

Digitale Raumdarstellung

→ Barocke Deckenmalerei und Virtual Reality

Herausgegeben von Stephan Hoppe,
Hubert Locher und Matteo Burioni



Digitale Raumdarstellung



Band 4

Computing in Art and Architecture

→ Eine Buchreihe des Arbeitskreises
Digitale Kunstgeschichte und der
Arbeitsgruppe Digitale 3D-Rekonstruktion

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

Digitale Raumdarstellung

→ Barocke Deckenmalerei und Virtual Reality

Herausgegeben von

Stephan Hoppe, Hubert Locher und Matteo Burioni

Das Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD) ist ein Projekt der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, gefördert im Akademienprogramm der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften vom Bund sowie den Ländern Bayern und Hessen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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



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



Publiziert bei arthistoricum.net,
Universitätsbibliothek Heidelberg 2020.

Die Online-Version dieser Publikation ist auf www.arthistoricum.net dauerhaft frei verfügbar (Open Access).
urn: urn:nbn:de:bsz:16-ahn-artbook-774-6
doi: <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.774>

Text © 2020. Das Copyright der Texte liegt beim jeweiligen Verfasser.

Koordination

Matteo Burioni

Gestalterisches Konzept

Yvonne Kümmel

Gestaltung | Illustration | Satz

Michael Sherman

Textredaktion

Kim Westphal

ISSN: 2626-9538 (Print)

ISSN: 2626-9546 (Online)

ISBN: 978-3-948466-79-4 (PDF)

ISBN: 978-3-948466-83-1 (Softcover)

ISBN: 978-3-948466-78-7 (Hardcover)



BAYERISCHE
AKADEMIE
DER
WISSENSCHAFTEN



Inhaltsverzeichnis

<u>Vorwort</u>	→ 011
<u>Einführung</u>	→ 013
<u>Stephan Hoppe</u>	→ 023
A. Das digitale Architekturmodell wird ein Werkzeug der Kunstgeschichte. Vier aktuelle Herausforderungen	
<u>Matteo Burioni</u>	→ 059
B. Deckenmalerei und Virtuelle Realität. Montage, Illusionsbruch und mobile Betrachtung	
<u>Margriet van Eikema Hommes, Carol Pottasch, Jan de Rode, L. de Moor</u>	→ 079
C. Creating a virtual reconstruction of the original appearance of the »Golden Room« in the Mauritshuis, The Hague	
<u>Julian Hanschke</u>	→ 101
D. Architekturvisualisierung und digitale baugeschichtliche Rekonstruktion am Beispiel des Heidelberger Schlosses	
<u>Frieder Leipold, Jan-Eric Lutteroth</u>	→ 133
E. Schloss Weikersheim in 3D. Neue Zugänge zur Architekturgeschichte der nordalpinen Spätrenaissance	

- Marc Grellert** → 159
- F. Blick in die Werkstattgeschichte:
Herrschaftliche Innenräume – Digitale Rekonstruktionen
- Ludger Drost, Frauke Grams, Adolf Hofstetter,
Magdalena März, Malte Rehbein, Tomas Sauer, Andrea Schilz** → 183
- G. Semantischer und physischer Raum.
ViSIT – eine Fallstudie zur Brautkrone der Herzogin
Hedwig von Niederbayern
- Joerg Maxzin** → 215
- H. Jenseits der Digitalisierung –
Arbeiten mit virtualisiertem Kulturerbe
- Laura Albers** → 225
- I. Die semantische Datenmodellierung
im Corpus der barocken Deckenmalerei
in Deutschland
- Ke Ma** → 257
- J. Das verlorene Lusthaus der Münchner Residenz
- Lukas Oberem** → 289
- K. Zur Kopfhaltung
bei der Betrachtung von Deckenmalerei
- Thomas Scheidt** → 309
- L. Digitale Fototechniken zur Rekonstruktion
von räumlichen Phänomenen
- Max Rahrig** → 327
- M. Praxistaugliche Digitalisierung barocker Prunkräume
- Elisabeth Mayer, Lea Weil, Kris Weinand, Thomas Odaker** → 349
- N. Mixed Reality und Digitale Raumgestaltung

<u>Bernhard Strackenbrock</u>	→ 359
O. Nachhaltige 3D-Modelle aus Messbildern	
<u>Frithjof Schwartz</u>	→ 375
P. Jenseits des Joysticks. Zur Bedeutung der Betrachterperspektive bei einer neuen 3D-App zur Festung Hohentwiel	
<u>Schlagworte</u>	→ 385
<u>Bibliografie</u>	→ 387





Vorwort

Der vorliegende Band geht auf einen von **Stephan Hoppe**, **Hubert Locher** und **Ute Engel** konzipierten Workshop unter dem Titel »Digitale Raumdarstellungen. Barocke Kunst im Kontext aktueller Zugriffe der spatial humanities« am 3. und 4. April 2017 in Marburg zurück. Er konnte im Rahmen des »Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland« (CbDD) durchgeführt werden, bei dem es sich um ein kunsthistorisches Langzeitprojekt der Union der deutschen Akademien unter der Federführung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften handelt. Es wird zurzeit von den Herausgebern des Bandes in unterschiedlichen Funktionen geleitet.

Wir danken an dieser Stelle **Kim Westphal** für die Redaktion des Bandes und **Michael Sherman** für das Design. Die Gestaltung erfolgte unter Verwendung von fotografischen Aufnahmen von **Achim Bunz**. Das Deutsche Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Foto Marburg führte die Kampagne des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland in der Residenz Würzburg der Bayerischen Schlösserverwaltung im Jahr 2020 durch.

Leider standen die Original-Beiträge des Workshops von **Bernd Fröhlich**, **Karin Guminski** und **Michael Käsdorf**, **Torsten Schrade** und **Hartmut Scholz** für die Publikation nicht zur Verfügung, während eine Anzahl neuer Beiträgerinnen und Beiträger für weitere inhaltliche Facetten gewonnen werden konnte.

Allen mit Schriftbeiträgen vertretenen Autorinnen und Autoren sei an dieser Stelle ganz herzlich für die Mitarbeit und Geduld gedankt; ebenso aber auch den weiteren Beiträgerinnen und Beiträgern des Workshops.

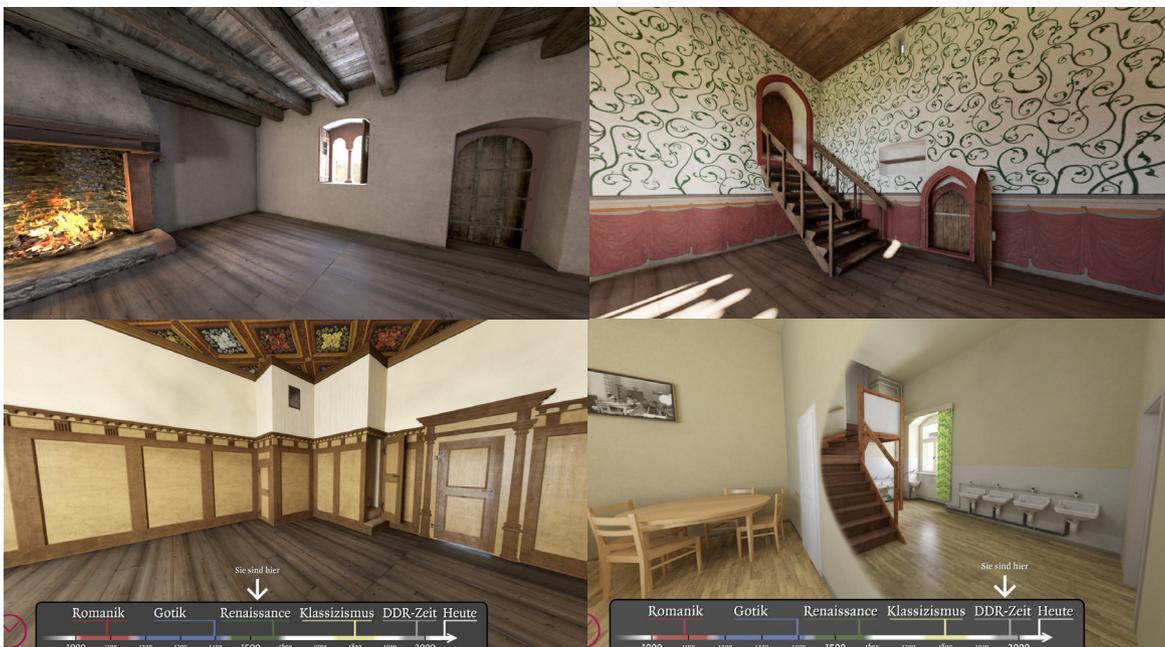
München und Marburg, im November 2020
Die Herausgeber

Einführung

Raum ist eine Grundkategorie menschlicher Existenz. Datengetriebene digitale Raumdarstellungen sind demgegenüber ein recht neues Medium, das seine spezifischen Darstellungsqualitäten zwar erst entwickelt, dabei aber in vielen Bereichen bereits längst seinen Einzug in den Alltag gehalten hat. In Ikea Place kann man mithilfe von Augmented Reality Möbel virtuell in die eigene Wohnung stellen. Der kommerzielle Anbieter Matterport bietet – vor allem für die Immobilienbranche gedacht – einen leichten Einstieg in das Anfertigen von interaktiven 3D-Modellen. Vom tausendfachen architektonischen Entwurf mittels CAD soll hier gar nicht geredet werden.

Schon bald wurde das neue Medium auch für die Vermittlung historischer Architektur und Kunst adaptiert. Zu nennen wäre als besonderer Anziehungspunkt gesellschaftlicher Aufmerksamkeit und frühes beispielhaftes Projekt neben anderen die digitale Rekonstruktion der in der Reichskristallnacht zerstörten Synagogen in Deutschland, das **Marc Grellert** 1998 als historisch forschender Architekt initiiert hat. Im Rahmen von Google Art Arts & Culture sind seit 2011 immer mehr Museen auch aus der Ferne zu besichtigen. Die Schlösserland Sachsen GmbH hat 2016 in Schloss Rochlitz eine erste Virtual Reality-Anwendung der Öffentlichkeit vorgestellt ^[01].

□ 01
VR Anwendung von Schloss Rochlitz
(Screenshots: Frank Schmidt, Schlösserland Sachsen).



Im Jahr 2019 wurde dann in Schloss Albrechtsburg in Zusammenarbeit mit dem französischen Start-Up Histovery eine Führung mit Augmented Reality vorgestellt [02].

□ 02

Albrechtsburg Meissen HistoPad (Foto: Dorit Günter, Schlösserland Sachsen).



Auf älteren Portalen wie Patrimonium gibt es schon länger CAD-Rekonstruktionen, die mit Metadaten angereichert sind. Ende September 2020 wurde die Gründung des »Herrenhauszentrum Greifswald« bekannt gegeben, das sich der Erforschung und Vermittlung der Herrenhäuser im Ostseeraum ebenfalls mit digitalen Mitteln verschrieben hat. Mittlerweile ist also ein breites, gesellschaftlich relevantes Anwendungsspektrum zu beobachten: Marginalisierte Themen erhalten neue Aufmerksamkeit; Teilhabe wird ermöglicht, Zugangsbarrieren werden abgebaut. Die Verfahren und Methoden fächern sich dabei auf und adressieren unterschiedliche gesellschaftliche Bedarfe. Das junge Medium wird auch in seiner speziellen Anwendung auf Kunst und Kulturelles Erbe bereits historiografisch erforscht, wie die Arbeiten von **Inge Hinterwaldner** und **Heike Messemer** zeigen.

Die Kunstgeschichte sieht in dem jungen Medium aber zunehmend nicht nur ein Studienobjekt und einen willkommenen Kanal der gesellschaftlichen Wissenschaftsvermittlung. Die Disziplin profitiert als empirische Wissenschaft immer mehr auch methodologisch und praktisch von den neuen Möglichkeiten der digitalen Raumdarstellung und beginnt hier Potenziale eines neuen Typs von Forschungswerkzeug wahrzunehmen. Bereits jetzt reichen die Möglichkeiten der Anwendung von Modellen historischer Bauten für die Dokumentation, über Rekonstruktionen verlorener Ausstattungen als Anschauungsmaterial bis zur Testung von Forschungshypothesen mittels Simulationen. Der 2014 gegründete interdisziplinäre Arbeitskreis »Digitale Rekonstruktion« deutet auf eine in Gang befindliche akademische Institutionalisierung dieses epistemischen Feldes hin; erste wissenschaftliche Buchreihen formieren sich. Im Rahmen der ab 2020 staatlich geförderten Bemühungen um eine Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) in Deutschland sind weitere Schritte der Professionalisierung und die endgültige Etablierung der digitalen Raumrepräsentation auch als Forschungswerkzeug zu erwarten.

Auch das seit 2015 auf älteren Bemühungen aufbauende »Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland« (CbDD) setzt digitale 3D-Modelle für seine Ziele ein. Es hat sich zur Aufgabe gemacht, den Bestand von über 4.000 Denkmälern mit Decken- und Wandmalereien aus der Zeit von ca. 1550 bis 1800 auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland zu dokumentieren, zu erforschen sowie im historischen und kunsthistorischen Kontext zu interpretieren. Dabei werden sowohl erhaltene als auch zerstörte, durch historisches Bild- und Quellenmaterial belegte oder rekonstruierte Werke der architekturgebundenen Malerei berücksichtigt.

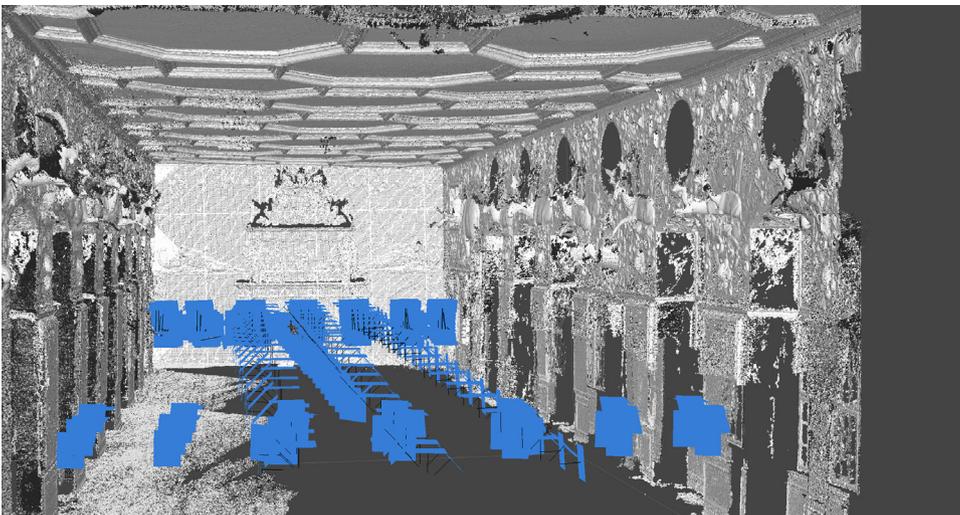
Deckenmalerei besitzt dabei immer auch einen Raumbezug. Bereits die Dokumentation setzt, wo es möglich ist, deshalb auf innovative Technologien unter Einschluss von digitalen 3D- Aufnahmen. Hinzu kommen ausgewählte und prototypische Rekonstruktionen verlorener Kunstwerke. Schon die fotografische Aufnahme von großflächiger Deckenmalerei erfordert Techniken der Montage aus einzelnen Aufnahmen, das sogenannte »Stitching«. 2015 führte das Corpus ein Pilotprojekt gemeinsam mit Illustrated Architecture von **Bernhard Strackebrock** und der Bayerischen Schlösserverwaltung durch, um mittels Photogrammetrie ein Abbild des barocken Bamberger Kaisersaals in der Neuen Residenz zu erstellen. In Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien (KDWT), Fachbereich Denkmaltechnologien an der Universität Bamberg, und dem dortigen Lehrstuhl von Mona Hess hat das Corpus mit Photogrammetrie und Laserscan die fast zeitgleichen Deckenfresken in Schloss Arnstorf aufgenommen, die wie auch in Bamberg von Melchior Steidl ausgemalt sind. Im Rahmen der Initiative Baden-Württemberg digital haben **Frieder Leipold** und **Jan Lutteroth** unter der Leitung von **Stephan Hoppe** sowohl eine digitale 3D-Rekonstruktion des Renaissanceschlusses Weikersheim als auch eine semantisch strukturiert aufbereitete und inhaltlich mit dem Modell verbundene Forschungsgeschichte und neue Quellenauswertung vorgelegt. Auch hier spielt die Deckenmalerei im Raum eine entscheidende Rolle.

Im Sommer 2020 wurde die analytische Rekonstruktion des Schlosses Weikersheim in einer gemeinsam mit dem Team von Mona Hess durchgeführten Kampagne um Photogrammetrie und 3D-Laserscans im reich ausgemalten Rittersaal ergänzt und damit neue Grade der Detaillierung erreicht [03](#) [04](#).

□ 03

Mona Hess, 3D Laserscan dargestellt mit Reflexionswerte (Falschfarben grün-rot), in Graustufen und mit der eingebauten Panoramakamera.

Digitale Denkmaltechnologien,
Otto-Friedrich Universität Bamberg.



□ 04

Mona Hess, Photogrammetrisches 3D-Modell des Festsales.

Digitale Denkmaltechnologien,
Otto-Friedrich Universität Bamberg.

Im Sommersemester 2019 haben **Stephan Hoppe** und **Jan Lutteroth** gemeinsam mit Studierenden des Instituts für Kunstgeschichte an der Ludwig-Maximilians-Universität in einem Seminar eine 3D-Rekonstruktion des 1804 zerstörten Renaissance-Lusthauses der Münchner Residenz geschaffen, in der die ehemals vorhandenen, heute nur fragmentarisch überlieferten Deckenmalereien aus der Zeit um 1565 eine zentrale Rolle spielen. Im Herbst 2020 haben **Matteo Burioni** und **Jan Lutteroth** eine digitale 3D-Rekonstruktion des Festsaals der Hoflössnitz aus dem mittleren 17. Jahrhundert in Radebeul bei Dresden begonnen. Von verlorenen Ausstattungen, über in Privatbesitz befindlichen bis hin zu digitalen Zwillingen von museal erschlossenen und besuchbaren Objekten reicht die Bandbreite der bisher erfolgten VR-Anwendungen. Von in eine Holzdecke eingesetzte Leinwandmalerei des 16. Jahrhundert in der Münchner Residenz über Leinwandgemälde in einer Holzbalkendecke in Radebeul bis zur illusionistischen Freskomalerei des 17. Jahrhundert in Arnstorf und Bamberg wurde eine repräsentative Auswahl angestrebt. Die in die akademische Lehre in München integrierten, aufeinander aufbauenden Maßnahmen zu digitalen 3D-Rekonstruktionen werden ganz wesentlich durch das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München-Garching unterstützt.

Das Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland folgt dabei von Anfang an einer digitalen Philosophie des Open Data, des Open Access und des Open Science. Es will damit einen zeitgemäßen digitalen Zugang zu einem wichtigen Teilen des Kulturellen Erbes in der Bundesrepublik Deutschland eröffnen. Alle bereits erstellten 5.000 professionellen Aufnahmen (Stand März 2020) werden im Marburger »Bildindex für Kunst- und Architektur« erfasst und mit Metadaten angereichert (www.bildindex.de). Die wissenschaftlichen Ergebnisse des neuen Corpus werden in der Publikationsdatenbank www.deckenmalerei.eu mit ebenfalls strukturierten Daten der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Für die über 20.000 Arbeits- und Detailaufnahmen wird momentan eine Strategie zur Nachnutzung und Forschungsdatenbereithaltung nach den FAIR-Prinzipien (Findable, Accessible, Interoperable, and Re-usable) umgesetzt. Im Rahmen dieser Arbeits- und Publikationsstrategien stellen sich die Fragen der Archivierung, Aufbereitung und Nachnutzung für die raumbezogenen Daten in ganz besonderem Maße.

In dem vorliegenden Band sollen Grundlagen, Vorgehensweisen und Erfahrungen des Corpus Deckenmalerei zusammen mit verwandten Interessen an räumlichen Konstellationen vor allem mit Bezug auf die Periode der Frühen Neuzeit vorgestellt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Dokumentation und Reflexion über die Erfahrungen im Corpus sowie von vergleichbaren Projekten. Ein vollständiger, oder auch nur repräsentativer Überblick der Aktivitäten in dem jungen Forschungsfeld kann nicht geleistet werden. Dennoch wurde versucht, einige wichtige Positionen und Maßnahmen in den Beiträgen wenigstens zu erwähnen. Absichtlich stehen Beiträge von Praktikern neben eher theoretisch-reflektierenden Zugängen, da für die Diskussion des neuen Forschungsfeldes eine eingehende Kenntnis der technischen und handwerklichen Rahmenbedingungen unerlässlich ist. Nur auf der Basis eines Verständnisses der zugrunde liegenden Praxis kann eine wissenschaftlich Begründung erfolgen.

Nach einer historischen Herleitung des Architekturmodells als polyvalentes Medium und Werkzeug seit der Renaissance skizziert **Stephan Hoppe** vier aktuelle Herausforderungen auf dem Weg zum wissenschaftstauglichen Einsatz dreidimensionaler Modellierungen historischer Kunstwerke: die erst ansatzweise sichergestellte Archivierung der neuen anspruchsvollen Formate, die erweiterten Lizenzierungsbedarfe, die nun möglichen neuen wissenschaftlichen Publikationsformen und schließlich die neuen Wünsche bezüglich der Nachnutzung der Daten.

Anhand von Illusionsbrüchen zeigt **Matteo Burioni** die grundsätzlichen Möglichkeiten von digitalen Raumdarstellungen für die Erforschung von barocker Deckenmalerei auf, die über alte Fragestellungen hinausgehen. Neben der klassischen Ikonografie, die in einer statischen Gesamtansicht ideal erfasst wird, kann dank der digitalen Raumdarstellung nun auch der Aspekt der mobilen Betrachtung besser nachvollzogen werden.

Wie verlorene Zustände von Innenausstattungen digital restituieren werden können, führen **Magriet van Eikema Hommes, Carol Pottasch, Jan de Rode und L. de Moor** in ihrem Beitrag am Beispiel des Mauritshuis in Den Haag vor. Nicht nur als Werkzeug der Vermittlung und der Besuchererfahrung eignet sich digitale Raumdarstellung, sie erlauben auch wesentliche Einblicke in Restaurierung, Farbgebung und Beleuchtung historischer Räume. Zugleich führt dieser Beitrag vor, wie digital rekonstruierte Ausstattungen in einer musealen, touristischen Institution das Besuchererlebnis ergänzen und bereichern können. Anhand der von ihm erarbeiteten digitalen Rekonstruktion des Heidelberger Schlosses stellt **Julian Hanschke** Aspekte der Bestandserfassung, Perspektivdarstellung, Texturen, Vegetation und die Modellierung von Innenräumen vor.

Einen Einblick in die Werkstatt der digitalen Rekonstruktion an der TU Darmstadt wie von *Architectura Virtualis* gibt **Marc Grellert** in einem Beitrag, der am Beispiel des Vatikanischen Palastes, des Berliner Stadtschlosses und des Dresdner Residenzschlosses Präsentation und Dokumentation von digitalen Modellen erläutert.

Wie eine digitale Raumdarstellung zu neuen Einblicken in die Baugeschichte eines Bauwerks führen kann, führen **Frieder Leipold** und **Jan Lutteroth** an ausgewählten Baugliedern von Schloss Weikersheim vor. Die Anfertigung einer digitalen 3D-Rekonstruktion zwingt zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Bauprozess, gewissermaßen ein Close Reading, das die klassische Bauforschung ergänzt und für die historische Erschließung der Baugeschichte von erheblichem Gewinn sein kann. 3D wird hier gewissermaßen zu 4D.

Die Möglichkeiten von virtuellen 3D-Modellen für die Erzählung von grenzüberschreitenden, touristischen Erzählungen im Donauraum demonstrieren **Ludger Drost, Frauke Grams, Adolf Hofstetter, Madgalena März, Malte Rehbein, Tomas Sauer und Andrea Schilz** an der Brautkrone von Herzogin Hedwig von Niederbayern. **Joerg Maxzin** bespricht die möglichen Anwendungsbereiche der Digitalisierung für historische Skulpturen des Barock.

Der zweite Hauptteil fokussiert sich auf semantisch vernetzte Forschungsdaten, auf digitale Fotografie und auf Aspekte der Durchführung von VR-Anwendungen. Techniken, Apparate, Nachbearbeitung, Texturen und konkrete technische Aspekte stehen dabei ebenso zur Debatte wie mixed reality und ästhetische Aspekte. **Laura Albers** erläutert die Praktiken der semantischen Datenmodellie-

rung im Corpus der barocken Deckenmalerei. Im Feld der Datenhaltung und -nutzung haben semantische Modellierungen wesentliche Vorteile bei der Ausgabe und Darstellung komplexer Forschungszusammenhänge. Die Beziehung zwischen den Daten kann so in einer dem historischen Gegenstand angemessenen Komplexität und Dichte dargestellt werden. Das CAD-Modell des 1804 zerstörten Lusthauses der Münchner Residenz mit den eingesetzten Leinwandgemälden von Melchior Bocksberger dem Älteren erläutert **Ke Ma** in ihrem Beitrag und geht auf die Ikonografie, Raumgeometrie und historische Beschreibungen des Raumes ausführlich ein. **Lukas Oberem** wählt einen phänomenologischen und bildwissenschaftlichen Zugang zur kaum berücksichtigten Kopfhaltung bei der Betrachtung von Deckenmalerei und erläutert dies am Beispiel der Fresken von Giovanni Lanfranco in Sant'Andrea della Valle. Die Praktiken des Stitching, des Panorama und der Fotomontage, die in den Kampagnen des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland zur Anwendung kommen, legt **Thomas Scheidt** ausführlich dar. **Max Rahrig** stellt die Beteiligung des Kompetenzzentrum für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien (KDWT) der Universität Bamberg am Modell des Bamberger Kaisersaals heraus und geht auf Datenaufnahme, Datenverarbeitung, Textur und Mapping ein. **Elisabeth Mayer, Lea Weil, Kris Weinand und Thomas Odaker** geben einen Einblick in die Zusammenarbeit des Corpus mit dem Leibniz-Rechenzentrum (LRZ). **Bernhard Strackenbrock** bietet einen kurzen, technischen Überblick zur Entstehung des 3D-Modells des Bamberger Kaisersaals.

Die 3D-App zur Festung Hohentwiel der Gärten und Schlösser Baden-Württemberg ist für Nutzer und Besucher interaktiv nutzbar. Diese im Rahmen des Projekts »Virtuelle Rekonstruktion von Kulturliegenschaften« des Landes Baden-Württemberg erfolgte Maßnahme stellt **Frithjof Schwartz** vor.

Der Freistaat Bayern hat im Rahmen der Initiative »Heimat digital« des Bayerischen Staatsministeriums für Finanzen und Heimat von einer Reihe von Innenräumen von Schlössern und Kirchen 3D-Rekonstruktionen realisieren lassen und Juli 2019 wurden im Rahmen der »Coptergestützten Erfassung von 3D-Gebäudeobjekten« texturierte Gebäudemodelle von »ausgewählten, prägenden touristischen Gebäuden« erstellt und im **BayernAtlas** präsentiert ⁰⁵.

□ 05

Links: Bayreuth, Neues Schloss, Eremitage. Rechts: Bamberg, Schloss Seehof (Copyright, Bayerische Vermessungsverwaltung).



Neben dem Finanzministerium ergriff die Bayerische Vermessungsverwaltung dazu die Initiative. Auf europäischer Ebene bemüht sich das großangelegte Projekt der **Venice Time Machine** seit 2012 um die vierdimensionale Kartierung architektonischen und städtischen Kulturerbes.

