

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

Kapitel 8

→ Zusammenfassung und Ausblick – Potentiale für die kunsthistorische Forschung

Verortung der Kunstgeschichte und Potentiale für das Fach

Die vorliegende Arbeit bietet einen erstmals in dieser umfassenden Form erstellten, breiten historischen Überblick über digitale 3D-Modelle historischer Architektur aus kunsthistorischer Perspektive und bildet damit eine thematische Ergänzung der bereits vorliegenden, von einem archäologischen Standpunkt aus betrachteten Übersichten. Ferner werden damit die zumeist auf antike Bauwerke fokussierten Publikationen, um eine weitgefaste, aus kunsthistorischer Perspektive relevante Zeitspanne – von frühchristlicher Architektur bis zu Bauten des frühen 20. Jahrhunderts – ergänzt. **1709**

Der in der vorliegenden Arbeit gebotene Überblick über digitale 3D-Rekonstruktionen von historischer Architektur lässt im Hinblick auf die beteiligten Fachdisziplinen erkennen, dass bislang hauptsächlich Archäologen und Architekten für 3D-Projekte – Projekte, in denen die wissenschaftliche Erstellung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur im Zentrum steht – verantwortlich zu sein scheinen, jedoch weniger Kunsthistoriker. Vor allem Archäologen interessierten sich Anfang der 1980er-Jahre für die gerade aufkommenden neuen Technologien, die eine digitale Rekonstruktion von historischen Objekten am Computer ermöglichten. **1710**

Erst beginnend in der zweiten Hälfte der 1980er-Jahre entstanden Projekte unter Beteiligung von Kunsthistorikern, in denen die Computertechnik beispielsweise zur Erforschung von Fresken und nie gebauten gotischen Gewölben herangezogen wurde: Dazu zählt das interdisziplinäre Projekt zu Raffaels Fresko *Schule von Athen*, das zwischen 1986 und 1987 unter Beratung des Kunsthistorikers Oskar Bätschmann an der Technischen Hochschule Darmstadt (heute: Technische Universität Darmstadt) durchgeführt wurde. **1711** Werner Müller, Experte auf dem Gebiet der Spätgotik, begann Ende der 1980er-Jahre in Kooperation mit dem Mathematiker Norbert Quien Entwürfe spätgotischer Gewölbe mittels 3D-Modellierung computertechnisch zu analysieren. **1712**

Bis heute ist die Anzahl der von Kunsthistorikern realisierten digitalen Rekonstruktionen historischer Architektur nicht sehr hoch, verglichen mit der Vielzahl der in archäologischem Kontext durchgeführten Arbeiten. Die Gründe hierfür reichen von mangelndem technischen Wissen bis hin zu einer generellen Skepsis neuen Technologien gegenüber. **1713**

Wie in der vorliegenden Arbeit jedoch gezeigt werden konnte, stellen digitale Rekonstruktionen einerseits einen vielversprechenden Untersuchungsgegenstand für die kunsthistorische Forschung dar: So konnte anhand der kunsthistorischen Analyse der digitalen Visualisierungen festgestellt werden,

■ 1709

Trotz dieser zeitlichen Fokussierung, wurden auch 3D-Projekte zu antiken Bauwerken betrachtet, sofern diese für den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit relevant waren.

■ 1710

Vgl. Reilly/Todd/Walter 2016, S. 34.

■ 1711

Vgl. Kapitel 3.1 (→ 065).

■ 1712

Vgl. Kapitel 4.2 (→ 193).

■ 1713

Vgl. Stenvert 1991, S. 134; Müller 1990 (Computersimulation spätgotischer Gewölbe), S. 144; Favro 2006 (In the eyes of the beholder); Kapitel 1.3 (→ 029); Kapitel 3.1 (→ 065).

■ 1714

Vgl. Kapitel 7.1 (→ 565).

■ 1715

Vgl. Kapitel 7.2 (→ 573).

■ 1716

Vgl. Kapitel 5.1 (→ 301).

■ 1717

Ioannides/Quak 2014 (3D Research Challenges in Cultural Heritage Applications).

■ 1718

Vgl. Reilly 1992, S. 159. Zum Thema der Kennzeichnung von Hypothesen vgl. Kapitel 6.2 (→ 469).

dass die zeitliche Uneindeutigkeit in digitalen Rekonstruktionen bislang nicht thematisiert wurde. ¹⁷¹⁴ Ferner können Erkenntnisse aus den vorgenommenen Bildanalysen (meist fehlender räumlicher Kontext des rekonstruierten Bauwerks, Ansichten architektonischer Details als inhaltlicher und visueller Mehrwert) zukünftigen 3D-Projekten als Impulse zur Diskussion dienen. ¹⁷¹⁵

Andererseits bieten sich mannigfaltige Potentiale für die Kunstgeschichte, 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge einzusetzen, denn wie gezeigt werden konnte, ermöglichen es 3D-Modelle, Forschungsfragen (räumliche Bezüge, Baugeschichte, Verifizierung von Hypothesen) nachzugehen und im Laufe des Erstellungsprozesses neue Erkenntnisse über das untersuchte Bauwerk zu gewinnen. So ist seit den 1990er- bis in die 2000er-Jahre hinein festzustellen, dass auch in der Kunstgeschichte vermehrt 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge verwendet werden, wie Projekte von Werner Müller und Norbert Quien, Marilyn Aronberg Lavin, Hubertus Günther, Norbert Nußbaum und Kees Kaldenbach zeigen. ¹⁷¹⁶ Allerdings hat sich diese Tendenz bis heute nicht verstetigt, obwohl eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten für digitale Modelle als Forschungswerkzeug besteht, worauf im vorliegenden Abschnitt noch weiter eingegangen wird.

