrt und zeigte eine bereits zu seiner Zeit im Verschwinden begriffene Architektur. **08** Es handelt sich um das ältere Modell des Dresdener Residenzschlosses in seinem Zustand von vor 1548, welcher damals durch einen umfassenden Umbau im Original verloren ging und daher in besagtem hölzernen Modell für die Nachwelt dokumentiert wurde **02**. **09** Das hölzerne Baumodell hatte die Ausmaße von 47 cm × 52 cm in seiner Grundfläche und ist trotz seines Verlustes als Folge des Zweiten Weltkriegs durch historische Fotos ausgesprochen gut dokumentiert, die es nach wie vor erlauben, seine Funktionalität recht gut einzuschätzen.

□ 02

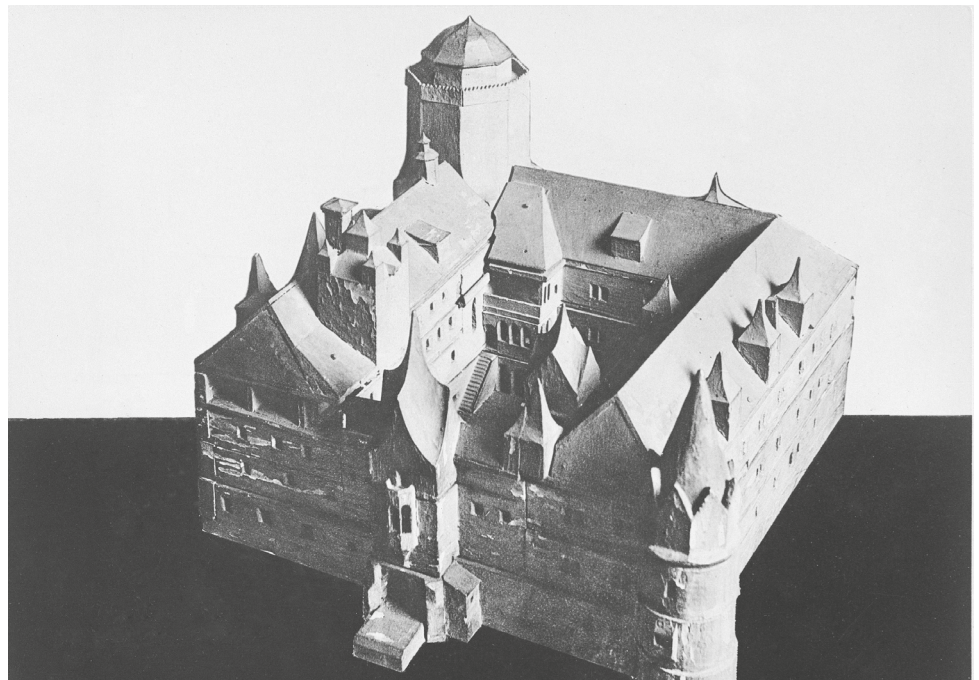
Älteres Holzmodell des Dresdener Schlosses um 1548. Ehemals Dresdener Kunstsammlungen bzw. zuletzt in den Sammlungen des sächsischen Altertumsvereins. Kriegsverlust (Foto um 1900) (Bildnachweis: gemeinfrei).

■ 08

Zum Kontext: Dirk Syndram, Martina Minning (Hg.), *Die kurfürstlich-sächsische Kunstkammer in Dresden. Geschichte einer Sammlung, Dresden 2012.*

■ 09

Hans Reuther, Ekhart Berckenhagen, *Deutsche Architekturmodelle, Katalog-Nummer 121. Robert Bruck, Die Dresdner Schloßmodelle, in: Mitteilungen aus den königlich-sächsischen Kunstsammlungen, Bd. 6, Dresden 1915, hier S. 1–5. Zu der dargestellten Bauphase des Schlosses: Norbert Oelsner, Die Errichtung der spätgotischen Schlossanlage (1468 bis 1480) und ihre weitere Entwicklung bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts. Bauaufgabe – Strukturen – Befunde, in: Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (Hg.), Das Residenzschloss zu Dresden. Von der mittelalterlichen Burg zur Schlossanlage der Spätgotik und Frührenaissance, Bd. 1, Petersberg 2013, S. 189–231.*



Die dreidimensionale Konstruktion des Dresdener Schlossmodells ermöglichte nicht nur eine freie Verlagerung des Augenpunktes, sondern erlaubte auch verschiedene Manipulationen am hölzernen Modell selbst. Aufgrund seiner besonderen Bauweise konnte der Betrachter einzelne Stockwerke entfernen und die inneren Raumstrukturen sichtbar werden lassen.

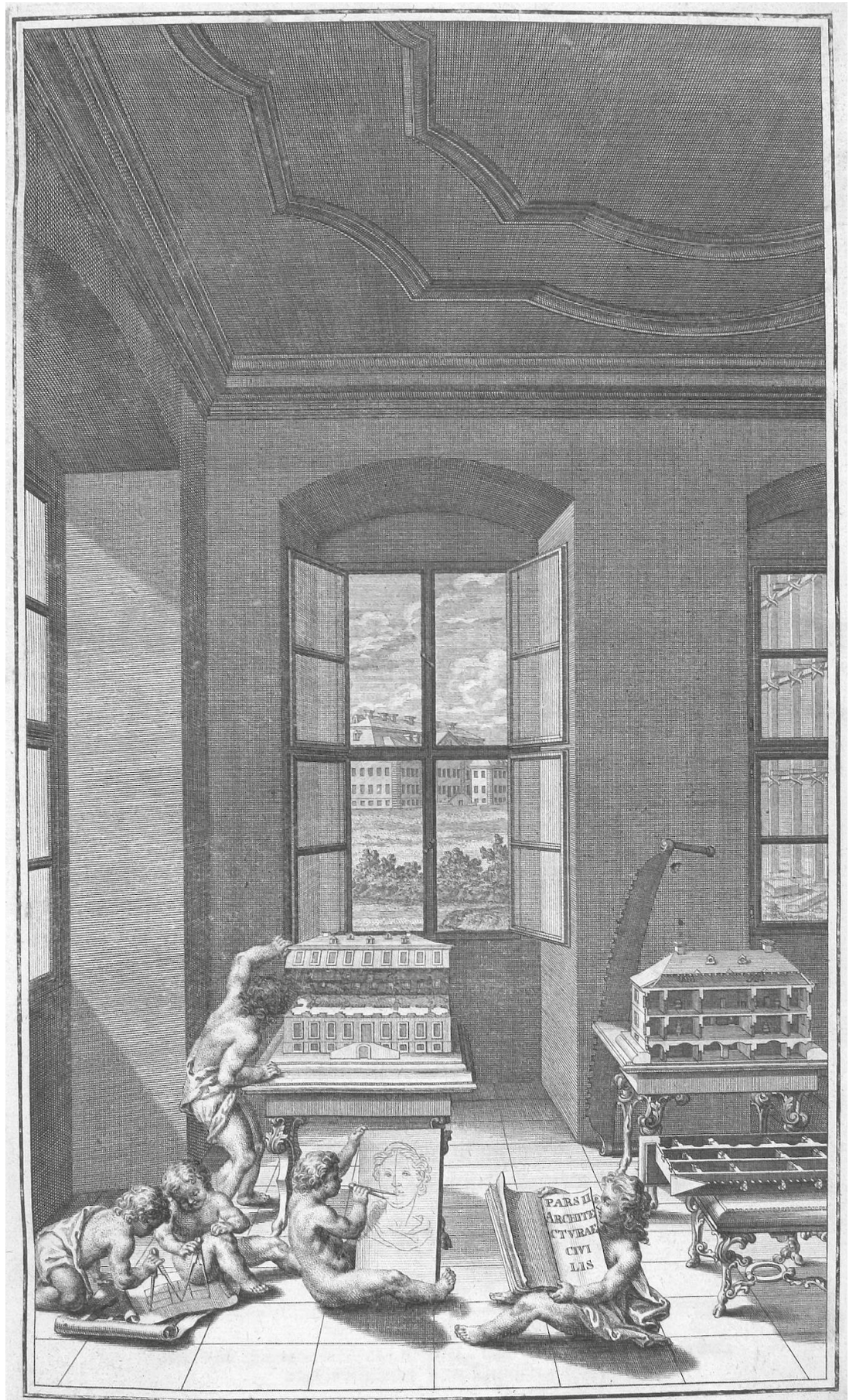
Im Modell waren kleine Zettel mit Aufschriften (zumindest in späterer Zeit) eingelegt, die auf die Raumbezeichnungen bzw. Raumfunktionen hinwiesen. Auf diese Weise dokumentierte das Modell also nicht nur die äußere Form des Residenzschlosses, die letztlich durch den Umbau verschwunden war, sondern auch die innere Raumstruktur, die für das höfische Leben besonders wichtig war und Aspekte ihrer performativen Realisierung. Da darüber hinaus noch ein weiteres Modell in der Dresdener Kunstkammer vorhanden war, das den fertigen Zustand des umgebauten Schlosses zeigte, konnten die Betrachter am Modell Vergleiche über den fortgeschrittenen Stand der architektonischen Repräsentation am kurfürstlichen Hof in Dresden anstellen und weiteres mehr.

Das frühe Beispiel des Dresdener Dokumentationsmodells lässt damit bereits wesentliche Aspekte dieses damals neuen Medientyps der Renaissance-Kultur erkennen. Zuerst zeigt es die Darstellung eines räumlichen Kontinuums, das sich einem Betrachter sowohl durch die Verlagerung des Augenpunktes als auch durch das Betasten als solches erschließt und über die kurz zuvor entwickelte Ansicht in Form einer Perspektive oder vielleicht einer orthogonalen Projektion grundsätzlich hinausgeht. Diese Möglichkeit wird natürlich auch in vielen modernen digitalen Modellen nachgeahmt.

Einen zweiten Aspekt vieler analoger Architekturmodelle stellt – wie geschildert – die haptische Manipulierbarkeit der Substanz des Modells dar. In frühneuzeitlichen Traktaten zur Architekturausbildung wird daran manchmal sogar in anschaulichen Bildern erinnert ⁰³. Das vergleichsweise frühe Dresdener Schlossmodell im konkreten Fall bestand aus einer hölzernen Schreiner- und Schnitzarbeit, die in Einzelteile zerlegt werden konnte und so den Blick in das ebenfalls durchgestaltete Innere freigab. Dieser Aspekt und andere Interaktionen am Objekt können in digitalen Modellen heute mit Leichtigkeit durch digitale Visualisierungen und Animationen auf vielerlei Art nachgebildet werden.

□ 03

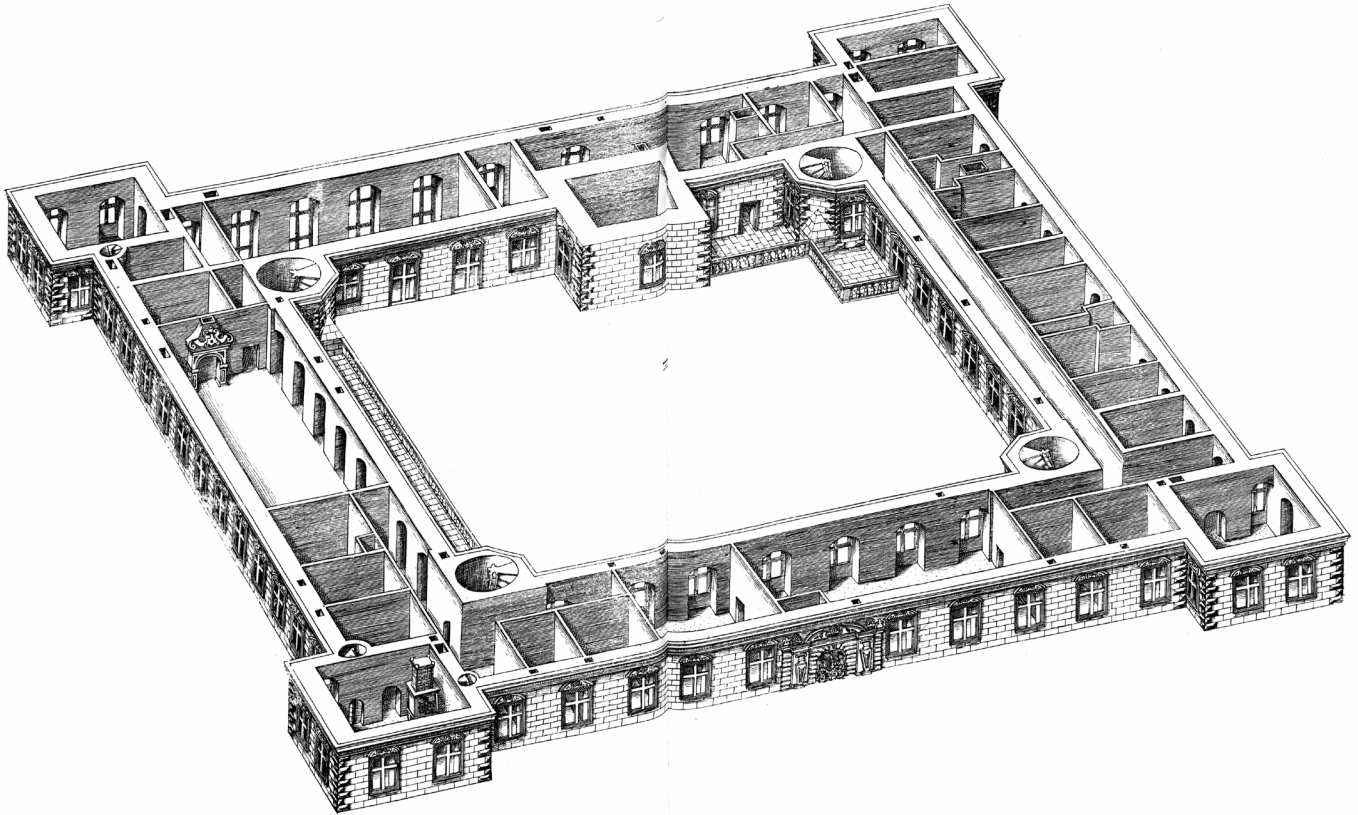
Folgeseite: Zeitgenössischer Umgang mit barocken Architekturmodellen. Abbildung aus: Johann Friedrich Penther: Ausführliche Anleitung zur bürgerlichen Bau-Kunst. Bd. 2 Augsburg 1745, Frontispiz.