Literatur in Auswahl

- Sabine Ammon, Inge Hinterwaldner (Hg.), **Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung. operative Artefakte in Entwurfsprozessen der Architektur und des Ingenieurwesens**, Paderborn 2017.
- Peter Andorfer, **Forschungsdaten in den (digitalen) Geisteswissenschaften. Versuch einer Konkretisierung** (= DARIAH- DE working papers 14), Göttingen 2015.
- Maurizio Forte, Alberto Siliotti (Hg.), **Virtual archaeology. Re-creating ancient worlds**, New York 1997.
- Marcus Frings (Hg.), **Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte (Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit 2)**, Weimar 2001.
- Bernard Frischer, Anastasia Dakouri-Hild (Hg.), **Beyond illustration. 2d and 3d digital technologies as tools for discovery in archaeology**, Oxford 2008.
- Oliver Grau (Hg.), **Museum and Archive on the Move. Changing Cultural Institutions in the Digital Era**. München 2017.
- Katja Heine, Klaus Rheidt, Frank Henze, Alexander Riedel (Hg.), **Von Handaufmaß bis High Tech III. Erfassen, Modellieren, Visualisieren**, Mainz 2011.
- Inge Hinterwaldner, **Das systemische Bild. Ikonizität im Rahmen computerbasierter Echtzeitsimulationen (Eikones)**, München 2010.
- Marinos Ioannides et al (Hg.), **Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection**, Heidelberg/Berlin 2016.
- Hubertus Kohle, **Museen digital. Eine Gedächtnisinstitution sucht den Anschluss an die Zukunft**, Heidelberg 2020.
- Hubertus Kohle, **Digitale Bildwissenschaft**, Glückstadt 2013.
- Piotr Kuroczyński, Mieke Pfarr-Harfst und Sander Münster (Hg.), **Der Modelle Tugend 2.0. Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung**, Heidelberg: arthistoricum.net, 2019 (= Computing in Art and Architecture Band 2), <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515>.
- Jens Ludwig, Heike Neuroth, Jens Klump, Achim Oßwald, Regine Scheffel, Stefan Strathmann (Hg.), **Langzeitarchivierung von Forschungsdaten. Eine Bestandsaufnahme.**, Hülsbusch 2012.
- Marc Grellert, Manfred Koob, **Synagogen in Deutschland. Eine virtuelle Rekonstruktion**, Basel 2004.

- 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>.
- Franco Niccolucci (Hg.), **Virtual archaeology. Proceedings of the VAST Euroconference, Arezzo 24–25 November 2000**, Oxford 2002.
- Paul Reilly, Paul Rahtz, **Archaeology and the information age. A global perspective**, London 1992.
- **Virtual Archaeology. Methods and benefits. Proceedings of the Second International Conference held at the State Hermitage Museum (1–3 June 2015)**, Saint Petersburg 2015.

Einschlägige Websites

- <https://digitale-rekonstruktion.info>
- <https://www.nfdi.de>
- <https://nfdi4culture.de>
- <https://www.digitalesbild.gwi.uni-muenchen.de>



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.

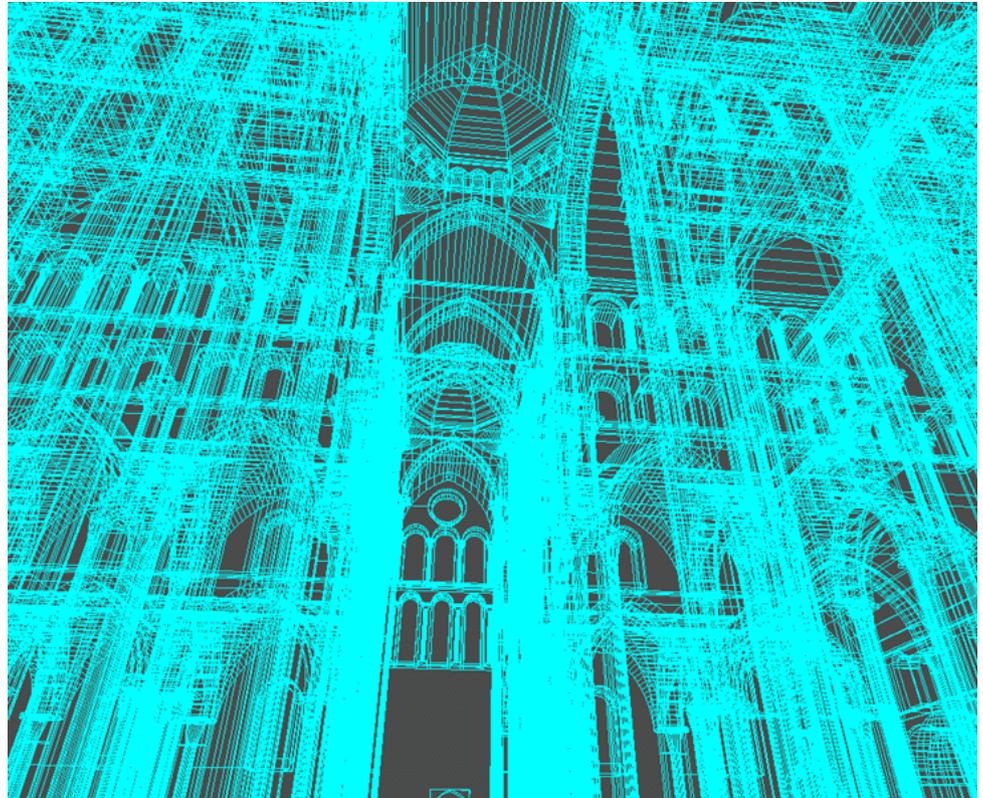
Digitale Architekturmodelle, das heißt hier die visuellen, aber eben auch genuin datengetriebene Repräsentationen historischer Bauten werden bereits seit einiger Zeit in praktischen wie in wissenschaftlichen Kontexten als neuartiges Medium der Erkenntnisvermittlung und -gewinnung eingesetzt. **01** Einen 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.

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.

■ 06

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

■ 07

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

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 47cm x 52cm 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

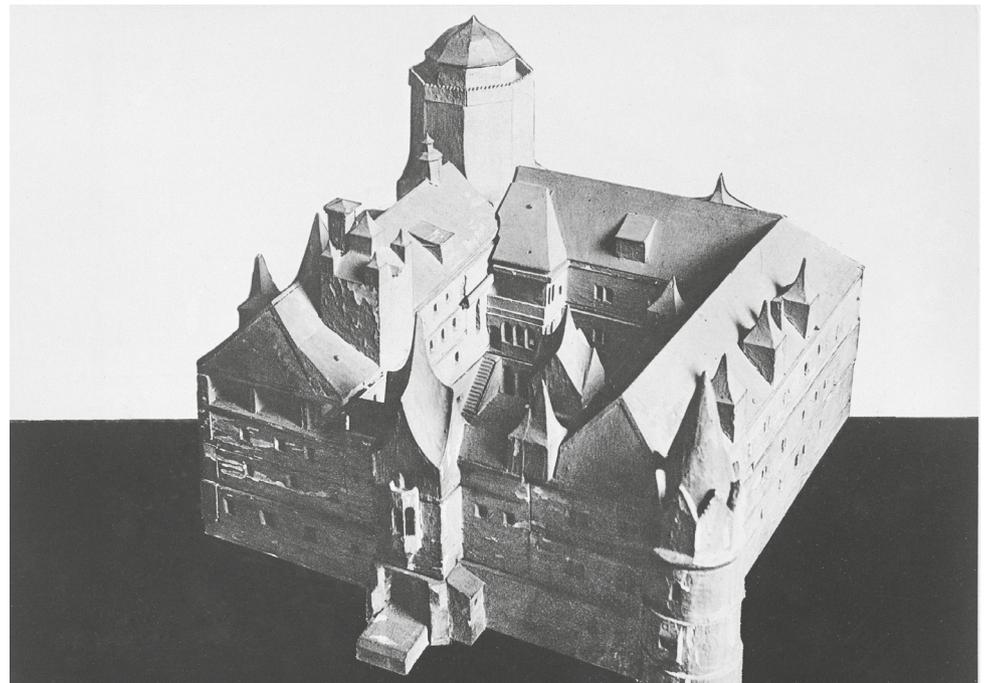
Älteres Holzmodell des Dresdener Schlosses um 1548. Ehemals Dresdener Kunstsammlungen bzw. zuletzt in den Sammlungen des sächsischen Altertumsvereins. Kriegsverlust (Foto um 1900) (Bildnachweis: gemeinfrei).

■ 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.

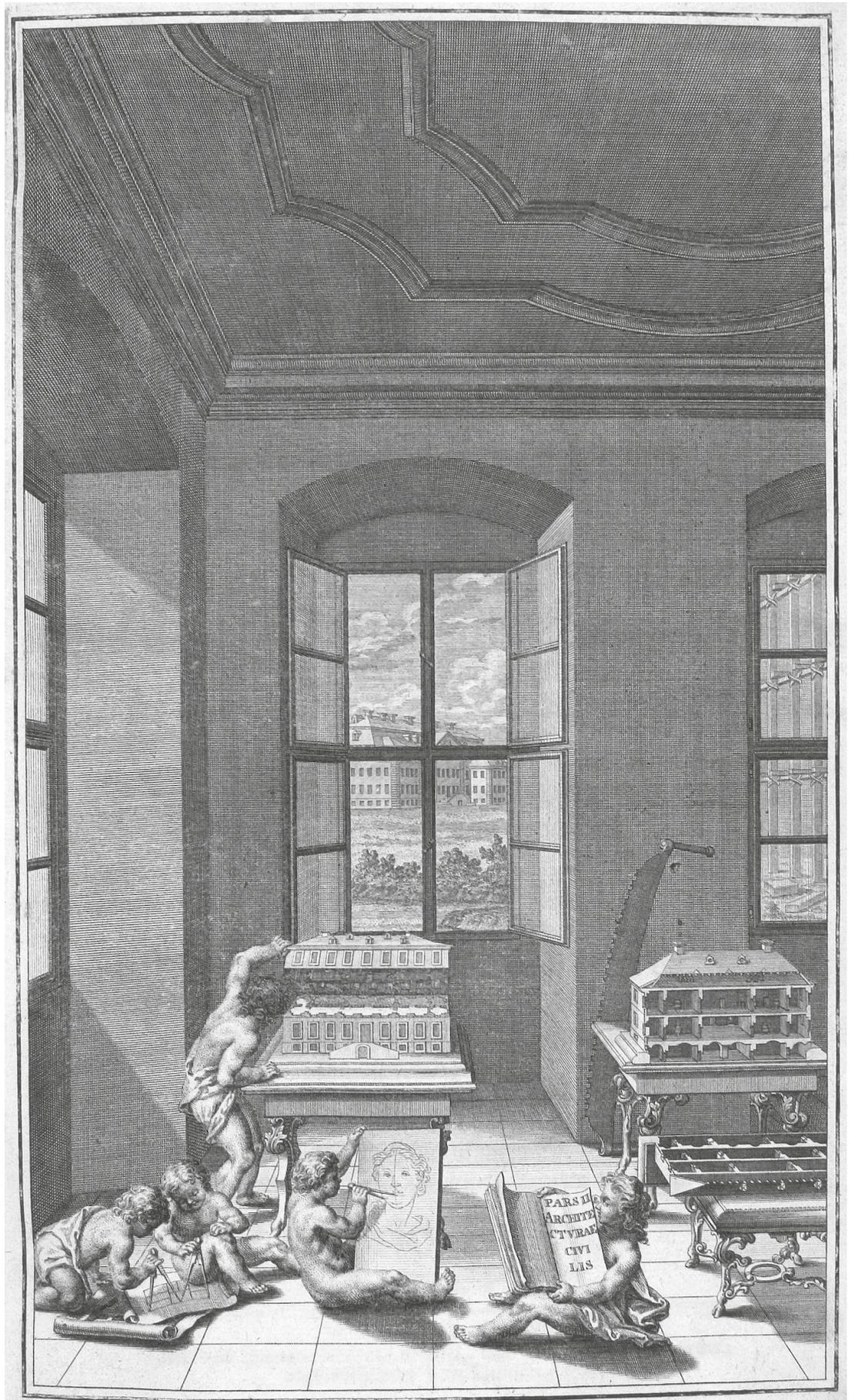
Im Modell waren kleine Zettel mit Aufschriften (zumindest in späterer Zeit) eingelegt, die auf die Raumbezeichnungen bzw. Raumfunktionen hinwiesen. Auf diese Weise dokumentierte das Modell also nicht nur die äußere Form des Residenzschlosses, die letztlich durch den Umbau verschwunden war, sondern auch 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

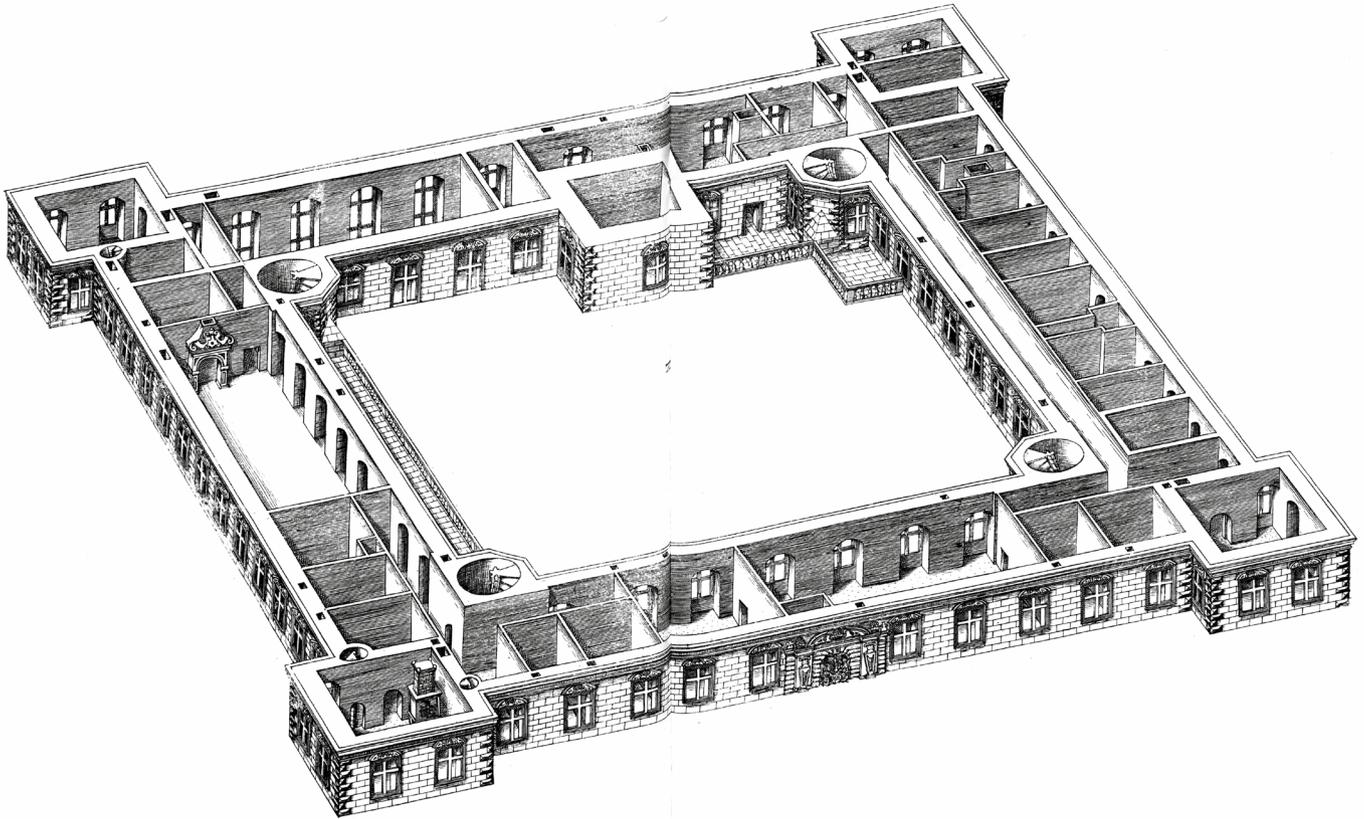
Folgeseite: Zeitgenössischer Umgang mit barocken Architekturmodellen. Abbildung aus: Johann Friedrich Penther: Ausführliche Anleitung zur bürgerlichen Bau-Kunst. Bd. 2 Augsburg 1745, Frontispiz.



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 eingelegerter, 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 Schloßbaues St. Johannesburg zu Aschaffenburg, Mainz 1616. (Bildnachweis: gemeinfrei).

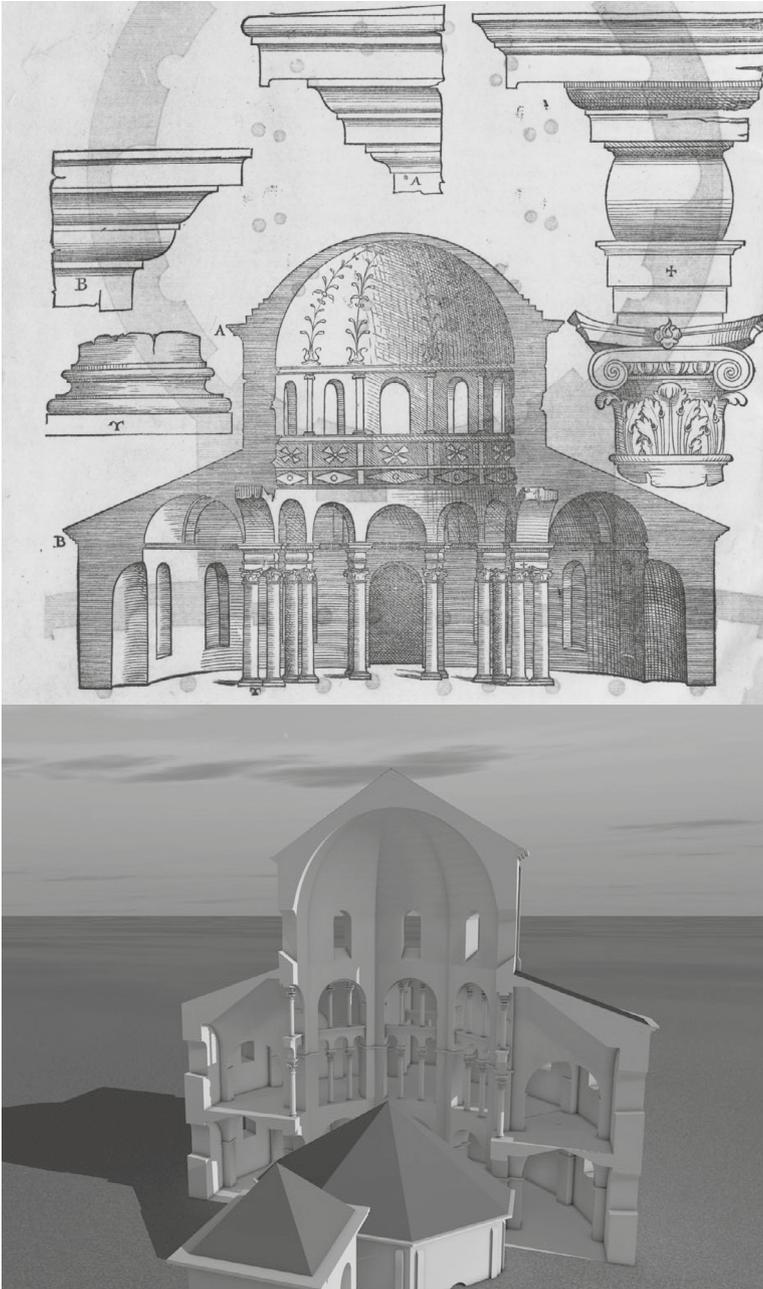
Gerade das Abheben der oberen Stockwerke und der Einblick in die jeweiligen Geschossebenen mit ihrer inneren Raumstruktur, wie er in Gestalt des Dresdener Schlossmodells nachgewiesen werden kann, wurden schon früh auch in Zeichnungen oder sogar in aufwändigen Reproduktionsstichen simuliert. In der produktiven 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

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.

■ 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 Strackebrock, **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 Strackebrock, **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.**



□ 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 ⁰⁷. 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

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

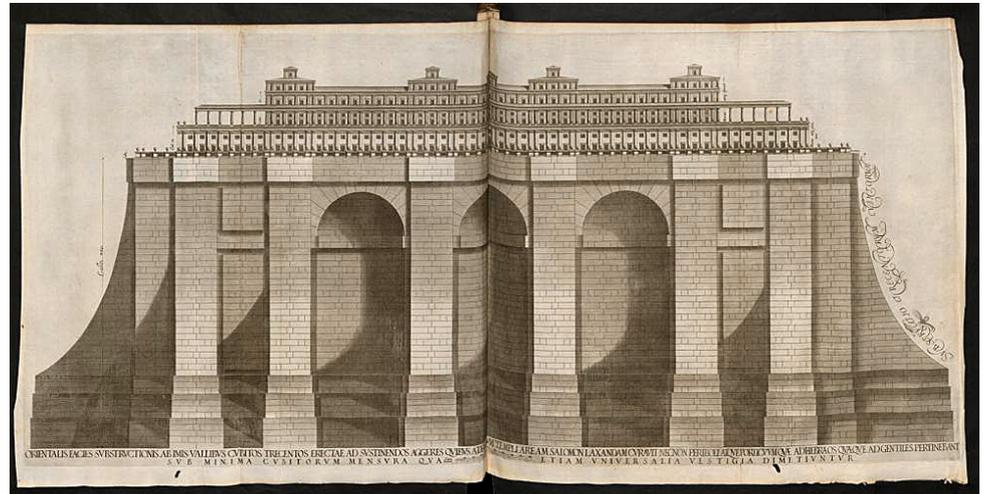
■ 26

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 Explanones. Aus: Juan Bautista Villalpando: In Ezechielem Explanones. 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 Bündel-Bild des Olympischen Jupiters von Gold und Helfstein; sitzend 60 Schuh hoch; woran Phidias sein Meister-Stück erwielen. Neben der Durchschnit des Olympischen von den 4 Jährigen Spielen berühmten Tempels zu Elis. Nach der genauen Beschreibung Lausaniens.
1721 Johann B. Fischer v. Erlach del.

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 Lausaniens.
1721 J. B. Fischer del.

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 (Каменка/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 Projekte³² 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 konzipiert¹³ – dies steht in grundlegendem technologischen Gegensatz beispielsweise zu den maschinell erzeugten Punktwolken des Bamberger Kaisersaales. Nach diesem ursprünglich für den Architektorentwurf 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

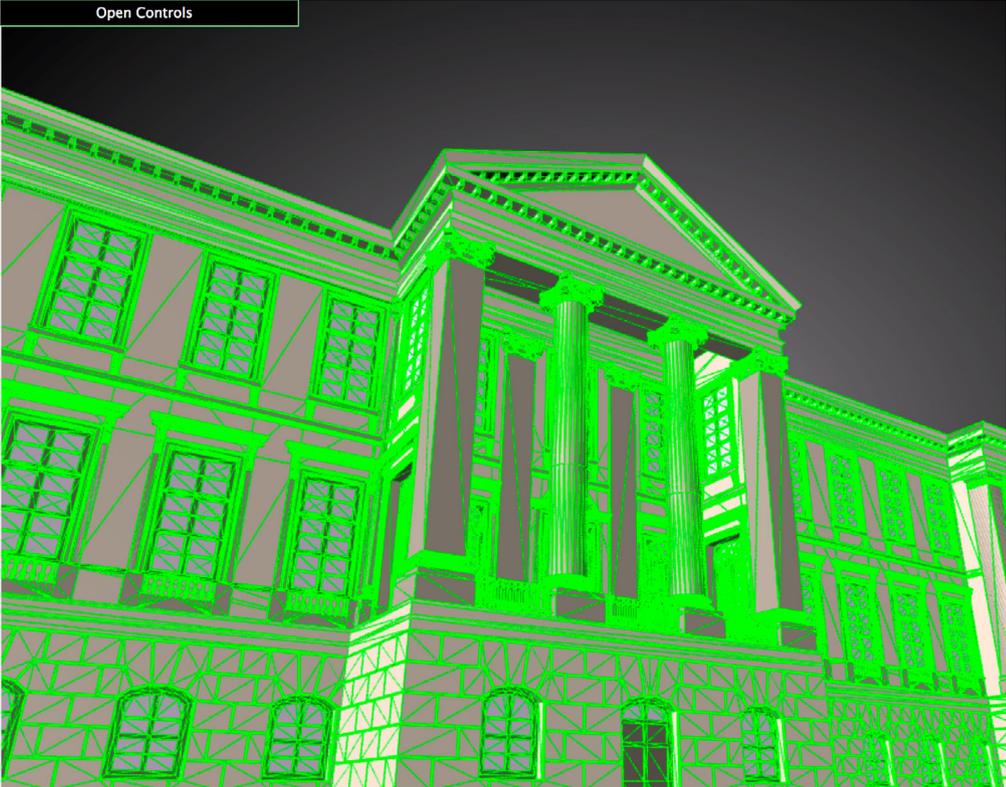
Piotr Kuroczyński und Team: Semantisch angereichertes Rekonstruktionsmodell von Schloss Friedrichstein. (Bildnachweis: Kuroczyński und Team).

FANE: Friedrichstein manor house northeast façade

View All
Graph
lip
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

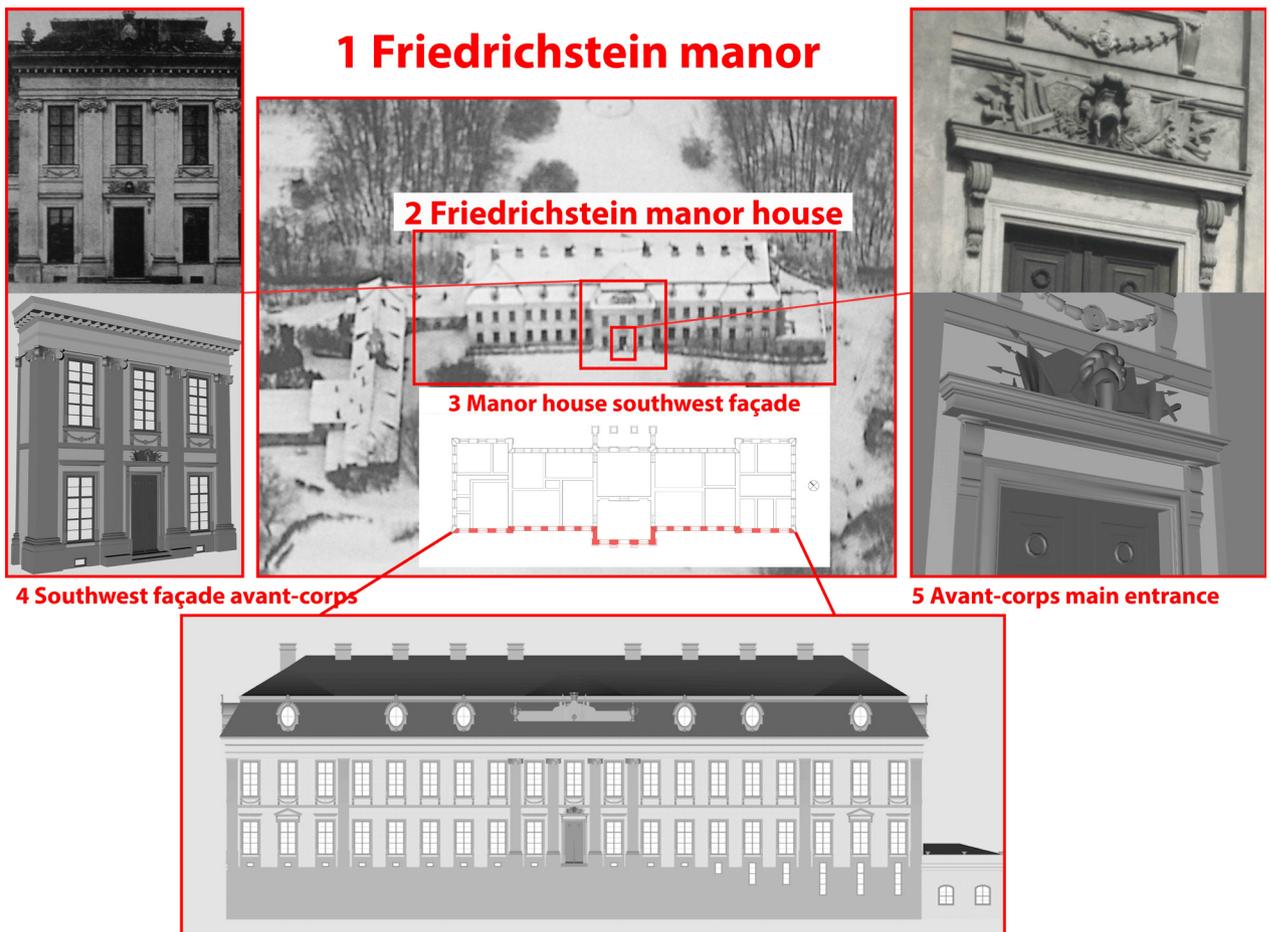
Buch veröffentlicht wurden, sind in den Datensätzen des Ostpreußen-Projektes digitale Rauminformationen und digitale Meta-Informationen nach dem neueren und epistemisch anspruchsvollen Konzept des Semantic-3D-Modelling aufs Engste semantisch miteinander verknüpft ¹⁴, ³⁵

■ 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: *Restauro 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.