Bislang wird das Fach Kunstgeschichte im Kontext der 3D-Rekonstruktion offenbar jedoch noch nicht als relevante Disziplin wahrgenommen, die einen gewinnbringenden Mehrwert für diesen Forschungsbereich liefern könnte, wie die Einleitung zu dem 2014 erschienenen Sammelband **3D Research Challenges in Cultural Heritage. A Roadmap in Digital Heritage Preservation** offenlegt:

»The aim of this book is to provide an insight into ongoing research and future directions in this novel, continuously evolving field, which lies at the intersection of digital heritage, engineering, computer science, material science, architecture, civil engineering, and archaeology.« ¹⁷¹⁷

Jedoch hat auch die Kunstgeschichte maßgeblich Anteil an der Erforschung des kulturellen Erbes, das zu ihrem Untersuchungsgegenstand gehört. In der internationalen Wissenschaftscommunity gilt es nun für die Kunstgeschichte an Sichtbarkeit und Anerkennung zu gewinnen. Dies ist notwendig, um eine disziplinbedingte Fokussierung auf antike und archäologisch relevante Bauwerke aufzubrechen und den Blick zu weiten. Denn eine Vielzahl an historischer Architektur – ob bis heute existierend, zerstört oder nur im Entwurf erhalten – wartet sozusagen darauf, digital rekonstruiert zu werden.

Anhand des historischen Überblicks und der Einzelanalysen konnte ein weiteres wesentliches Desiderat in der Realisierung von digitalen Rekonstruktionen identifiziert werden: die Kennzeichnung von Hypothesen. Zwar wird, beginnend mit Paul Reillys 1992 veröffentlichtem Aufsatz **Three-dimensional modelling and primary archaeological data**, in Publikationen über dieses Thema reflektiert, jedoch gehen die Wissenschaftler in ihren 3D-Projekten sehr unterschiedlich damit um. ¹⁷¹⁸ In den vergangenen rund 25 Jahren wurden durchaus verschiedene Strategien zur visuellen Auszeichnung von Hypothesen entwickelt,

wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) eindrücklich vor Augen geführt wurde, jedoch wurden (noch) keine allgemein anerkannten Standards dazu entwickelt. Dies mag auch damit zusammenhängen, dass in den 2009 veröffentlichten Richtlinien der **London Charter for the computer-based visualisation of cultural heritage**, dem Thema kein eigener Leitsatz gewidmet ist. ¹⁷¹⁹

■ 1719

Vgl. die jeweils 2009 veröffentlichten Fassungen der Charta auf englisch und deutsch: Denard 2009 (London Charter) und Denard 2009 (Die Londoner Charta).

■ 1720

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

■ 1721

Favro 2012, S. 273.

Allerdings konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden wie wichtig es für das Verständnis einer 3D-Rekonstruktion von historischer Architektur ist, kenntlich zu machen, welche Elemente auf sicherem Wissen und welche auf Vermutungen basieren sowie auch den jeweiligen Wahrscheinlichkeitsgrad anzugeben. Nur so kann gewährleistet werden, dass einerseits der zu vermittelnde Inhalt entsprechend rezipiert werden kann und andererseits ein 3D-Modell als wissenschaftliche Arbeit und Forschungswerkzeug sowohl in der Wissenschaftscommunity, als auch in der breiten Öffentlichkeit anerkannt wird. Denn vor allem letzterer Adressat ist hyperrealistische, hochaufgelöste 3D-Visualisierungen aus den Medien gewohnt und erwartet diese Optik auch in digitalen Rekonstruktionen, die in Museen oder Dokumentarfilmen gezeigt werden. Darüber hinaus hält das öffentliche Publikum die dort dargebotenen digitalen Modelle für Visualisierungen, die verlässlich die Realität wiedergeben und nicht mit Unsicherheiten verbunden sind. Hier gilt es für Wissenschaftler Lösungsvorschläge zu erarbeiten, um diesen Fehlinterpretationen zu begegnen.

Diane Favro sprach bereits im Jahr 2006 das Dilemma zwischen wissenschaftlichem Anspruch und der öffentlichen Erwartungshaltung hinsichtlich der visuellen Gestaltung von 3D-Rekonstruktionen an. ¹⁷²⁰ Im Jahr 2012 attestierte Favro Betrachtern von 3D-Rekonstruktionen eine gewachsene Sehkompetenz und leitete deren Erwartungshaltung folgendermaßen her:

»Today, the powerful scientific character of computing and the heightened visual sensibilities of readers have elevated hyperrealism as the gold standard of digital modeling. The seeming verism of historical reconstructions depicted in computer games and films has set the visual (not to mention kinetic and aural) bar high indeed.« ¹⁷²¹