Einen dritten, ganz grundlegenden Aspekt stellt die Anreicherung der reinen geometrischen Daten, wie sie das Modell als Abbild eines Gebäudes zunächst liefert, durch weitere Wissensbestände dar. Im Dresdener Modell wurde dies auf eine sehr einfache Weise mittels eingelegter, beschrifteter Zettel umgesetzt, auf denen die Raumbezeichnung notiert war. Natürlich bestehen unter solchen limitierenden Rahmenbedingungen bei einer Verknüpfung von einem konkreten Ort im dreidimensionalen Raum und ausgewählten Wissensbeständen gewisse Schwächen. Auch hier ergeben sich im digitalen Medium heute weitaus vielfältigere Möglichkeiten.

Gegenüber diesen drei grundlegenden Aspekten des Architekturmodells tritt ein vierter Aspekt als exklusive Eigenart am Modell selbst zurück: das Vermögen, als dispositive Vorlage für die geometrisch oder algorithmisch fundierte Illusionen einer dreidimensionalen Bausituation im Medium des zweidimensionalen Bildes zu fungieren.

Dieser Fall ist heutzutage bei den einzig noch vorhandenen Fotografien des Dresdener Schlossmodells eingetreten. Hier sorgt die Aufnahmetechnik der Fotografie dafür, dass die Geometrie des Modells nach bestimmten Regeln, die Renaissance als optisch-mathematische Linear-Perspektive formulierte, auf die zweidimensionale Bildfläche übertragen wird. Ähnliches hatte schon der deutsche Renaissancearchitekt Georg Ridinger – 1616 aufbauend auf älteren italienischen und französischen Anregungen – in seinen Darstellungen des fingierten Schlossmodells von Aschaffenburg zugrunde gelegt oder zumindest den entsprechenden Anschein erweckt (s. rechts.) [04]. Hier ist natürlich der Computer geometrisch-kalkulatorisch unbestechlich und kann dazu angewiesen werden, genauestens nachvollziehbare Transformationsalgorithmen über den Geometriedaten auszuführen. Natürlich kann er aber auch jede andere Transformationsregel, jedes andere Kalkül anwenden.



□ 04

Grafisch simuliertes, geöffnetes
Schnittmodell des damals neu erbauten
Aschaffener Schlosses. Kupferstich
aus: Georg Ridinger: Architectur des
maintzischen churfürstl. neuen Schloßba-
wes St. Johannisburg zu Aschaffenburg,
Mainz 1616. (Bildnachweis: gemeinfrei).

Gerade das Abheben der oberen Stockwerke und der Einblick in die jeweiligen Geschossebenen mit ihrer inneren Raumstruktur, wie er in Gestalt des Dresdener Schlossmodells nachgewiesen werden kann, wurden schon früh auch in Zeichnungen oder sogar in aufwändigen Reproduktionsstichen simuliert. In der produktiven Atmosphäre der Hochrenaissance in Italien entstanden zum ersten Mal auch solche gezeichneten perspektivischen Darstellungen, die wie das Ergebnis eines imaginierten Schnitts durch ein solches Modell wirkten und die Potenziale der Dreidimensionalität als zweidimensionales Bild anschaulich wiedergaben.

Ein Beispiel für dieses noch im späten 15. Jahrhundert entwickelte Dispositiv ist die zeichnerische Darstellung eines römischen Bacchus-Tempels, das Sebastiano Serlio 1540 im dritten Buch zur Architektur publizierte und das damit sogleich weite Verbreitung fand (⁰⁵ oben, hier im Vergleich mit einem modernen Digitalmodell). ¹⁰ Ähnliche Darstellungsschemata von virtuellen Schnittmodellen mit Illusion der dritten Dimension hatte zuvor bereits Leonardo Da Vinci um 1490 verwendet. Hier bestehen wiederum Verbindungen zur zeitgenössischen Maschinenzeichnung, die damals zunehmend die dritte Dimension ihrer Objekte mit einbezog. ¹¹ Ein aufwändiges Beispiel der Architekturdarstellung der späten Renaissance sind die bereits genannten Bilder des Aschaffenburg Schlossbaus als Schnittmodelle durch seinen Architekten Georg Ridinger, welche im Jahre 1616 in Mainz als Druck veröffentlicht wurden. ¹² Auch heute noch wird dieses Dispositiv des grafisch simulierten Schnittmodells für die Veranschaulichung komplexer Innenraumverhältnisse gerne verwendet, wie eine Abschlussarbeit zur Forschungsgeschichte des Aachener Münsters belegt (⁰⁵).

■ 10

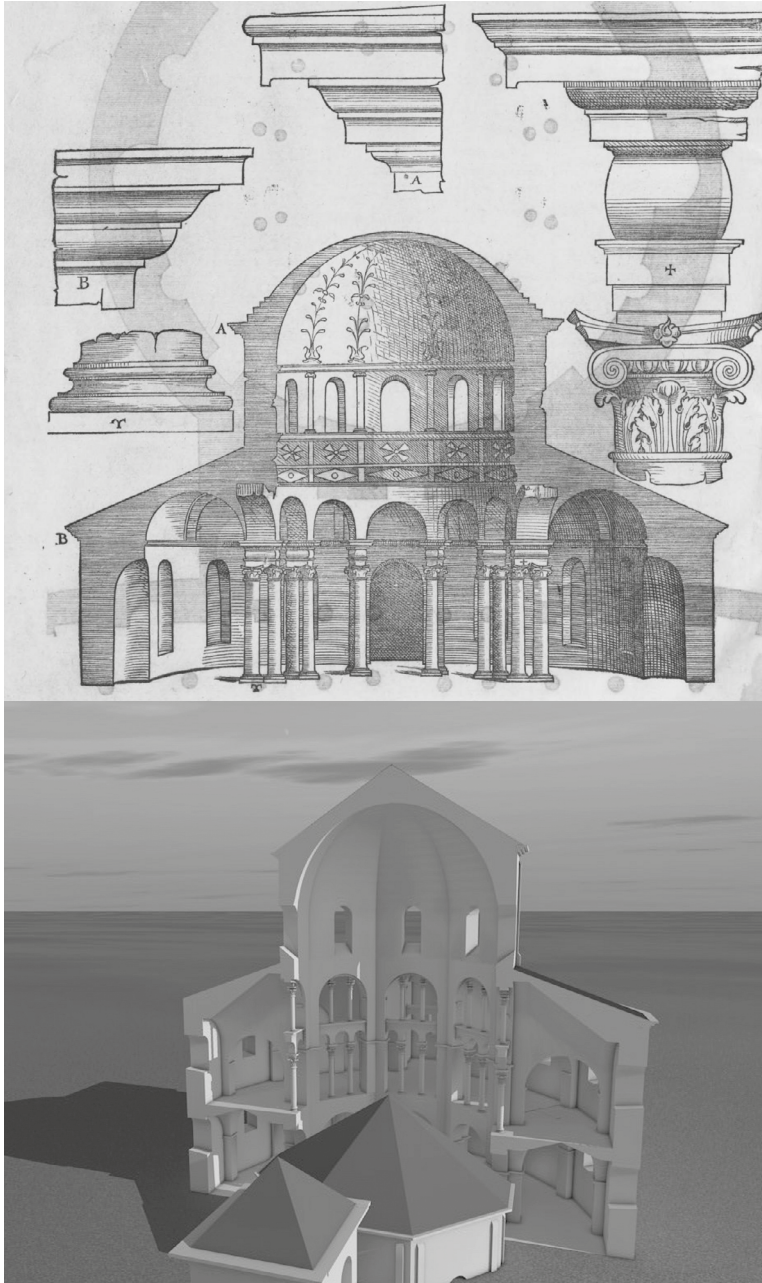
Sebastiano Serlio, *Sette Libri d'architettura. Il terzo libro*, Venedig 1540, S. 20.

■ 11

Wolfgang Lefèvre (Hg.), *Picturing machines 1400–1700*, Cambridge 2004.

■ 12

Vgl. auch: Sebastian Fitzner, *Architekturzeichnungen der deutschen Renaissance. Funktion und Bildlichkeit zeichnerischer Produktion 1500–1650*, Köln 2015, hier S. 111–113.



□ 05

Simuliertes (archäologisches) Schnittmodell eines antiken Bacchus-Tempels.
Holzschnitt aus: Sebastiano Serlio: Sette Libri d'architettura. Il terzo libro, Venedig 1540. Unten: Visualisierung von kunsthistorischen Rekonstruktionshypothesen der Pfalzkapelle von Aachen als Schnittmodell. Filmstill aus der kunsthistorischen Examensarbeit von Jan-Eric Lutteroth 2012. (Bildnachweis: gemeinfrei; Bildnachweis: Lutteroth).

Das Dresdener Modell, das hier als früher Vertreter der seinerzeit neuen Mediengattung herausgegriffen wurde, bietet einen guten Einstieg in die Ansprache der aktuellen digitalen Verfahren und liefert auch erste Kategorien für die Analyse von digitalen Dokumentationsmodellen historischer Architektur. Es soll daran erinnert werden, dass der Modellbegriff für diesen digitalen Medientypus kein strenger ist, sondern eher metaphorisch in dem Sinne angewandt wird, dass die am analogen Modell herausgearbeiteten typischen Funktionalitäten teilweise oder wesentlich auch im digitalen Medium implementiert sind. Natürlich könnten auch andere Modellbegriffe auf den dem digitalen Medium zugrundeliegenden Datensatz angewandt werden, etwa den des Datenmodells, aber dieses Feld fällt nicht oder nur wenig in die Kompetenz der Kunstgeschichte, die vor allem visuelle Phänomene in ihrer Zeitlichkeit und anderen Kontexten analysiert und interpretiert.

A.3 Der Siegeszug digitaler Dokumentationsmodelle

■ 13

Johannes Erichsen, Katharina Heinemann, Katrin Janis (Hg.), **KaiserRäume – KaiserTräume. Forschen und Restaurieren in der Bamberger Residenz, München 2007.**

■ 14

Das im Winter 2015/2016 von Stephan Hoppe und Ute Engel geleitete »Bamberg-3D-Pilotprojekt der barocken Deckenmalerei« wurde durch Sondermittel der Bayerischen Akademie der Wissenschaften finanziert, wobei hier besonders dem Altpräsidenten Karl-Heinz Hoffmann für die engagierte Förderung gedankt werden soll. Der institutionelle Rahmen des »Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland« (CbDD) gehört seit 2015 als Langzeitforschungsprojekt zum Akademienprogramm der Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften. Es wird betreut von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München.

■ 15

Jürgen Dudowits, Gerhard Hirzinger, Florian Siegert, Bernhard Strackenbrock, **DAS VIRTUELLE BAYERN. 3D-Modellierung und Präsentation von Baudenkmalen, Landschaften und Museumsobjekten mit Technologien der Robotik und der 3D-Computergrafik**, in: Andreas Bienert et al. (Hg.), Konferenzband EVA, Berlin 2016, Elektronische Medien & Kunst, Kultur und Historie, Heidelberg 2017, S. 104–115. Gerhard Holst, Bernd Strackenbrock, **Präzise 3D-Messung im Vorübergehen. Portable Kamerasysteme in Kombination mit Laserscannern helfen bei der Restaurierung historischer Gebäude**, in: Optik & Photonik Issue, 1 2014, S. 44–47.

■ 16

Stephan Hoppe, **Barocke Deckenmalerei in 3D. Wie lassen sich barocke Bilderräume mit den aktuellen 3D-Techniken visualisieren?**, in: Akademie Aktuell. Zeitschrift der Bayerischen Akademie der Wissenschaften: Barocke Deckenmalerei. Ein neues Projekt über die architekturgebundene Malerei der Frühen Neuzeit, 2 2016, S. 66–71.

Im Folgenden soll erörtert werden, wie digitale Baumodelle aktuell von der Kunstwissenschaft eingesetzt werden und welche Potenziale, aber auch Herausforderungen sich nach über zwei Jahrzehnten der zunehmend intensiveren Nutzung des digitalen Mediums besonders deutlich abzeichnen.