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.

■ 45

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

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 unbekanntem 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 Mitteleuropäische 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



Z14600_0001 Wandaufbau der Westseite,
Aufn. Lamb, Carl, 1943/1945
[>>> zoom in digilib](#)



Z14600_0002 Supraporte Westseite, Aufn.
Lamb, Carl, 1943/1945
[>>> zoom in digilib](#)



Z14600_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 Informationsinfrastruktur: *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 kunstwissenschaftlicher 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.



B. Deckenmalerei und virtuelle Realität. Montage, Illusionsbruch und mobile Betrachtung

→ Augmented Reality, Barock, Baroque,
Ceiling Painting, Computerspiel,
Deckenmalerei, Digital Humanities, Digitale
Kunstgeschichte, Frühe Neuzeit,
Mozilla Hubs, Perspektive, Photogrammetrie,
Plafond, Simulation, Virtual Reality

Barocke Deckenmalerei als raumgebundene Malerei lässt sich in digitalen Raumdarstellungen dokumentieren und erforschen. Der Beitrag zeigt unterschiedliche bestehende Möglichkeiten auf, historisch gewachsene Ensembles mit anspruchsvollen Ausstattungen vor 1800 in Virtual und Augmented Reality darzustellen. Ein besonderes Interesse gilt dem Verfahren und der Ästhetik der Montage. Passagen in der barocken Deckenmalerei, in denen die Täuschung versagt und die Illusion »bricht«, geben über die Verfahren und Intentionen der Künstler und Auftraggeber Auskunft. Die Funktion und das Zeremoniell prägen die Ausrichtung der Malerei auf den Raum. Nicht auf jeden Punkt des Raumes ist die Illusion der Malerei gleichermaßen ausgerichtet, sondern auf bestimmte, funktional ausgezeichnete Stellen. Neue Darstellungsmedien werden dahin gehend befragt, welche neue Forschungsfragen sie nahelegen und ermöglichen.

■ 01

Vgl. den Beitrag zum Architekturmodell von **Stephan Hoppe** in diesem Band. Siehe auch Piotr Kuroczyński, Neuer Forschungsraum für die Kunstgeschichte: virtuelle Forschungsumgebungen für digitale 3D-Rekonstruktionen, in: Peter Bell, Lisa Dieckmann, Ders. (Hg.): *Computing Art Reader. Einführung in die digitale Kunstgeschichte*, Heidelberg 2018, S. 161–181; Piotr Kuroczyński, Meike Pfarr-Harfst, Sander Münster (Hg.): *Der Modelle Tugend 2.0: Digitale 3D-Rekonstruktion als virtueller Raum der architekturhistorischen Forschung*, Heidelberg: arthistoricum.net, 2019, *Computing in Art and Architecture*, Band 2, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515>.

Neue Darstellungsmedien in der Kunstgeschichte waren oft mit neuen Forschungsfragen verbunden. Die digitale (Re-)Konstruktion von Räumen, sei es durch Photogrammetrie, sei es durch 3D-Laserscan, sei es durch den Nachbau der Architektur in CAD-Programmen und deren Betrachtung in einer VR-Brille, einer CAVE oder einem durch Mouse navigierbaren Ausgabeformat, verschiebt die Akzente in der Erforschung von Deckenmalerei. **01** Weg von Fragen der Ikonographie, die in einer statischen Fotografie ideal beantwortet werden können, hin zu einer umfassenden Berücksichtigung der konstitutiven Raumgebundenheit der Wand- und insbesondere der Deckenmalerei, ja letztlich der gesamten Ausstattung. Betrachterstandpunkte, Bewegung des Betrachters und Raumfunktion lassen sich in einer digitalen dreidimensionalen Darstellung argumentativ besser einholen als in einer Fotografie, die zwar ebenfalls einen Raumeindruck vermitteln kann, aber auf eine Ansicht beschränkt ist. Eine digitale Raumdarstellung, die navigiert werden kann, zeigt unabhängig von der technischen Umsetzung die Verbindung zwischen Auge und Körper in der Betrachtung auf. In einer digitalen Raumdarstellung erfolgt eine Bindung von Auge, Blickpunkt und körperlicher Bewegung, die freilich nur versuchsweise an die Erfahrung im Raum heranreicht, jedoch als Dokumentation wesentliche, neue Einsichten erlaubt. Wie annäherungsweise auch immer, wird in einer digitalen Raumdarstellung die Bedeutung der körperlichen Betrachtung stärker berücksichtigt als in einer zweidimensionalen Fotografie. Dies gilt insbesondere für die Photogrammetrie, bei der fotografisch aufgenommene Blickpunkte zu einer Gesamtansicht zusammengesetzt werden. Die Deckenmalerei macht dabei in verschärfter Form etwas deutlich, was sich in anderen, räumlich gebundenen Ausstattungskontexten ähnlich zeigen mag.

B.1 Museen und Schlösser in Virtual und Augmented Reality

Digitale Raumdarstellungen ermöglichen in Museen einen Besuch aus der Ferne. Die Vatikanischen Museen bieten einen virtuellen Rundgang, der für die Stenzen von Raffael und für die Sixtinische Kapelle hilfreich ist; zwar kann die Auflösung mit guten Farbaufnahmen nicht mithalten, aber die Lage der Bilder im Raum ist wesentlich besser nachvollziehbar als mit vergleichbaren, bisher zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln. **02** Auch ausgewählte Orte in der Basilika von Sankt Peter kann man konsultieren, etwa die Vierung, aber auch bestimmte Kapellen. **03** Dies zeigt, dass die digitale Raumdarstellung für über Jahrhunderte gewachsene Raumensembles mit einer komplexen Ausstattung durchaus hilfreiche Hilfsangebote für die kunsthistorische Forschung bieten kann. Das Château de Versailles hat in Zusammenarbeit mit Google Art Project eine umfangreiche Anwendung erarbeitet, die ausgewählte Räume des Schlosses digital erschließt. **04** Die Deckenmalerei der Galerie des Glaces ist durch ein weiteres Projekt unter der Leitung von Nicolas Milovanovic bis auf die einzelne Darstellung ikonographisch mit Verweis auf die zeichnerischen Vorlagen erschlossen worden; es handelt sich hierbei zwar nicht um eine 3D-Darstellung, jedoch ist die

■ 02

<http://m.museivaticani.va/content/museivaticani-mobile/de/collezioni/musei/tour-virtuali-elenco.html>.

■ 03

https://www.vatican.va/various/basiliche/san_pietro/vr_tour/index-en.html.

■ 04

<http://www.versailles3d.com/en>;
<https://artsandculture.google.com/project/versailles-never-seen-before>.

digitale Erschließung einer vielfigurigen, großformatigen Deckenmalerei exemplarisch gelungen. **05** Die Bayerische Schlösserverwaltung hat im Rahmen des Projektes »Heimat Digital« des Freistaates Bayern eine ganze Reihe von historischen Räumen digitalisieren lassen. Ein digitaler Zwilling des Bamberger Kaisersaals entstand im Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland. **06** In der Bauforschung und Restaurierung sind CAD-Grundrisse, Raumscans und Photogrammetrie schon länger im Einsatz. Neben Museen und Schlössern hat jedoch auch die Spielebranche die Attraktivität von großen, kunsthistorischen Raumensembles für sich entdeckt. Im Dezember 2019 ist die App »Il Divino« auf Steam herausgekommen, in der die Sixtinische Kapelle aus vielen, vor Ort für den gewöhnlichen Besucher nicht erlebbaren Einstellungen mit Hilfe einer handelsüblichen VR-Brille zu sehen ist **01**. **07**



■ 05

<http://www.galeriedesglaces-versailles.fr/html/11/accueil/index.html>.

■ 06

<https://www.schloesser.bayern.de/deutsch/service/bayern3d/index.htm>

Vgl. Ute Engel, Augentäuschung und Illusionskunst in der barocken Deckenmalerei, in: Andreas Beitin, Roger Diederer (Hg.), Die Lust der Täuschung, München 2018, S. 168–179.

■ 07

»The reception of »Il Gigante: Michelangelo's David in VR« at SIGGRAPH 2017 really energized me to find those old assets from my university days and dust them off. [...] I was able to use contemporary techniques to improve on what I had, using a Python script to feed tourist photos into RealityCapture, a great new photogrammetry software.« Chris Evans, Experience the Sistine Chapel in VR, Siggraph Conferences, <https://blog.siggraph.org/2019/07/siggraph-2019-exclusive-experience-the-sistine-chapel-in-vr.html/>.

□ 01

VR-Brille im Leibniz-Rechenzentrum (LRZ)
(Foto: Lea Angelika Weil).

Eine Fahrt auf der Hebebühne der Restauratoren des Vatikans lässt sich so ebenfalls erleben wie das unbequeme Stehen direkt unter der Decke auf dem Gerüst Michelangelos. Jedes einzelne Bildfeld, inklusive der Ignudi und der Tondi, lässt sich anwählen und ein kurzer, gesprochener Text in Englisch erläutert die Darstellung. Auch wenn die Auflösung nicht befriedigend ist, was nicht verwunderlich ist, da die Anwendung nicht in Zusammenarbeit mit dem Vatikan entwickelt und nach Aussage der Spielermacher auf der Grundlage von Touristenfotografien erstellt wurde, so zeigt diese die erheblichen Potenziale der

Technik auf: Vor- und Nachbereitung eines Besuches in der Sixtina ohne Gedränge und ohne Nackenstarre und klare Zuordnung der Bildfelder im Raum. Ganz zu schweigen von ungehobenen Möglichkeiten, die momentan noch in der Zukunft liegen, aber technisch schon möglich wären: Nachstellen von verlorenen Zuständen (etwa der Teppiche von Raffael), Hypothesenbildung durch die Kontastrierung unterschiedlicher Rekonstruktionsoptionen und Studium der Betrachtendstandpunkte von Personen in historisch belegten Sitzordnungen (etwa im Konsistorium). Für abseits gelegene Kirchen und Schlösser bietet die 3D-Rekonstruktion völlig neue Möglichkeiten Aufmerksamkeit und Wertschätzung zu erhalten. San Pedro Apóstol de Andahuaylillas, nur schwer zugänglich in den Anden gelegen, ist auf der kommerziellen Plattform **Matterport** virtuell zu besichtigen. Eine beispielhafte, technische Umsetzung für raumgebundene Kunst ist mit Unterstützung des World Monument Fund realisiert worden. In der Kirche sind Ausstattungselemente wählbar, woraufhin zu diesen Aspekten, etwa der Kanzel, zusätzliche Informationen eingespielt werden. **08** Der Kölner Dom ist ebenso als 360 Grad-Erlebnis im Web, mit VR-Brille und vor Ort erlebbar. **09** Google Arts and Culture hat sich als Plattform etabliert und bietet Rundgänge durch Museen an. Einige Museen sind schon seit geraumer Zeit dort präsent, kürzlich sind die Alte Pinakothek und die Uffizien dazugekommen. Im Bereich der Kulturerbestätten hat die Firma Cyark eine beeindruckende Sammlung von digitalen Zwillingen bedeutender Orte zusammengetragen, von denen einige auf Google Art Project gezeigt werden und deren Daten man vor allem offen weiterverwenden kann. **10** Google Street View bietet momentan das größte Archiv digitaler, öffentlich einsehbarer Außenaufnahmen, die mit einer leicht bedienbaren Oberfläche versehen sind. Die digitale Veranschaulichung eines Raumes bietet für gut erhaltene, in situ gebliebene Ensembles ein ebenso großes Potenzial. Neben Virtual Reality ist mittlerweile Augmented Reality (AR) in der Vermittlungsarbeit von Schlössern angekommen. Als erste Schlösserverwaltung in der Bundesrepublik hat die Schlösserland Sachsen GmbH das französische Start-Up Histoverly beauftragt, für Schloss Albrechtsburg historische Zeitschichten in einer Führung mit Augmented Reality auf Tablets sichtbar zu machen. **11** Histoverly verantwortete schon vorher beispielhafte Projekte wie etwa die Veranschaulichung der historischen Ausstattung des Châteaux Mouton-Rothschild, die virtuelle Versetzung der Objekte des Musée chinois de l'Impératrice von Fontainebleau in den ursprünglichen Kontext des kaiserlichen Palastes in der verbotenen Stadt in Beijing und eine Führung durch den Stadtraum von Paris mithilfe von Augmented Reality. **12** In Google Arts and Culture besteht mittlerweile die Möglichkeit, Bilder aus Museen in den eigenen Wohnräumen mit Augmented Reality in maßstäblicher Größe anzeigen zu lassen. **13** Mehr solcher Anwendungen sind zu erwarten, da die Welt des Web in Zukunft verstärkt VR und AR miteinschließen wird. **14**

■ 08

<https://my.matterport.com/show/?m=w9p1wTtDta&sr=2.59&ss=16>; <https://www.wmf.org/project/san-pedro-apostol-de-andahuaylillas-church>.

■ 09

<https://dom360.wdr.de>.

■ 10

<http://cyark.org/projects/>.

■ 11

https://www.schloesserland-sachsen.de/de/news-presse/pressemitteilungen/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=1387&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=000dec1a18a4813f0792c5da9bb387a1.

■ 12

<https://histoverly.com/nos-realizations/>.

■ 13

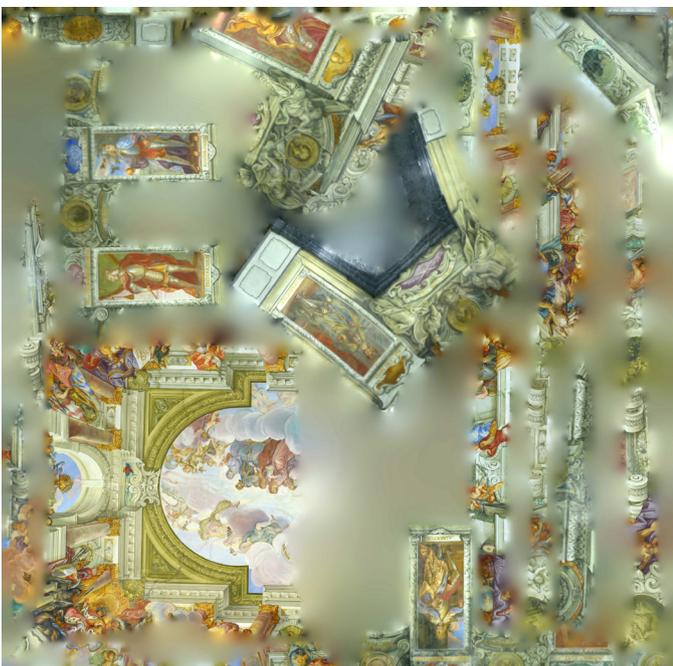
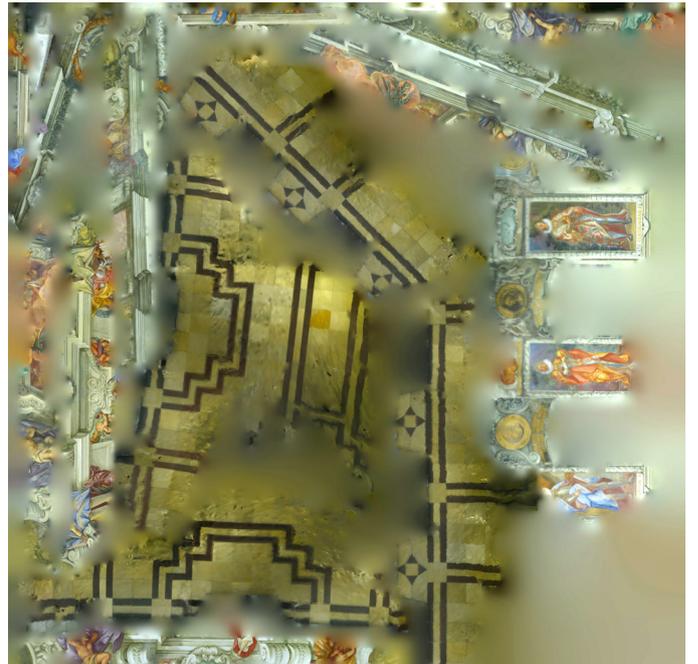
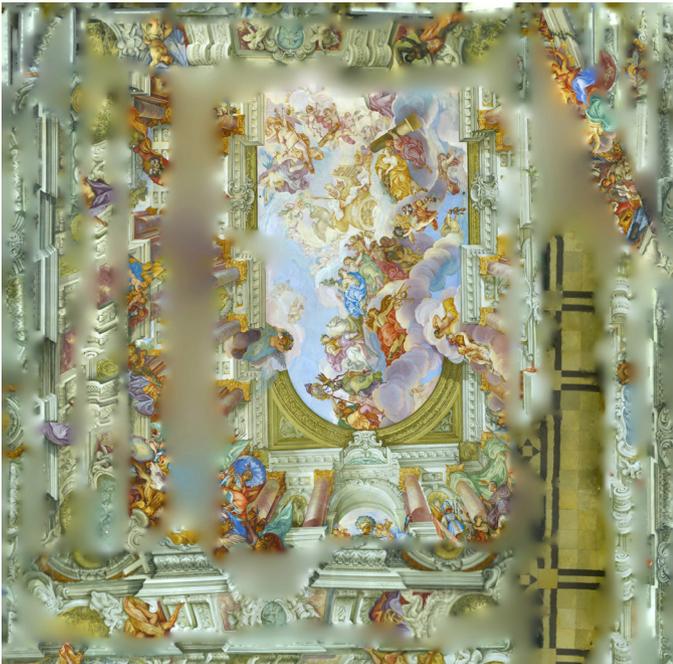
<https://artsandculture.google.com/project/ar/animals>.

■ 14

Frédéric Kaplan, Isabella di Lenardo, The Advent of the 4D Mirror World, in: Urban Planning, 2020, Volume 5, Issue 2, S. 307-310.

B.2 Digitale Raumdarstellungen

Eine Photogrammetrie besteht aus einer hohen Zahl von Einzelaufnahmen, die bei gleichbleibenden Lichtverhältnissen von einem definierten Abstand aufgenommen werden, um ein Objekt oder einen Raum vollständig zu erfassen 02.



□ 02

Modellierung des Bamberger Kaisersaals
(Screenshot: Bernhard Strackenbrock,
Illustrated Architecture).

Die Aufnahmen müssen dabei so gemacht werden, dass sie sich überlappen. Ein Computerprogramm setzt die einzelnen Aufnahmen mit den jeweiligen Aufnahmeestandpunkten zu einer Gesamtansicht zusammen. In einer ersten Rohfassung entsteht gewissermaßen ein räumlich geordnetes Mosaik von Einzelaufnahmen. Die so erzeugten Daten können für ganz unterschiedliche Zwecke verwendet werden und bedingen das Ausgabeformat nicht, das letztlich unabhängig gewählt werden kann. Bei der Berechnung des Bamberger Kaisersaals ist in einzelnen Schritten nachzuvollziehen, wie die fotografischen Aufnahmen zu einer digitalen Raumdarstellung zusammengesetzt werden 03 04.



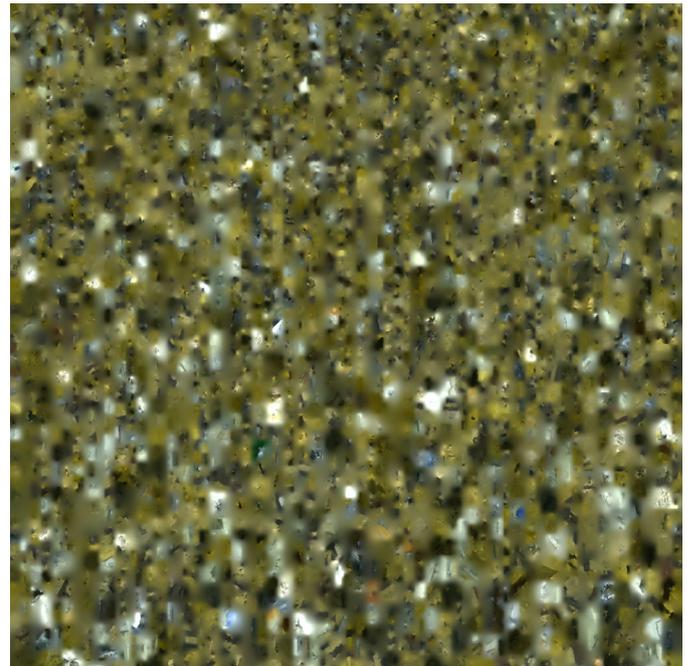
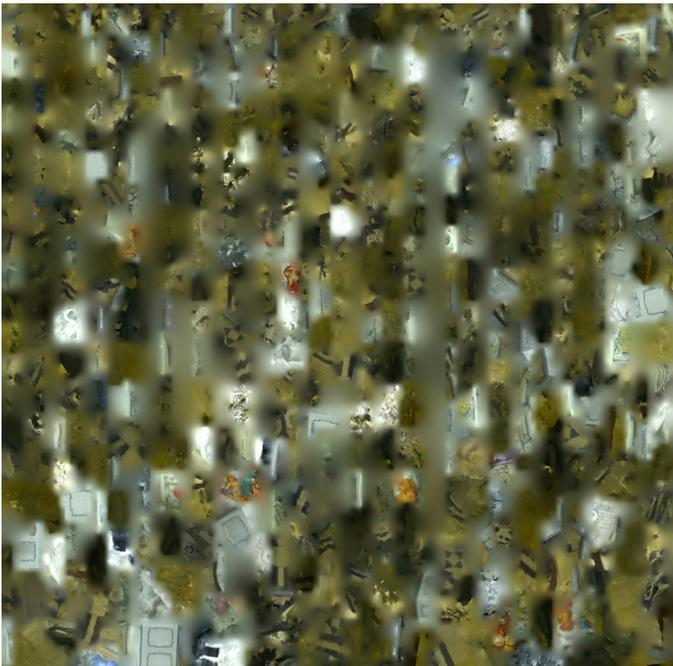
□ 03

Modellierung des Bamberger Kaisersaals
(Screenshot: Bernhard Strackenbrock,
Illustrated Architecture).

Das Ziel einer digitalen Raumdarstellung ist es für gewöhnlich, eine so hohe Zahl an einzelnen fotografischen Aufnahmen vorzusehen und das zusammengesetzte Bild so sorgfältig von Hand nachzubearbeiten, dass für den Betrachter im Ausgabeformat eine möglichst störungsfreie Nutzung der Raumdarstellung erreicht wird.

□ 04

Modellierung des Bamberger Kaisersaals
(Screenshot: Bernhard Strackenbrock,
Illustrated Architecture).



Bei einer digitalen Raumdarstellung entstehen Artefakte wie etwa versehentlich aufgenommene Personen, Lücken in der Erfassung und überlappende Aufnahmen. Für gewöhnlich soll der Betrachter von der Herstellungsweise der Raumdarstellung absehen.

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, mithilfe eines Scans die Oberfläche des Raumes in einem Messverfahren abzutasten. Dieses Verfahren ermöglicht es, die Raumgeometrie und die Raumboflächen wesentlich genauer zu erfassen. Dies geht bei Laserscannern mit hoher Auflösung bis hin zur exakten Kartierung von Maloberflächen. Gesimse, Stuck, Kamine und plastische Elemente der Ausstattung können mit einem Laserscan in viel höherem Maße Berücksichtigung finden. Der Laserscan erzeugt eine dreidimensionale Punktwolke; diese kann bei Bedarf mit einer Photogrammetrie zu einer digitalen Raumdarstellung verbunden werden. Die photogrammetrischen Aufnahmen werden auf die dreidimensionale Punktwolken des Laserscans kartiert und so präziser in ihrer räumlichen Lage verortet.

Als Ausgabeformat für eine digitale Raumdarstellung kann ein Viewer in einem Webbrowser dienen, der durch Tastatur oder Mouse navigierbar ist.

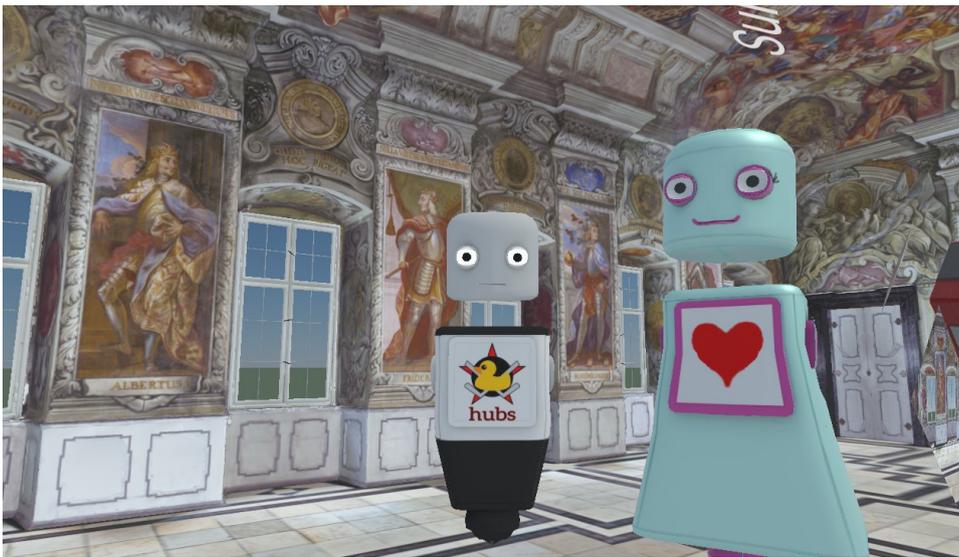
Möglich ist auch die Ansicht mittels einer VR-Brille, die für gewöhnlich eine höhere Auflösung hat und die Betrachtung mit der körperlichen Bewegung verknüpft. Durch Kopfbewegungen, Körperdrehungen wie auch Schritte im Raum kann die digitale Raumdarstellung durch Bewegung erkundet werden. Eine Ausgabe auf mobile Endgeräte ermöglicht es, durch die Bewegung eines in der Hand gehaltenen Mobiltelefons oder Tablets den Raum durch Armbewegungen und Drehungen zu explorieren. Eine CAVE ist ein Würfel mit fünf Projektionswänden an den Seiten, dem Boden und der Decke, der nur an einer Seite offen ist. Der Betrachter kann sich im Inneren des Würfels bewegen 05.

□ 05

3D-Modell des Lusthauses der Münchner Residenz in der Cave des Leibniz-Rechenzentrums (Foto: Matteo Burioni).



Mit um den Würfel angeordneten, hochauflösenden Beamern wird die Raumdarstellung auf die fünf Seiten projiziert. Die bisherigen Ausgabeformate in Webbrowsern erlauben im Vergleich zur VR-Brille und der CAVE nur eine eingeschränkte Nutzung digitaler Raumdarstellung. Im Frühjahr 2020 hat das Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Rechenzentrum die 3D-Rekonstruktion des Bamberger Kaisersaals probe- weise in Mozilla Hubs umgesetzt. Mithilfe eines Avatars kann der Nutzer sich in dem Raum bewegen und, wenn er über eine VR-Brille verfügt, diese verwenden. Anlässlich der Vorstellung am 10. Juni 2020 auf Twitter entstand das erste virtuelle Selfie von Ute Versteegen (FAU Erlangen) und Georg Hohmann (Deutsches Museum) in der 3D-Rekonstruktion des Bamberger Kaisersaals in Mozilla Hubs ⁰⁶. ¹⁵



□ 06

Selfie von Prof. Dr. Ute Versteegen (FAU Erlangen) und Georg Hohmann M.A. (Deutsches Museum) in der 3D-Rekonstruktion des Bamberger Kaisersaals in Mozilla Hubs (Foto: Georg Hohmann).

Mozilla Hubs ist wie viele neue, technische Anwendungen aus der Spiele-Community erwachsen. Es zeigt die Möglichkeit auf, eine digitale Raumdarstellung durch zusätzliche Informationen anzureichern und sich dort mit Personen virtuell zu treffen. Vor allem die letztere Möglichkeit ist für die Nachbesprechung von Aufnahmekampagnen oder die Diskussion von Rekonstruktionsoptionen interessant.