Vor allem die Unterhaltungsmedien tragen dazu bei, dass den heutigen Betrachtern hochaufgelöste, hyperrealistische Bilder sehr vertraut sind und sich dadurch die öffentliche Erwartungshaltung in den letzten Jahren somit noch gesteigert hat. Genau hier kann nun die Wissenschaftscommunity eingreifen und wirkungsvolle Strategien entwickeln, um wissenschaftlich erstellte, digitale Rekonstruktionen eindeutig von kommerziellen Visualisierungen und Unterhaltungsmedien unterscheidbar zu machen. Ziel wäre es, nun eine eigene Bildsprache für wissenschaftliche Rekonstruktionen einzuführen und zu etablieren, um damit die öffentliche Erwartungshaltung neu zu prägen. Die intendierten Betrachter könnten an differenzierter ausgearbeitete Visualisierungen herangeführt werden, um den kritischen Blick zu schulen und zu erfahren, dass das Wissen zu historischen Objekten auch Unsicherheiten und fehlende Informationen einschließt. Die visuelle Auszeichnung von Hypothesen kann in dieser Hinsicht eine essentielle Lösungsstrategie bilden. Denn Verfahren wie Darstellungen in Grau-

stufen, bestimmte Farbskalen oder mit Annotationen versehene Visualisierungen, die in **Kapitel 6.2** (→ 469) vorgestellt wurden, können hier einen bewussten gestalterischen Gegenpol zu den hyperrealistischen Visualisierungen in Computerspielen oder Filmen bilden. Insofern könnte gerade mit der Kennzeichnung von Hypothesen eine neue wissenschaftliche Bildsprache generiert werden. Hier kann insbesondere die Kunstgeschichte als eine Disziplin, die sich intensiv mit Bildwerken auseinandersetzt, neue Strategien entwickeln und in den internationalen Diskurs einbringen.

Dahingehend ist es Aufgabe der Wissenschaftler, die große Wirkmacht der Bilder im Bereich der Wissensvermittlung zu reflektieren, um die intendierte Botschaft entsprechend darzustellen. Denn 3D-Rekonstruktionen von historischen Artefakten allgemein und historischer Architektur im Speziellen bieten ein großes Potential für die Vermittlung von Wissen (zum untersuchten Objekt sowie zu übergeordneten Zusammenhängen) und aktuellen Forschungsthesen und -ergebnissen. Hier könnte insbesondere die Kunstgeschichte neue Anwendungsbereiche für sich erschließen und digitale 3D-Modelle als eigenständige wissenschaftliche Arbeiten begreifen, um sie als Argument beziehungsweise These ähnlich einer im Text eingebundenen Abbildung zu publizieren. Hierzu bieten sich beispielsweise innovative Online-Zeitschriften wie **DAACH (Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage)** oder **Studies in Digital Heritage** an, in die auch digitale Modelle beispielsweise als **Sketchfab**-Anwendung, **WebGL**- oder Videodatei eingebettet werden können. So werden die digitalen Rekonstruktionen in den Forschungsdiskurs eingebracht, um in der Wissenschaftscommunity diskutiert zu werden. Darüber hinaus ist es möglich, mehrere Varianten eines 3D-Modells zu rekonstruieren, um verschiedene denkbare Hypothesen aufzuzeigen und damit zur Diskussion zu stellen.

Mit der Einbindung von 3D-Modellen in Online-Anwendungen für die Lehre kann ein akademisches Publikum, in Ausstellungen und Dokumentarfilmen auch die breite Öffentlichkeit erreicht werden. Wie die vorangegangenen Kapitel zeigten, wurden in diesen Präsentationskontexten bereits zahlreiche Konzepte in verschiedenen Fachbereichen entwickelt, die für die Kunstgeschichte durchaus Anschlussmöglichkeiten bieten. **1722** Insbesondere im Bereich der Wissensvermittlung in der Lehre könnten innovative Projekte konzipiert und durchgeführt werden, um Studierende einerseits für den Themenkomplex der digitalen Rekonstruktion zu sensibilisieren und andererseits in interaktiven Anwendungen gezielt an 3D-Modelle als Forschungswerkzeuge in interaktiven Anwendungen heranzuführen.

So lohnt sich generell ein Blick auf Anwendungsbeispiele digitaler 3D-Rekonstruktionen in anderen Fachdisziplinen, der bisher kaum beachtete Möglichkeiten für die Kunstgeschichte erkennen lässt: Beispielsweise integrierte der Archäologe Bernard Frischer in die 3D-Rekonstruktion eines antiken Bauwerks eine Lichtsimulation, die auf von der NASA veröffentlichten Daten zum Sonnenstand vergangener Jahrhunderte basierte. **1723** Mit der Simulation der historischen Lichtverhältnisse zu einem bestimmten Zeitpunkt konnte eine These zum Lichteinfall in das Bauwerk überprüft werden. Ähnliche Szenarien wären auch für die Kunstgeschichte denkbar, wenn Fragen zum Verhältnis von Licht und Raum in der Architektur erörtert werden.