Der Einsatz eines digitalen Dokumentationsmodells ist natürlich ausgesprochen vielfältig. Es kann insbesondere das räumliche, hier dreidimensionale Kontinuum eines Baukörpers, eines Innenraums, einer Fassade oder anderer architektonischer Phänomene als integralen Datensatz abbilden und darauf aufbauend in verschiedener Weise zur Anschauung zu bringen.

Beispielhaft für eine eher einfache Datenstruktur soll – aufgrund der Beteiligung des Verfassers – eine aktuelle, raumhaltige digitale Aufnahme des in den Jahren 1707/09 von Melchior Steidl ausgemalten Kaisersaals der fürstbischöflichen Neuen Residenz in Bamberg herausgegriffen werden. Die barocken Decken- und Wandgemälde in diesem fürstlichen Saal zeigen eine zentrale Deckendarstellung des Guten Regiments, Medaillons der antiken vier Weltreiche und römischer Kaiser sowie überlebensgroße Kaiserbildnisse. Es handelt sich, zwar vor allem als Malerei ausgeführt, wesentlich um ein raumhaltiges Kunstwerk^[06]. ¹³ Die digitale 3D-Aufnahme dieses ausgemalten barocken Saals ist im Rahmen des von der Union der deutschen Akademien geförderten Langzeitprojektes »Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland« (CbDD) entstanden. ¹⁴ Aus etwa 2000 digitalen Detailfotografien wurde durch geeignete Verfahren der Photogrammetrie (hier: Semi-Global Matching) eine sogenannte Punktwolke (Point Cloud) errechnet. Das Verfahren wurde bereits an vergleichbaren Objekten erprobt. ¹⁵ Die Punktwolke kodiert die einzelnen Farbpixel (Punkte) nicht auf einer zweidimensionalen Fläche wie in der Bitmap eines Digitalfotos, sondern in einem kontinuierlichen Koordinatensystem des dreidimensionalen Raumes (deshalb die Metapher der Wolke) und stellt sie für geeignete bildgebende Berechnungen zur Weiterverarbeitung zur Verfügung. ¹⁶ Die Verfahren des Matching selbst profitieren von einem überaus schnellen technischen Fortschritt.



□ 06

Fotokampagne im barocken Kaisersaal
der Neuen Residenz in Bamberg
(© Bildarchiv Foto Marburg/
Bayerische Schlösserverwaltung/
CbDD/Christian Stein 2015).

Da es heute möglich ist, eine feinteilige, für wissenschaftliche Fragestellungen und die Dokumentation geeignete Bildauflösung zu erreichen, besteht also kein grundsätzliches Problem in der Arbeit mit einem Abbild der kunsthistorisch relevanten Oberfläche historischer Bauten bzw. Innenräume im Vergleich mit der traditionellen Fotografie. Aktuell liegt die Auflösung einer solchen Punktwolke auf der Bildoberfläche eines dem Bamberger Kaisersaales vergleichbaren historischen Innenraums etwa bei einem halben oder sogar einem Fünftel Millimeter. Generell handelt es sich um ein Verfahren, dessen Einsatz zur hochgranularen und verlässlichen Dokumentation raumhaltiger Kunstüberlieferung bereits seit ein paar Jahren als praxistauglich gelten kann, auch wenn es natürlich spezifische Schwächen gibt.

Seit einiger Zeit entsteht so mit überschaubarem Aufwand eine immer größere Anzahl solcher Modelle von historischer Architektur und anderen Kunstwerken für die unterschiedlichsten Verwendungszwecke und in den unterschiedlichsten Kontexten.

Inzwischen sind bereits immer häufiger Arbeiten von Studierenden verschiedener Fachrichtungen zu erleben. ¹⁷ Vieles gelangt nicht als offizielle Publikationen an die Öffentlichkeit, sondern stellt aus der Perspektive der grundsätzlich interessierten Kunstgeschichte quasi »Graues« Material dar.

Das neue »Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland« setzt seit 2015 ein älteres Forschungsprojekt fort, in dem bereits eine umfassende Dokumentation der Deckenmalerei im Regierungsbezirk Oberbayern vorgelegt wurde. ¹⁸ Die Deckenmalerei stellt als künstlerisches Medium, das auf eine gewölbte, dreidimensionale Fläche aufgetragen wird, eine besondere Herausforderung für die visuelle Dokumentation dar. Anhand der vom früheren Corpusprojekt publizierten, klassischen Kunstdruckbände kann man gut studieren, welche Dispositive im vordigitalen Zeitalter als wissenschaftsfähige Darstellungen solcher raumhaltigen Kunstwerke mithilfe der Fotografie und bestimmten eigens für den Gegenstand konzipierten zweidimensionalen Informationsdiagrammen zur Verfügung standen und grundsätzlich auch heute noch anerkannt sind. ¹⁹

Für die technisch begrenzte Anzahl von Fotografien zur Illustration der ausgemalten Räume wurden verschiedene Blickwinkel und Standorte ausgewählt. Theoretisch bieten sich dem Betrachter, der sich bewegt und den Blick schweifen lässt, jedoch unendlich vielfältige Eindrücke, die ein mit Deckenmalerei ausgestatteter Raum bietet. Tatsächlich wurde auf diese Weise aus einem wissenschaftlichen Vorverständnis heraus versucht, diese Eindrücke zumindest in der Tendenz pluralistisch zu reproduzieren.

Die digitale Punktwolke des Bamberger Kaisersaals kann grundsätzlich für verschiedene visuelle Ausgabemedien herangezogen werden. In einer ersten Stufe bilden diese in typischer Weise zunächst oft wieder analoge, meist zweidimensionale statische Medien nach, sei es auf einem Bildschirm oder auf Papier. So lassen sich die klassischen, baubezogenen Dispositive wie architektonischer Grundriss oder Schnitt aus der Punktwolke generieren und haben den Vorzug, dass sie äußerst maßstabsgetreu und ohne geometrische Bildfehler, die in der optischen Fotografie weit verbreitet sind, angefertigt werden können ²⁰. Es kann z. B. eine Übersichtsperspektive als Totale gerechnet werden, aber auch eine fokussierte Detaildarstellung aus einem speziellen Winkel.

Hier handelt es sich um die Simulation von Raumeindrücken und Ansichten auf einer zweidimensionalen Fläche ohne Zeitdimension, so wie es schon die Künstler Sebastiano Serlio und Georg Ridinger aufbauend auf der innovativen Zeichenkultur der Renaissance grafisch illusioniert haben. Architektur ist hier scheinbar ein statisches Medium.

■ 17

Beispielsweise: Pieter Martens (Hg.), *Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces*, Löwen 2016. In diesem Fall handelt es sich um Arbeiten von Architekturstudenten, die im Rahmen ihrer typischen Ausbildung schon seit längerer Zeit mit den entsprechenden digitalen Verfahren zur räumlichen Modellierung und Darstellung vertraut gemacht werden.

■ 18

Hermann Bauer, Frank Büttner, Bernhard Rupprecht (Hg.), *Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland*, Bd. 1–15, München 1976–2010.

■ 19

Hubert Locher, *Deckenmalerei und Fotografie*, in: *Akademie Aktuell. Zeitschrift der Bayerischen Akademie der Wissenschaften: Barocke Deckenmalerei. Ein neues Projekt über die architekturgebundene Malerei der Frühen Neuzeit*, 2 2016, S. 28–32.



□ 07

Errechneter Orthogonalschnitt aus dem digitalen Modell des Kaisersaals der Neuen Residenz in Bamberg (Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland CbDD 2017, Illustrated Architecture).

In einer klassischen Buchpublikation ergänzen sich Übersichtsfotografien und bestimmte, aus freien (schrägen) wie auch orthogonalen Blickwinkeln aufgenommene Details.

Eine solche, epistemisch durchaus nicht folgenlose Vorentscheidung durch Wissenschaftler und Fotografen ist nun bei der integralen digitalen Raumaufnahme des Bamberger Kaisersaals in neueren Medien nicht mehr grundsätzlich notwendig. ²⁰ Vielmehr ist bereits heute die dynamische Simulation eines Besuchs eines historischen Innenraums wie des Kaisersaals möglich, sowohl stationär als auch über das Internet z. B. über die verbreitete Internetplattform SketchFab. Auch das photogrammetrisch erzeugte und mit ortsbezogenen Detailerläuterungen versehene Modell des Bamberger Kaisersaals ließ sich 2019 dort präsentieren ⁰⁸. ²¹

■ 20

Methodologisch ähnliche Fragen untersucht z. B. das von Kai-Christian Bruhn, Fredie Kern und Frithjoff Schwartz geleitete Projekt »Inschriften im Bezugssystem des Raumes«, eine Kooperation der Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz und des i3mainz, des Instituts für Raumbezogene Informations- und Messtechnik. Felix Lange, Martin Unold, Semantisch angereicherte 3D-Messdaten von Kirchenräumen als Quellen für die geschichtswissenschaftliche Forschung. in: Constanze Baum, Thomas Stäcker, Möglichkeiten und Grenzen der Digital Humanities. Sonderband 1 (2015) der Zeitschrift für Digital Humanities, <http://dx.doi.org/10.17175/sb01>.

■ 21

Madita Wierz, Ein Vergleich verschiedener digitaler Visualisierungssysteme am Beispiel der Kaisersäle in Bamberg und Würzburg. Überlegungen zum Einsatz digitaler Medien in der Kunstgeschichte, unveröffentlichte Masterarbeit am Institut für Kunstgeschichte der LMU München, betreut von Ute Engel, München 2017.

□ 08

Digitales Modell des Kaisersaals in Bamberg als dynamische Raumsimulation auf der öffentlichen Plattform SketchFab (Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland, CbDD 2017, Illustrated Architecture).



■ 22

Inge Hinterwaldner, *Das systemische Bild. Ikonizität im Rahmen computerbasierter Echtzeitsimulationen (Eikones)*, München 2010.

Dabei zeigt sich auch am Bamberger Beispiel die konzeptionelle Doppelnatur des digitalen Architekturmodells als datentechnisch nach bestimmten Regeln modellierter Datensatz und darauf aufbauende Veranschaulichungen (Renderings) anhand der jeweiligen Dispositive oft schon altbekannter und durch bestimmte Übereinkünfte sanktionierter visueller Medien. Man spricht hier inzwischen auch von Rückseite und Vorderseite des digitalen Bildes (Inge Hinterwaldner). ²² Daher kann das digitale Rendering der Vorderseite auch als Simulationen spezieller Umgangspraxen mit den klassischen haptischen Modellen verstanden werden.

Allerdings können sich sowohl diese Renderings bzw. Simulationen strukturell erheblich voneinander unterscheiden als auch die Modellierung (Aufbau) der Datensätze. Angesichts der Dimensionen des Raumes erfordert im Fall des Bamberger Kaisersaals die Erstellung der Point Cloud (Punktwolke) mit der angestrebten Auflösung im Vergleich zu digitalen Fotos eine verhältnismäßig große Datenmenge, die aber nur minderkomplex in ihren einzelnen Elementen modelliert ist.

Ein alternatives, ebenfalls sehr verbreitetes Datenmodell wäre beispielsweise ein Vektor-Modell mit datensatzspezifisch verbundenen Bitmaps von aus der Punktwolke oder anderen Quellen abgeleiteten Oberflächentexturen und anderen digitalen Rohdaten, das sich übrigens einfach und nach Standardverfahren aus der Punktwolke generieren ließe. Eine nicht unerhebliche Rolle für die konkrete Anwendungsentscheidung spielen daher immer noch auch externe Fragen des Datenvolumens und des Transportes über das Internet.

A.4 Digitale Rekonstruktionsmodelle und ihre analoge Vorgeschichte

Bei dem beschriebenen Architekturmodell des Bamberger Kaisersaals handelt es sich um einen Sub-Typus einer digital eher minder komplexen Bau-dokumentation, die auch mittels alternativer Verfahren wie beispielsweise das Laserscanning erstellt werden können. Dagegen kann der Datensatz eines digitalen (oft auch virtuell genannten) Rekonstruktionsmodells verlorener historischer Bauten inzwischen als eines der entgegengesetzten datentypologischen Extreme gelten.

Auch bei der wissenschaftlichen bzw. wissenschaftsnahen Architektur-rekonstruktion waren es wohl anfänglich die neuen Erfahrungen der Renaissance mit prospektiven Baumodellen, die dazu anregten, verlorene Architekturen in ihrer Dreidimensionalität gedanklich zu ergänzen, virtuell zu rekonstruieren und in verschiedenen Bildmedien zu visualisieren. Die gedankliche Baurekonstruktion war medial natürlich nicht auf das Architekturmodell beschränkt, sondern besitzt eine noch längere Tradition oft zwei- aber auch dreidimensionaler analoger Bildmedien. ²³

Eine ausgesprochen interessante Entwicklung ist an der komplexen Rekonstruktionsgeschichte des Salomonischen Tempels in Jerusalem abzulesen. ²⁴ So baute z. B. auf einer umfangreich illustrierten Buchpublikation aus der Zeit um

■ 23

Hubertus Günther, *Das Studium der antiken Architektur in den Zeichnungen der Hochrenaissance, in: Veröffentlichungen der Bibliotheca Hertziana (Max-Planck-Institut) in Rom, Tübingen 1988. Zur Bildgeschichte der frühen Archäologie: Alain Schnapp, Die Entdeckung der Vergangenheit, Stuttgart 2011.*

■ 24

Zur Geschichte: Paul von Naredi-Rainer, Cornelia Limpricht, *Salomos Tempel und das Abendland. Monumentale Folgen historischer Irrtümer*, Köln 1994.