Eine wesentliche Problematik der Anwendung von digitalen Raumdarstellungen für die Forschung besteht in der Fülle von meist kommerziellen Plattformen und Viewern. Sketchfab hat sich als Marktführer etabliert, garantiert aber nicht die Vorhaltung der hochgeladenen Modelle und ist wegen seiner kommerziellen Strategie für Forschungsprojekte nicht zu empfehlen. Google Arts and Culture und Poly sind ebenfalls proprietäre Plattformen. An der Universität Köln wurde das Open Source Projekt Kompakkt entwickelt, das ein gutes Repositorium für 3D-Forschungsdaten bietet. ¹⁶ Diese unübersichtliche Situation bei den Repositorien schränkt momentan die Bereitstellung, den Austausch und die Nachnutzung von 3D-Forschungsdaten erheblich ein. ¹⁷

Die hohe Auflösung und Detailgenauigkeit einer digitalen Fotografie mit professioneller Auflösung wird durch die 3D-Anwendungen in den gängigen Ausgabeformaten oft nicht erreicht; es ist vermutlich auch falsch das zu erwarten. Natürlich weckt die Bezeichnung »Virtual Reality« die Erwartung eines qualitativ hohen Erlebnisses von Kunst. Oft ist die Enttäuschung groß, dass die Realisierung

■ 15
Die Anwendung kann unter folgenden Link angesehen werden:
hub.link/3Z36ASH.

■ 16
<https://kompakkt.de/home>.

■ 17
Siehe dazu den Beitrag von **Stephan Hoppe** in diesem Band.

dagegen abfällt. Digitale Raumdarstellungen müssen als Darstellungsmedien mit eigenen Zielen und Absichten gelesen werden; dann erst können sie als hilfreiche Arbeitswerkzeuge für Forschung und Vermittlung eingesetzt werden.

B.3 Digitale Raumdarstellungen als Montage

Will man digitale Raumdarstellungen angemessen verstehen, so ist ein Zugang notwendig, der die spezifischen apparativen und wahrnehmungstheoretischen Kontexte klar benennt und erklärt. Eine unkritische Diskussion der reinen Illusionswirkung von Simulationen oder digitalen Raumdarstellungen ist wenig erhellend. Aufschlussreich sind Ansätze, die zahlreiche, hybride neue Medienkombinationen auf ihr Verhältnis zur Foto- und Filmgeschichte hin befragen und somit helfen, ihre Ästhetik genauer zu bestimmen. Für das Verständnis der photogrammetrisch erstellten 3D-Rekonstruktion bieten neuere Ansätze der Foto-geschichte einen nützlichen Ausgangspunkt. Steffen Siegel charakterisiert Street View als ein »intermediales Dispositiv, in dessen Mittelpunkt eine bemerkenswerte fotografische Form steht.« ¹⁸ »Die in Street View adaptierte Egoperspektive des Computerspiels lässt sich beim Wort nehmen: Wir selbst, das heißt jede einzelne Nutzerin und jeder einzelne Nutzer werden in das Zentrum einer visuellen Erfahrung gerückt, für die es im Kontext der Fotogeschichte keine direkten Vorbilder gibt. Das heißt jedoch nicht, dass das ästhetische Potenzial, das zur Programmierung von Street View ausgebeutet wurde, vollkommen neuartig ist. Im Gegenteil: In Google Street View operieren wir mit der größten Fotomontage der Welt. Sie steht im Zentrum eines intermedialen Erfahrungsraums, der unter den Bedingungen digitaler Bildlichkeit und der mit ihr verbundenen Bildschirmmedien herausfordert, was zum Kern tradierter Fotoästhetik zählt.« ¹⁹ Die mangelnde Qualität der fotografischen Aufnahmen und der oft unzulänglich zusammengesetzte Bilderteppich nehmen Google Street View nichts von seiner Funktionalität. »Die von Google betriebene apparative Aneignung des öffentlichen Raumes ist, wenigstens vorläufig noch, weit davon entfernt, jene orthofotografischen Standards eines Kamerabildes zu erfüllen, wie sie in jedem Lehrbuch zur fotografischen Aufnahme niedergeschrieben sind. Demgegenüber laufen die für Street View zum Einsatz gebrachten ästhetischen Montageprozesse des Bilder-»Stitching« auf die Produktion eines ausgesprochen kubistisch verfassten Parallelwelt hinaus.« ²⁰ Der Vorzug von Siegels Herangehensweise ist, das neue Phänomen von Google Street View mit der tradierten Ästhetik der Fotografie zu kontrastieren und so zu einer Bestimmung des »intermedialen Dispositivs« zu kommen. Street View ist momentan das größte, öffentliche Foto-Archiv für öffentliche Denkmäler mit einer, wie Siegel zeigt, allerdings sehr ungleichen, geographischen Abdeckung. Die Technik der Montage und der Photogrammetrie verbindet sich mit der Ego-Perspektive des Computerspiels. Für Computerspiel und Simulationsforschung hat Inge Hinterwaldner ebenfalls die Bedeutung der Montage betont: »In interaktiven Simulationen [...] sind montageartige Lösungen, seien sie als eine Abfolge von Ansichten zu verstehen oder als ein Flickenteppich innerhalb einer Einstellung, Gestaltungselemente, die in ihrer Rolle leicht

■ 18

Steffen Siegel, *Die größte Fotomontage der Welt. Ästhetische Ordnungen in »Google Street View«, N.F.*, in: *Rundbrief Fotografie*, 25 (100) 2018, S. 9–20.

■ 19

Siegel 2018, S. 10f.

■ 20

Siegel 2018, S. 10f.

■ 21

Inge Hinterwaldner, *Vom Sprung ins Detail und zurück, zur Rolle der Montage im generativen Medium der Computersimulation*, in: Thorsten Bothe, Robert Suter (Hg.), *Prekäre Bilder*, Paderborn 2010, S. 277–295, hier S. 293.

übersehen werden. Auf verschiedenen Ebenen kommt es durch als Brücke charakterisierte Setzungen zu Verdichtung, Straffung und Überbrückung des Gezeigten.« ²¹ Beim Sprung zwischen Einstellungen werden in der Simulation ebenfalls Techniken in Anschlag gebracht, die mit der Montage verwandt sind. Für die digitale Raumdarstellung ist insbesondere für die Variante der Photogrammetrie die Montage ein sinnvoller und interessanter Zugang. Da die Photogrammetrie in ihrer digitalen Variante aus einer Vielzahl einzelner Bilder zusammengesetzt wird, ist eine Absicht dieses Vorgehens durch die hohe Menge der einzelnen Aufnahmen und durch nachträgliche Bearbeitung das Verfahren der Montage unkenntlich zu machen. Die Berücksichtigung der Montage als Verfahren erlaubt es, die innere Logik und Ästhetik der digitalen Raumdarstellung besser zu verstehen.

B.4 Illusionsbrüche und Deckenmalerei

John Shearman hat die Anstrengung des Nackens betont, die das Studium von Deckenmalerei abfordert. Die Mühe durch den stetigen Blick nach oben hat er ausdrücklich thematisiert. Sie müsse Berücksichtigung finden, da sich der Maler der unbequemen Haltung notwendigerweise bewusst sein müsse und er bestrebt sein müsse, diese Mühen dem Betrachter zu ersparen. Dass Fotografien besonders ungeeignet seien, sphärische und gekrümmte Oberflächen wiederzugeben, ist ihm einer Erwähnung wert. Das Verhältnis der Fotografie zur Deckenmalerei beschreibt er als geradezu antithetisch: Für die Positionierung der Kamera sei ein Aufnahmestandpunkt in der geometrischen Mitte des Raumes naheliegend, von dem aus eine Gesamtansicht der Decke festgehalten werden kann, nur sei diese Position kaum je ein angemessener, angenehmer oder historisch belegter Betrachterstandpunkt. Dieses Auseinanderfallen von zweidimensionaler, fotografischer Gesamtaufnahme und der Erfahrung der Betrachtung im Raum ist für das Verständnis der Deckenmalerei als Gattung festzuhalten. Den Bildort an der Decke charakterisiert Shearman zu Recht so: »for it concerns the part of the building which is both focal and symbolically elevated, yet seen in most discomfort.« ²² Aus diesen Worten von Shearman kann man den Schluss ziehen, dass ein fester Betrachterstandpunkt in der Regel bei der Decke als Bildort nicht zu finden ist. Bemerkungen von Hermann Bauer gehen in dieselbe Richtung: »Die himmlische Welt des Freskos öffnet sich uns im Vorschreiten in der Kirche hinein in immer neuen Aspekten. Die Überzeugungskraft der Augentäuschung wandelt sich dabei [...]. Die Schwergewichte der vielen Bedeutungsmöglichkeiten verlagern sich dauernd und oft auch unmerklich.« ²³ Eine Betrachtung vor dem Bild wie bei Galerie- und Museumsbildern lediglich durch die Bewegung von Kopf und Augen ist für Decken fast nie möglich. Immer kommt der Körper des Betrachters ins Spiel, dieser muss sich an unterschiedliche Orte im Raum bewegen, um der Deckenmalerei neue Perspektiven abzugewinnen. Schon Otto Demus hatte bei der byzantinischen Deckenmalerei die Einbeziehung des Betrachters herausgehoben. Anstelle von Betrachtung spricht er von der Anteilnahme des Zuschauers. Ein Ziel der monumentalen, byzantinischen Mosaikdekoration sei,

■ 22

John Shearman, *Only Connect: Art and the Spectatorship in the Italian Renaissance*, Princeton 1992, S. 149.

■ 23

Hermann Bauer, *Rokokomalerei. Sechs Studien*, München 1980, S. 105.

■ 24

Otto Demus, *Byzantine Mosaic Decoration. Aspects of Monumental Art in Byzantium*, London 1953, S. 4.

■ 25

David Ganz, *Öffnungen, Visionäre Himmelsbilder und die Deckenmalerei des Barocks*, in: Jörg Jochen Berns/Thomas Rahn, *Projektierte Himmel*, Wiesbaden 2019, S. 283–316, hier S. 313.

■ 26

Johannes Grave, *Architekturen des Sehens. Bauten in Bildern des Quattrocento*, Paderborn 2015, S. 258.

■ 27

Wolfgang Schöne, *Zur Bedeutung der Schrägansicht für die Deckenmalerei des Barock*, in: Martin Gosebruch, Werner Gross, *Festschrift Kurt Badt zum Siebzigsten Geburtstag*, Berlin 1961, S. 144–172, hier S. 144.

dass der Betrachter nicht aus einer Distanz auf das Bild schaue, sondern an der Aura der Heiligkeit des Bildes teilhabe: »He was not such much a ›beholder‹ as a ›participant.«²⁴ Für den gekrümmten Träger der Deckenmalerei hat David Ganz ein ähnliches Spiel zwischen Illusionsbruch und Bewegung des Betrachters beschrieben: »Auf der anderen Seite schaltete sich die sphärische Krümmung des Gewölbes bei einer Bewegung der Betrachter doch wieder in die Bildwahrnehmung ein. Je nachdem, von wo man zur Kirchendecke emporblickte, verschob sich die Wahrnehmung der Bildfläche erheblich. Die Plastizität des Bildträgers war ein Faktor, der Betrachter ihre eigene Aktivität bei der Betrachtung bewusst werden ließ.«²⁵

Auch im Falle eines Werkes aus dem 15. Jahrhunderts, bei Mantegna, hat Johannes Grave die Bedeutung des Illusionsbruchs für die frühneuzeitliche Wandmalerei betont: »Versenkt sich der Betrachter in die eindrucksvolle Illusion der Camera Picta, so stößt er nach und nach auf kritische Momente und spielerische Allusionen, die eine gänzliche Absorbierung durch den täuschenden Effekt unterlaufen.«²⁶

Die Betrachtung einer 3D-Rekonstruktion kann bisher an der Fotografie festgemachte Mängel stärker bewusst machen. Wolfgang Schöne etwa kritisierte die fotografische Aufnahme aus einer Perspektive senkrecht von unten, da »Deckenmalereien in einer solchen Wiedergabe einer tafelbildähnlichen Erscheinungsweise angeglichen und damit häufig im Widerspruch zu den Erfahrungen geraten, die die unbefangene Betrachtung der Originale vermittelt.«²⁷

□ 07

Domenico Parodi, *Der Triumph des Bacchus*, 1725. Genua, Palazzo Reale (Foto: Matteo Burioni).



■ 28
Schöne 1961, S. 145.

Den grundsätzlichen Unterschied bei der Betrachtung eines Tafelbildes oder einer Deckenmalerei hat Schöne zu Recht betont: »Ob wir die in einem neuzeitlichen Bilde dargestellte Raumkörperwelt vor uns, senkrecht über uns oder schräg über uns erblicken, ist für ihre Wirkung auf uns und damit für die künstlerischen Möglichkeiten der Malerei nicht gleichgültig.« ²⁸

Diese Beobachtung Schönes ist in ihrer Bedeutung für das Verständnis der Deckenmalerei grundlegend, zeigt sie doch, wie Körper und Auge in der Betrachtung koordiniert werden müssen, wie die Bilderwelt über uns in vollkommen anderer Weise auf uns wirkt als die Bilderwelt, die wir frontal an der Wand betrachten.

Nach Ingrid Sjöström ist Deckenmalerei nicht in einem Blick zu erfassen, sie erschließt sich den Augen des Betrachters erst nach und nach: »Were a picture with a horizontal perspective to be viewed quite analogously to one with vertical perspective the spectator would be forced to direct his gaze vertically upwards from the eye-point. In practice, however, the ceiling is studied bit by bit, the gaze being directed obliquely upwards in a less exhausting position.« ²⁹

■ 29
Ingrid Sjöström, *Quadratura. Studies in Italian Ceiling Painting*, Stockholm 1978, S. 22.

Einer Deckenmalerei mit mehreren Perspektivpunkten, die für große Räume notwendig ist, liefert nicht von allen Orten des Raumes eine korrekte Ansicht ⁰⁷. In den Übergängen zwischen den verschiedenen, perspektivischen Ansichten entstehen Störungen, Illusionsbrüche. Sehr schön ist ein solcher Übergang zwischen perspektivischen Ansichten in einer Zeichnung von Correggio für die Kuppel von Parma zu sehen ⁰⁸. ³⁰

■ 30
Correggio, *Entwurf für einen Teil des Kuppelgemäldes in Parma*, 1523–1524. Frankfurt am Main, Städelmuseum, Inv. 395.

□ 08

Antonio Allegri, genannt Correggio, Entwurf zu einem Teil des Kuppelgemäldes in Parma, ca. 1523–1524, Rötel und Feder in Braun, quadriert, auf Büttenpapier (CC BY-SA 4.0 Städel Museum, Frankfurt am Main).



■ 31
Sjöström 1978, S. 22.

Der Künstler studierte offensichtlich, wie er die quadrierten Teilansichten der Kuppel zusammenfügen konnte und wie er den Bruch möglichst überspielen konnte. Die Betrachterstandpunkte einer polyfokal angelegten Deckenmalerei sind oftmals auf funktional herausgehobene Orte im Raum gelegt: den Eingang, den Thron, den Altar oder das Bett. ³¹ Bewegt sich der Betrachter zwischen den Standpunkten der Betrachtung, verbiegt und verzerrt sich die Architektur, erreicht er wieder eine vorgesehene Ansicht, so rückt wieder alles ins Lot. Die Störung eines unverzerrten Anblicks auf die Deckenmalerei haben die Künstler aber auch als eigenes Mittel der Unterhaltung des Betrachters genutzt. Eva Bettina Krems beschreibt einen solchen Effekt einer gezielten Herbeiführung eines Illusionsbruches im Falle von Guercinos *Aurora im Casino Ludovisi*:

»Hat man demnach weder mit künstlerischen Unvermögen noch mit einem Bemühen um konsequenten Illusionismus zu tun, so darf man vermuten, dass das Bedürfnis nach Entzerrung der Verzerrung dem künstlerischen Konzept zuzuschreiben ist. Die Lösung liegt für den Betrachter nicht darin, stehen zu bleiben, das Geschehen von einem Punkt aus zu konsumieren, sondern umherzugehen, die bildliche Dramatik mittels eigener Bewegung zu erfahren.« ³²

■ 32
Eva Bettina Krems, *Die pronteza des Kardinalnepoten und Guercinos Aurora und Fama. Das Casino Ludovisi in Rom*, in: *Zeitschrift für Kunstgeschichte*, 65 2002, S. 180–220, hier S. 190.

Guercino verteilt die in sich schlüssigen, perspektivischen Ansichten über den Raum, so dass der Betrachter in Bewegung versetzt wird, ein Spiel aus Verzerrung und Entzerrung der Ansicht entsteht. Die Erzielung eines vollkommen überzeugenden Illusionismus ist kaum je die Absicht einer Deckenmalerei. Vielmehr tritt im Zusammenspiel mit dem Raum ein wesentlich subtileres Spiel zwischen Täuschung und Enttäuschung an die Stelle einer voyeuristischen Illusion. Dieses Spiel setzt die Bewegung des Betrachters voraus.

B.5 Illusionsbrüche und die digitale Raumdarstellung als Forschungswerkzeug

Die technischen Möglichkeiten von Virtual und Augmented Reality eröffnen insbesondere für historische Raumensembles, die nicht oder nur schwer zu besuchen, zerstört, abgelegen und schwer erreichbar sind, neue Möglichkeiten. Die Rekonstruktion verlorener Zustände, die Veranschaulichung der Nutzungsgeschichte, die Integration unterschiedlicher Informationen und Werke in eine Plattform, die Zusammenarbeit von Personen an unterschiedlichen, räumlich entlegenen Orten wie auch Bürgerbeteiligung und Citizen Science sind in ihren Möglichkeiten für die Erforschung komplexer, räumlicher Ensembles noch auszuschöpfen. Zwischen der barocken Wand- und Deckenmalerei und den heutigen, technischen Verfahren von Virtual und Augmented Reality besteht ein Passungsverhältnis. Die perspektivischen und projektiven Verfahren haben sich nicht grundlegend geändert. Dadurch begründet sich eine besondere Affinität zwischen der illusionistischen Malerei und heutigen Verfahren der 3D-Rekonstruktion, die über eine für viele Werke anwendbare, technische Lösung hinausgeht. Um eine Raumillusion zu erzeugen, werden eine möglichst große Anzahl einzelner Aufnahmen zusammengesetzt. Dies geschieht durch eine maschinelle Operati-

on, die den Aufnahmestandpunkt der einzelnen Fotografie auslesen kann und so aus den Details ein übergreifendes Ganzes macht. Durch nachträgliche Bearbeitung des solcherart erstellten Raumeindrucks werden die sichtbaren Spuren der Montage verschleiert und getilgt. In den heute üblichen Ausgabeformaten erscheint der Raum für den Betrachter aus einer dezidierten Ego-Perspektive. Diese erlaubt es, die räumliche Lage jedes einzelnen Teils der Darstellung und übergreifende Zusammenhänge punktgenau nachzuvollziehen. Die Erfahrung der Betrachtung im Raum wird jedoch nicht gänzlich in die technische Anwendung übersetzt. Die Komplexität der Betrachtungserfahrung im Raum übersteigt die Möglichkeiten der heute üblichen, technischen Ausgabeformate. Die körperliche Bewegung im Raum macht Illusionsbrüche kenntlich, die in einer 3D-Rekonstruktion eher verschleiert werden. Die Kontrastierung der technischen Möglichkeiten der Rekonstruktion mit der historischen Raumerfahrung lässt jedoch gerade wegen ihrer Differenz besondere, zuvor nicht ausreichend gewürdigte Eigenschaften der Deckenmalerei hervortreten. Auch schon die Illusionswirkung der historischen Deckenmalerei arbeitet mit einem Montageverfahren, aus einzelnen Ansichten wird eine übergreifende Raumillusion zusammengesetzt.

Im Unterschied zur maschinellen Montage einer Photogrammetrie in einem Computerprogramm, dass die einzelnen Aufnahmen in einem ausgedehnten, kartesischen Raum zusammensetzt, berücksichtigen die Maler bei der Planung der Illusionswirkung die Funktion des Raumes. Die Montage der einzelnen Ansichten zu einer übergreifenden Illusionswirkung ist auf Hauptansichten, auf eine Choreographie der Betrachtung im Raum angelegt. Nicht von allen Punkten des kartesisch berechneten Raumes ist die Malerei gleich überzeugend, die angestrebte Illusion nutzt bewusst die Raumdimensionen und die -nutzung, lässt absichtlich Lücken, verzichtet auf überflüssige Ansichten und zeigt von bestimmten Standpunkten forcierte Ansichten. Da der Betrachter eine Gesamtansicht der Fresken oft nicht erzielen kann, – diese überschreiten wegen ihrer Fläche im Verhältnis zur Raumgröße und zur Deckenhöhe das menschliche Sichtfeld – , erschließt sich die Ausstattung nach und nach. Diese notwendige, zeitliche Entfaltung der Betrachtung der Deckenmalerei erlaubt es dem Maler die Darstellung an diese Erfahrung in der Zeit ganz bewusst anzupassen. Dies gilt insbesondere etwa für Treppenhäuser, wo sich die Deckenmalerei in genau berechneten Ansichten zu erkennen gibt, bevor der Betrachter das Ganze zu Gesicht bekommt. Wie sich beim Durchschreiten der Treppe der Würzburger Residenz sich sukzessive unterschiedliche Ansichten des monumentalen Freskos von Giovanni Battista Tiepolo erschließen, kann in einer Gesamtaufnahme des Freskos kartiert werden ^[09].

Auch ist es möglich, eine digitale Raumdarstellung zu erstellen, die für das zeitlich gestaffelte Betrachten der Malerei wirksamen Standpunkte im Treppenhaus kenntlich macht ^[10]. **33**

■ 33

Sophie Ramm hat die beiden Visualisierungen im Rahmen ihrer Seminararbeit an der Ludwig-Maximilians-Universität im Sommer 2020 erstellt.

BETRACHTERSEQUENZ NACH KRÜCKMANN



Station A

Station B

Station C

Station D

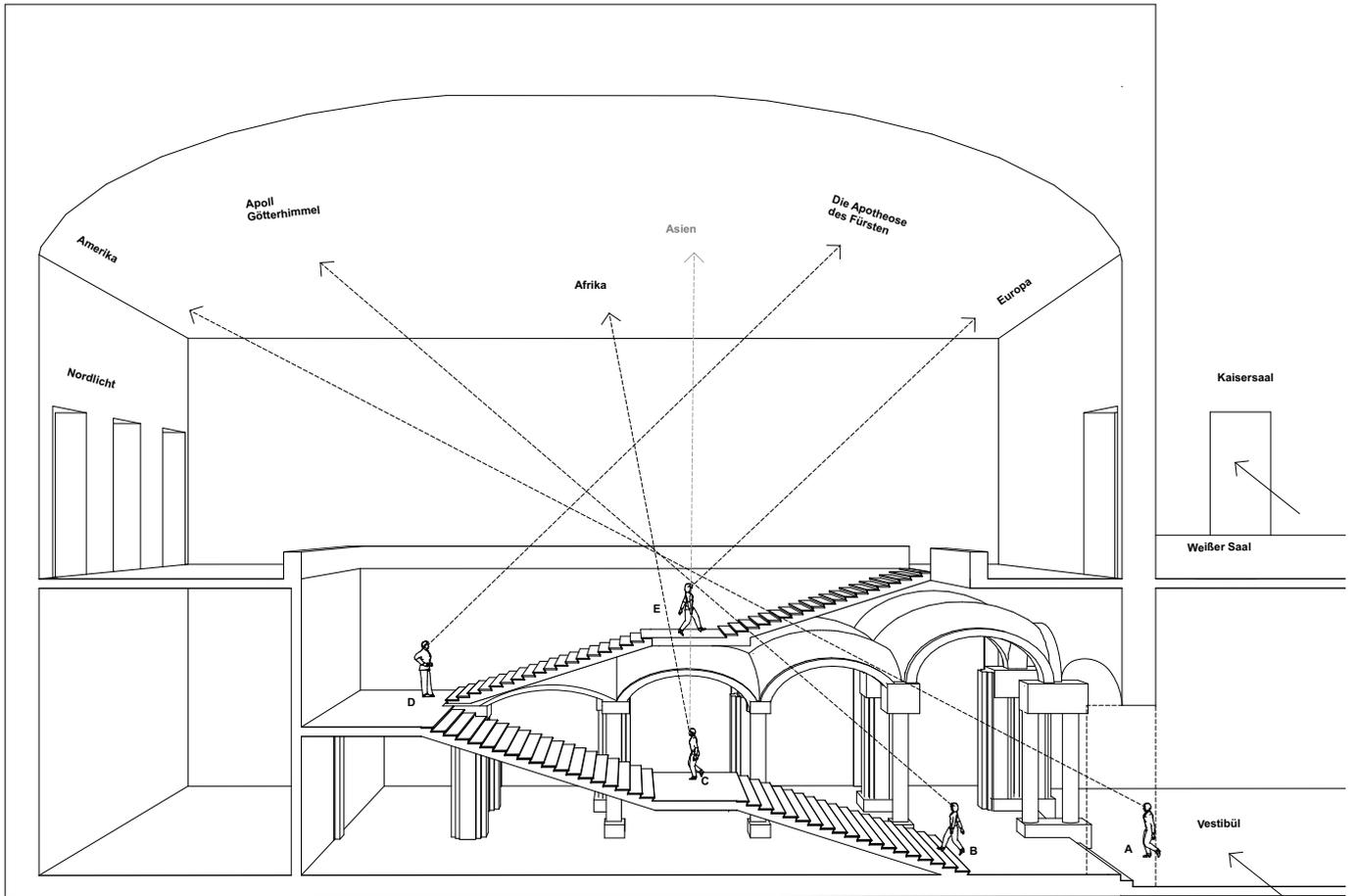
Station E



BETRACHTERSEQUENZ NACH ALPERS/ BAXANDALL

□ 09

Sophie Ramm, Betrachtersequenz der Deckenfresken von Giovanni Battista Tiepolo im Treppenhaus der Residenz in Würzburg, Seminar »Deckenmalerei Digital«, Sommersemester 2020, LMU München.



□ 10
 Sophie Ramm, Standpunkte der
 Betrachtung der Deckenmalerei von
 Giovanni Battista Tiepolo im Treppenhaus
 der Residenz in Würzburg, Seminar
 »Deckenmalerei Digital«, Sommersemester
 2020, LMU München.

Dieses Ganze lässt sich jedoch nur auf einer Fotografie mit heutigen, technischen Möglichkeiten wahrnehmen. Selbst diese digitalen Aufnahmen bestehen aus mehreren, montierten Ansichten. Solche fotografische Ansichten sind zwar für viele Forschungsfragen hilfreich, abstrahieren jedoch von der Betrachtererfahrung im Raum. Die sukzessive Erschließung der Malerei im Raum ist für die Deckenmalerei bestimmend und die Maler berücksichtigen diese sorgfältig. Dieser Erfahrung liegt zudem die historische Nutzung des Raumes zu Grunde, die gewissermaßen in der Deckenmalerei ihren Niederschlag findet. Ist in der Erforschung der Deckenmalerei oft eine ganzheitliche Illusionswirkung beschworen worden, die Idee eines Gesamtkunstwerks, so ist es sinnvoll einen entgegengesetzten Standpunkt einzunehmen und sich zu überlegen, wie durch die Zusammensetzung von Einzelbildern oder -ansichten eine neuartige Raumerfahrung erzeugt wird. Dafür wird die Deckenmalerei analytisch zerlegt, um die Konstruktionsprinzipien des Malers nachzuvollziehen und der Erfahrung des Betrachters im Raum gerecht zu werden. Erst dann lässt sich diese oft missverstandene und geringgeschätzte Gattung der Malerei verstehen. Eine fotografische Gesamtansicht macht die malerische Leistung fast nie anschaulich und verständlich, da die Arbeit des Malers darauf abzielte, der sich in der Zeit sukzessive entfaltenden Betrachtererfahrung gerecht zu werden.