■ 1722

Hier sei insbesondere auf die komplex aufgebaute Ausstellung »Synagogen in Deutschland – Eine virtuelle Rekonstruktion« im Jahr 2000 hingewiesen, vgl. **Kapitel 5.3** (→ 367). Weitere Ausstellungen von digitalen Rekonstruktionen wurden im Zusammenhang weiterer 3D-Projekte realisiert, die in vorangegangenen Kapiteln eingehend vorgestellt wurden, vgl. dazu: **Kapitel 4.2** (→ 193), **Kapitel 4.3** (→ 233), **Kapitel 5.2** (→ 331), **Kapitel 5.4** (→ 403) und **Kapitel 6.3** (→ 521). Online-Anwendungen zur Wissensvermittlung durch 3D-Rekonstruktionen wurden in **Kapitel 5.1** (→ 301) genauer untersucht.

■ 1723

Vgl. **Kapitel 6.1** (→ 447).

■ 1724

In der Kunstgeschichte findet sich mit dem um 2000 realisierten Projekt zum Altenberger Dom eine online-Anwendung im Bereich der Wissensvermittlung, jedoch lag das 3D-modellierte Bauwerk hier nicht als in Echtzeit frei zu erkundendes VR-Modell vor, vgl. [Kapitel 5.1](#) (→ 301).

■ 1725

Beacham 1999 (Reconstructing Ancient Theater), S. 193.

■ 1726

Vgl. [Kapitel 6.1](#) (→ 447).

Ähnlich wie es in der Theaterwissenschaft bereits mit **Theatron** realisiert wurde, könnten virtuelle Lern- und Forschungsumgebungen eingerichtet werden, die es ermöglichen digital rekonstruierte historische Bauwerke interaktiv zu erforschen. **1724** Denkbar wäre es, damit historische Ereignisse wie Zeremonien, Feierlichkeiten, Belagerungen, Angriffe mit Avataren zu simulieren und beispielsweise Fragen zur Herrschaftsrepräsentation und Festungsarchitektur zu erforschen. Die 1999 von dem Theaterwissenschaftler Richard Beacham formulierten Potentiale, die er für ein digitales 3D-Modell, das sowohl Einblick in ein historisches Bauwerk als auch in historische Theaterpraxis erlaubt, identifiziert, lassen sich auch auf kunsthistorische Forschungsfelder übertragen:

»Such use of computer-based architectural models, when presented through a user-interface allowing interaction with the material on display, can enable visitors to the ›digital-museum‹ not only to be virtually present in long-vanished theaters, but even in effect to find themselves on stage taking part in performances from the remote past. The resulting experience would be far more engaging and stimulating than they are ever likely to experience in a conventional museum. This potential to evoke theater's essential constituent elements of time, space, movement, and visibility allows their interrelationship to be understood, analyzed and communicated far more readily and effectively than previous approaches.« **1725**

Tauscht man einzelne Begriffe dieses Zitats aus, ergeben sich Hinweise auf mögliche Untersuchungsgebiete für die Kunstgeschichte: Auch hier könnten nicht mehr existierende Bauwerke immersiv in VR-Modellen erforscht werden und wie bereits erwähnt historische Ereignisse nachgestellt werden. So würde sich ein weitaus unmittelbarer Zugang zum jeweiligen Forschungsgegenstand eröffnen.

Mit interaktiven VR-Modellen wäre es Kunsthistorikern darüber hinaus möglich beispielsweise heute in Museen befindliche Kunstwerke wie Altarretabeln, Gemälde, Skulpturen und Möbel, die einst für einen bestimmten Raum gearbeitet wurden, in ihren früheren räumlichen Kontext zu positionieren. So könnten auch historische Ausstellungen digital nachgebaut werden.

Virtuelle Umgebungen bieten zudem die Möglichkeit für kollaboratives Arbeiten. Ein innovatives Projektionssystem, wie es der Informatiker Bernd Fröhlich von der Bauhaus Universität in Weimar 2017 vorstellte, könnte zukünftig das gemeinschaftliche Arbeiten von internationalen Forscherteams an digitalen Rekonstruktionen nachhaltig verändern und darüber hinaus fördern. **1726**

Im Zuge der Untersuchung von in den 2010er-Jahren durchgeführten EU-Projekten konnte festgestellt werden, dass die Erforschung nicht mehr existierender Architektur mittels neuer Technologien bislang nicht im Fokus der

■ 1727
Vgl. ebd.

EU-geförderten Initiativen stand. **1727** Hier könnten insbesondere in der Kunstgeschichte wegweisende Forschungsprojekte auf europäischer Ebene initiiert werden. In diesem speziellen Forschungsförderungskontext, aber auch ganz allgemein sind die Potentiale, die digitale Rekonstruktionen für die kunsthistorische Erforschung von historischer Architektur bieten, noch lange nicht ausgeschöpft, wie im Vergleich mit anderen Fachdisziplinen beispielsweise der Archäologie und Theaterwissenschaft deutlich wird.

Wie diese Zusammenfassung zeigt, liegen mannigfaltige Möglichkeiten vor, um 3D-Modelle als Präsentationsmedien und Forschungswerkzeuge einzusetzen. Nun ist es an den Kunsthistorikern, hier ihre Expertise einzubringen, um die bisherige thematische Fokussierung auf archäologisch relevante Bauwerke zu ergänzen.