■ 25

Hieronymo Prado, Juan Bautista Villalpando, In Ezechiel explanationes et apparatus vrbis, ac templi Hierosolymitani, 3 Bde. Rom 1596–1605.

■ 26

Michael Korey, Thomas Ketelsen (Hg.), Fragmente der Erinnerung. Der Tempel Salomonis im Dresdner Zwinger: Facetten und Spiegelungen eines barocken Architekturmodells und eines frühen jüdischen Museums, Berlin 2010.

□ 09

Rekonstruktion des Salomonischen Tempels im Rahmen eines Kommentars zu Ezechielem Explanationes. Aus: Juan Bautista Villalpando: In Ezequielem Explanationes. Rom 1596–1604 (Bildnachweis: gemeinfrei).

1600 ⁰⁹ ²⁵ das hölzerne Modell des Salomonischen Tempels auf, das zwischen 1680 und 1692 von dem Hamburger Ratsherrn Gerhard Schott in Auftrag gegeben wurde und später von August dem Starken für seine Sammlungen im Dresdener Zwinger erworben wurde (heute wieder in Hamburg) ¹⁰. ²⁶



□ 10

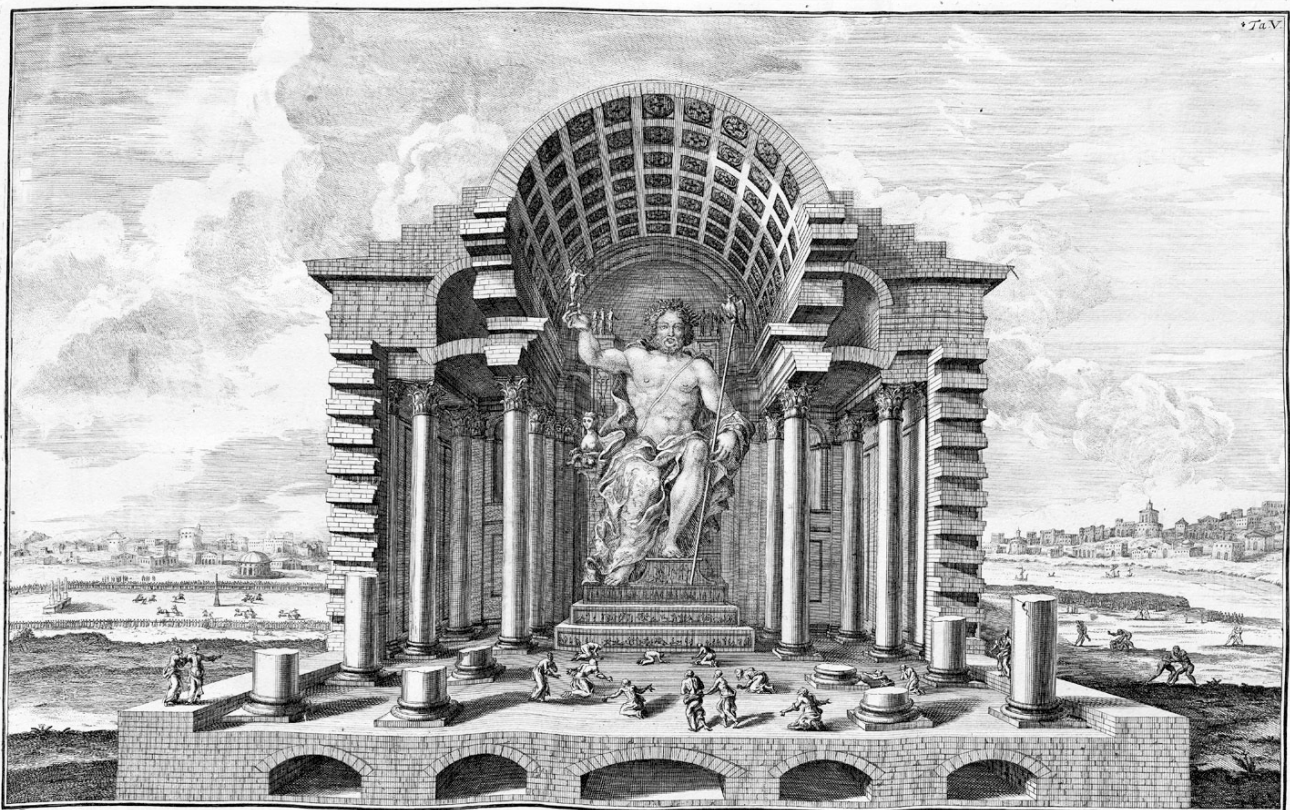
Holzmodell des Salomonischen Tempels von 1680/1692 von Gerhard Schott im Museum für Hamburgische Geschichte (teildemontierter Zustand im Mai 2013) (Foto An-d 2013, CC BY-SA).



In diese Entwicklungslinie des Rekonstruktionsbildes gehört auch die im Jahre 1721 von Johann Bernhard Fischer von Erlach veröffentlichte barocke Bildserie von Kupferstichen im »Entwurf Einer Historischen Architectur« ¹¹.

□ 11

Rekonstruktion des Jupitertempels von Olympia als perspektivisches Schnittmodell. Aus: Johann Bernhard Fischer von Erlach: Entwurf Einer Historischen Architectur. Zuerst Wien 1721, hier: Leipzig 1725. (Bildnachweis: gemeinfrei).



Das Bünder-Bild des Olympischen Jupiters von Gold und Helffenbein; sitzend 60 Schuh hoch; woran Phidias sein Meister-Stück erwies. Neben der Durchschnit des Olympischen von den 4 jährigen Spielen berühmten Tempels zu Elis. Nach der genauen Beschreibung Pausanias.

La Statue Colossale du Jupiter Olympien, composée d'or et d'ivoir, qui étant assise a eü la hauteur de 60 pieds. Le chef-d'oeuvre de Phidias. On y a ajouté la coupe du Temple Olympien dans l'Elide, fameux par les jeux, qu'on y célébroit tous les quatre ans. Le dessein est après la description exacte de Pausanias.

Mit der Einführung von CAD-Systemen für den digitalen Bauentwurf in der Folge von Ivan Edward Sutherlands Programm SKETCHPAD um 1963 kam allmählich das Interesse auf, diese digitale Technologie auch für den bereits gut entwickelten Bereich historischer Rekonstruktionen und baugeschichtlicher Forschung zu nutzen.

Seit den 1980er Jahren konnte in den gängigen Softwarepaketen mittels virtueller Drahtmodelle auch die dritte Raumdimension adressiert werden und es entstanden erste digitale Rekonstruktionsmodelle als Illusion räumlicher Situationen und geeigneter Datenaufnahmen.

So entstanden bis zum Ende der 1980er Jahre Pionierprojekte, die erste Maßstäbe setzten und die auch kunstwissenschaftliche Potenziale einer damals noch recht aufwändigen und teuren Technologie andeuteten. Erst kürzlich hat **Heike Messemer** einen profunden Überblick über die Anfänge dieses neuen digitalen Mediums in den wissenschaftlichen Kontexten von Archäologie und Kunstgeschichte vorgelegt, in dem klassische analytische Methoden der Kunstgeschichte auf diesen relativ neuen Objekttyp digitaler Medien angewandt wurden. ²⁷

Im Falle des bereits anfangs genannten Rekonstruktionsprojektes der Klosterkirche von Cluny von Manfred Koob ergab sich eine bemerkenswerte personelle Kontinuität. An dem bald eingerichteten Lehrstuhl für digitale architektonische Visualisierung an der TU Darmstadt wurde in der Folgezeit nicht nur eine große Zahl von Projekten realisiert, sondern auch eine Anzahl von Experten für weitere Projekte ausgebildet. In diesem fruchtbaren Klima wurden nicht nur Anwendungsfälle für die digitale Rekonstruktion durchgespielt, sondern auch verschiedene theoretische Ansätze auf den Weg gebracht. ²⁸ Die sich 2014 formierende **Arbeitsgruppe Digitale Rekonstruktion**, ein interdisziplinärer Zusammenschluss der **Digital Humanities** im deutschsprachigen Raum, dürfte als eine direkte und prominente Frucht dieser ersten wissenschaftlichen Anfänge in Darmstadt um den Hochschullehrer Koob in den späten 1980er Jahren anzusehen sein. ²⁹ Hier können sich im Vergleich zu den Anfängen im Rahmen eines Architekturstudiengangs nun verstärkt interdisziplinär ausgerichtete Bedingungen entfalten.

■ 27

Heike Messemer, *Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potenziale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive (Computing in Art and Architecture, Band 3)*, Heidelberg 2020, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>. Zuvor: Heike Messemer, *The Beginnings of Digital Visualization of Historical Architecture in the Academic Field*, in: Stephan Hoppe et al. (Hg.) unter Mitarbeit von Heike Messemer, *Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media*, München 2016, S. 21–54.

■ 28

Zur Einführung in die Vielfalt bisher verfolgter methodologischer Fragen: Marcus Frings (Hg.), *Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte (Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit 2)*, Weimar 2001. Paul Reilly, Paul Rahtz, *Archaeology and the information age. A global perspective*, London 1992. Maurizio Forte, Alberto Siliotti (Hg.), *Virtual archaeology. Re-creating ancient worlds*, New York 1997. Franco Niccolucci (Hg.), *Virtual archaeology (Proceedings of the VAST Euroconference, Arezzo 24–25 November 2000)*, Oxford 2002. Bernard Frischer, Anastasia Dakouri-Hild (Hg.), *Beyond illustration. 2d and 3d digital technologies as tools for discovery in archaeology*, Oxford 2008. Piotr Kuroczyński, Mieke Pfarr-Harfst, Sander Münster (Hg.), *Der Modelle Tugend 2.0: Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung (Computing in Art and Architecture, Band 2)*, Heidelberg 2019, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515>.

■ 29

<http://www.digitale-rekonstruktion.info>.

■ 30

Vgl. auch: Stefan Bürger, *Der Freiburger Dom. Architektur als Sprache und Raumkunst als Geschichte*, Döbel 2018. Das Buch entstand auf der Grundlage eines interdisziplinären Seminars »Der Freiburger Dom als begehbare Bild« unter der Leitung von Stefan Bürger 2014 am Institut für Kunst- und Musikwissenschaft der TU Dresden gemeinsam mit dem Medienzentrum der TU Dresden und dem Institut für Germanistik und Kommunikation der TU Chemnitz unter Einsatz von digitalen Modellierungstechniken.

Inzwischen liegen nämlich auch immer mehr positive Erfahrungen mit dem Einsatz der doch recht anspruchsvollen Software im Rahmen von geisteswissenschaftlichen Studiengängen vor. In einem Seminar im Sommersemester 2019 an der Ludwig-Maximilians-Universität hat der Verfasser gemeinsam mit **Jan Lutteroth** und Studierenden der Kunstgeschichte eine CAD-Rekonstruktion des 1804 abgerissenen Lusthauses der Münchner Residenz im Hofgarten erstellt, mit der ungeklärte Aspekte dieser Renaissance-Architektur diskutiert werden konnten.

Die ehemals die Decke zierenden Leinwandgemälde von Melchior Bocksberger d. Ä. sind in das CAD-Modell eingefügt worden und mit einer Photogrammetrie der noch stehenden Hofgartenarkaden verbunden worden. Zwei noch erhaltene Leinwände der Ausstattung, die heute als Depositum der Bayerischen Schlösserverwaltung im Depot der Bayerischen Staatsgemäldesammlung verwahrt werden, sind ebenfalls in hochauflösenden Fotografien in das Modell eingebaut worden ^[12]. So ergeben sich neue Möglichkeiten für die Kunstgattungen überschreitende Forschungsfragen und ihre Beantwortungen. ³⁰

□ 12

Wissenschaftliche 3D-Rekonstruktion des Renaissance-Lusthauses in München. Virtueller Rundgang durch den Festsaal mit Abbildungen der Deckengemälde. Entstanden im Rahmen des Seminars: Architektur der Spätrenaissance in 3D. Die digitale Rekonstruktion wird ein Werkzeug der Kunstgeschichte. SS19, LMU München.