Die Grenzen der Illusion, die Brüche, Leerstellen und Irritationen in der Deckenmalerei sind keine Störungen oder Fehler, sondern gerade besondere, virtuose Kunstgriffe der Maler. Diese zu erkennen und im Zusammenhang darzustellen sowie einer systematischen Erklärung zuzuführen, ist ein weitgehend noch ausstehendes Forschungsdesiderat. Die Raumgebundenheit der Malerei stellt auch eine wesentliche, historische Voraussetzung dar. Denn die funktionalen und zeremoniellen Kontexte der Räume, die durch Deckenmalerei geschmückt werden, waren für die Auftraggeber und Maler leitend. Die Bewegung im Raum gehorchte nicht allein ästhetischen Erwägungen, sondern war zeremoniell bestimmt. Die Herausforderung an den Maler lautete, die Choreografie der Bewegung im Raum in der Deckenmalerei gewissermaßen »abzubilden« und zu berücksichtigen. Deckenmalerei gibt das zeremonielle Drehbuch für die Bewegung im Raum vor.

Diese eng mit der Bewegung des Betrachters im Raum verbundenen Erfahrungen lassen sich durch Fotografie nur schlecht einholen, auch die 3D-Rekonstruktion verschleiert tendenziell diese kritischen Momente ^[11]. Gerade die besonderen Eigenschaften einer 3D-Rekonstruktion machen bestimmte Betrachtererfahrungen im erhöhten Maße augen- und sinnfällig. Die Möglichkeit die Raumerfahrung durch eine 3D-Rekonstruktion zu reflektieren und nachzuvollziehen, sensibilisiert für die räumliche Gebundenheit der Deckenmalerei. Denn in der 3D-Rekonstruktion ist das Bild immer von einer räumlich gebundenen Perspektive aus zu betrachten. Dies erhöht die Aufmerksamkeit für den Raumbezug der Malerei. Die Grenzen der 3D-Rekonstruktion lassen Aspekte der Deckenmalerei auffällig werden, die oft genug übersehen und ignoriert werden. Eine Phänomenologie der Störungen und Illusionsbrüche in der Deckenmalerei steht weitgehend noch aus. Erst mit einer solchen Forschungsperspektive löst sich die Beschäftigung mit Deckenmalerei von den an Tafelbildern erprobten Methoden und kommt zu einem differenzierten, umfassenden Ansatz. Technische Hilfsmittel der Veranschaulichung des Raumbezugs der Malerei können dabei

wesentliche Hilfe leisten. Digitale Raumdarstellungen, die die Betrachtererfahrung simulieren, erschließen bisher vernachlässigte oder schlicht übersehene Aspekte der barocken Deckenmalerei.

□ 11

Digitale Rekonstruktion des Bamberger Kaisersaals, Illustrated Architecture, CbDD, Bildarchiv Foto Marburg, Leibniz-Rechenzentrum (LRZ).





Margriet van Eikema Hommes,
Carol Pottasch, Jan de Rode, L. de Moor

C. Creating a virtual reconstruction of the original appearance of the »Golden Room« in the Mauritshuis, The Hague

→ architectural paint research,
eighteenth-century decorative scheme,
Giovanni Pellegrini, Mauritshuis,
original appearance, virtual reconstruction

This paper discusses the creation of a virtual reconstruction of the early eighteenth-century appearance of the »Golden Room« in the Mauritshuis, The Hague. This room was created between 1708 to 1718 as the main reception room and includes fifteen paintings on canvas made specifically for this room by the Venetian painter Giovanni Pellegrini during his stay in the Dutch Republic. The room's appearance has changed considerably over the centuries. In order to reconstruct its original colour scheme as well as the original appearance of Pellegrini's paintings, extensive historical and analytical research was carried out. Based on the results, a virtual reconstruction was created for the museum public. This paper discusses what choices were made in implementing the scientific results into virtual imagery, from the perspective of the art historians and conservators who were involved. We conclude with a consideration of how the virtual reconstruction adds to our understanding and perception of the room.

C.1 Introduction

Few historical painting ensembles have been preserved in their original location. The appearances of those that remain in situ, moreover, have usually been affected by natural ageing, building renovations, and restorations, among other factors. To visualise the original appearance of such decorative schemes, virtual reconstructions can form a useful tool. In this paper, we will discuss the virtual reconstruction of the main reception room in the Mauritshuis, The Hague – today home to the famous Royal Cabinet of Paintings – as it appeared in the early eighteenth century. For the purpose of this paper, we approach its creation not from a technical standpoint, but from the perspective of the art historians and conservators involved in its development. First, we will discuss the historical and material-technical research that was carried out to establish the early eighteenth-century colour scheme of the room and the original appearance of its paintings. Subsequently, the process of creating the virtual reconstruction itself is considered; what choices were made when translating scientific results into virtual imagery? Finally, we will explore how the virtual reconstruction adds to our understanding and perception of the room in the present.

□ 01

The Mauritshuis, The Hague, in 2014
(Photo: Ivo Hoekstra).



C.2 The Mauritshuis

■ 01

About the building history: Quinten Buvelot, Mauritshuis. The Building, Zwolle 2014.

The Mauritshuis, was built around 1640 by the architects Jacob van Campen (1596–1657) and Pieter Post (1608–1669) as a residence for Count Johan Maurits of Nassau-Siegen (1604–1679) ⁰¹. ⁰¹ Following his death in 1679, the States of Holland used the building for the reception and accommodation of foreign diplomates and guests. After a fire completely destroyed its interior in 1704, the building was renovated from 1708 to 1718. Late Louis XIV style fireplaces and stucco decorations that date to this period have been preserved in various rooms. In the large ground floor reception hall, presently called the Golden Room, the decorative scheme has remained almost intact ⁰² ⁰³. Except for the chimneys and the panelling on the walls and ceiling, the decorative woodcarvings have also been preserved, along with fifteen paintings: three on the ceiling that together depict Aurora driving away Night to make way for Apollo, two chimney pieces with allegorical figures, four grisailles with trompe-l'oeil depictions of stone statues representing the four elements in niches on the walls, and over the doors six tondi with flower bouquets. The Venetian painter Giovanni Pellegrini (1675–1741) made these canvases specifically for this room during his stay in the Dutch Republic in 1718.

□ 02

South West corner of the Golden Room in the Mauritshuis in 2014. The wall sconces had been temporarily removed at the time that the photograph was taken. (Photo: Margareta Svensson).





□ 03

North East corner of the Golden Room in 2014. (Photo: Margareta Svensson).

Today, the wooden ceiling is painted pure white, so visitors might easily mistake it for plasterwork. The wall panelling consists of stripped oak, of which the capitals, the majority of the mouldings surrounding the paintings, and most of the decorative wood carvings are gilded – providing the space with its moniker »the Golden Room«. Its current appearance, however, dates to 1951. At this time the moss-green paint, which had been applied to the wall panelling and nearly all of the carvings in 1927, was removed. **02** Of the period preceding those years, we only know that the oak wall panelling had already been stripped by 1890, and that the ceiling was painted white. No details regarding its original appearance have been preserved, except for a memorandum (»Memorie«) of 1713 which itemises a number of urgently needed works. It includes an entry of sixty guilders for »paintwork in the downstairs salon« (»verwen inden benede sael«), which indicates that the woodwork was originally painted. **03**

■ 02

Buvelot 2014, p. 134.

■ 03

Buvelot 2014, appendix 6, p. 287.

C.3 Studying the original colour finish

During the 2012–2014 renovation of the Mauritshuis, architectural paint research was carried out to investigate the room's original appearance. ⁰⁴ Although the wall panelling had been thoroughly stripped in 1951, numerous small patches of old paint had still been preserved. Furthermore, the inside of the shutter boxes had never been stripped of their paint. These now display modern imitation oak that is in keeping with the stripped walls, but they had been painted along with the wall panelling time and again since 1713. The gilded mouldings surrounding the paintings and the gilded carvings were never stripped either, so they, too, contain the entire range of paint layers. This whole build-up was also found in various places on the ceiling. In addition to selective stratigraphic scrapings ⁰⁴, research was carried out with the help of both paint cross-sections and non-embedded sample material that were examined with the light microscope, and of which the chemical composition of pigments and mediums was analysed ⁰⁵.

From this research it could be established that the wall panelling, including the fireplaces and cornice, was originally painted a light grey. ⁰⁵ The wood was first given a priming layer of white chalk, to which one or two layers of a light grey oil paint was applied. A stratigraphic scraping on the inside of one of the shutter boxes shows this finish, which had a soft sheen and in which the brush-strokes have remained clearly visible ⁰⁴. The above-mentioned »paintwork in the downstairs salon« must refer to the application of this finish. The sum of sixty guilders reserved for this work already indicated that it was an extensive job, given that in those days the daily wage for house-painting was just over a guilder and that the requisite materials could not have been very expensive. ⁰⁶

■ 04

Research undertaken as part of the project *From isolation to coherence. A technical, visual and historical study of 17th and 18th century Dutch painting ensembles*, led by Margriet van Eikema Hommes. This five-year project is funded by the Netherlands Organisation for Scientific Research NWO and housed at Delft University of Technology. <http://www.fromisolationtocoherence.nl/english>.

■ 05

Margriet van Eikema Hommes, Katrien Keune, Ruth Jongsma, Carrol Pottasch, *Determining the early 18th-century colour scheme of the Golden Room in the Mauritshuis, The Hague: interpretation issues caused by changes to paint chemistry in: Kirsten Travers Moffitt et al. (Eds.) Examining Architectural Finishes, Postprints of the 6th International Architectural Paint Research Conference, New York, March 15–17, 2017, London 2018, pp. 49–58.*

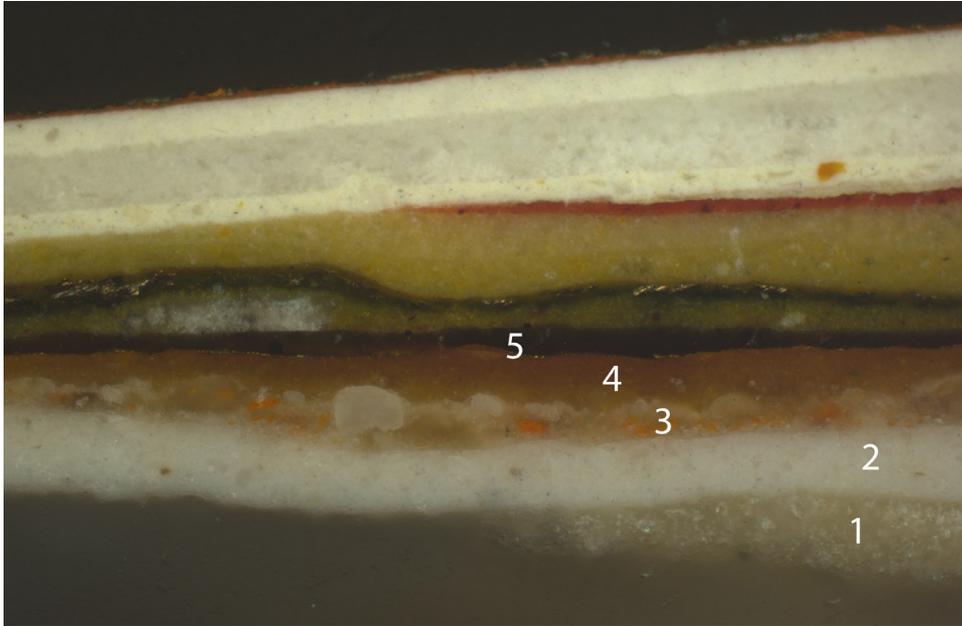
■ 06

For wages for house-painting: Van Eikema Hommes et al., 2018, note 9.



□ 04

A paint stratigraphy inside a shutter box shows the various stages of finish: (1) Earliest finish of light grey oil paint. This layer has a soft sheen and the brush-strokes have remained clearly visible. (2) Subsequent somewhat darker grey finish. (3) Subsequent warm yellow finish. (4) Subsequent dark brown imitation wood finish. All these finishing layers were removed from the walls in or before 1890. In 1927 a moss-green paint was applied on the walls (5) that was removed in 1951 so that today the stripped oak is in sight. The inside of the shutter boxes have been painted an imitation oak (6) to match the stripped oak on the walls.



□ 05

Cross-section from the moulding of a mantelpiece. 1: Chalk priming on the wood; 2: Light grey original finishing; 3: Orange base layer; 4: Yellow mixture; 5: Gold leaf. All layers on top of the gilding date from the nineteenth and twentieth centuries

(Photo: Margriet van Eikema Hommes).

■ 07

For instance, Dirk Ferreris Putti with armour and palm branches (1688–1690), canvas, 265cm×105cm, Citizens' Hall, town hall, Enkhuizen.

■ 08

For instance, the grisailles intended for the large reception room in Duivenvoorde Castle (c. 1717) in Voorschoten, in the vicinity of The Hague, as emerges from a nearly contemporaneous modello-sketch for this room: Circle of Daniel Marot, c. 1717. Pen and ink in grey with red wash, 44cm×62cm, Voorschoten, Stichting Duivenvoorde.

■ 09

Its application was probably not included in the sixty-guilder paint job of 1713, since gold leaf would have cost far more than that: Van Eikema Hommes et. al 2018, note 12.

■ 10

Lambertus Simis, Grondig Onderwys in de Schilder- en Verw-kunst [...] 2 vols., Amsterdam 1801 and 1807, vol. 1, pp. 258–260.

■ 11

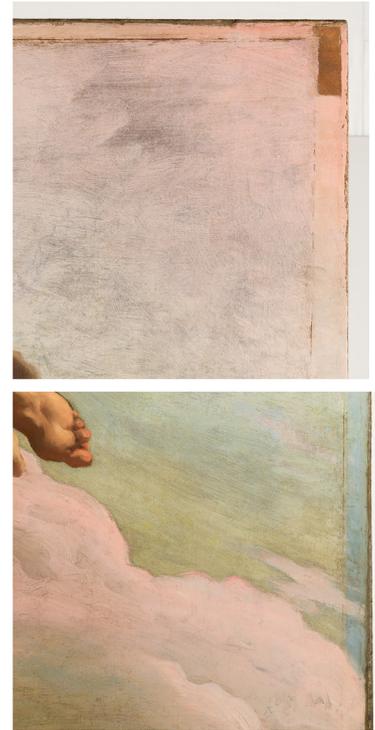
Eikema Hommes et al., 2018, note 18.

■ 12

About the financial problems in the renovation of the Mauritshuis: Buvelot 2014, p. 118–123.

The light grey layer was presumably intended to imitate some kind of stone. We can deduce this from the four grisailles with trompe-l'oeil depictions of stone statues in niches. Such trompe-l'oeils were sometimes placed, unframed, in a shallow niche, so that they blended in with the architecture, thus heightening the illusion of reality. ⁰⁷ But these grisailles were sometimes also framed by mouldings, such as those in the Mauritshuis. ⁰⁸ The grisailles in the Golden Room have a priming layer of a light-grey colour that Pellegrini must have selected to match the colour of the walls. Together with the walls, the grisailles thus formed a continuous illusionistic whole, whereas today they stand out against the stripped woodwork as isolated elements.

The first light grey paint was also applied to the mouldings surrounding the paintings and wood carving on the walls. Moreover, the whole wooden ceiling also received such a finish. On top of this paint, the mouldings and carvings on the walls and on the ceiling were given a finish with metal foil. Two different types of foil were used. The mouldings surrounding the tondi, grisailles and mantelpieces, and their accompanying carvings and the decorations on the pilasters, were decorated with gold leaf. ⁰⁹ Cross-sections show that the gold leaf was applied over an oil-rich layer of yellow earth: the mixture ⁰⁵. A mixture gilding or oil gilding has a slightly dull appearance, which is why it was called »matte gold«. ¹⁰ A mixture layer on top of the grey paint is also present on the capitals, large carved decoration above the entrance door, and those of the ceiling and the relief-edged sides of the ceiling fields. However, instead of gold leaf these elements had been given a finish with brass leaf, an alloy of copper and zinc with a golden-like colour. Brass is considerably less expensive than gold; only a tenth of the price in the first half of the eighteenth century. ¹¹ From archival documents we know that the money available for the renovation of the Mauritshuis was barely adequate – several times work even came to a standstill because of insufficient funds, so this might have been a consideration for choosing this cheaper material. ¹² This is supported by the fact that brass was used solely for decorations that were so high they could be seen only from a distance.



□ 06

Giovanni Pellegrini, *Night*, canvas
195cm×263cm, The Hague, Mauritshuis.
At the right edge where the paint was
covered by the frame, the pink-orange and
blue colours have been better preserved
(see details) (Photo: Margareta Svensson).

C.4 Studying colour changes in Pellegrini's paintings

■ 13

Research into the techniques and original colours in Pellegrini's paintings was undertaken by the Mauritshuis conservation studio in partnership with Shell Technology Centre Amsterdam. Carol Pottasch, Susan Smelt, Ralph Haswell, *Breaking new ground: investigating Pellegrini's use of ground in the Golden Room of the Mauritshuis*, in: Helen Evans et al. (Eds.), *Studying 18th-Century Paintings and Works of Art on Paper*, London, 2015, pp. 16–29; Carol Pottasch, Sabrina Meloni et al., *Vivid colours in the Golden Room: An educated but tentative reconstruction of an ensemble by Pellegrini in the Mauritshuis*, in: Rhiannon Clarricoates et al. (Eds.), *Colour Change in Paintings*, Postprints of the ICON conference *Appearance and Reality, Examining Colour Change in Paintings*, London, October 9, 2015, London 2016, pp. 118–125.

When during the last restoration (2012–2013) Pellegrini's canvasses were cleaned of dirt, old layers of varnish and old overpainting, it became evident how much his paints had discoloured. ¹³ Today, the sky in the three ceiling paintings exhibits pale pink and greyish blue colours. However, in areas where this paint had been protected by the frame, a much brighter pink and blue are visible ⁰⁶. Analytical studies showed that the blue pigment (smalt) had lost its colour due to a reaction with the oil binding medium, and that the organic red and yellow pigments, which had been used for the pink clouds, had faded under the influence of light. In addition, the paint layer of the sky as well as those of the skin tones had become abraded as a result of earlier cleaning efforts, so that the brown priming layer is now disturbingly visible in many places.

In the four grisailles, due to ageing, the paint of the front of the niches has become greener, more blemished and darker. Where this paint was covered by the frame, it has retained a lighter and cooler grey (⁰⁷ left). The two mantel paintings are in relatively good condition, even if their dark background, blue paint and shadows of the skin tones have become darker. The skin tones have also become more transparent due to abrasion so that the brown priming layer shimmers through more than it should.

■ 14

In the Netherlands, overdoor paintings with flowers were more often painted on metal foil in the eighteenth century. Examples from The Hague can be found in Huis Schuylenburch (1715). Here the background has survived well as here gold leaf has been used.

The flower tondi turned out to have dramatically changed. Today, the flowers stand against a dark brown background (08 top). But analytical studies indicate that these backgrounds were made of brass leaf, so that they originally were a golden colour. 14 Over the course of time this metal has degraded and largely disappeared, which is why the background has been overpainted dark brown several times. The containers in which the flowers were arranged must have been painted on top of the brass leaf, but no trace of them has survived. They were probably indicated thinly with diluted paint so that the brass leaf shone through. Such a diluted paint is susceptible to solvents and rubbing and will therefore have been removed during past cleanings. The green paint of the leaves has turned brown while the flowers, which were painted with red and yellow organic pigments, have faded. Under some old retouchings, paint can be found that gives an idea of their original colour intensity. Moreover, in many places the paint layer of the flowers is much abraded.



□ 07

left: Giovanni Pellegrini, Fire, canvas c. 260cm×113cm, The Hague, Mauritshuis. At the bottom left where the paint had been covered by the frame, the grey colour has been better preserved. right: Digital impression of original appearance of Fire (Photo: Left: Margareta Svensson; Right: L. de Moor).



□ 08

Top: Giovanni Pellegrini, Flower still life, canvas diameter 96cm, The Hague, Mauritshuis.

Bottom: Digital impression of original appearance with the flowers against a gold-coloured background with vibrant flowers and recognisable leaves in a flower container. Pellegrini's paint handling has only been approximated in this digital impression, since such details are not visible in the overall 3D image of the room (Photo: Top: Margareta Svensson; Bottom: L. de Moor).

C.5 Creating the virtual reconstruction

Based on these scientific results, a digital reconstruction was made for the museum public in 2016 using a 3D-web-application that provides a 360° impression of how the architectural elements and paintings may have looked in 1718 [09]. This visualisation can be viewed via the museum's website, but also via monitors in the Golden room itself [10]. [15] This application was made by **Jan de Rode** and Geeske Bakker of DeroDe3D, a company specialized in digital reconstructions of historical buildings and interiors and archaeological sites. 2D digital reconstructions of the tentative original colours of Pellegrini's paintings were made by painter and visual artist **L. de Moor** and subsequently implemented in the 3D model.

■ 15

See: <https://www.mauritshuis.nl/nl-nl/ontdek/mauritshuis/>, The following advisors contributed: Henny Brouwer, Quentin Buvelot, Willemijn Fock, Johan de Haan, Paula van der Heiden, Ruth Jongasma, Arie Pappot, Carol Pottasch. This digital reconstruction was made possible thanks to financial support from the Johan Maurits Compagnie Foundation.



□ 09

Stills from the application. Top: Present situation. Bottom: Impression of situation in 1718. Note that the placing of the grisailles was different at the time.



□ 10

iPad display kiosk in the Golden Room where visitors can interact with the application (Photo: Carol Pottasch).

Implementing the scientific results into the virtual reconstruction turned out to be a challenging process. Our goal was to translate the data obtained from analytical studies and archival research as truthfully as possible. But this soon presented the problem that – research efforts notwithstanding – many details regarding the room's elements remained unknown. In the first place this concerned the initial colour scheme. The carvings above the six smaller doors had been stripped so thoroughly that no trace of an old finishing layer was left. Could we, nevertheless, assume that these elements too had been finished with metal leaf, just as the other carvings? And if so, would that metal leaf have been gold or brass? Another uncertainty involved the grey finishing layer; had this paint been applied evenly or in multiple shades of grey, and/or had some kind of detailing been indicated, such as veins? No trace of multiple shades or nuances had been found with architectural paint research. However, the remnants of original grey paint preserved on the walls and ceiling were extremely small, so that nuances, if any, would not have been visible. The original grey finishing layer is well-kept only on the inside of the shutter boxes, where it is applied in one shade and without any nuance. But this section of the painted finish was not intended to be in sight, and is therefore not necessarily representative for the rest of the room.

Uncertainty also remained about the original appearance of Pellegrini's paintings. First, there was the issue of the »lost« containers in the flower tondi; how should these be displayed? And reconstructing the discoloured paints also presented difficulties. Although some paints were better preserved underneath the frame or under old retouchings, these passages may also have

discoloured to some extent, so that they do not necessarily match Pellegrini's original colours exactly. Furthermore, transposing the »preserved« colours to the rest of the paint surface is not an easy task since compositions and colour nuances of a certain paint may vary within the painting. Moreover, for many discoloured paints there was no such »protected« reference spot found; in these cases, we had to reason the original colours only on the basis of the current knowledge about the aging of the pigments used. Another issue involved the digital retouching of the effects of abrasion. To what extent did transparency of the paint have to be undone, knowing that Pellegrini sometimes also consciously applied his paint thinly so that the priming layer remained partly visible?

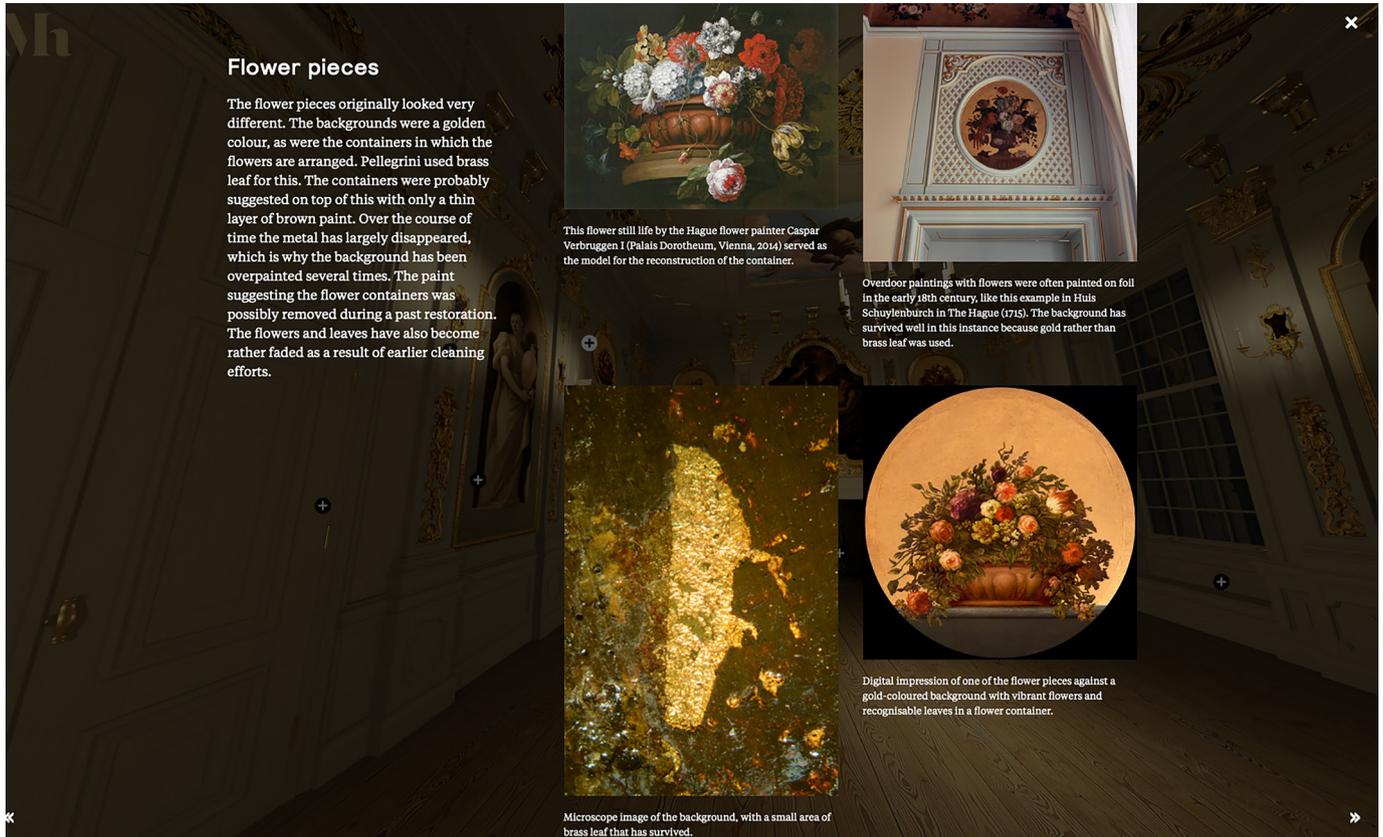
Finally, several early eighteenth-century elements in the room had been replaced over the years, such as the windows, floor, chandeliers, wall sconces and doorknobs. Visual sources had been preserved for some of these elements but for others no information was found. If we would opt to represent these elements in the virtual reconstruction, their rendering would inevitably be speculative.

C.6 How to display speculative elements?

Initially, the Mauritshuis museum wanted a digital reconstruction as »neutral« as possible without speculative elements. This meant the visualisation of only those elements in the room for which sufficient historical data were available. However, in the process of creating the reconstruction, it soon became apparent that it was undesirable to stick to this principle. After all, in terms of certainty, the scientific data showed a sliding scale. While for some elements in the Golden Room it was (almost) certain what these had originally looked like, this could be said less firmly for others, while it was even more uncertain for others. In scientific writing, nuances in certitude can be described by terms as »certain«, »likely«, »presumably« or »plausible«, but how should this be done in a digital visualisation?

In order to decide how uncertain elements should be represented, it is important to consider the function of the digital reconstruction and its intended audience. If the digital reconstruction mainly serves a scientific purpose, it may be appropriate to clearly indicate the degree of certitude visually, for example by means of different textures or colours. This, however, has a huge visual impact. The virtual reconstruction for the Mauritshuis was intended for a general museum audience. Its aim was to give this public an appealing impression of what the Golden room originally looked like in order to clarify its historical function. It was therefore important to visualise all elements in the room as realistically as possible, with light and shadow and with the precise imitation of material effects, so that everything would appear »real«. Such an optical illusion would be seriously disrupted by introducing deviating coloured or textured elements. Therefore, we choose to represent all elements – certain and uncertain – equally realistic. Visitors of the app can see the room both as it is today and as it may have looked in 1718, and easily switch between past and present ^[09]. All specific elements in the room have clickable points for pop-up windows, which provide explanations of the research results and the choices that were made in reconstructing the

respective element ¹¹. In the present application, this explanation is concise as it is intended for a general readership. But it is conceivable that this could be extended to a complete scientific report.