Desiderate und Handlungsbedarfe

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten wesentliche Desiderate in unterschiedlichen Bereichen identifiziert werden, in denen dringender Handlungsbedarf besteht. Im Folgenden seien diese daher zusammengefasst.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass bislang einheitliche Definitionen von Begrifflichkeiten weder innerhalb von Fächern noch über Disziplinen hinweg vorgenommen wurden. **1728** So existieren in der Wissenschaftscommunity für die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Termini ›digitale 3D-Rekonstruktion‹ und ›digitales 3D-Modell‹ eine Vielzahl an synonym gebrauchten Begriffen. **1729** So spricht der Archäologe Bernard Frischer von **3D (archaeological) model**, sein Fachkollege Paul Reilly von **model**, ergänzt durch zusätzliche, charakterisierende Hinweise in Bezug auf die Darstellungsweise (**solid model**) oder die Erstellungsweise (**computer-generated model**, **CATIA-based model**). **1730** Die Architektin Mieke Pfarr-Harfst definierte in ihrer Dissertation den Begriff **Digitale Rekonstruktion**, ihr Fachkollege Marc Grellert verwendete in seiner Doktorarbeit den Terminus **3D-Computer-Rekonstruktion**. **1731** Hingegen spricht die Architekturhistorikerin Diane Favro von **digital re-creations** beziehungsweise **Virtual Reality re-creations**. **1732**

Insbesondere ›digital‹ und ›virtuell‹ werden im Zusammenhang mit 3D-Modellen häufig synonym verwendet, obwohl hier ein Bedeutungsunterschied vorliegt. **1733** Auch sollte geklärt werden was unter digitaler Rekonstruktion im engeren Sinn verstanden wird – unter welchen Umständen beispielsweise auch mit Laserscans erstellte Modelle dazu zählen. All dies wäre sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene zukünftig zu klären.

In den Einzelanalysen zeigte sich ferner ein wichtiges Desiderat in der Reflexion über das rekonstruierte Bauwerk. So konnte festgestellt werden, dass die für die Rekonstruktionen Verantwortlichen in ihren Publikationen über die 3D-Projekte nicht darlegen, inwiefern die digitale Rekonstruktion in den meisten Fällen nicht **einen** bestimmten Zeitpunkt darstellt. **1734** So werden für die 3D-Modellierung meist heterogene Quellen wie Grundriss des geplanten Bauwerks, Fotografie des errichteten Gebäudes oder Zeitzeugenbericht nach Zerstörung herangezogen, die Informationen zum Zustand des Bauwerks zu unterschiedlichen Zeitpunkten oder Zeiträumen geben. Alle diese Quellen geben eine eigene Variante des Bauwerks wieder. In der Folge ihrer Vermischung im 3D-Modell entsteht sozusagen ein Hybrid aus Elementen unter-

■ 1728
Vgl. Kapitel 1.1 (→ 017).

■ 1729
In der vorliegenden Arbeit wird explizit der Begriff ›digital‹ – in Abgrenzung zu ›virtuell‹ verwendet – um den Bezug zur computertechnischen Erstellung wiederzugeben.

■ 1730
Vgl. Frischer 2008 (Introduction); Reilly 1996.

■ 1731
Vgl. Pfarr 2010, S. 7 u. Grellert 2007, S. 162.

■ 1732
Vgl. Favro 2006 (In the eyes of the beholder).

■ 1733
Vgl. Kapitel 1.1 (→ 017) u. Kapitel 5.1 (→ 301).

■ 1734
Vgl. Kapitel 7.1 (→ 565).

schiedlicher Zeiträume. Diese zeitliche Uneindeutigkeit der Darstellung im 3D-Modell wird allerdings in den Publikationen zu 3D-Projekten kaum reflektiert, obwohl es sich um einen zentralen Aspekt digitaler 3D-Rekonstruktion handelt.

Wie bereits umfassend dargelegt, zählen Hypothesendarstellung im 3D-Modell und die Dokumentation des Erstellungsprozesses von digitalen Rekonstruktionen zu dringenden Handlungsbedarfen. ¹⁷³⁵ Hiermit gilt es nicht nur zur Nachvollziehbarkeit der Arbeiten, sondern auch zur Anerkennung von 3D-Rekonstruktionen als wissenschaftliche Visualisierungen inner- und außerhalb der Wissenschaftscommunity beizutragen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass Konventionen des Wissenschaftlichen Arbeitens – wie sie beim Verfassen von wissenschaftlichen Publikationen etabliert sind – auch im Bereich der digitalen Rekonstruktion von historischen Artefakten als selbstverständlich gelten und fest etabliert sein sollten. Das betrifft vor allem die Einordnung in den Forschungskontext (unter Verweis auf frühere digitale Modelle des vorgestellten Artefakts soweit vorhanden), die Offenlegung von Quellen, die Begründung von Entscheidungen und die Erläuterung von Hypothesen. Bislang werden diese Aspekte nicht grundsätzlich in Publikationen zu 3D-Projekten umgesetzt, wie in den Einzelanalysen der vorliegenden Arbeit deutlich wurde.

Auch die Wahrnehmung von Richtlinien wie der **London Charter** müsste zukünftig verbessert werden, damit darin genannte Prinzipien in 3D-Projekten umgesetzt werden. ¹⁷³⁶ Fachspezifische Zugänge könnten hier hilfreich sein, um die Akzeptanz der Charta bei Experten einzelner Disziplinen zu steigern.