A.5 Digitale Rekonstruktionsmodelle und Aspekte der neuen Qualität als wissenschaftliches Werkzeug

Das von Peter Haslinger und Piotr Kuroczyński konzipierte Projekt »Virtuelle Rekonstruktionen in transnationalen Forschungsumgebungen – Das Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen« ³¹ kann als paradigmatischer Vertreter der wissenschaftlichen Architekturrekonstruktion im fortgeschrittenen digitalen Zeitalter gelten. Anhand zweier frühneuzeitlicher Schlossbauten in Schlodien (Gładysze/Polen) und Friedrichstein (Каме́нка/Russland) wird der Prozess der 3D-Computer-Rekonstruktion verloren gegangener Architektur und zerstörter Inneneinrichtung nicht nur vollzogen, sondern werden auch die technischen Verfahren weiterentwickelt und einer systematischen methodologischen Kritik unterworfen. Dabei ist nicht nur die komplexe internationale Vernetzung und der theoretische Reflexionsgrad im Verhältnis zu der Mehrzahl der entsprechenden Projekte ³² bemerkenswert, sondern auch die Transparenz, die bezüglich der Forschungsdaten und ihrer Visualisierung von Anfang an angestrebt wurde. In diesem Sinne sind die derzeitigen Forschungen verschiedener Wissenschaftlerteams über geeignete Dokumentationsverfahren für digitale Rekonstruktionen historischer Bauwerke als Querschnittsthema von großer methodologischer Relevanz. ³³

Für die technische Umsetzung von »Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen« wurden die Rekonstruktionsmodelle als Vektormodelle mit entsprechenden Eigenschaften der einzelnen Datenuntereinheiten konzipiert ¹³ – dies steht in grundlegendem technologischen Gegensatz beispielsweise zu den maschinell erzeugten Punktwolken des Bamberger Kaisersaales. Nach diesem ursprünglich für den Architekturentwurf entwickelten Konzept wurden bereits die Daten in den Pionierprojekten des Old Minster und der Kirche von Cluny III modelliert. Wie auch in diesen Projekten können nach diesem Datenschema für das Schlösserportal vielfältige visuelle Informationen raumbezogen verwaltet werden, gewissermaßen die Anwendung des aus der Kartographie stammenden Prinzips des GIS (Geoinformationssystems) für große Maßstäbe.

■ 31

Projektlaufzeit: 2013–2016, gefördert von der Leibnitz-Gemeinschaft. Hauptantragsteller und Koordinationsstelle ist das Herder-Institut in Marburg, Prof. Dr. Peter Haslinger und Dr. Piotr Kuroczyński. Kooperationspartner im Verbundprojekt sind die Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Prof. Dr. Kilian Heck, die Justus-Liebig-Universität Gießen, Prof. Dr. Henning Lobin und die Technische Universität Lodz (Polen), Prof. Dr. Maria Pietruszka und weitere Institutionen. Vgl. Kilian Heck, Die Architektur von Friedrichstein im deutschen und europäischen Kontext, in: Kilian Heck et al. (Hg.), Friedrichstein. [...], München, Berlin 2006, S. 98–135.

■ 32

Eine soziologisch ausgerichtete, vergleichende Untersuchung einschlägiger Rekonstruktionsprojekte der letzten Jahre bietet: Sander Münster, Interdisziplinäre Kooperation bei der Erstellung virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen, Wiesbaden 2016.

■ 33

Z. B. Mieke Pfarr, Dokumentationssystem für Digitale Rekonstruktionen am Beispiel der Grabanlage Zhaoling, Provinz Shaanxi, China, zugl. Diss. Darmstadt 2010. Mieke Pfarr-Harfst, Marc Grellert, The Reconstruction – Argumentation Method: [...], in: Marinos Ioannides et al. (Hg.), Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: [...], Heidelberg, Berlin 2016, S. 39–50.

Darüber hinaus können jedoch in den Modellen des Schlösserportals auch Informationen über den Prozess des architektonischen Modellierens und die dabei zugrunde gelegten Quellen, die jeweils getroffenen Entscheidungen, offenen Fragestellungen und die beteiligten Akteure dort digital born verwaltet und dokumentiert werden. ³⁴ Anders als die frühen Projekte der digitalen Rekonstruktion, in denen überhaupt nur sehr unsystematisch Informationen über die Prozesse des Rekonstruierens aufgezeichnet und teilweise als Aufsatz oder

■ 34

Jan-Eric Lutteroth, Stephan Hoppe, Schloss Friedrichstein 2.0 – Von digitalen 3D-Modellen und dem Spinnen eines semantischen Graphen, in: Peter Bell et al. (Hg.), Computing Art Reader. Einführung in die digitale Kunstgeschichte (Computing in Art and Architecture, Band 1), 2018, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.413>.

□ 13

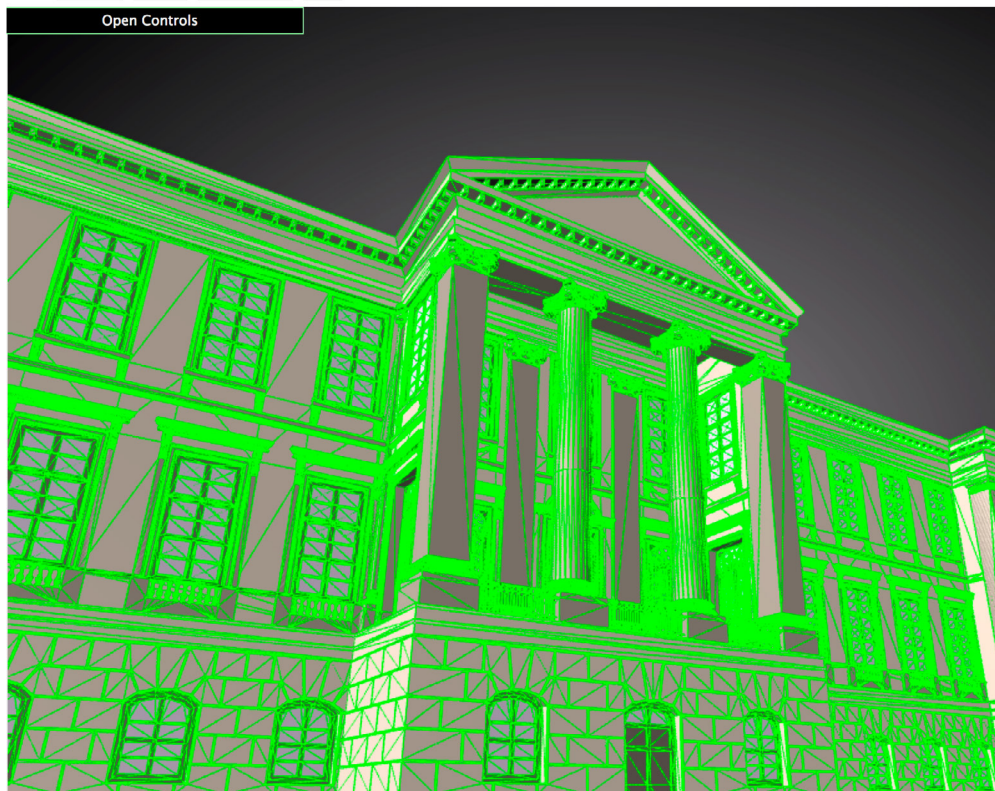
Piotr Kuroczyński und Team: Semantisch angereichertes Rekonstruktionsmodell von Schloss Friedrichstein. (Bildnachweis: Kuroczyński und Team).

FANE: Friedrichstein manor house northeast façade

[View All](#) [Graph](#) [Iip](#) [Triples](#) [XML](#)

[3D Model](#) [Images](#) [Linked Images](#) [Files](#)

Open Controls



▼ Object (Objekt)

Topic
Friedrichstein

Type
Northeast Façade

▼ Title set

Title
Friedrichstein manor house northeast façade

Language
EN

▼ Title set

Title
Friedrichstein Herrenhaus Parkseite

Language
DE

Source

Friedrichstein. Das Schloß der Grafen von Dönhoff in Ostpreußen.

Is Part Of Object

1 Friedrichstein manor house

Is Shown by

Friedrichstein manor house northeast façade, 2
Friedrichstein manor house northeast façade, 1
Elevations, details and ground floor plan of
Friedrichstein manor house
Friedrichstein northeast façade, after 1938
Friedrichstein manor house northeast façade, 3
Friedrichstein, Jean de Bodi or direct copy,
elevation plan northeast and southwest façade
Friedrichstein manor house northeast façade, 4
Postcard Friedrichstein manor house northeast
façade
Friedrichstein manor house northeast façade in the
winter
Friedrichstein manor house northeast façade, 5
Friedrichstein manor house northeast façade, 2b
Friedrichstein manor house northeast façade, 6
Friedrichstein northeast façade, after 1938, 3

Object Actor Natural Person

Jan Lutteroth

Object Event

Height adjustment of Friedrichstein cellar

▼ Condition Assessment

Condition State

disappeared

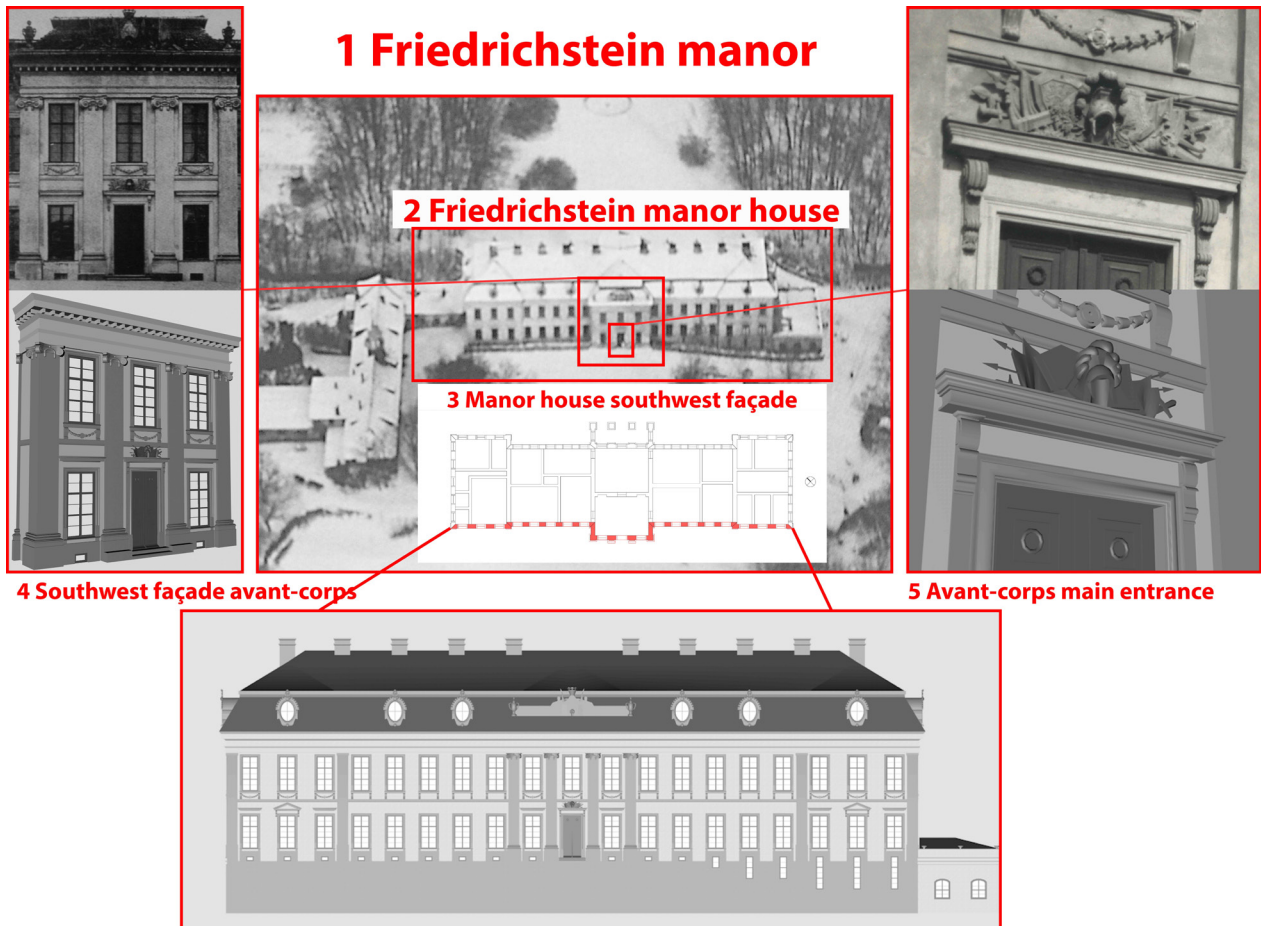
Buch veröffentlicht wurden, sind in den Datensätzen des Ostpreußen-Projektes digitale Rauminformationen und digitale Meta-Informationen nach dem neueren und epistemisch anspruchsvollen Konzept des Semantic-3D-Modelling aufs Engste semantisch miteinander verknüpft ^[14]. ³⁵

■ 35

Daniel Dworak et al., 3D Models on Triple Paths. [...], in: Marinos Ioannides et al. (Hg.), 3D Research Challenges in Cultural Heritage II. [...], Springer International Publishing LNCS Series 2016, S. 149–172. Piotr Kuroczyński et al., Virtual Museum of Destroyed Cultural Heritage – 3D Documentation, Reconstruction and Visualization in the Semantic Web, in: Virtual Archaeology. Methods and benefits. Proceedings of the Second International Conference held at the State Hermitage Museum (1–3 June 2015), Saint Petersburg 2015, S. 54–61.

□ 14

Piotr Kuroczyński und Team: Semantisch angereichertes Rekonstruktionsmodell von Schloss Friedrichstein. (Bildnachweis: Kuroczyński und Team).