□ 11

Still from the application, showing pop-up window with explanation of the flower paintings.

C.7 Reconstructing lost colours

While developing the application, there was a constant consultation between the researchers, painting conservators and visual artists, both in making the 3D visualisation of the room by DeRoDe3d and the 2D visualisations of the original appearance of Pellegrini's paintings by **L. de Moor**. In order to make the 2D visualisations as accurate as possible, it was necessary to gain more insight into Pellegrini's intentions regarding colour and paint application. Therefore, his techniques and colours found in the Golden Room were compared with those in his contemporary oil paintings and frescoes. These works are characterised by fresh and bright colours and this greatly helped to interpret the findings in the Golden Room. For example, the intense blue and orange-pink colours that had been protected under the frame of the ceiling paintings, seemed at first too garish to adopt for the rest of the skies. However, comparison with Pellegrini's contemporary works showed that he used such strong colours more often in his skies, especially when depicting dawn.

On the basis of the insights thus obtained, in the digital 2D visualisations, hue, tonal value and intensity of colours were adjusted and the effects of paint loss and abrasion were compensated ([07] right) [12]. A great advantage here was that De Moor is a painter herself, so that she was able to do these adjustments very considered, resulting in a convincing effect. In determining the original colours, her interim test visualisations appeared to be also very helpful, as these involved various options to choose from. Furthermore, her concrete digital visualisations of the assumed original colours of the paintings, sometimes prompted the restorers and researchers to adjust their initial ideas.



□ 12
Digital impression of original appearance of Night, see also [07] (Photo: L. de Moor).

In the flower tondi, the colour and sheen of the brass backgrounds were reconstructed ([08] bottom). Brass can have various colour nuances, depending on the percentages of zinc and copper in the alloy. In the early eighteenth century, often alloys were used with a much lower zinc content (only 15 or 25 percent) than today. [16] Alloys with a low zinc content can closely resemble gold. [17] This colour was used in the digital reconstructions, and the relatively matt sheen of mixtion gilding was also imitated. The containers were digitally reconstructed as well. These simulated the effect of a translucent brown paint, in which the brass background remained partially visible. From the shape of the bouquets it could be deduced that the flowers were originally placed in a fairly wide vase, and since these concern overdoors, this container would have been depicted in bottom view. A suitable example for such a vessel was found in an overdoor flower piece by the contemporary The Hague painter Gaspar Verbruggen II (1664–1730). [18]

It was also a great advantage that the 3D reconstruction was produced by a visual artist. Therefore, for example, **Jan de Rode** directly understood the importance of imitating the specific textural effects of the first colour finish. Analytical research had demonstrated that this grey paint had been bound in oil. And in the shutter boxes it could still be seen that this paint has a soft egg-shell shine and that the brushstrokes had been left visible. **Jan de Rode** trans-

■ 16
Jean-Marie Welter, »The Zinc Content of Brass: A Chronological Indicator?« *Techne: La science au service de L'histoire de l'art et des civilisations*, 18, 2003, pp. 27–36.

■ 17
A higher percentage of zinc gives brass a greenish tinge.

■ 18
Canvas 53cm×65.5cm, Dorotheum Vienna 21-10-2014. Verbruggen II worked in The Hague from 1706 till 1723.

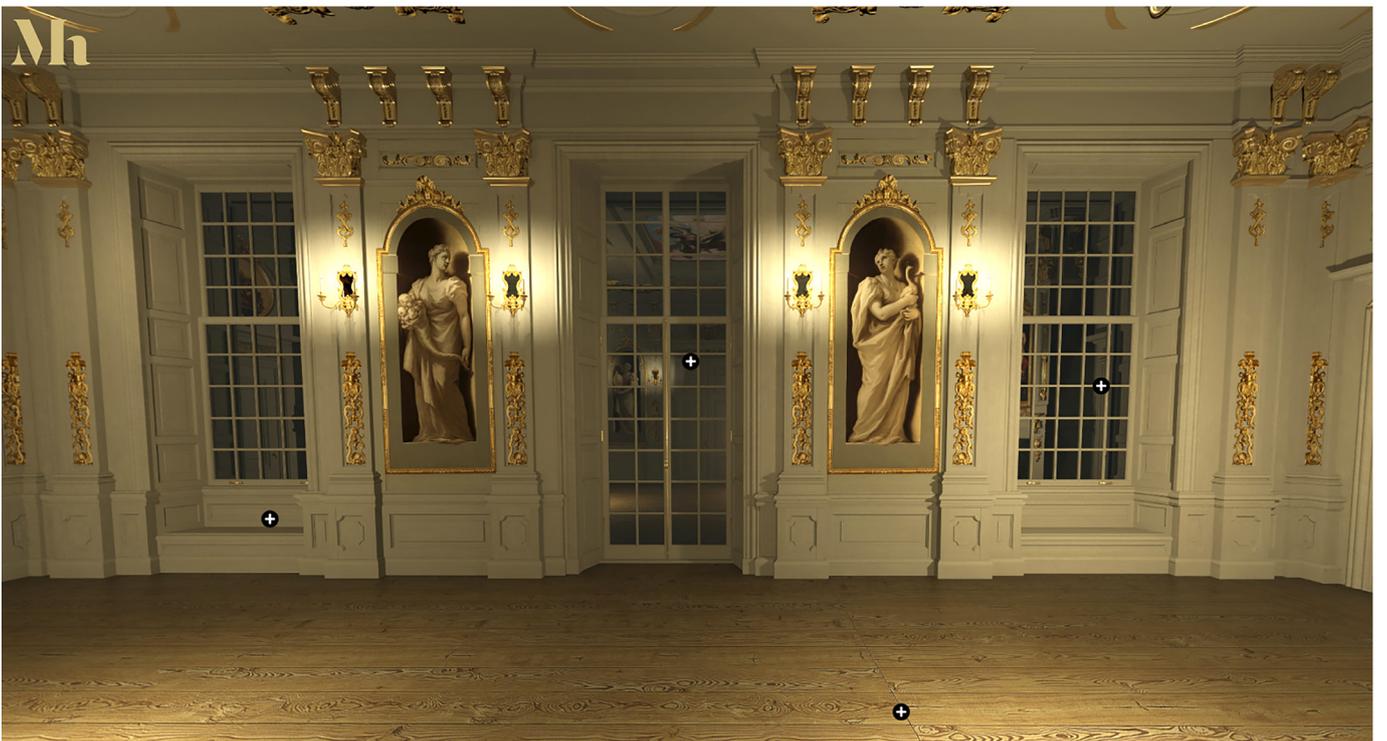
lated these particular qualities in his 3D visualisation, even adjusting the direction of the brush strokes; details that turned out to be crucial for a true-to-life effect.

As mentioned, with a low zinc percentage in the alloy, newly applied brass leaf can be hardly distinguished from gold leaf. Therefore, it was decided to render all finishing with metal leaf on mouldings and carvings with a similar golden colour in the 3D visualisation, regardless whether brass or gold leaf had been found. And also here the relatively matt sheen of mixture gilding was imitated.

Interim 3D visualisations of the room helped to make a balanced choice regarding those elements of the colour finish that had remained uncertain. For example, such a test visualisation indicated that omitting a metal finish for the carvings above the smaller doors produced an unbalanced effect; reason why it was decided to give these carvings a golden sheen in the reconstruction as well. **Jan de Rode** also made test visualisations with multiple shades of grey and with veining patterns, but none of these yielded a satisfactory visual result. Therefore, a uniform grey finish was chosen for the digital reconstruction, even though a differentiation may originally have been present.

For the visualised grey colour, the NCS colour code (S 2005-G80Y) of the grey paint in the shutter boxes formed the starting point. However, it was not adopted one-on-one in the reconstruction but rendered with much warmer tinge. This choice relates to the influence of the warm light reflection on the oak floor boards (see **p. 094**, and ¹³ bottom for the choice of the type of floor) but is mainly motivated by our decision to display the room at night with candlelight. This type of light was chosen because the incident daylight in this room is rather limited and cold, as the windows face north and also border a wide water. Illuminated exclusively by daylight, the room has a gloomy and dark appearance. It is therefore conceivable that when the room was in use for receptions, candles would not only be lit at night, but also during the day ¹³.

In the digital reconstruction, **Jan de Rode** has not consistently applied candlelight, but has combined it with a bright and even illumination in order for all elements in the room to become clearly visible. Without this additional light source many areas in the room would be enveloped in darkness, leaving details there invisible. Although a lifelike rendering of candlelight would have aligned more closely with the historical situation, it was not used in the virtual reconstruction, given that the main goal of this visualisation was to clearly show the museum audience the original appearance of all specific elements in the room. Therefore, historical considerations here gave way to educational ones.



□ 13

Stills from application, with north wall.
Top: Present situation. Bottom: Impression of situation in 1718, showing sash windows with small panes, French doors, and wall sconces placed higher, so that the depiction of light in the grisailles matches the actual candlelight. Note also that the placing of the grisailles was different at the time.



□ 14

Sketch in black chalk on the plaster wall
(Photo: Margriet van Eikema Hommes).

C.8 Reconstructing lost architectural and interior elements

Creating the digital reconstruction also prompted us to make choices for all lost original architectural and interior elements. The present cross bar windows are twentieth century reconstruction of the original seventeenth century specimens ([13](#) top). During the renovation of 1708–1718, the Mauritshuis, however, was given sash windows divided into small panes according to the latest fashion ([13](#) bottom). These appear on old prints, drawings and paintings of the building. Those also show that the central window recess was given French

■ 19

For examples: Buvelot 2014, p. 119 (fig. 110), p. 144 (fig. 150).

doors at that time, although without any balcony railings. ¹⁹ These doors will have lent the reception room a more fashionable and distinguished appearance, in line with the magnificent salons in contemporary French châteaux. The ground floor of those châteaux was laid out according to the same classicist principles as that of the Mauritshuis, featuring a symmetrical floor plan with on the main axis the vestibule followed by the reception room (French: salon) placed between matching apartments. In France, the salon had developed into an exceptionally monumental space, often unusual in height and with splendid decorations. This included French doors to the gardens on the main axis. In the Mauritshuis, this feature has been imitated, even though the doors here only gave access to water.

On early eighteenth-century prints, drawings and paintings of the Mauritshuis, the number of panes changes every time: the artists were clearly only giving an overall impression of the windows and doors. For the digital visualisation, various options were therefore tried. In this process, we found that when the lower part of the windows was made up of 5 × 5 panes, and the upper part of 4 × 5 panes, this structure fitted that of the original shutter panels. For the same reason, the French doors were made up of 7 × 4 panes for the lower part, and 4 × 4 panes for the upper part (¹³ bottom).

Traces of other lost elements could still be found in the room. When one of the grisailles adjacent to the entrance door was removed, it appeared that an eighteenth-century black chalk sketch of a decorative detail with a mask and cartouches had been applied to the plaster wall ¹⁴. This design closely matches the decorative elements found above the frames of the mantel paintings and flower pieces, but such details are missing above the frames of the grisailles. The sketch, however, indicated that these were meant to have this type of ornamentation as well. This is confirmed by small nail holes that were found in the panelling above each grisaille frame: here, the original ornaments had been attached. The left and right-hand side of the sketch on the wall are different, as was often the case with designs for decorative details, so that the commissioning patron could choose. On the basis of the sketch, **Jan de Rode** designed decorations for the grisaille frames in the digital reconstruction.

No information has been preserved about the original floor finish. Parquet would likely have been too expensive, given the persistent lack of funds during the renovation. At the time, wide pine floorboards were commonly used for formal spaces like the Golden Room. Its floor rests on a stone vault, meaning that floorboards could have been laid both widthways and lengthways. For the digital reconstruction 28cm-wide floorboards were chosen that – based on the advice of architectural historians – were laid lengthwise. It is unlikely that the floorboards stretched the entire length (13.5 metres) of the room because planks that long would have been prohibitively expensive. This is why there are always two floorboards laid end to end in the reconstruction, with the join visible to the right of the entrance door. The pattern of the wood grain in the planks of the pine floor in the Great Hall of Amerongen Castle from 1680 served as the model for those in the reconstruction.

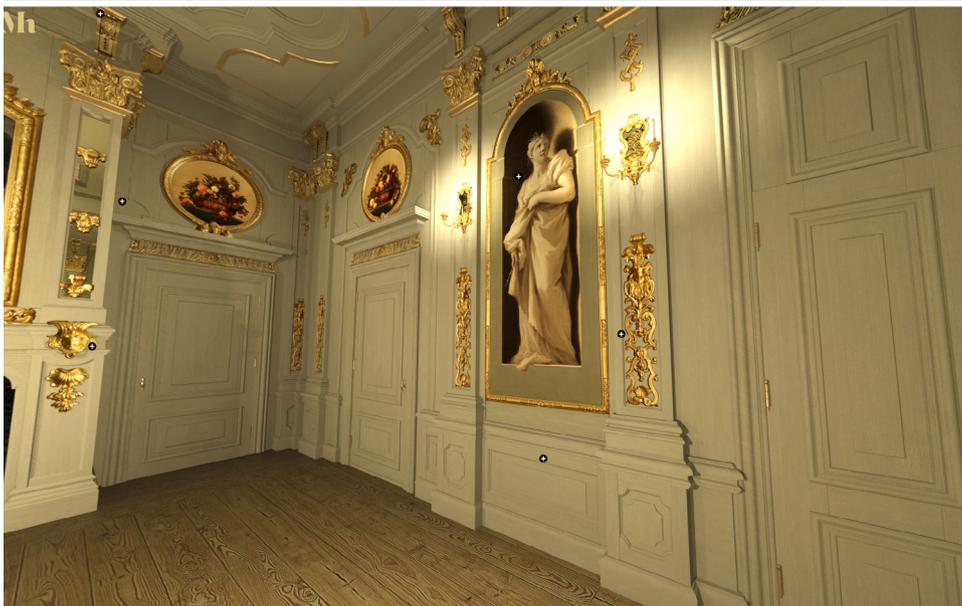
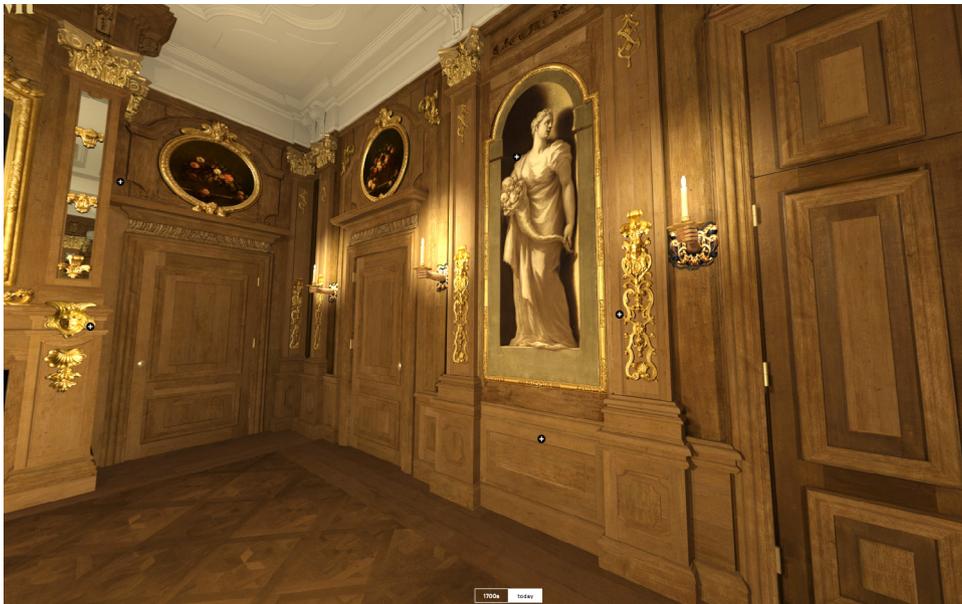
The present-day chandeliers are replicas of examples found in Royal Palace Het Loo and were hung there in 1984. The type of chandelier that hung here in 1718 is unknown. At that time, eight-arm chandeliers were very fashionable for

■ 20

Cornelis Troost, Nemo loquebatur,
Pastel and gouache on paper on canvas
58.3cm x 74.5cm, signed 1740, The
Hague, Mauritshuis.

distinguished rooms. The chandelier depicted by the Hague artist Cornelis Troost in a pastel drawing of an early eighteenth-century reception room, served as the model for the digital reconstruction (09 bottom). 20

The current wall sconces were also introduced in 1984 (15 top). They are based on the wall brackets in Enkhuizen's town hall, dating from around 1685. But around 1715 a different kind of lighting was popular: sconces with one or more candlesticks in front of a small mirror. They cast more light thanks to the candlelight's reflection. These mirror sconces were most probably attached to the pilasters on either side of the grisailles, since small nail holes were found in the paneling there. We don't know exactly what these sconces looked like. They may have been based on the designs by the French draughtsman Jean Bérain (1640–1711) whose influence can be found in many of the Golden Room's decorations as well as elsewhere in the Mauritshuis. Bérain made several designs for wall sconces with mirrors, one of which served as inspiration for the digital reconstruction (15 bottom).



□ 15

Still from application.

Top: Present situation.

Bottom: Impression of situation in 1718.

C.9 The added value of the digital reconstruction

The digital reconstruction of the »Golden Room« significantly adds to the museum public's understanding of the »Golden Room«. This early eighteenth-century room is difficult to appreciate in its current appearance [02] [03]. The reconstruction shows how spectacular this space originally must have been, with its light grey stone-like walls and ceiling and its many gold-coloured decorations ([09] bottom, [13] bottom, [15] bottom). When this room was illuminated by candlelight, the brass and gold elements must have produced a particularly spectacular effect. The flower *tondi* with their now dark brown, but originally gold coloured backgrounds were in keeping with these decorations and formed lively accents in the corners of room. The *grisailles* would really have appeared part of the stone-like walls. And the ceiling paintings with their originally glowing pink and blue twilight skies, looking like real openings, must have been able to emulate Pellegrini's Venetian frescoes. The »open« ceiling made the room seem considerably higher, adding to its magnificence.

Yet, our digital reconstruction also has some limitations. The type of light used – as explained, a combination of candlelight and a bright, more even illumination – will actually never have shone in the room. We chose this light for optimal visibility of all elements. However, it would have been equally interesting to have visualised the effect of pure candlelight and the effect of the limited, cold daylight. Unfortunately, this was not possible due to the limited financial resources. The present digital reconstruction is also static. One misses the flickering of candlelight, but especially the possibility to walk around freely. Instead, the space can only be viewed from a fixed point in the middle of the room. While exploring the room in this 360-degree view, from some angles, the space also appears distorted. And those who know the Golden Room in real life may notice that – despite the fact that exact measurements were taken – one perceives the room as much smaller in the digital reconstruction. These disadvantages are because we view the room via a screen. Regardless, it would be desirable if the spatial experience of the room could be better conveyed.

The initial aim of the digital reconstruction of the Golden Hall was to present research results in an appealing way to visitors of the Mauritshuis. While translating the scientific data into virtual imagery, however, our own understanding of the room also increased. This occurred as we had to make choices about all elements included, even those for which we had found no, or no sufficient, information regarding their original appearance. But it were in fact these »forced« decisions – which can feel uncomfortable to us as scholars – that brought to light details that would have gone unnoticed otherwise. The manner in which Pellegrini had depicted light in his *grisailles*, for example, casting dark, sharply delineated shadows, at first seemed illogical to us. These were after all *trompe l'oeil* paintings, in which the intensity and direction of the natural light would have been meticulously imitated during this period. [21] But this did not appear to be the case in Pellegrini's canvases. However, when the wall sconces and their accompanying candlelight were incorporated in the digital reconstruction at their original height (shoulder-height for the depicted statues) it became apparent that the *grisailles* ingeniously imitated the effect of these adjacent light sources. This also strongly

■ 21

As seen in the *grisailles* by the Amsterdam painter Jacob de Witt (1695–1754).

supported the argument that the room was meant to be viewed by candlelight.

The digital reconstruction greatly helped to envision the original relationships between architecture, colour finish and Pellegrini's paintings in the Golden room, indicating how much this decorative scheme is in concordance with those found in contemporary palaces in other European countries. The large downstairs reception room in the Mauritshuis was built to serve a Republic, but had a truly princely appearance.



D. Architekturvisualisierung und digitale baugeschichtliche Rekonstruktion am Beispiel des Heidelberger Schlosses

→ Baugeschichte, Digitale Rekonstruktion, Digitale Modelle, Bauforschung, Denkmalpflege, Digitale Lehre, Bauformen, Heidelberger Schloss

Der folgende Aufsatz weist auf die Einbettung der modernen Architekturvisualisierung in den Kontext historisch tradierter Darstellungsformen von Architektur, welche bis in das 15. und 16. Jahrhundert zurückreichen. Erläutert werden darüber hinaus der Entstehungsprozess und der zu empfehlende Workflow bei der Herstellung digitaler Rekonstruktionsmodelle sowie deren Anwendungen (Standbilder, Filme, digitale interaktive Modelle und physische Modelle mittels 3D-Druck). Aufgrund der Tatsache, dass historische Bauformen nicht mehr zum Standardrepertoire des zeitgenössischen Architekturgeschehens zählen, ist die professionelle Architekturvisualisierung historischer Architektur idealerweise dem Fachgebiet Architektur- und Baugeschichte zuzuordnen. Sie greift dort die bisweilen in Vergessenheit geratene, um 1920 an den Architekturfakultäten noch regelmäßig praktizierte Bauformenlehre auf. Digitale Modelle in Bauforschung und Denkmalpflege bieten eine Fülle von Vorteilen: nämlich die Möglichkeit, einen real existierenden Baubestand in interaktiver Form am Rechner zu dokumentieren, auf dieser Basis vergangene Bauzustände zu simulieren und den künftigen Werdegang eines Baudenkmals infolge von Sanierung, Umbau, Erweiterung etc. in digitaler Form vorwegzunehmen und auf Denkmalverträglichkeit vorab zu prüfen. Im zweiten Teil werden die Möglichkeiten der digitalen baugeschichtlichen Rekonstruktion im Zusammenhang eines Forschungsprojektes zur Baugeschichte des Heidelberger Schlosses dargestellt. Dabei geht es vor allem um die didaktische Notwendigkeit, 3D-Rekonstruktionen in ein baugeschichtliches Quellenwerk einzubinden. Schließlich werden weitere künftige Anwendungen der 3D-Daten zum Heidelberger Schloss für eine geplante Museums-App und ein digitales Gebäudearchiv aufgezeigt.

Die digitale Form der Architekturvisualisierung, darunter 3D-Darstellungen historischer Architektur, stellt im Fachgebiet Baugeschichte an deutschen Architekturfakultäten eine seit fast zwei Jahrzehnten gängige Praxis dar. Dabei zeichnet sich ab, dass die technische Entwicklung Jahr für Jahr voranschreitet und das Fach einem grundlegenden Wandel unterzogen ist. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bau- und Architekturgeschichte am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hatte der Verfasser dieses Aufsatzes die Gelegenheit, die neuen technischen Möglichkeiten der Gegenwart in einer Vielzahl von Projekten ⁰¹ anzuwenden und auf ihren Nutzen hin zu erproben. Einige allgemeingültige Erfahrungen aus der Arbeit mit digitalen Modellen sollen an dieser Stelle aufgezeigt und kritisch diskutiert werden.

Ein Hauptanliegen der baugeschichtlichen Forschung stellt seit jeher die zeichnerische Wiedergewinnung nicht mehr existenter oder zerstörter Baudenkmäler dar. Die Beschäftigung mit dieser Thematik ist dabei so alt wie das Fach Baugeschichte selbst. Wissenschaftlich erarbeitete Gebäuderekonstruktionen finden sich bekanntlich bereits in den Traktaten bedeutender Architekturtheoretiker der Renaissance, wie beispielsweise die Illustrationen in den »Sette Libri d'architettura« von Sebastiano Serlio.

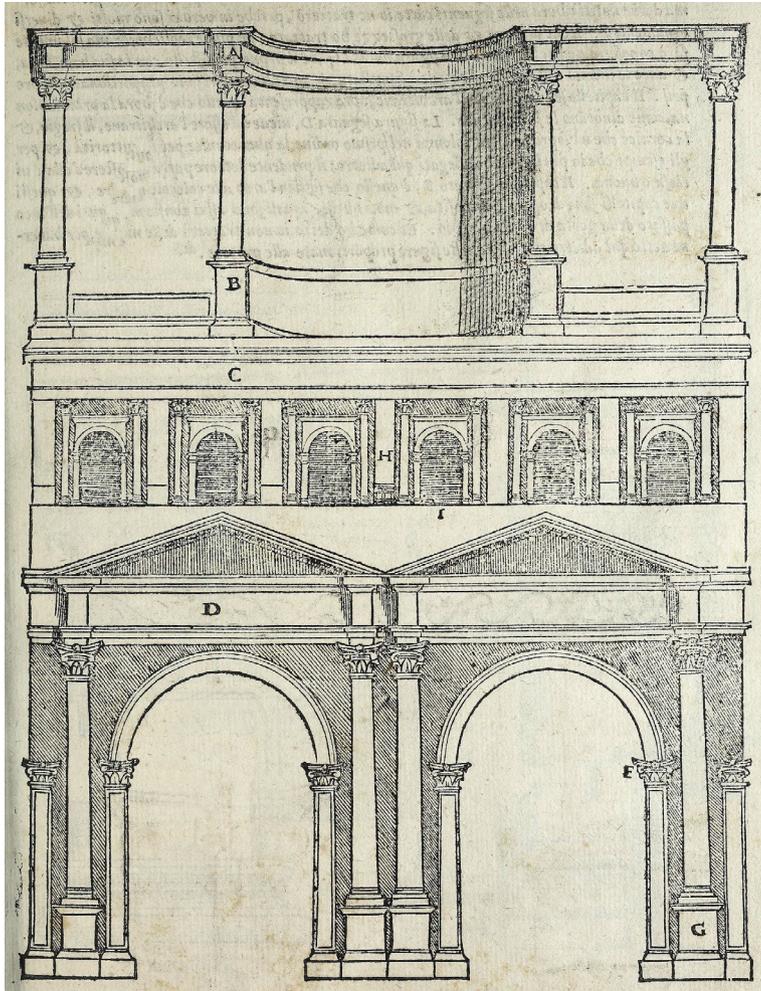
Sebastiano Serlio (1475–1554) stellte in seinem Werk eine ganze Serie von römischen Baudenkmälern in Bauaufnahmen und Rekonstruktionen vor, darunter das Pantheon (Grundriss, Ansicht und Schnitt), die Maxentiusbasilika (perspektivischer Längsschnitt), der Rundtempel in Tivoli (Grundriss und Ansicht) und die Caracalla-Thermen (Grundriss). Weitere Objekte der Bauforschung waren für Serlio der Titusbogen auf dem Forum Romanum, der Gavierbogen und die Porta Leoni in Verona ⁰¹ ⁰². ⁰²

■ 01
Zwischen 2006 und 2018 entstanden u.a. vier Visualisierungen des Ulmer Münsterturmes nach spätgotischen Baurissen, digitale Modelle zur Oppenheimer Katharinenkirche, zur Wernerkapelle in Bacharach, zum Westbau des Konstanzer Münsters, zu St. Johannes in Worms, zu Kloster Salem sowie diverse digitale Modelle zu verschiedenen Projekten des Karlsruher Klassizisten Friedrich Weinbrenner. Eine Vielzahl der Rekonstruktionen gotischer Kirchenbauten sind abgebildet in den Druckwerken: Johann Josef Böker, Anne-Christine Brehm, Julian Hanschke, Jean-Sébastien Sauvé, *Architektur der Gotik. Ulm und Donauraum*, Salzburg 2011; diess., *Architektur der Gotik. Rheinlande*, Salzburg 2013.

■ 02
Ein Digitalisat der Ausgabe von 1584 findet sich auf der Webseite der Universitätsbibliothek Heidelberg. Sebastiano Serlio, *Tutte l'opere d'architettura di Sebastiano Serlio Bolognese*. (Bde. 1–7), Venedig 1584, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/serlio1584>.



□ 01
Verona, Porta Leoni, Foto: Lo Scaligero, prometheus-bildarchiv.