Eine im Kontext des Kulturerbes noch relativ neue und vielversprechende Methode für die digitale Rekonstruktion von historischer Architektur ist **Historic BIM**. Wie bereits in **Kapitel 6.2 (→ 469)** erörtert wurde, birgt diese viele Anwendungsmöglichkeiten und vor allem zahlreiche Funktionen, die gegenüber anderen Rekonstruktionsmethoden einen großen Mehrwert darstellen. Hierzu zählen die Verknüpfung mit Dokumenten, Anreicherung mit Metadaten, das Erstellen mehrerer Versionen aus einem zentralen Modell, die Ausgabe in unterschiedlichen Medien und die Plausibilitätsprüfung im Hinblick auf Statik und Funktionsweise. Bislang wird **BIM** in Deutschland noch von wenigen Architekten eingesetzt, schätzte der Architekt Fabian Zimmermann von **atelier4d Architekten** in Berlin bei einem Gespräch mit der Autorin Anfang 2018. ¹⁷³⁷ Jedoch sieht er für **BIM** als neue Methode im Bereich der digitalen Rekonstruktion zukünftig ein großes Potential, auch wenn einzelne Funktionen noch an die Besonderheiten von historischer Architektur angepasst werden müssen. ¹⁷³⁸ Hier könnten Best Practice-Beispiele die Weiterentwicklung von **Historic BIM** entscheidend befördern.

Das Einführen von Peer Review-Verfahren in den Veröffentlichungsprozess von 3D-Modellen wurde bereits mehrfach von Wissenschaftlern vorgeschlagen, die im Kontext der digitalen Rekonstruktion tätig sind, wie John Wilcock 1996, Richard Beacham 1999 oder später David Koller, Bernard Frischer und Greg Humphreys 2009. ¹⁷³⁹ Auf diese Weise könnte die Wissenschaftlichkeit der Arbeit oder die Einhaltung von Standards und Richtlinien (beispielsweise anhand der **London Charter**) überprüft werden. Diese große Zeitspanne zwischen den jeweiligen Vorschlägen der hier genannten Forscher weist darauf hin, dass das

■ 1735

Vgl. **Kapitel 6.2 (→ 469)**.

■ 1736

Vgl. ebd.

■ 1737

Seine Einschätzungen zu »BIM« erläuterte Fabian Zimmermann der Autorin in einem Gespräch am 19.01.2018.

■ 1738

Zu Vorschlägen mit spezifischen Ergänzungen vgl.: Boeykens/Himpe/Martens 2012, S. 733; **Kapitel 6.1 (→ 447)**.

■ 1739

Vgl. Wilcock 1996, S. 409; Beacham 1999 (*Reconstructing Ancient Theater*), S. 194-195; Koller/Frischer/Humphreys 2009.

Thema des Peer Review in der Wissenschaftscommunity nicht intensiv diskutiert wurde. Zu einem möglichen Peer Review-Verfahren gibt es noch viele offene Fragen: Es müsste festgelegt werden in welchen Fällen es durchgeführt werden sollte, ob nur bei Publikationen in Zeitschriften, Sammelbänden, Monografien, bei Installationen in Ausstellungen oder vor Vorträgen (oder vor Publikation zugehöriger Tagungsbände). Die Dauer eines solchen Verfahrens müsste zeitlich begrenzt werden, damit der ohnehin lange Weg bis zur Veröffentlichung nicht übermäßig verlängert wird. Auch müsste geklärt werden, wer sich als Reviewer qualifizieren kann.

Ein wichtiges Desiderat stellt auch die Langzeitarchivierung von 3D-Projekten zur nachhaltigen Sicherung und Vorhaltung des kulturellen Erbes und wissenschaftlicher Forschungsarbeiten dar. **1740** Da es sich bei digitalen 3D-Modellen historischer Artefakte um wissenschaftlich erarbeitete Objekte handelt, ist es essentiell diese für die Forschung relevanten Wissensträger für die Zukunft zu bewahren und zugänglich zu halten. Hier sollten sowohl diejenigen, die digitale Rekonstruktionen realisieren, als auch diejenigen, die sie in Auftrag geben oder finanziell fördern, die Langzeitarchivierung der generierten Daten als eine verpflichtende Aufgabe im gemeinsamen Interesse erachten. Denn bislang vereitelt oft eine knappe Budgetierung von 3D-Projekten die nachhaltige Erstellung von digitalen 3D-Modellen historischer Architektur. So ist meist bei der Budgetplanung kein (ausreichender) Geldbetrag für die Dokumentation und nachhaltige Datensicherung und Datenvorhaltung des Projekts vorgesehen.