Wie schon zuvor werden sowohl Innovationen aus anderen Bereichen aufgegriffen wie die schrittweise Etablierung der Philosophie des Building Information Modeling (BIM) ³⁶ in der allgemeinen Bauwirtschaft als auch spezielle Entwicklungen in den Digitalen Geisteswissenschaften, die mit Begriffen wie CIDOC Conceptual Reference Model ³⁷ und geeigneter, für semantische Verknüpfungen im Rahmen kunsthistorischer Aufgaben optimierter Datenbanksoftware wie WissKI ³⁸ angedeutet werden. Andere Forschungsansätze beschäftigen sich momentan u.a. mit der visuellen Kodierung von epistemischer Unschärfe und tragen dazu bei, das Medium wissenschaftsfähig zu machen. ³⁹ Hier reicht aber keine Druckveröffentlichung mehr aus, um die wertvollen Informationen des Gesamtartefakts Architekturmodell zu kommunizieren.

Unter diesen Voraussetzungen muss konstatiert werden, dass erst in jüngster Zeit der Schritt vollzogen wurde, das digitale Rekonstruktionsmodell als komplexes wissenschaftliches Werkzeug in seinem ganzen Potenzial auch für die Geisteswissenschaften zu entfalten. Damit wird sein Einsatzgebiet nicht nur als nachträgliche Darstellung und visuelle Vermittlung kunsthistorischer Forschungsergebnisse, sondern als wesentliche Unterstützung des Forschungsprozesses selbst etabliert. Rekonstruktionen werden zudem immer häufiger in Simulationen übergehen. In diesem engeren Sinn wird es in der vorliegenden Übersicht als epistemisches Architekturmodell verstanden.

■ 36

Chuck Eastman, Kathleen Liston, Rafael Sacks, Paul Tiecholz, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2. Aufl. Hoboken, New Jersey 2011.

■ 37

Karl-Heinz Lampe, Siegfried Krause, Martin Doerr (Hg.), Definition des CIDOC Conceptual Reference Model: Version 5.0.1., autor. durch die CIDOC CMR Special Interest Group (SIG), Berlin 2010.

■ 38

Günther Görz, WissKI: Semantische Annotation, Wissensverarbeitung und Wissenschaftskommunikation in einer virtuellen Forschungsumgebung, in: Kunstgeschichte. Open Peer Reviewed Journal, 2011, urn:nbn:de:bvb:355-ku-ge-167-7. Mark Fichtner, Günther Görz, Martin Scholz, Sarah Wagner, Darstellung heterogenen und dynamischen Wissens mit CIDOC CRM und WissKI. In: Elisabeth Burr (Hg.), Digital Humanities im deutschsprachigen Raum 2016. Modellierung – Vernetzung – Visualisierung. (Konferenzabstracts Digital Humanities im deutschsprachigen Raum 2016. Modellierung – Vernetzung – Visualisierung, Leipzig, 7.-12.3.2016), Leipzig 2016, S. 229–232.

■ 39

Dominik Lengyell, Catherine Toulouse, Darstellung von unscharfem Wissen in der Rekonstruktion historischer Bauten, in: Katja Heine et al. (Hg.), Von Handaufmaß bis High Tech III. Erfassen, Modellieren, Visualisieren, Mainz 2011, S. 182–188.

A.6 Interfacetypen

Viele Renderingprodukte in solchen auf der Datenseite durchaus hochkomplexen Projekten stehen klassischen, teilweise bereits in der Antike beispielsweise bei Vitruv, kodifizierten Dispositiven noch sehr nahe, weil sie zunächst gerade im aktuellen wissenschaftlichen Diskurs die im Rahmen von analogen kunsthistorischen Publikationen erwarteten zweidimensionalen Bildmedien bedienen müssen. Auch im vorliegenden Aufsatz können nur zweidimensionale statische Bilder abgedruckt und damit dokumentiert werden, und nicht die technisch ohne Weiteres möglichen, komplexeren digitalen Bildmedien, für die das papierbezogene Veröffentlichungsmedium aber keinen technischen Rahmen bereitstellen kann. Hier imitiert ein neues digitales Medium sehr deutlich ältere Medien der Handzeichnung oder der Fotografie, so wie sie z. B. in den gedruckten Bänden des älteren, buchgebundenen Corpuswerkes zur barocken Deckenmalerei der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wurden.

Aufgrund des digitalen Charakters können die Daten des Bamberger Kaisersaals wie auch die raumbezogenen Daten der verlorenen Räume der ostpreußischen Schlösser aber auch in einer ganz anderen Betrachtungssituation und mit ganz anderen Mensch-Maschine-Interfaces eingesetzt werden. Aus dem Bild kann auf diese Weise auf digitalen Bildschirmen eine Simulation in Echtzeit entstehen, wie sie auch in anderen Wissenschaftsdisziplinen immer häufiger zum Einsatz kommt und übrigens auch zunehmend bildwissenschaftlichen Fragestellungen unterworfen wird. ⁴⁰ Dabei handelt es sich in der Regel zwar nicht um technische Eigenentwicklungen innerhalb der Kunstgeschichte oder Archäologie, aber durchaus fallweise im disziplinären Kontext um relativ junge Neuerungen. ⁴¹

■ 40

Inge Hinterwaldner, *Das systemische Bild. Ikonizität im Rahmen computerbasierter Echtzeitsimulationen (Eikones)*, München 2010. Sabine Ammon, Inge Hinterwaldner (Hg.), *Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung. Operative Artefakte in Entwurfsprozessen der Architektur und des Ingenieurwesens*, Paderborn 2017.

■ 41

Eine Übersicht aus der Perspektive der Kunstgeschichte: Harald Klinke, *Immersives User Interface mittels 3D-Grafik, Head-Tracking und Touch-Input*, München 2015.

■ 42

Christoph Anthes, Rubén Garcia, Markus Wiedemann, Dieter Kranzlmüller, *State of the Art of Virtual Reality Technologies*, in: *Proceedings of the IEEE Aerospace Conference, Big Sky, Montana, USA, 2016*. Christoph Anthes, *Virtuelle Realität und ihre Anwendung in den digitalen Geisteswissenschaften*, in: *Restaura* 6 2016, S. 42–43. Christoph Anthes, Marlene Brandstätter, Karin Guminski, *Senseparation – Begegnung zwischen Menschen im virtuellen und realen Raum*, in: *Akademie Aktuell*, 51 (4) 2014, S. 16–21.

■ 43

Oliver Grau, *Virtuelle Kunst in Geschichte und Gegenwart. Visuelle Strategien*, Berlin 2000.

Diese Möglichkeiten eines aufwändigen interaktiven Interfaces sind für die Einspielung der Daten des Bamberger Kaisersaals und des Münchener Renaissance-Lusthauses in das Rechnersystem der CAVE des Virtual Reality and Visualisation Centre ⁴² am Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ) genutzt worden. Mit der am LRZ vorhandenen Software und Hardware kann für einen Betrachter oder eine Betrachtergruppe eine Echtzeitsimulation eines Besuchs des (auch in der Realität vorhandenen) Kaisersaals oder (verlorenen) Renaissance-Lusthauses erzeugt werden, in welcher man sich scheinbar frei bewegen und dabei auch verschiedene Blickwinkel einnehmen kann ¹⁵. Dabei handelt es sich im Grunde hardwareseitig nur um eine rechnergestützte mehrseitige Projektionsfläche, die um den Betrachter herum geeignete gerechnete Bilder erzeugt. Hier werden Strategien der Immersion aufgegriffen, die ebenfalls schon über eine lange Mediengeschichte verfügen. ⁴³

□ 15

Wissenschaftliche Diskussion der Rekonstruktion des Münchener Renaissance-Lusthauses in der CAVE des Virtual Reality and Visualisation Centre am Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ) in München 2019 (Foto: Stephan Hoppe).



■ 44

Stephan Beck, Bernd Froehlich, Alexander Kulik, André Kunert, Immersive Group-to-Group Telepresence, in: IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 19 (4) 2013, S. 616–625. Stephan Beck, Bernd Froehlich, Alexander Kulik, André Kunert, Photoportals. Shared references in space and time, in: Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing (CSCW '14). ACM, New York 2014, S. 1388–1399.

■ 45

Marc Grellert, The Reconstruction – Argumentation Method, Synagogen, S. 39–50.

Die Architektursimulationen nach dem CAVE-Modell erlauben vielfältige Nutzungen der Bilddaten, die bislang nur in ersten Ansätzen in Bezug auf kunsthistorisches Forschen und kunsthistorische Vermittlungsarbeit in den Blick genommen worden sind. Da erst mit heutigem Zeitpunkt die Rechnerkapazitäten und die Hardware entsprechend größere Versuchsbeobachtungen erlauben, ist dies aber nicht weiter überraschend. Es ist zu erwarten, dass aktuelle technische Entwicklungen bald auch die Verwendung von mehrbetrachterfähigen CAVEs für kollaboratives Arbeiten in der Kunstgeschichte erlauben werden. ⁴⁴ Ebenfalls dürfte der Einsatz von VR-Brillen, die derzeit Serienreife erreichen und quasi quartalsweise verbessert werden, zukünftig eine breitere Anwendung im Bereich des kunsthistorischen Forschens erlauben.

Die Beispiele digitaler Architekturmodelle, die hier willkürlich herausgegriffen wurden und inzwischen für eine ganze Anzahl vergleichbarer Projekte stehen, belegen neue mediale Entwicklungen im Zusammenhang aktueller kunstwissenschaftlicher Forschungsdiskurse. Sie deuten an, dass zurzeit durchaus in nicht unwesentlichem Maß noch die Faszination der Neuerung, die Faszination des technischen Fortschritts, die Faszination der neuartigen, vielfältigen Sinneseindrücke und die Neugierde des interdisziplinären Austausches die Begegnung der Fachwissenschaft mit den entsprechenden Medien prägt.

Tatsächlich ist derzeit der konzeptionelle wie technische Abstand zwischen dem traditionellen Diskursmedium der Kunstgeschichte, der auf Papier gedruckten oder den Papierdruck weitgehend digital simulierenden Publikation, und den neuen Interfaces für raumbezogene Daten und 3D-Dispositive wie sie in der CAVE oder der VR-Brille zur Anwendung kommen, noch recht groß. Solche Interfaces sind zwar eigentlich schon weit in der allgemeinen Zivilgesellschaft verbreitet oder zumindest bekannt, aber bislang noch kaum in den kunsthistorischen Diskurs und andere Praktiken des historischen und kunstwissenschaftlichen Forschens integriert. Zurzeit führen sie noch ein deutliches Eigenleben in Bereichen, die eher zu den Randbereichen der forschenden Kunstgeschichte gezählt werden können. ⁴⁵ Es ist aber schon jetzt abzusehen, dass hier in nächster Zukunft interdisziplinäre Begegnungen neue Fragestellungen und neue analytische Werkzeuge hervorbringen werden und entsprechende Felder systematisch erforscht werden.

Auch wenn die zukünftige Nutzung der vorliegenden digitalen Möglichkeiten noch recht offen ist, können dennoch über die Andeutungen der erkenntnisgenerierenden Potenziale schon ein paar Gedanken über zukünftige Anforderungen an die wissenschaftliche Nutzbarmachung dieser neuen Medien formuliert werden. Natürlich handelt es sich hier nur um frühe und unvollständige Überlegungen, die sowohl innerhalb des Faches Kunstgeschichte diskutiert werden sollten als auch den entstehenden interdisziplinären Diskursen bestimmte Leitlinien bereitstellen können. Einige der Kategorien lassen sich direkt aus den allgemeinen Erfahrungen geisteswissenschaftlicher Fachdisziplinen ableiten. Im Folgenden sollen vier Bereiche knapp in den Blick genommen werden.

A.7 Die Herausforderung der Archivierung der Forschungsdaten

Die erste und naheliegende Herausforderung liegt zunächst in der immer drängenderen Frage der technisch zwar eher einfachen aber gleichzeitig budgetmäßig und konzeptionell anspruchsvollen Archivierung entsprechender digitaler Daten (und ihrer Interfaces), also der nachhaltigen Aufbewahrung und Überlieferung an einen zukünftigen und teilweise noch unbekannten Kreis von Nachutzern.

In jüngster Zeit wurden in den verschiedensten Wissenschaften intensive Diskurse über die Qualität und Bedeutung von Forschungsdaten geführt, also jener von vor allem digitalen und in einem Mindestmaß nachvollziehbar strukturierten Daten, auf deren Grundlage wissenschaftliche Untersuchungen und Publikationen angefertigt werden können und die in ihrem Quellenwert und Nutzbarkeit weit über das am Ende Publierte hinausgehen können. ⁴⁶

Ein Ergebnis solcher Diskurse war z. B. die Gründung eines Rats für Informationsinfrastrukturen 2014 in Deutschland und die hochaktuellen fachübergreifenden Bemühungen für die Einrichtungen einer koordinierten Forschungsdateninfrastruktur für Deutschland (NFDI) auch für die Belange der Geisteswissenschaften.