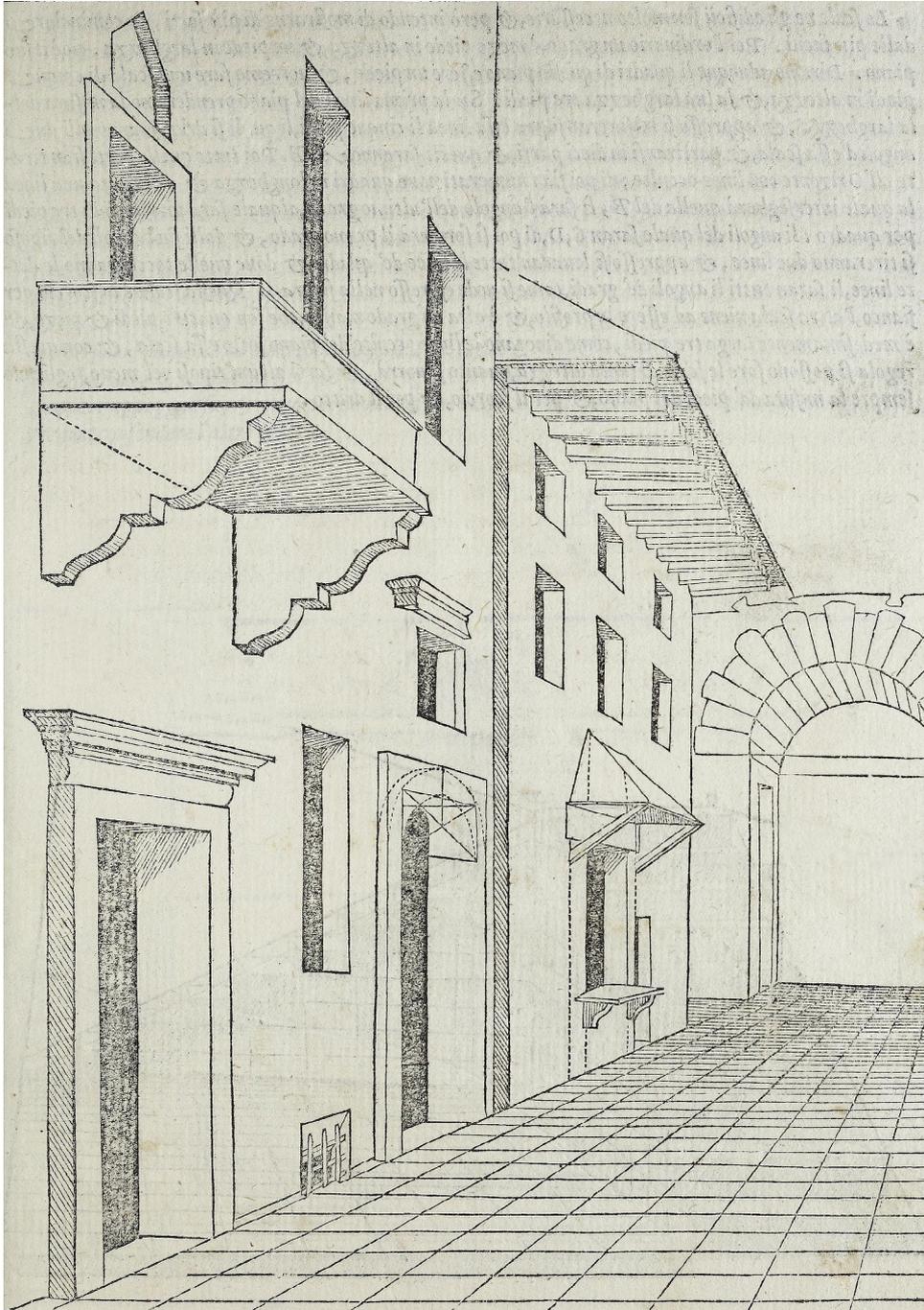
□ 02

Sebastiano Serlio: Rekonstruktion der Porta Leoni in Verona, aus: Tutte l'Opere d'Architettura di Sebastiano Serlio, libro terzo, Venedig, 1584, S. 114.

■ 03

Vgl. Hanno-Walter Kruft, *Geschichte der Architekturtheorie*, München 1985, S. 80.

Dabei blieben die zeichnerischen Rekonstruktionen antiker Bauten kein Selbstzweck. Serlio beabsichtigte, antike Bauformen für das zeitgenössische Bauen zu erschließen und den Architekten und Steinmetzen der Zeit in katalogartiger Form darzubieten. **03** Architekturgeschichtliche Forschung und zeitgenössisches retrospektiv orientiertes Bauschaffen gingen Hand in Hand. So wundert es nicht, dass die zahlreichen Illustrationen in Serlios Werk einen fließenden Übergang erkennen lassen, nämlich von Bauaufnahmen historischer Gebäude bis hin zu baugeschichtlichen Rekonstruktionen und virtuosen Architektorentwürfen. Bemerkenswert erscheint, dass Serlio nicht nur eine Fülle von Gebäudebeispielen und Baudetails publizierte, sondern nebenbei auch die von Filippo Brunelleschi (1377–1446) und anderen Renaissancekünstlern entwickelte perspektivische Wiedergabe von Architektur standardisierte. Gleich die ersten beiden Bücher seines Traktates sind ausschließlich der Perspektivlehre gewidmet und führen den damaligen Erkenntnisstand vor Augen. Rekapituliert man die weitere Entwicklung der Architekturzeichnung bis zum ausgehenden 20. Jahrhundert, so stellt man fest, dass sich die Konventionen in der Darstellung von Architektur prinzipiell wenig gewandelt haben. Zentral- und Übereckperspektiven **03**, axonometrische Darstellungen, Isometrien, Explosionszeichnungen, perspektivisch angelegte Schnitte und konventionelle Grundrisse, Ansichten sowie didaktisch aufbereitete Architekturdetails waren seit den architekturtheoretischen Werken der Renaissance weitgehend entwickelt.



□ 03
Sebastiano Serlio: Perspektivkonstruktion
aus dem libro secondo, Venedig,
1584, S. 40.

■ 04

Die Vorzeichnung des Gemäldes wurde offenkundig aus einem Grundriss sowie orthogonalen Ansichten der Gebäude konstruiert. Perspektivische Unstimmigkeiten weist allenfalls der konzentrische Stufensockel des Zentralbaus in der Mitte auf.

Auch das Wissen über die geometrisch korrekte Konstruktion der Schatten bei Punktbeleuchtung (Schlagschatten und Eigenschatten) geht auf die Zeit der Renaissance zurück und wurde in den nachfolgenden Epochen bis in das 19. Jahrhundert hinein nur präzisiert. Ein herausragendes Beispiel für den hohen Stand der perspektivischen Architekturvisualisierung bereits im 15. Jahrhundert stellt das berühmte panoramaartige Idealstadtbild aus Urbino dar 04, dessen menschenleere Architekturszenarie unter dem blauen wolkenlosen Himmel ungemein »modern« anmutet. 04



□ 04

Unbekannter Künstler: La città ideale,
Galleria Nazionale delle Marche à Urbino,
um 1480.

Angesichts der Perfektionierung der Architekturzeichnung im Verlauf der letzten sechs Jahrhunderte ist es notwendig, Nutzen und Vorteile der heutigen Methoden gegenüber den überkommenen Darstellungstechniken herauszustellen.

War es bis vor wenigen Jahrzehnten noch notwendig, in einem aufwendigen und äußerst zeitintensiven Arbeitsprozess geometrisch korrekte Perspektivzeichnungen herzustellen, ähnelt das heutige dreidimensionale Modellieren am Rechner der Tätigkeit eines Modellbauers, wobei die Berechnung der unterschiedlichen Projektionsformen weitgehend automatisiert in Echtzeit erfolgt und durch die Variation entscheidender Parameter wie Horizonthöhe, Brennweite, Beleuchtungsszenario in einem iterativen Prozess perfektioniert werden kann. Der entscheidende Vorteil gegenüber der bisherigen händischen Perspektivkonstruktion besteht vor allem in der Automatisierung der Projektionswiedergabe und der enormen geometrischen Präzision, die mit herkömmlichen händischen Methoden unerreicht bleibt. Dieser allgemein erkannte »Mehrwert« täuscht jedoch darüber hinweg, dass dreidimensional darzustellende Architektur zunächst in einem aufwendigen Modellierungsprozess digital erzeugt werden muss. Bei detaillierteren virtuellen Modellen ist der Modellierungsprozess mit einem in der Regel äußerst intensiven Arbeitsaufwand verbunden, je nachdem, welcher Genauigkeits- und Detaillierungsgrad erzielt werden soll.

Für den 3D-Grafiker ist es in der Regel notwendig, vorab das Ergebnis seiner Arbeit in Gedanken vorwegzunehmen und zielorientiert zu arbeiten, d. h. Detaillierungsgrad und Detailtreue an das vorab zu terminierende Darstellungsziel anzupassen. Dabei bildet vor allem die Größe der Darstellung (Bildschirmgröße bei einer Animation, Wiedergabegröße eines Renderings in einer Publikation) das entscheidende Kriterium. Oft lohnt es sich, seriell wiederkehrende Bauglieder in einer Szene aufwendig zu modellieren, da sie digital einfach kopiert werden können wie beispielsweise die Kapitelle einer Säulenhalle. Andererseits ist zu beachten, dass Dateien auf diese Art rasant an Größe zunehmen und ein Limit erreichen. Dabei gilt die Regel, je größer eine Datei, desto schwerfälliger ihre Bedienung. Eine Lösung bietet die Herstellung eines Gesamtmodells aus Teilmodellen bzw. Teildateien, welche eine bestimmte Größe nicht überschreiten. Der heute gängige Workflow sieht darüber hinaus vor, zwischen Konstruktions- und Renderprogrammen zu differenzieren. Moderne Renderprogramme wie

Cinema4d erlauben es, diverse Teilmodelle eines Konstruktionsprogrammes speicherplatzsparend zusammenzuführen, diese mit Texturen zu versehen, ein Beleuchtungsszenario zu erstellen sowie Kameras für die Berechnung von Einzel- oder Filmrenderings zu positionieren.

Zu beachten ist, dass das Ergebnis eines Renderings in der Regel überarbeitungsbedürftig ist. Einzelbilder und Filme lassen sich in gängigen Bildbearbeitungsprogrammen wie Adobe Photoshop oder Adobe Premiere so optimieren, dass die oft als problematisch empfundene synthetische Wirkung einer Computergrafik minimiert wird. Ein besonderer Vorteil besteht darin, Bauteile mit bestimmten Texturen so zu rendern, dass sie als einzelne Ebenen in einer Bilddatei erscheinen. Auf diese Weise lassen sich einzelne Texturen bzw. Materialien oder auch einzelne Bauteile einer 3D-Szene unabhängig voneinander nachbearbeiten und es entfallen mühsame und zeitraubende Maskierungs- und Auswahlvorgänge (Multi-Pass-Rendern). Dasselbe gilt für Hintergründe oder Schatten, die jeweils als einzelne Bildebenen oder Bildkanäle isoliert und weiterbearbeitet werden können.

Neben der Automatisierung der Projektionswiedergabe (Bildeinstellung als Perspektive oder Parallelprojektion) besteht gegenüber herkömmlichen händischen Architekturzeichnungen ein klarer Vorteil in der Bandbreite der Wiedergabemöglichkeiten. Zusätzlich zu Einzelbildern für Publikationen sind Filme, Animationen und interaktive 3D-Simulationen (interaktive Panoramen, VR-Objekte, Rotationsdarstellungen, stereoskopische Renderings für 3D-Brillen) als die wesentlichen Neuerungen der 3D-Simulation zu nennen. Sie erweitern die Anschaulichkeit und Unmittelbarkeit der Betrachtung in einem bislang ungekannten Ausmaß. Dabei ist nicht zu unterschätzen, dass die eigentliche Modellierarbeit (je nach Anspruch in Bezug auf die Details) meist bis zu 70 Prozent der Gesamtarbeit an einem 3D-Projekt darstellt. Rendering, Texturierung, Szeneneinstellung und das Nachbessern in Bildbearbeitungsprogrammen werden dagegen meist durch automatisierte Prozesse erleichtert und gestalten sich in der Regel weniger aufwendig.

D.1 Fotorealistische Effekte

Eine Neuerung der letzten Jahre stellt die Möglichkeit der fotorealistischen Erfassung von Architektur durch Photogrammetrie oder Laserscanning dar. Auch die Wiedergabe von 3D-Modellen in fotorealistischer Form hat in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt. Fotorealistische Wirkungen stellen sich meist dann ein, wenn Texturen aus Fotografien erstellt und Photogrammetrie-Modelle einzelner realer Objekte in die 3D-Szene integriert werden. Der Nachteil von photogrammetrischen 3D-Objekten besteht allerdings in der äußerst komplizierten Nachbearbeitung. Photogrammetrie-Modelle bestehen durchweg aus Meshs, d. h. aus dichten Polygonnetzen. Sie lassen sich nur schwer modifizieren und mit konventionell modellierten Körpern verbinden. Nur mit großem Detailaufwand ist nach derzeitigem Stand der Technik das Untergliedern eines hochkomplexen Photogrammetrie-Meshs in Einzelbauteile möglich. Wünschenswert wäre in der Weiterentwicklung der 3D-Softwares die automatisierte Umsetzung eines **Meshs** in kantendefinierte Geometrien.

D.2 Modelle aus dem 3D-Drucker

Aus digitalen 3D-Daten reale Modelle mit einem 3D-Drucker herzustellen, stellt eine weitere zukunftssträchtige Technologie dar, die sich vor allem für den musealen Bereich anbietet und die Architekturdarstellung in Einzelrendings und Filmen zukünftig ergänzen wird. Im Moment eignet sich diese Technik vor allem für kleinere Modelle. Wenig befriedigend ist die Herstellung von Architekturmodellen aus leicht transluzentem Plastik. Modelle, die auf der Basis eines gipsähnlichen Kunststoffes hergestellt werden, ähneln historischen Gipsmodellen, sind jedoch äußerst fragil ⁰⁵.



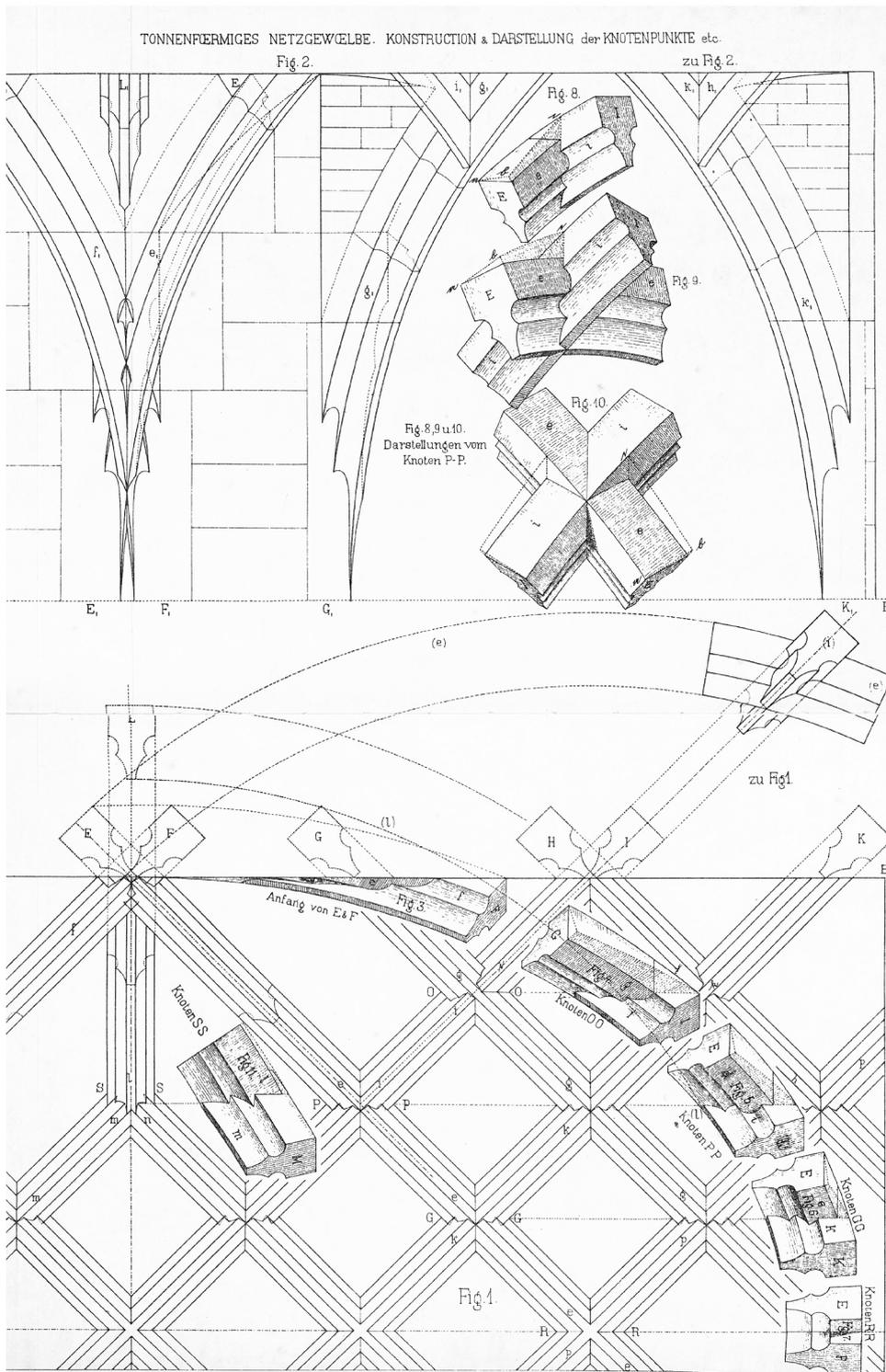
□ 05
Maßwerkfenster Oppenheimer Kathari-
nenkirche, 3D-Druck.

D.3 Digitale baugeschichtliche Rekonstruktion – ein Spezialgebiet für Bauforscher und Architekturhistoriker

Die Entwicklung der 3D-Szene in den letzten Jahren hat gezeigt, dass die Herstellung digitaler baugeschichtlicher Rekonstruktionen mittlerweile ein eigenes Fachgebiet darstellt und einschlägig ausgebildeten Spezialisten vorbehalten ist. Allgemein vorauszusetzen sind fundierte Kenntnisse über historische Bauformen. Eine Bauformenlehre als Teil der zeichnerischen Praxis an Architekturfakultäten gehörte bis zum Ende des Historismus zum Standardrepertoire in der Architekturausbildung. Mit der beginnenden Moderne ließ das Interesse an der Vermittlung historischer Bauformen jedoch nach. In den 1950er bis 1970er Jahren fand diese Tendenz ihren Höhepunkt. Bauformenlehren, wie es sie noch bis etwa 1920 an den Architekturfakultäten gegeben hatte, empfand man als überholt und sie verschwanden weitgehend aus dem Lehrplan. Lediglich das Fach »Bauforschung«, wenn es mit dem Fach »Baugeschichte« kombiniert wurde, bot eine geringfügige Kompensation und erlaubt den Studierenden bis heute, auf zeichnerischem Wege ausgewählte historische Bauformen und Baukonstruktionen zu erlernen. Für den 3D-Grafiker in der zeitgenössischen Bauforschung stellt sich jedoch alltäglich die Herausforderung, im Vorfeld eines Projektes spezifische historische Bauformen bzw. Baukonstruktionen im Detail zu begreifen, um sie korrekt dreidimensional nachbilden zu können. Als besonders hilfreich für die baugeschichtliche Wiedergabe historischer Einzelformen haben sich dabei die Baustil- und Bauformenlehre von Joseph von Egle [06], Josef Durms »Handbuch der Architektur« oder Friedrich Hoffstadts »Gotisches ABC-Buch« erwiesen. [05]

■ 05

Joseph von Egle, Baustil- und Bauformenlehre in Abbildungen mit Texterläuterungen. Drei Bände systematischer Abbildungen nebst kurzer Erläuterungen als Stoff für den Unterricht und für Übungen an technischen Schulen sowie zum Selbststudium, Hannover 1995/96, Josef Durm, Handbuch der Architektur. Darmstadt 1881, Friedrich Hoffstadt, Gothisches ABC-Buch. Das ist: Grundregeln des gothischen Stils für Künstler und Werkleute, mit zwei und vierzig Vorlegeblättern (worunter einige, zum Theil ausgeführte, Entwürfe) und einer Abhandlung über Geschichte und Restauration der deutschen Baukunst, nebst einem Wortverzeichnisse über deren Kunst- und Handwerks-Ausdrücke, Frankfurt 1840.



□ 06
 Joseph von Egle: Bauaufnahme
 »Tonnenfoermiges Netzgewölbe.
 Konstruktion & Darstellung der Knoten-
 punkte etc.« aus: Joseph von Egle:
 Gotische Baukunst. Praktische Baustil-
 und Bauformenlehre. Stuttgart 1905,
 Tafel 44f.

D.4 Digitale Modelle in Bauforschung und Denkmalpflege

In Bezug auf das Fach Baugeschichte bzw. Bauforschung sind die technischen Innovationen wie folgt auf den Punkt zu bringen: Es bestehen heute neue effektive technische Möglichkeiten, zunächst ein Abbild der Gegenwart in digitaler Form am Rechner herzustellen, d. h. digitale Bestandsmodelle anzufertigen (Photo Scanning ⁰⁷).



□ 07

Julian Hanschke: Digitale Bauaufnahme der Heiliggeistkirche in Heidelberg.

Des Weiteren ist es möglich, die Vergangenheit zu simulieren, nämlich in Form digitaler Rekonstruktionsmodelle. Schließlich eröffnet sich eine Schnittstelle zur Denkmalpflege bzw. zur zeitgenössischen Architektur: Es ist auf diese Weise möglich, die Zukunft eines Baudenkmals zu simulieren, d. h. den Werdegang eines Baudenkmals infolge einer Sanierung, eines Umbaus oder einer Erweiterung darzustellen. Auch die Gestaltung der Umgebung eines Baudenkmals lässt sich mit Hilfe der Architekturvisualisierung vorwegnehmen. Architekturvisualisierung im Denkmalkontext bietet somit die Chance, vorab die Denkmalverträglichkeit einer Maßnahme einzuschätzen und Theorie und Praxis miteinander zu verbinden. Der erhöhten Anschaulichkeit wegen lassen sich bauliche Maßnahmen in ihrer realen Wirkung präziser abschätzen und – wenigstens in der Theorie – Fehlplanungen vermeiden.

D.5 Digitale Rekonstruktion am Beispiel des Heidelberger Schlosses

Zwischen 2010 und 2015 wurde am Institut für Baugeschichte in Karlsruhe ein Forschungsprojekt zur Baugeschichte des Heidelberger Schlosses durchgeführt. Im Mittelpunkt des Projektes standen die bauarchäologische Untersuchung der einzelnen Schlossbauten sowie die Erstellung von detaillierten räumlichen Rekonstruktionszeichnungen. Im Verlauf des Forschungsprojektes ergaben sich zahlreiche neue Erkenntnisse, die 2015/16 in einer Baubibliographie vorgestellt wurden. **06** Als maßgeblicher neuer Beitrag ist u.a. die Identifizierung bislang unbekannter Baupläne des Heidelberger Schlosses aus dem seit 1689 verstreuten kurfürstlichen Planarchiv zu nennen. In verschiedenen Plansammlungen des 17. Jahrhunderts, darunter der Württembergischen Landesbibliothek Stuttgart, fanden sich u.a. mehrere bislang unbekannte Baupläne für den Umbau des Batterie-Turmes über der Nordwestecke des Schlosses sowie eine Aufrisszeichnung des Glockenturmes über der Nordostecke. Darüber hinaus ließen sich in einer weiteren Plansammlung zwei spätmittelalterliche Gewölberisse nachweisen. Es handelt sich um Gewölbepläne des Pfalz-Zweibrückener Werkmeisters Philipp von Gmünd (Baumeister der Meisenheimer Schlosskirche, vor 1482–1523) zu einem Repräsentationsraum im ersten Obergeschoss des Glockenturmes. Das insgesamt erschlossene Planmaterial hat den Kenntnisstand über einzelne wichtige Baumaßnahmen des 17. Jahrhunderts bedeutend erweitert (Theatersaal im »Dicken Turm«, Umbauplanung Glockenturm, Englischer Bau). Des Weiteren bieten die älteren Pläne der Zeit um 1500 einen Einblick in die hohe baukünstlerische Qualität der später größtenteils umgebauten, spätgotischen Schlossbauten der Phase Ludwigs V. (1478–1544). Ergänzend fand sich 2016 in der Staatsbibliothek Berlin ein bislang unbekannter Lageplan des Heidelberger Schlosses aus dem Jahre 1689, der die Gesamtanlage und den Ausbauzustand des **Hortus Palatinus** im 17. Jahrhundert dokumentiert. Weitere neue Erkenntnisse haben sich zur Bauchronologie und zu den am Schlossbau tätigen Baumeistern sowie zu bislang unbekanntem stilistischen Beziehungen ergeben.

Ein Hauptanliegen des Forschungsprojektes stellte die Visualisierung der Hauptbauphasen des Schlosses zwischen dem frühen 16. Jahrhundert und dem ausgehenden 17. Jahrhundert dar. Es wurden fünf digitale Gesamtmodelle des Schlosses auf der Grundlage der Bestandsvermessung von 1890 erstellt. Anhand der Modelle sollte die Komplexität der in jeder Epoche veränderten baulichen Strukturen aufgezeigt werden. Eine Ergänzung der städtebaulichen Gesamtdarstellungen des Schlosses bilden einzelne Innenraumrekonstruktionen zum Bibliotheksbau, Frauenzimmerbau, Gläsernen Saalbau und Ottheinrichsbau. Beabsichtigt war, die wichtigsten früheren Räume auf der Grundlage von Baubefunden in ihrer ursprünglichen Gestalt zu rekonstruieren. Eine Auswahl der Rekonstruktionen ist an dieser Stelle vorzustellen:

In Abbildung **08** ist zunächst die Gesamtanlage des Heidelberger Schlosses zu sehen. Die Luftaufnahme verdeutlicht ein Hauptcharakteristikum des Schlosses, nämlich das konglomeratartige Erscheinungsbild, das sich aus zahlreichen Wehranlagen und einzelnen – formal eigenständig behandelten – Palastbauten zusammensetzt. Die Vielgestaltigkeit der Heidelberger Residenz stellt

■ 06

Julian Hanschke, *Schloss Heidelberg. Architektur und Baugeschichte, Heidelberg 2016.*

das Resultat einer äußerst komplexen Baugeschichte dar, die bis in das 12. Jahrhundert zurückreicht. Im Laufe der Jahrhunderte haben einzelne prominente Kurfürsten das Heidelberger Schloss jeweils um einzelne Palastbauten ergänzt, ein Sachverhalt, der sich bis heute auch in der Namensgebung der einzelnen Schlossbauten darstellt.



□ 08
Schloss Heidelberg, Ansicht von Nordwesten, um 1983,
Foto: Vermögen und Bau Baden-Württemberg Amt Mannheim.

■ 07
Vgl. Hanschke 2016, S. 56–86.

Anhand der bildlichen Überlieferung, welche bis in das frühe 16. Jahrhundert zurückgeht, lassen sich mindestens sieben unterschiedliche Bauzustände des Heidelberger Schlosses nachvollziehen bzw. aus dem heutigen Baubestand herauschälen. **07** Im Rahmen des Visualisierungsprojektes zur Baugeschichte des Heidelberger Schlosses sollte die baugeschichtliche Entwicklung nach derzeitigem Forschungsstand erfasst und veranschaulicht werden. Aus der fünfteiligen Serie an Gesamtrekonstruktionen sind hier lediglich zwei Ansichten beispielhaft vorzustellen. Die Ansichten 9 und 10 stehen für die Hauptetappen in der Entwicklung des Heidelberger Schlosses von der Festungsanlage der Spätgotik bzw. der Frühen Neuzeit zum befestigten Renaissanceschloss am Ende des 17. Jahrhunderts **09** **10**.

Die dreidimensionalen Gesamtrekonstruktionen sind Bestandteil eines monographisch angelegten Quellenwerkes, in welchem die verwendeten Grundlagen für die baugeschichtlichen Rekonstruktionen erfasst wurden. So findet sich in der Baumonographie zu jedem Bauteil eine systematische Auseinandersetzung mit dem Baubestand, den Schriftquellen, den historischen Ansichten und der Literatur. Hinsichtlich des sehr zahlreichen historischen Bildmaterials wurden lediglich Darstellungen berücksichtigt, denen ein größerer topographischer Quellenwert beigemessen werden kann. **08**

■ 08
Vgl. Hanschke 2016, S. 5–20.