Ohne eine Strategie zur langfristigen Sicherung und Zugänglichkeit würden Zeit und Geld, die in die Erstellung fließen, unnötig verschwendet werden, ganz abgesehen von dem einhergehenden immensen Wissensverlust. Hier besteht somit dringender Handlungsbedarf zu einem Umdenken seitens der Förder- und Auftraggeber, die verbindliche Vorgaben zur Dokumentation des Erstellungsprozesses und zur Langzeitarchivierung standardmäßig einfordern und vor allem auch entsprechend finanziell fördern sollten. Damit hängt auch die Lizenzierung von 3D-Modellen zur Verwendung in bestimmten Kontexten wie Museum, Dokumentarfilm, Internet zusammen, für die (standardisierte) Umsetzungsmöglichkeiten noch erarbeitet werden müssen. **1741**

Die Entwicklung einer gemeinsamen zielführenden Strategie zur Langzeitarchivierung ist zeitnah geboten, denn auch die Archivierung von bereits abgeschlossenen Projekten stellte sich im Verlauf der vorliegenden Arbeit als wichtiger Handlungsbedarf heraus, da sich viele Daten und Materialien in Privatarchive ehemaliger Projektbeteiligter befinden und daher nur eingeschränkt zugänglich sind. Zudem ist die Kompatibilität der Daten mit dieser Sicherung kaum zu gewährleisten. Hier bietet sich die aktive Kuratierung von digitalen Daten an, die die Wahrung und Überprüfung von deren Funktion und Kompatibilität während der Langzeitarchivierung ermöglicht. **1742**

Neben der nachhaltigen Sicherung könnte auch die Sichtbarkeit und Zugänglichkeit von 3D-Projekten anhand eines bislang noch nicht existierenden zentralen oder vernetzten online-Repositoriums gesteigert werden. Durch die bessere Auffindbarkeit könnten die digitalen Modelle verstärkt wahrgenommen, reflektiert und diskutiert werden. In der Folge würde dies die Forschung zu den rekonstruierten Bauwerken vorantreiben. Denn wie in den Interviews festgestellt

■ 1740

Vgl. [Kapitel 6.2](#) (→ 469).

■ 1741

Vgl. [Frischer 2006 \(New Directions\)](#), S. 172; [Kapitel 6.2](#) (→ 469).

■ 1742

Vgl. [Appendix 2.2](#) (→ 653), Interview mit Paul Reilly, Frage 8; [Kapitel 6.2](#) (→ 469).

wurde, werden in der kunsthistorischen Forschung 3D-Projekte, die außerhalb des Fachs publiziert wurden, kaum wahrgenommen. Unter anderem, weil es sich zumeist um Veröffentlichungen von Wissenschaftlern aus technischen Disziplinen handelt. Hier besteht ein wichtiger Handlungsbedarf, um den Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur weiter zu etablieren.

Um der Frage nach der Rezeption von digitalen 3D-Modellen historischer Architektur in der kunsthistorischen Forschung weiter nachzugehen, könnte in einem künftigen Forschungsprojekt eine systematische Untersuchung auf den hier dargelegten Beispielen aufbauen. Interessant wäre beispielsweise zu ergründen, inwiefern die fachliche Reputation der Leiter von 3D-Projekten eine Rolle für die Akzeptanz ihrer Arbeiten im Bereich der digitalen Rekonstruktion spielt. Der Theaterwissenschaftler Richard Beacham vermutet, dass es für die Durchführung seiner 3D-Projekte von Vorteil war, dass er als Wissenschaftler bereits anerkannt und akademisch etabliert war. ¹⁷⁴³ Hier könnten Methoden der Netzwerkforschung zum Einsatz kommen, um das Umfeld der Wissenschaftler zu ergründen.

Grundsätzlich wäre es gewinnbringend aufzuschlüsseln, in welchen Publikationsformaten (Fachzeitschriften, Monografie, Konferenz- oder Sammelband) und in welchem disziplinären Rahmen die Verantwortlichen der 3D-Projekte über diese berichten. ¹⁷⁴⁴ Damit einhergehend würde auch eine Untersuchung zur Zitation der Publikationen Aufschluss darüber geben, in welchen Fachbereichen sie Beachtung finden. Die Ermittlung dieser Faktoren könnte dazu beitragen herauszufinden, warum insbesondere 3D-Projekte zu einschlägig kunsthistorisch relevanten Gegenständen und Themen kaum oder wenig Beachtung in der kunstgeschichtlichen Forschung finden. In der Folge ist es möglich darauf aufbauend Strategien zu erarbeiten, um die Sichtbarkeit der Projekte im Fach zu erhöhen. Dies wäre ein entscheidender Beitrag zur weiteren Etablierung digitaler 3D-Modelle historischer Architektur sowohl als Untersuchungsgegenstand als auch als Forschungswerkzeug in der Kunstgeschichte.

Vorschlag für ein ideales digitales 3D-Modell

Der in der vorliegenden Arbeit gebotene Überblick über digitale Architekturekonstruktion und -visualisierung hat eine Vielzahl an Möglichkeiten der Ausgestaltung, Einbindung und Anwendung von digitalen 3D-Modellen historischer Architektur in der Wissenschaft präsentiert. Auch wichtige Diskurse in diesem weiten Forschungsfeld wurden aufgezeigt. Auf dieser Basis lassen sich bestimmte Hauptmerkmale, Erfordernisse und Best Practice-Beispiele herausgreifen, um einen Vorschlag für einen Prototyp eines sozusagen idealen digitalen 3D-Modells historischer Architektur zu formulieren. Ein solches ideales Modell könnte folgende wesentliche Bestandteile und Charakteristika aufweisen:

- Methodische Grundlage: Die **London Charter** sollte als Grundlage und Orientierung für die Realisierung digitaler Rekonstruktionen dienen und hierfür einen international anerkannten und verbindlichen Rahmen bilden.
- Räumliche Kontextualisierung des rekonstruierten Bauwerks: Das Gebäude sollte mit der es umgebenden (baulichen/landschaftlichen) Situation dargestellt werden, um den räumlichen Bezug zur Umgebung zu wahren und um die Größenverhältnisse zu verdeutlichen. So können Sichtbezüge,

■ 1743

Diese Vermutung äußerte Richard Beacham der Autorin gegenüber am Rande des Interviews am 17. Juli 2017. Vgl. auch Ausführungen dazu in [Kapitel 7.1](#) (→ 565).