Da in den Geisteswissenschaften dieser Diskussionsprozess um den Umgang mit Forschungsdaten erst in neuester Zeit aufgegriffen worden ist, herrscht zurzeit noch große Unsicherheit über die Übertragbarkeit dieses Begriffes auf das Feld geisteswissenschaftlicher Disziplinen. Als heuristische Richtlinie kann dabei wohl auch in Bezug auf die Kunstgeschichte gelten:

»Data is the representation of information in a form that can be processed by a machine«. ⁴⁷

Deshalb kann schon jetzt festgestellt werden, dass gerade bei den digitalen Abbildungen räumlicher Phänomene in Fächern wie Archäologie oder Kunstgeschichte solche Forschungsdaten zurzeit in immer größeren Mengen anfallen werden und sich dieser Prozess in Zukunft beschleunigen wird. Da die Dokumentation von Istzuständen kunsthistorischer Überlieferung schon immer eine der grundlegenden Methoden der Kunstgeschichte darstellte, stehen für analoge Dokumentationsergebnisse wie Planzeichnungen, Fotografien, Raumbücher, etc. bereits auch bestimmte Archivinfrastrukturen zur Verfügung, allerdings gibt es auch hier große Grauzonen, in denen mit nicht unerheblichem Materialverlust zu rechnen ist.

Es muss deshalb etwas beunruhigen, dass im Vergleich zu den eingespielten Verfahren erst verhältnismäßig wenige nachhaltige Projekte, Strategien und institutionelle Umsetzungen zur Archivierung der kunsthistorisch relevanten digitalen 3D-Daten erkennbar sind. Darüber hinaus wird die Situation sogar noch unübersichtlicher, da im digitalen Zeitalter die Konzepte von Archiv und Bibliothek und selbst dem (virtuellen) Museum immer größere Schnittmengen ausbilden, mit der Folge sich überschneidender Zuständigkeiten und zurückbleibender Niemandsländer für neue und ungewohnte Medientypen.

■ 46

Jens Ludwig, Heike Neuroth, Jens Klump, Achim Oßwald, Regine Scheffel, Stefan Strathmann (Hg.), *Langzeitarchivierung von Forschungsdaten. Eine Bestandsaufnahme*, Hülbusch 2012. Peter Andorfer, *Forschungsdaten in den (digitalen) Geisteswissenschaften. Versuch einer Konkretisierung*, DARIAH- DE working papers 14, Göttingen 2015. Mit Übersicht über damals einschlägige Literatur.

■ 47

Dino Buzetti, *Digital Editions and Text Processing*, in: Marilyn Deegan et al. (Hg.), *Text Editing, Print and the Digital World*, Farnham 2009, S. 45–61, hier S. 46.

Während es für kunsthistorische Publikationen, also im Bereich des wissenschaftlichen Bibliothekssystems, die bekannten eingespielten Infrastrukturen der Beschaffung, Aufbewahrung und Zirkulation gibt, kann dies für kunsthistorische Forschungsdaten größerer Komplexität weder im Bereich der Bibliotheken noch der Archive festgestellt werden.

Im deutschsprachigen Raum bietet das vor allem von dem frühen Engagement von Maria Effinger profitierende fachbezogene Portal **arthistoricum.net** vielfältige Dienste wie z. B. den Volltextserver ART-Dok ⁴⁸, die die zeitgemäße, vereinfachte und beschleunigte Zirkulation und immer mehr auch Produktion klassischer kunsthistorischer Publikationsdispositive in einem digitalen Aggregatzustand ermöglichen.

Analoge wie auch digitale Fotografien und Digitalisate aus zweidimensionalen Quellen können aus dem Kontext der Kunstgeschichte in Bildarchiven wie dem Deutschen Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg, ⁴⁹ an der SLUB ⁵⁰ oder am Zentralinstitut für Kunstgeschichte ⁵¹ archiviert, durch Metadaten erschlossen und zunehmend auch digital abgerufen werden. Bislang handelt es sich aber hier in der Regel lediglich um getreue Nachbildungen ursprünglich analoger Mediendispositive in digitalen Formen ¹⁶.

□ 16

Farbdiaarchiv (Führerauftrag Monumentalmalerei) des Zentralinstituts für Kunstgeschichte, Ausschnitt aus dem Bildbestand zur Residenz in Würzburg.

■ 48

Beispielsweise: Maria Effinger, *Online first! Exzellente Forschung sichtbar machen mit Heidelberg University Publishing*, in: *TK 5: Fokus Lehre und Forschung/Bibliothek als Publikationsdienstleister* 2017, S. 1–33. Maria Effinger et al., *All-In-One – arthistoricum.net auf dem Weg zum Fachinformationsdienst*, in: *Bibliothek* 38 (1) 2014, S. 83–92.

■ 49

Beispielsweise: Hubert Locher, *Hamann's Canon. The Illustration of the Geschichte der Kunst (1933) and the Photo Archive of the Kunstgeschichtliches Seminar in Marburg*, in: Costanza Caraffa (Hg.), *Photography and the Photographic Memory of Art History*, Berlin, München 2011, S. 265–280. Hubert Locher, *Kunsthistorische Bildsammlungen. Archivierte Fotopositive im Blick der kunsthistorischen Forschung*, in: *Rundbrief Fotografie* 18 2011, S. 5–7. Christian Bracht, *Unmaßgebliche Vorschläge, wie man seine Sammlung am besten anstellen soll. Von historischen Bildnissammlungen zum Digitalen Portraitindex*, in: Eva-Bettina Krems, Sigrid Ruby, *Das Porträt als kulturelle Praxis*, Berlin, München 2016, S. 300–317.

■ 50

Beispielsweise: Marc Rohrmüller, *Architektur- und Ingenieurzeichnungen der deutschen Renaissance. [...] in: BIS. Das Magazin der Bibliotheken in Sachsen*, 2 (3) 2009, Dresden 2009, S. 174–175.

■ 51

Beispielsweise: Christian Fuhrmeister, et al., *»Führerauftrag Monumentalmalerei«. Eine Fotokampagne 1943–1945*, Köln 2006.

ZENTRALINSTITUT FÜR KUNSTGESCHICHTE

FARBDIAARCHIV

Mitteuropäische Wand- und Deckenmalerei, Stuckdekorationen und Raumausstattungen

STARTSEITE

ORTE

KÜNSTLER

EXPERTENSUCHE

Gesuchte Ebene: 19070548

19070548



Herstellung: **Bossi, Antonio (1699)**, Stukkateur
Herstellung: **Roth, Franz Ignatz**, Vergolder
Raumgestaltung, Innendekoration
Standort: Würzburg, Fürstbischöfliche Residenz, Schloß, Kaisersaal, Saal
1749–1751



ZI4600_0001 Wandaufbau der Westseite,
Aufn. Lamb, Carl, 1943/1945
[>>> zoom in digilib](#)



ZI4600_0002 Supraporte Westseite, Aufn.
Lamb, Carl, 1943/1945
[>>> zoom in digilib](#)

■ 52

Beispielsweise: Oliver Grau (Hg.), *Museum and Archive on the Move. Changing Cultural Institutions in the Digital Era*, München 2017. Oliver Grau, *The Complex and Multifarious Expression of Digital Art & Its Impact on Archives and Humanities*, in: Wiley Blackwell et al. (Hg.), *A Companion to Digital Art*, New York 2016, S. 23–45. Oliver Grau, *ARCHIV 2.0: Media Arts Impact and the Need for (Digital) Humanities*, in: Giselle Beiguelman (Hg.), *itaú cultural*, Sao Paulo 2014, S. 97–118.

■ 53

Für den Bereich 3D innerhalb des Gesamtprojektes verantwortlich: Ina Blümel, *Metadatenbasierte Kontextualisierung architektonischer 3D-Modelle*, zugl. Diss. Humboldt-Universität zu Berlin 2013, <https://doi.org/10.18452/16868>. Ina Blümel, *Das Technologietransferprojekt PROBADO. Werkzeuge für digitale Bibliotheken*, in: *B.I.T.online*, 2 2011, S. 207–208.

■ 54

Vgl.: Rat für Informationsinfrastrukturen: *Entwicklung von Forschungsdateninfrastrukturen im internationalen Vergleich. Bericht und Anregungen*. Göttingen 2017, <http://www.rfii.de/?p=2346>.

■ 55

So z. B. am von Andreas Lange gegründeten Computerspielmuseum in Berlin. Vgl. die Aktivitäten der European Federation of Video Game Archives, Museums and Preservation projects (EFGAMP) <http://www.efgamp.eu>.

■ 56

Das eine Dokumentationssystem ist im Rahmen des erwähnten Portals der ostpreußischen Schlösser entwickelt worden. Das andere System entstand vor allem im Rahmen der Arbeit von *architectura virtualis* vgl. Mieke Pfarr-Harfst, Marc Grellert, *The Reconstruction – Argumentation Method: Proposal for a Minimum Standards of Documentation in the Context of Virtual Reconstructions*, in: Marinos Ioannides et al. (Hg.), *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, Heidelberg, Berlin 2016, S. 39–50.

Offenbar ist es in Bezug auf neuere und komplexere Datentypen, wie sie digitale Architekturmodelle darstellen, bislang einzelnen Forschern und deren lokal und regional ausgerichteten Institutionen aufgetragen, für die mehr oder weniger taugliche Archivierung zu sorgen.

Leider gilt dies auch für die ähnlich disparaten, komplexen und damit langfristig vom Verschwinden bedrohten digitalen Substrate der sogenannten digitalen Medienkunst. ⁵² Von der deutschen bibliotheksbezogenen Forschung wurde das Thema Multimediabestände aber bereits im Projekt PROBADO (Prototypischer Betrieb allgemeiner Dokumente) aufgegriffen und erste Ansätze erforscht, auf welche Weise wissenschaftliche Bibliotheken in Zukunft mit ausgewählten Arten von 3D-CAD-Objekten (hier Entwurfsmodelle) umgehen werden. ⁵³ Ein Pilotprojekt zur Archivierung von kunsthistorischen und architekturbezogenen 3D-Daten wird zurzeit von den der Baden-Württembergischen Landesregierung im Rahmen der Initiative »Virtuelle Rekonstruktion von Kulturliegenschaften« unterstützt und ist an der Heidelberger Universitätsbibliothek angesiedelt. Hier wurde mit dem Förderbeschluss der GWK im Juni 2020 für das Konsortium NFDI4Culture vermutlich eine epochale Wende zum Positiven eingeleitet und ganz neue Dimensionen erreicht. Weitere Konsortien für typisch geisteswissenschaftliche Daten werden sicherlich folgen. In anderen Ländern sind ebenfalls entsprechende Prozesse zu beobachten. ⁵⁴

Es ist also zu erwarten, dass nun zumindest für die Archivierung und Erschließung Lösungen entwickelt werden, da die neuen digitalen Daten zwar im Maßstab der Geisteswissenschaften einen scheinbar beträchtlichen und unüblichen Umfang annehmen, im Maßstab des allgemeinen gesellschaftlich relevanten Datenaufkommens aber eine überschaubare Herausforderung zumindest in quantitativer Hinsicht darstellen. Auch für die Überlieferung der entsprechenden Originalinterfaces mit ihrer spezifischen Funktionalität gibt es interessante Lösungsansätze, z. B. in Gestalt von Softwareemulatoren. ⁵⁵ Es handelt sich also vor allen Dingen um ein wissenschaftspolitisches Problem und die Herausforderung, die auch allgemeingesellschaftliche Relevanz der Aufgabe rechtzeitig zu erkennen und öffentlich finanzierte Lösungen auf den Weg zu bringen.

Zum Thema der Archivierung (wie auch zu den weiteren Punkten) gehört auch die bereits oben angesprochene Aufgabe einer sinnvollen Dokumentation der digitalen Daten und ihrer realweltlichen Bezüge. Hier sind seit Kurzem konkrete Bestrebungen sichtbar, nicht nur die allgemeinen Metadaten wie Ersteller, Objekt etc. digitaler Forschungsmodelle aufzunehmen, sondern auch zunehmend den Prozess des Modellierens mit seinen Quellen und disziplinären Entscheidungsknoten digital born zu dokumentieren. Zurzeit wurden in Deutschland vor allem zwei Systeme unterschiedlicher Komplexität vorgeschlagen und an ersten Beispielen erprobt. ⁵⁶

A.8 Die Herausforderung der Lizenzierung der Forschungsdaten

Eine zweite Herausforderung bezieht sich auf die rechtlichen Aspekte der Weiterverwendung entsprechender Daten. Während es eigene Institutionen und damit verbundene Gesetze für die Archivierung von durch Verwaltungstätigkeit anfallende Dokumente und analoge Bildmedien gibt, die auch die Modalitäten des Zugangs regeln, ist die juristische Lage bezüglich geisteswissenschaftlicher Forschungsdaten und im Hinblick auf die Datensätze digitaler Architekturmodelle im Speziellen noch recht unklar und kaum in der Praxis erprobt. ⁵⁷

An dieser Stelle können natürlich von einem Geisteswissenschaftler keine juristisch belastbaren Auskünfte erwartet werden. Es dürfte aber einsichtig sein, dass das Urheberrecht, das eigentlich den menschlichen kreativen Urheber und eine bestimmte Mindestschöpfungshöhe erwartet, immer schwerer handhabbare Grauzonen und Unsicherheitsfaktoren entstehen lässt, vor allem wenn z. B. die Daten zunehmend durch Maschinen erhoben werden, wie das ja beim Fotokopierer schon seit langer Zeit der Fall ist. Solche und ähnliche Probleme sind seit einiger Zeit durch die Bewegung der Kreativallmende (Creative Commons) ⁵⁸ thematisiert worden.

Tatsächlich sollte dringend viel stärker als bislang in den Geisteswissenschaften darüber nachgedacht werden, welche Forschungsdaten und Forschungsergebnisse unter welchen Lizenzen der intellektuellen Allmende oder sogar unter ganz spezifischen Erlaubnistexten für Nachnutzungen lizenziert werden können. Die Effekte sollten dabei auch evaluiert werden. Im Falle des Modells des Bamberger Kaisersaals verlangt bereits die Vision des freien Zugangs im Internet ⁵⁹ für die Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften als Geldgeber sowie die Bayerische Schlösserverwaltung als Eigentümerin der Liegenschaft entsprechende klärende Schritte. Grundsätzlich spielt hier die Formulierung und Propagierung von Standards, wie sie als FAIR-Data-Prinzipien (Free, Accessible, Interoperable, Reusable) zusammengefasst werden, eine wichtige Rolle. ⁶⁰

Die Praktiken der Nachnutzung intellektuellen geistigen Eigentums verändern sich durch die Nutzung digitaler Strukturen derzeit so grundlegend, dass die Gepflogenheiten aus der analogen Welt keine ausreichenden Standards des guten wissenschaftlichen Handelns mehr bieten können. Darüber hinaus interferieren hier zunehmend wesentliche gesellschaftliche Werte von Wissenschaftssystem und Rechtssystem, ohne dass klar ableitbar ist, welche Zuständigkeiten wo gelten oder enden bzw. es sollten. In jüngster Zeit ist die Situation durch Regelungen des Datenschutzes noch unübersichtlicher geworden, da bislang die Grundrechte der Wissenschaftsfreiheit und des Datenschutzes kaum gegeneinander abgewogen wurden. ⁶¹ Einzelne dort bereits vorhandene Schrankenregelungen scheinen bislang mit Blick auf andere Disziplinen (Medizin, Sozialwissenschaften) formuliert worden zu sein.

■ 57

Vgl.: Hubertus Kohle, *Digitale Bildwissenschaft*, Glückstadt 2013, hier S. 140–143.

■ 58

Till Kreutzer, *Open Content – Ein Praxisleitfaden zur Nutzung von Creative-Commons-Lizenzen*, Deutsche UNESCO-Kommission e. V., Hochschulbibliothekszenrum Nordrhein-Westfalen, Wikimedia Deutschland e. V. 2015, https://meta.wikimedia.org/wiki/Open_Content_-_A_Practical_Guide_to_Using_Creative_Commons_Licences/Guide/de.

■ 59

Vgl. Leipziger Empfehlungen der Arbeitsgruppe »Elektronisches Publizieren« der Union der deutschen Akademien (21. September 2009). Auch hier ist noch kein expliziter Hinweis auf komplexere digitale Datensätze wie z. B. 3D-Modelle und ihre rechtliche Behandlung enthalten. Wenn davon gesprochen wird, » Bilddaten sind verlustfrei (komprimiert) im TIF bzw. PNG-Format abzuspeichern«, so ist diese Handlungsmaxime inzwischen durch die technische und praktische Entwicklung teilweise überholt.

■ 60

<https://www.go-fair.org/fair-principles>, <https://www.nature.com/articles/sdata201618>.

■ 61

Vgl. Rat für Informationsinfrastrukturen: *Datenschutz und Forschungsdaten. Aktuelle Empfehlungen*, Göttingen 2017, <http://www.rfii.de/?p=2253>, sowie: »Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Kodex« der DFG vom September 2019, https://www.dfg.de/foerderung/grundlagen_rahmenbedingungen/gwp/.

Die vorliegenden Überlegungen gehen von der kulturellen Praxis der digitalen Dokumentation und Rekonstruktion verlorener oder nur als Projekt existenter baulicher Situationen aus. Es ist das große Potenzial der digitalen Technologien aus den Daten geeignete und dann wiederum analog von Menschen zu konsumierende und aufzunehmende Veranschaulichungen zu errechnen. Im Bereich der digitalen Architekturdarstellungen wurde ja schon angesprochen, dass die Technologien eine Mehrzahl varianter Medientypen ermöglichen.

Über den engeren Bereich der Wissenschaftspraxis hinaus gehen Fragen der allgemeinen gesellschaftlichen Teilhabe oder ebenfalls speziellere Bedarfe, etwa im Rahmen der Bewegung zur Förderung der »Open Educational Resources« (OER). Auch das gesellschaftliche Ideal der Barrierefreiheit verlangt heute geeignete Zugänge und Nutzungserlaubnisse. Auch hier sollten scheinbar spezielle Forschungsdaten nicht von vorneherein aus den Augen verloren werden.

A.9 Die Herausforderung der Publikation der Daten und der Visualisierungen

Die dritte grundsätzliche Herausforderung digitaler Modelle neben der Speicherung (Archivierung) und den rechtlichen bzw. am Ende politischen Dimensionen ist die Frage nach angemessenen Publikationsstrategien im wissenschaftlichen Ökosystem. Dies tangiert auch Begriff und Konzept der Dissemination, um es international anzusprechen. Bislang sind Publikationen in den Geisteswissenschaften fast ausschließlich am Modell des Druckwerkes orientiert, das bereits in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts wesentliche Aspekte ausgebildet hat. Das gilt meistens auch dann noch, wenn (oft zurückhaltend) erste digitale Versionen von Büchern speziell in der Kunstgeschichte angeboten werden. Bislang fehlen weitgehend wissenschaftsbezogene Infrastrukturen für das Publizieren komplexer mit Medien angereicherter kunsthistorischer Arbeiten, auch wenn man anführen könnte, dass die Dateigrößen von durchschnittlichen kunsthistorischen Büchern bereits aufgrund der zweidimensionalen Illustrationen bei Weitem das Übliche eines digitalen Buches mit vornehmlich textlichem Inhalt überschreiten und dadurch logistische Probleme der Übertragung und Speicherung entstehen.

Zwar stehen in technischer Hinsicht schon heute verschiedene, leistungsfähige Plattformen (Videoportale) wie das 2004 gegründete Vimeo oder bekanntere YouTube von 2005 zur Verfügung, aber die Langzeitzugänglichkeit und die Mechanismen der Authentifizierung sind bei diesen kommerziellen Diensten völlig ungeklärt.

Darüber hinaus ist immer noch völlig offen, wie beispielsweise ein digitales Kugelpanorama (**spherical panorama**, **ball panorama**) oder ein (medientypologisch vergleichsweise einfaches Video) so nachhaltig veröffentlicht werden kann, dass es den Anforderungen an Zitierfähigkeit und langfristiger Verfügbarkeit eines Wissenschaftssystems entspricht.

Wahrscheinlich wäre es die Aufgabe von wissenschaftlichen Bibliotheken, ausgewählte digitale Daten und komplexere wissenschaftliche Publikationen ebenso strategisch zu archivieren und verfügbar zu machen wie bislang klassische Schlüsselmedien. Dabei wären die angesprochenen rechtlichen Rahmenbedingungen zu klären und ein an den Bedürfnissen der Wissenschaft orientiertes Regelwerk zu etablieren.

Die Medientypen einer digitalen Publikation gehen inzwischen aber in Aspekten wie Interaktivität schon qualitativ über die angesprochenen, eher simplen Bildmedien eines Kugelpanoramas oder eines Videos hinaus. Durch die höhere Rechenleistung, die nun auch den Geisteswissenschaften zur Verfügung steht, und den Fortschritten in der Softwaretechnologie ist es bereits heute möglich, einem Betrachter einen frei navigierbaren Raumeindruck mit gängiger personeller Hardware zur Verfügung zu stellen. Selbst die an sich umfänglichen Datenmengen einer höher auflösenden Punktwolke des barocken Kaisersaals in Bamberg können inzwischen beispielsweise auf der 2012 gegründeten VR-Modell-Plattform Sketchfab auf eine Weise der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, die eine weitgehende freie Navigation in dem illusionierten Raum ermöglicht ^[08]. Diese Raumillusion kann sogar durch komplexe Metadatenstrukturen, beispielsweise über die Bezeichnung einzelner Details, künstlerische Urheber-schaft oder den Zustand von Restaurierungskampagnen angereichert werden. Ein komplexes Datenmodell, wie es – und das ist hier hervorzuheben – als Forschungsbasis in dem Portal ostpreußischer Schlösser entstanden ist, kann bereits heute schon weitgehend ohne gravierende semantische und interaktive Verluste veröffentlicht werden. Dabei handelt es sich jedoch nur um das technische Potenzial. Im Wissenschaftskontext entscheidende Fragen der Konsistenz, Zitierfähigkeit und langfristigen Verfügbarkeit sind damit noch nicht behandelt.

A.10 Die Herausforderung der wissenschaftlichen Zweit- oder Nachnutzung digitaler Architekturmodelle und die allgemeine gesellschaftliche Inwertsetzung

Zuletzt gibt es noch eine vierte Herausforderung, die zunächst banal erscheint, für die aber immer noch in der Praxis wirklich belastbare Lösungen zu finden sind. Es geht darum, wie diese neuen Raumdarstellungen für sowohl vorhandene als auch noch neu zu entwickelnde wissenschaftliche Fragen wirklich auf breiter Front nachnutzbar gemacht und so nahtlos in den bislang mit anderen Medientypen arbeitenden kunsthistorischen Diskurs integriert werden können. Nebenbei ist damit auch die Frage der Integration in die kunsthistorische akademische Lehre angesprochen, um angehende Kunsthistorikerinnen und Kunsthistoriker mit entsprechenden Forschungsprofilen mit den Möglichkeiten, aber auch Desideraten frühzeitig vertraut zu machen.

Digitale Architekturmodelle und auch andere neue digitale Medien enthalten nicht nur eine große Menge und hohe Dichte an Informationen, die für weitere Forschungsschritte potenziell relevant sind, sondern auch das mediale Potenzial selbst von der Forschung fortgeschrieben werden zu können. Dies ist natürlich kein neuer Vorgang, da Text- und Bild-Dokumente auch in der traditionellen geisteswissenschaftlichen Forschung zu neuen Ergebnissen kombiniert wurden.

Tatsächlich hat sich aber gerade im Bereich der Bildmedien bislang in der Kunstgeschichte kaum eine epistemische Kultur von Bearbeitungsketten von nichttextlichen Medien als wissenschaftliche Praxis herausgebildet. Statt **read and write** herrscht immer noch das Paradigma des **read only** vor. ⁶²

Ein Grund mag hier bis vor Kurzem die Rezeptionsschranke des Papierdrucks dargestellt haben, wo Reproduktionen nur als Medienbruch und unter größerem Aufwand, etwa durch fotografische Reproduktionen oder händische Nachzeichnungen möglich waren. Dieser Medienbruch fällt nun in der digitalen Welt weg und digitale Visualisierung können quasi mit denselben Softwarewerkzeugen weiterbearbeitet werden, mit denen sie ursprünglich entstanden sind. Voraussetzung ist hier einerseits die technische Übernahmefähigkeit, also der Import in entsprechende Softwarewerkzeuge in der Hand des nachnutzenden und bearbeitenden Wissenschaftlers. Andererseits wirken sich hier wieder die angesprochenen rechtlichen Rahmenbedingungen und Praktiken guten wissenschaftlichen Arbeitens aus, die eben leider weitgehend immer noch nicht auf diese neuen Praktiken reagieren.

■ 62

Dirk von Gehlen, *Mashup. Lob der Kopie*, Frankfurt 2011, S. 49 f. Hubertus Kohle, *Digitale Bildwissenschaft*, Glückstadt 2013, hier S. 154.

A.11 Fazit

Die Geisteswissenschaften einschließlich der Kunstgeschichte sehen sich aktuell vor die Aufgabe gestellt, zukünftige Szenarien zu ermöglichen, in denen die neuen digitalen 3D-Daten und 3D- oder 4D-Visualisierungen durch die Ergebnisse sich anschließender Forschungsdiskurse angereichert und verändert und in diesem Hybridzustand wieder der Öffentlichkeit oder zumindest der Wissenschaftsgemeinde zugänglich gemacht werden können. Dabei spielen Aspekte der Dokumentation von Autorenschaft, der Dokumentation von Veränderung und generell das Ideal der Transparenz eine große Rolle und müssen in belastbare Praktiken umgesetzt werden.

Hier sind nicht nur technische Implikationen zu bedenken, sondern auch vorbereitende und begleitende Forschungen auf der Metaebene dringend anzuregen. Es ist anzunehmen, dass viele der Herausforderungen nicht spezifisch auf die Kunstgeschichte oder gar auf das Thema des digitalen Architekturmodells beschränkt sind, sodass neue Dialoge zwischen einschlägigen Wissenschaften über sinnvolle Erfahrungen und geleistete theoretische Arbeiten anzuregen sind und auch im Wissenschaftssystem geeignet belohnt werden sollten.

Alles in allem bieten also die neuen digitalen, und das heißt im Grunde datengetriebenen Bilder als Werkzeuge in der Kunstgeschichte nicht nur schöne neue Sinneseindrücke, sondern stellen auch nicht zu unterschätzende Herausforderungen für die Weiterentwicklung des Faches und seinen typischen Infrastrukturen dar, die zusammen mit Kooperationspartnern aus geeigneten nachbarschaftlichen und weiter entfernt angesiedelten Disziplinen in den Blick genommen und Lösungen zugeführt werden sollten.