■ 1744

Hier kann auf die von Sander Münster vorgenommene bibliometrische Analyse von Publikationen im Bereich der digitalen Rekonstruktion aufgebaut werden, die er 2014 in seiner Dissertation veröffentlichte. Er untersuchte darin Veröffentlichungen aus ausgewählten Konferenzbänden innerhalb des Zeitraums 2000 bis 2010, vgl. Münster 2014, S. 123-141; [Kapitel 7.1](#) (→ 565).

Sichtachsen und Proportionen anschaulich visualisiert werden. Die Umsetzung hängt von mehreren Faktoren ab und kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. Insbesondere bei heute nicht mehr existierenden Gebäuden wäre beispielsweise zu überlegen, in welchen baulichen Kontext das zu rekonstruierende Bauwerk gestellt werden soll. So kann es in die historische Situation eingebettet werden, sofern dazu Quellen vorliegen. Andernfalls kann das Gebäude auch in den gegenwärtigen baulichen Kontext eingefügt werden, um zu verdeutlichen, wie der Ort wirken würde, wenn das Bauwerk heute noch existieren würde. Eine weitere, weniger aufwendige Alternative könnte die Einbindung von historischen Grundrissen sein. Damit könnte zusätzlich die Verlässlichkeit der Rekonstruktion verstärkt und auf diese Weise auch auf die wortwörtlich zugrundeliegenden historischen Quellen hingewiesen werden. Bei interaktiven Modellen könnte der Grundriss optional eingeblendet werden.

- Hypothesendarstellung: Im 3D-Modell sollten Hypothesen und fundierte Fakten eindeutig kenntlich gemacht werden, möglichst unter Angabe des Wahrscheinlichkeitsgrads. Hierzu stehen bereits einige Lösungsvorschläge zur Verfügung wie in **Kapitel 6.2** (→ 469) ausgeführt.
- Dokumentation des Erstellungsprozesses der Rekonstruktion: Anhand einer Dokumentation des Erstellungsprozesses der Rekonstruktion können alle angewendeten Methoden und zugrundeliegenden Entscheidungen erläutert und mit Quellen belegt werden. Zudem sollten Metadaten (unter anderem Informationen zu Erstellern/Beteiligten, Technik, Software, Hardware, Quellen) mit dem Datensatz des 3D-Modells verbunden sein, beispielsweise unter Verwendung von **Historic BIM**, wie in **Kapitel 6.1** (→ 447) dargelegt. Dies würde die Nachvollziehbarkeit erhöhen sowie die Anerkennung digitaler Rekonstruktionen als wissenschaftliche Publikationen fördern.
- Mediale Zugänglichkeit: Zumindest das finale 3D-Modell sollte in Form von Videos und Renderings frei zugänglich im Internet veröffentlicht werden. Idealerweise sollten auch die Rohdaten veröffentlicht werden, um von anderen Forschern weiterentwickelt und im Sinne eines Forschungswerkzeugs verwendet werden zu können. Dies würde die Diskussion zum dargestellten Objekt verstärken.
- Nachhaltige Nutzbarkeit, Archivierung und Kompatibilität: Der gesamte Datensatz sollte in einem auf die Vorhaltung wissenschaftlicher Daten spezialisierten, digitalen Archiv gespeichert werden. Die Kompatibilität und nachhaltige Nutzbarkeit sollte durch eine aktive Kuratierung und gegebenenfalls Emulation gewährleistet werden.
- Ein abschließender Projektbericht zum Kontext der Entstehung, zu beteiligten Institutionen/Personen, Förderung, technischer Umsetzung unter anderem sollte online und als Open Access-Publikation veröffentlicht werden.

Idealerweise könnten wissenschaftlich erstellte digitale 3D-Modelle historischer Architektur und zugehörige Materialien wie Projektbericht, Abbildungen, Videos, historische Quellen in einem internationalen Repositorium gesammelt und gespeichert werden. Ein solches Repositorium könnte zentral

verwaltet werden oder auch aus einem Netzwerk aus mehreren Archiven bestehen. Es sollte online frei zugänglich sein, der Vernetzung und dem Austausch von Experten dienen und eine Grundlage für zukünftige 3D-Projekte bieten.

Ziel der vorliegenden, aus kunsthistorischer Perspektive unternommenen Arbeit war es, mit dem historischen Überblick und der Analyse ausgewählter, herausragender 3D-Projekte Potentiale für die kunsthistorische Forschung im Bereich der digitalen Rekonstruktion historischer Architektur aufzuzeigen und Anschlussmöglichkeiten für weiterführende Arbeiten zu bieten. Die Darlegung wichtiger Desiderate, Handlungsbedarfe und eines Vorschlags für ein ideales 3D-Modell soll hierzu einladende Impulse setzen.