□ 09
Julian Hanscke: Schloss Heidelberg,
Ansicht von Nordwesten, Rekonstruktion
des Bauzustandes um 1548.



□ 10
Julian Hanscke: Schloss Heidelberg,
Ansicht von Nordwesten, Rekonstruktion
des Bauzustandes um 1683.

D.6 Probleme der Bestandserfassung

■ 09

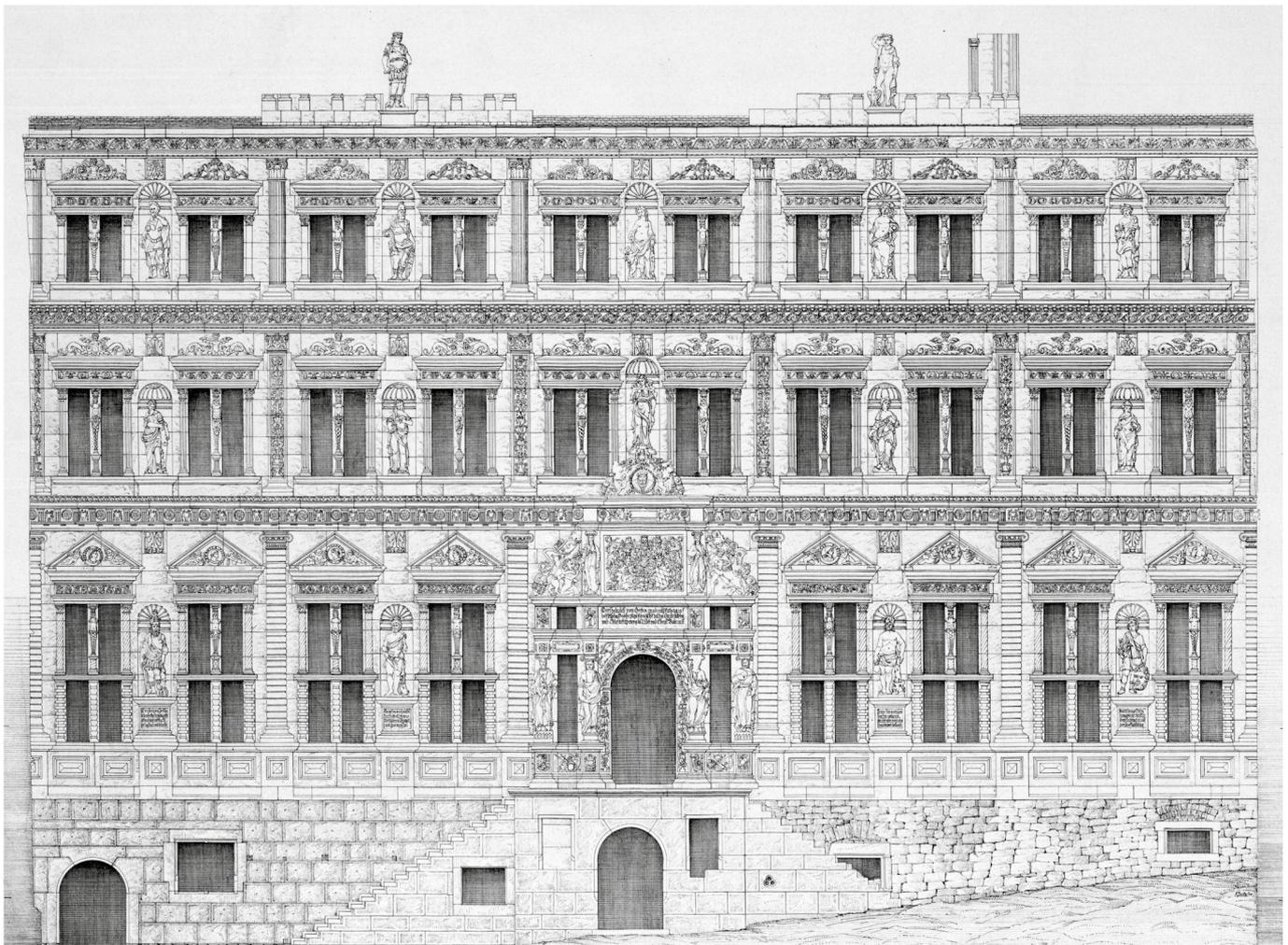
Die Bauaufnahmen stammen von Julius Koch und Fritz Seitz. Eine Auswahl der Zeichnungen wurde publiziert in dem Werk: Julius Koch, Fritz Seitz, *Das Heidelberger Schloss, Darmstadt 1891*. Mit den Bauaufnahmen sollte die Grundlage für den in den 1880er Jahren intendierten Wiederaufbau des Heidelberger Schlosses hergestellt werden. Nach der schöpferischen Wiederherstellung des Friedrichsbaus durch Carl Schäfer und dem sog. Heidelberger Schlossstreit, der sich am Wiederaufbauprojekt des Ottheinrichsbaus entzündete, wurde das Projekt der umfassenden Wiederherstellung der ehemaligen Wohnbauten des Schlosses schließlich fallengelassen.

Während der Herstellung des digitalen Schlossmodells konnte auf eine Fülle an Planmaterial aus der Zeit vor den ersten größeren Sanierungen zurückgegriffen werden. In der Zeit um 1880 bis 1890 wurde das Heidelberger Schloss – im Vorfeld des damals kontrovers diskutierten Wiederaufbauprojektes – nahezu vollständig vermessen. Hunderte bemaßte Pläne aller Einzelbauten und der zugehörigen Baudetails liegen im Generallandesarchiv Karlsruhe vor und wurden zunächst digitalisiert. ⁰⁹

Als besonders vorteilhaft erwies sich, dass Ende des 19. Jahrhunderts zu allen Gebäuden umfangreiche Aufnahmen von Baudetails, darunter exakte Profilzeichnungen von Fenstergewänden, Türen und Bauornamenten hergestellt wurden. Auf diese Weise war es möglich, den Baubestand äußerst präzise und detailreich zu modellieren. Die Detailgenauigkeit und Qualität dieser über 600 Bauaufnahmen bezeugt die hier wiedergegebene Hoffassade des Ottheinrichsbaus ¹¹.

□ 11

Julius Koch und Fritz Seitz: Bauaufnahme des Ottheinrichsbaus, Westfassade, um 1890.



Anstelle der geschilderten digitalen, dreidimensionalen Modellierung der Schlossbauten wäre alternativ ein 3D-Laserscan oder eine photogrammetrische Aufnahme möglich gewesen. Allerdings hätte diese Herangehensweise eine Fülle von Schwierigkeiten nach sich gezogen:

Während der Durchführung des Forschungsprojektes waren größere Teile des Schlosses aufgrund von Sanierungsmaßnahmen eingerüstet und entzogen sich damit den genannten Aufnahmemethoden. Darüber hinaus stand die außerordentlich starke touristische Frequentierung des Baudenkmals sowie der Einbau temporärer Installationen wie Theaterbühnen, Scheinwerfer und Plakate einer Laserscannerfassung oder photogrammetrischen Aufnahme im Weg.

Ein weiteres Argument gegen die Laserscannerfassung bzw. photogrammetrische Bestandsaufnahme bestand in der Notwendigkeit, modifizierbare Daten zu erstellen, d. h. die Gebäude sollten so modelliert werden, dass sie nach Bauteilen und Materialität in einzelne Layer untergliedert werden konnten. Durch die aufwendige Modellierung der Einzelheiten ergab sich überdies die Möglichkeit, sämtliche wichtige Befunde – ähnlich wie bei einer Bauaufnahme – im Detail studieren zu können. Die hiermit einhergehende genaue Betrachtung des Baubestandes sowie der Vergleich der historischen Bauaufnahmen mit dem z.T. nicht unerheblich veränderten heutigen Baubestand zog eine Fülle von Forschungserkenntnissen nach sich, sodass Modellierungsprozess, Beschäftigung mit den historischen Quellen und die Verschriftlichung der Forschungserkenntnisse zeitgleich einhergingen.

Photo-Scanning-Methoden wurden hingegen bei komplizierten organischen Baudetails angewandt, wie beispielsweise den Figuren an den Fassaden des Ottheinrichs- und Friedrichsbau und bei skulpturalen Baudetails wie Wapenkartuschen, Inschriftentafeln etc.

D.7 Perspektivdarstellung versus Parallelprojektion

In den Renderings, welche das Heidelberger Schloss als Gesamtmodell vorstellen, wurden einige szenische Grundüberlegungen berücksichtigt. Abbildung [10](#) dokumentiert das Schloss im Bauzustand um 1683, d. h. kurz vor seiner Zerstörung im Pfälzischen Erbfolgekrieg. Die Perspektiveinstellung entspricht einer Vogelschau von Nordwesten. Die Herstellung des Bildes erfolgte im Rahmen eines iterativen Prozesses, d. h. Bildeinstellungen wie Standpunkt, Brennweite, Licht und Schatten wurden nach und nach optimiert. Im Rahmen dieses Arbeitsprozesses erwies sich die Perspektivdarstellung gegenüber der Parallelprojektion als zweckdienlicher. Da bei einer Axonometrie oder Isometrie entferntere, d. h. weiter hinten liegende Bauteile ebenso groß erscheinen wie Bauteile weiter vorn im Bild, ergab sich durch die Parallelprojektion eine Tiefenwirkung, die der menschlichen Seherfahrung widerspricht. Andererseits wurde dem bei einer Perspektivdarstellung ungünstigen Effekt steil fluchtender Linien begegnet, indem die Brennweite verhältnismäßig hoch eingestellt wurde, sodass die Fassadenkanten näherungsweise vertikal zum Bildrand erscheinen.

D.8 Modellgrenzen, Texturen, Darstellung von Vegetation

Ein weiteres Charakteristikum des Bildes ist die bewusst abrupt endende Darstellung und die Vermeidung eines fließenden Überganges zur weiteren Umgebung des Schlosses. Durch die Wiedergabe der Modell-Grenzen sollte für den Betrachter erkennbar bleiben, dass es sich um einen modellhaften Ausschnitt aus einem größeren Zusammenhang handelt, ähnlich wie bei einem handwerklich hergestellten Modell.

Betrachtet man in Abbildung [10](#) die Fassaden der einzelnen Schlossbauten, stellt man fest, dass der Baubestand farblich differenziert erscheint. Die Oberflächen wurden je nach Erfordernissen individuell gestaltet, es handelt sich um Mappings aus photogrammetrischen Messbildern, Mappings aus 2D-Darstellungen (Fassadenmalereien) und abstrakte Texturen bei Sandsteinquadern und Putzflächen. Durch die Berücksichtigung der Materialität tritt der Baubestand wesentlich differenzierter in Erscheinung als bei einer Ton-in-Ton-Darstellung, die zwar wissenschaftlich abstrakt wirkt, aber wichtige Aspekte der bautechnischen Beschaffenheit außer Acht lässt.

Bei der Texturierung der modellierten Bauten sollte hingegen eine zu starke fotorealistische Wirkung vermieden werden. Um das Modell nicht durch Texturen zu überfrachten, wurde beispielsweise die Sättigung der Farben reduziert. Ähnliches galt für die Licht- und Schattendarstellung. Licht und Schatten steigern die räumliche Wahrnehmung, können jedoch bei zu großen Kontrasten Darstellungsinhalte verdecken. Form und Geometrie sollten gegenüber Textur und

Schattenwirkung dominieren. Aus diesem Grunde wurden sämtliche Schatten transparent geschaltet und meist mit weichen Kanten versehen.

Ein weiteres Darstellungsproblem stellte die Wiedergabe der unmittelbaren landschaftlichen Umgebung dar. Das Gelände um das Schloss herum weist heute einen zum Teil sehr dichten Bewuchs auf, im 17. Jahrhundert war das Schussfeld vor dem Schloss jedoch von Vegetation freigehalten. Entsprechend wurde die Vegetation im Vorfeld des Schlosses nur abstrakt als Mapping auf der Geländetopographie dargestellt.

In ihrer Gesamtwirkung entspricht die Rekonstruktion damit einer auf Architektur und Baugeometrie fokussierten Darstellungsform, angesiedelt zwischen Fotorealismus und abstraktem Massenmodell. Abgewogen wurde zwischen malerisch-illustrativer Wirkung und den Erfordernissen einer wissenschaftlichen Rekonstruktion, die in der Gegenüberstellung mit dem heutigen Baubestand einen Vergleich zwischen erhaltenen und nicht mehr existenten Bauteilen ermöglicht.

Abbildung [12](#) präsentiert den Schlosshof im Zustand um 1683, wenige Jahre vor der Zerstörung des Schlosses durch die Truppen Ludwigs XIV. im Pfälzischen Erbfolgekrieg. Die Schlossbauten um den Innenhof haben sich bis auf den Frauenzimmerbau auf der linken Seite im Wesentlichen bis auf Traufhöhe erhalten. Zahlreiche nicht mehr existente Bauteile wurden in der Darstellung »wiederhergestellt« bzw. ergänzt. Hierzu zählen der große Rollwerkgiebel über dem Bibliotheksbau und die Bedachungen des Gläsernen Saalbaus, des Ottheinrichsbaus und des benachbarten Ludwigsbaus.



□ 12

Julian Hanschke: Schloss Heidelberg,
Ansicht des Schlosshofes von Süden,
Rekonstruktion des Bauzustandes
um 1683 – s. a. folgende Seite.



Die zerstörten Bauteile konnten nach Baubefunden vor Ort und anhand zweier Innenhofansichten von 1683, die der Augsburger Kupferstecher Johann Ulrich Kraus erstellte [13], rekonstruiert werden.

Die Ansicht des Schlosshofes von Süden dokumentiert das Heidelberger Schloss außerordentlich detailreich und basiert auf einer im Wesentlichen topographisch getreuen Aufnahme vor Ort. Im Vergleich mit dem heutigen Baubestand [14] erscheinen lediglich die Proportionen einzelner Baukörper stark überzeichnet. Das Überzeichnen der Höhenverhältnisse stellte im 17. Jahrhundert ein allgemein gebräuchliches stilistisches Mittel dar, um die Wirkung der Darstellung zu steigern. Im Fall der hier besprochenen Ansicht dienten die künstlerischen Mittel auch dazu, bauliche Unregelmäßigkeiten soweit wie möglich zu kaschieren. In der Ansicht von Kraus wirkt die Stirnseite des Frauenzimmerbaus auf der linken Seite stark verkürzt, die Ausdehnung des Bauwerks in die Tiefe dagegen erweitert. [10] Bei der Nachbildung der verloren gegangenen Fassadenarchitektur der Obergeschosse ergab sich, dass das Gliederungssystem der Längsseite im Verhältnis zur Stirnseite stark differiert haben muss. Die Gliederung der Südseite wiederholte sich zweimal an der Ostfassade des Gebäudes und dies offenbar in stark gedrängter Form, da für eine regelmäßige gleich große Wiederholung nicht genügend Wandfläche zur Verfügung stand.

■ 10

Die künstlerischen Eigenheiten in den Kupferstichen von Kraus lassen sich u.a. auch in den Stichen des Augsburger Rathauses und zum Nürnberger Dillinghof von 1682 nachvollziehen.



□ 13

Johann Ulrich Kraus: Schloss Heidelberg, Ansicht des Schlosshofes von Süden, Kupferstich, 1683.

Bemerkenswert erscheint auch der Anschluss des Frauenzimmerbaus an den benachbarten Bibliotheksbau, dessen Ostfassade mit der hölzernen Loggia ganz links im Bild nur etwa zur Hälfte erfasst wurde. Als problematisch erweist sich in der Ansicht von Kraus die angegebene Höhe der Loggia, die nach den heute noch erhaltenen Balkenlöchern in der Fassade wahrscheinlich wesentlich gedrungener war, als von Kraus überliefert. Ähnliche Proportionsveränderungen sind ganz am rechten Bildrand beim Ludwigsbau festzustellen, der ebenfalls in der Höhe übersteigert wirkt. Das Innenhofpanorama des Heidelberger Schloss-

hofes von Johann Ulrich Kraus muss überdies als Kompilierung aus mehreren Einzelansichten mit unterschiedlichen Blickwinkeln gedeutet werden. Es lässt sich im digitalen Modell nur mittels einer extrem niedrigen Brennweite nachzeichnen. Der Standort des Künstlers lag wohl im zweiten Obergeschoss des Ökonomiegebäudes oberhalb der dortigen Terrasse. Derzeit ist der Blick von dort auf den Schlosshof durch Bäume verstellt, weswegen die Ansicht lediglich mit einem Rendering aus dem digitalen photogrammetrischen Bestandsmodell des Innenhofes verglichen werden kann [14]. Vorab wurden derzeitige Einbauten (Freilichtbühne vor dem Bibliotheksbau) und der heutige Baumbestand digital eliminiert.



□ 14

Julian Hanschke: Digitales photogrammetrisches Vermessungsmodell Schloss Heidelberg, Innenhof, Perspektiveinstellung in Annäherung an Abb. [13].

Die Gegenüberstellung der Ansicht von Kraus mit dem heutigen Baubestand sowie der digitalen Rekonstruktion macht die tatsächlichen Proportionen und Größenverhältnisse der einzelnen Baukörper erfahrbar. Sämtliche Bauteile ließen sich nach den Bauaufnahmeplänen des 19. Jahrhunderts detailgetreu modellieren. Die Ahnengalerie des Friedrichsbau und die allegorischen Figuren des Ottheinrichsbau wurden ergänzend als photogrammetrische Modelle vor Ort erfasst und in die Modellszene integriert. Im Verhältnis zur heutigen Situation zeigt sich, dass das recht uneinheitliche heutige Erscheinungsbild im Wesentlichen auf den Verlust der – alle Baukörper ehemals zusammenschließenden – Dachlandschaft zurückzuführen ist. Heutiger Baubestand, historische Ansichten und Rekonstruktionen sind didaktisch als Bildserie zu begreifen und bieten eine Vorschau auf die in der Baumonographie mitgeteilten baugeschichtlichen Erkenntnisse.



□ 15

Julian Hanschke: Schloss Heidelberg, Ansicht des Schlosshofes von Südosten, Rekonstruktion des Bauzustandes um 1683.

■ 11

Vgl. den Kostenvoranschlag von 1703:

»Da der Kurf. die Absicht hat, den Frauzimmerbau abbrechen zu lassen, weil derselbe zu weit in den Hof hineingeht und dem Englischen Bau vorstehet, der künftigt mit dem Friedrichsbau continuirt werden soll, so weist HC das Bauamt an, einen Kostenüberschlag für den Abbruch und einen für Belegen des Kellers mit Platten, statt der oft zu erneuernden Bretter, einzureichen.« zit. nach Mitteilungen zur Geschichte des Heidelberger Schloss III (1896), S. 40.

Abbildung [15](#) präsentiert ergänzend ein Panorama des nordwestlichen Innenhofes. Die Darstellung erweitert die Ansicht von Kraus um den mittleren Fassadenabschnitt des Bibliotheksbaus mit dem dortigen spätgotischen Erker und die Nordostecke des Ruprechtsbaus. In der Gegenüberstellung mit der Ansicht von Kraus wird deutlich, dass in den Schlossansichten von 1683 aus Repräsentationsgründen nur die prachtvollen Gliederbauten der Renaissance »in Szene gesetzt« wurden. Dass zu diesem Zeitpunkt die gesamte Südseite des Schlosshofes noch im spätgotischen Bauzustand verharrte, lassen die Ansichten des Augsburger Kupferstechers kaum erkennen. Im späten 17. Jahrhundert waren die gotischen Bauten des Schlosses veraltet und genügten nicht mehr den Repräsentations-Anforderungen einer zeitgemäßen Fürstenresidenz. Aus den historischen Bauakten geht hervor, dass die gotischen Bauten der Westseite beseitigt und durch einen barocken Westflügel ersetzt werden sollten. [11](#) Die Abbrucharbeiten begannen am Bibliotheksbau, dessen rückwärtige Teile heute fehlen [16](#). Glücklicherweise wurde der vollständige Abbruch der spätgotischen Bauteile schließlich durch die Verlegung der kurfürstlichen Residenz nach Mannheim verhindert.



□ 16

Schloss Heidelberg, Bibliotheksbau, Saal im ersten Obergeschoss, Blick nach Nordwesten.



□ 17

Julian Hanschke, Schloss Heidelberg, Bibliotheksbau, Saal im ersten Obergeschoss, Rekonstruktion, Blick nach Nordwesten.

D.9 Modellierung von Innenräumen des Heidelberger Schlosses

Abbildung [17](#) zeigt die Rekonstruktion eines herausragenden Innenraums des Bibliotheksbaus.

Es handelte sich um einen repräsentativen Saal, der in seiner ursprünglichen Zweckbestimmung als herrschaftliche Tafelstube zu vermuten ist. [12](#) Der quadratische Raum besaß nach den heute noch vorhandenen Baubefunden eine Mittelsäule sowie vier Sternengewölbe. Die frühere Gewölbefigur lässt sich aus den erhaltenen Gewölbeanfängern und den Putzresten an den Wänden erschließen [16](#). Die noch in situ verbliebenen Bogenstücke überliefern die Radien und Profilierungen der Rippen. Während die Gurtbögen ein breites Bandprofil besaßen, waren alle übrigen Rippen doppelt gekehlt. Vermutlich handelte es sich um konventionelle Sternfiguren, wie sie auch an zahlreichen anderen Gewölben der Spätgotik in Heidelberg und der weiteren Region vorkommen. Im Heidelberger Schloss bieten die sehr ähnlichen nachgotischen Gewölbe in der Kapelle des Friedrichsbau eine Vorstellung von der Wirkung der ehemaligen Sternengewölbe des Bibliotheksbaus. Bislang wurde der Raum lediglich im Grundriss zeichnerisch durch die Ergänzung der fehlenden Gewölberippen rekonstruiert. [13](#) Die Perspektive [17](#) ist aus didaktischen Gründen als Pendant zur Fotografie [16](#) angelegt und zeigt auf, welche Bauteile noch vorhanden sind bzw. aus dem Bestand heraus sinngemäß ergänzt wurden. Die Saalfenster an der Westseite besaßen dieselbe Formgebung wie das Fenster rechts hinter der Mittelsäule. Hierauf verweisen die Reste der Fensterlaibung an der Nordwestecke des Saales. Die Kämpferplatte der Säule wurde nach dem Vorbild der erhaltenen Konsolen und der gleichzeitig entstandenen Brunnenhalle des Schlosses modelliert. Vorhandene und zu ergänzende Bauteile verschmelzen in der Rekonstruktion zu einem Bild, das allenfalls der baugeschichtlich umfassend informierte Betrachter vor Ort imaginieren kann. Der Mehrwert des digitalen 3D-Modells besteht in der

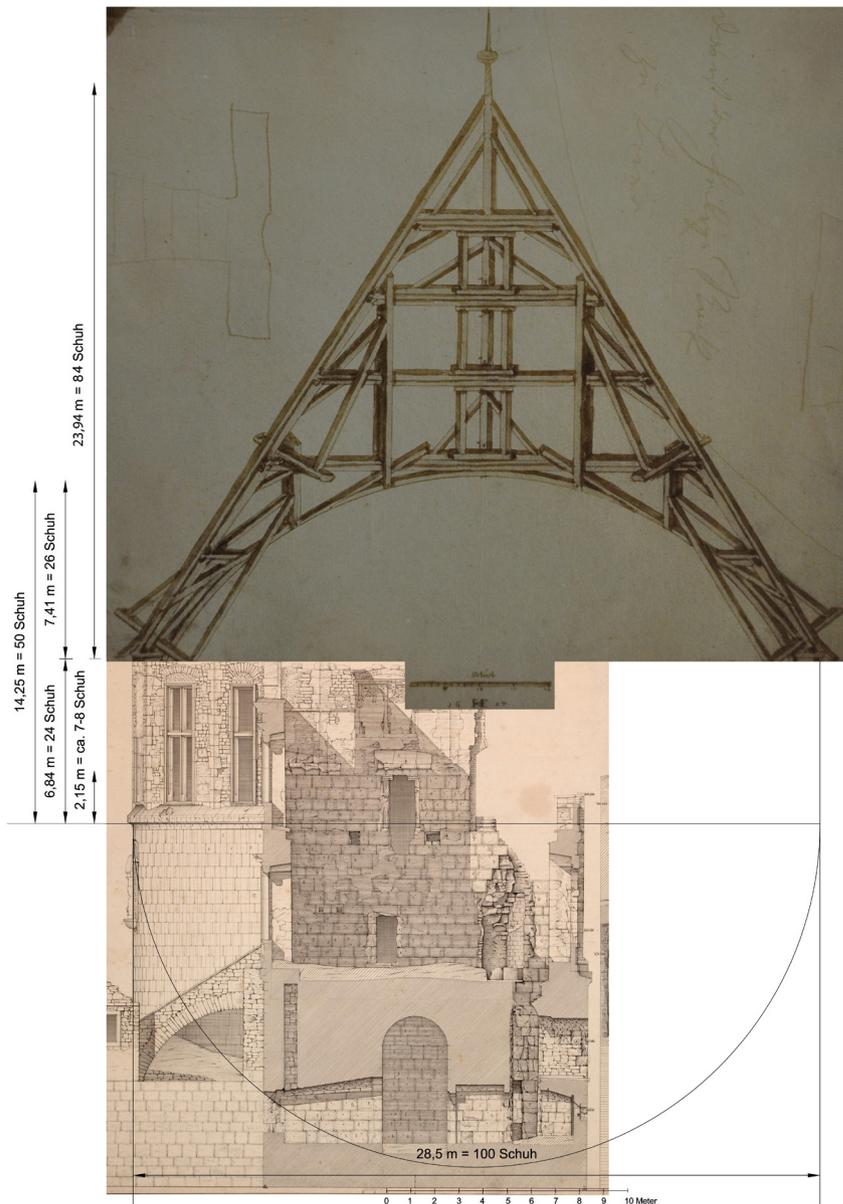
■ 12

Vgl. Stephan Hoppe, *Die Architektur des Heidelberger Schlosses in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Neue Datierungen und Interpretationen*, in: Volker Rödel (Red.), *Mittelalter. Schloss Heidelberg und die Pfalzgrafenschaft bei Rhein bis zur Reformationszeit. Schätze aus unseren Schlössern 7*, Regensburg 2002, S. 183–189, hier S. 186. Zur Baugeschichte des Bibliotheksbaus und der Rekonstruktion der Innengliederung siehe Hanschke 2016, S. 111–131.

■ 13

Vgl. Marc Rosenberg, *Quellen zur Geschichte des Heidelberger Schlosses*, Heidelberg 1882, Tafel 6.

Wiedergewinnung eines bedeutenden Interieurs der Spätgotik. Während das Heidelberger Schloss zumeist als Inbegriff eines Fürstensitzes der Renaissance betrachtet wird, erlaubt die vorliegende Rekonstruktion zumindest in einem Teilbereich des Schlosses einen Einblick in die nicht weniger qualitätsvolle Ausbauphase der Spätgotik.



□ 18
 Schloss Heidelberg, »Dicker Turm«,
 Überlagerung Bauaufnahme/Dachtrag-
 werkzeichnung im Wetzlarer Skizzenbuch.



□ 19
 Schloss Heidelberg, »Dicker Turm«,
 Saal- und Dachtragwerkrekonstruktion
 nach der Zeichnung des Wetzlarer
 Skizzenbuches, perspektivischer Schnitt
 und Aufsicht. Darstellung unter Auslas-
 sung der Zwischensparren.

■ 14
 Zur Baugeschichte des »Dicken
 Turmes« siehe Hanschke 2016,
 S. 335–345.

Ein herausragendes Interieur des Heidelberger Schlosses, das in den Quellen des 17. Jahrhunderts mehrfach beschrieben und erwähnt wurde, stellte der große Festsaal auf dem »Dicken Turm«, dem nordwestlichen Eckturm des Schlosses dar. ¹⁴ Das unter Ludwig V. um 1525 bis 1533 errichtete massive Bollwerk erhielt zwischen 1616 und 1619 ein neues Belvedere-Geschoss. Der bis zu diesem Zeitpunkt existierende Saal unter dem Spitzhelm des Turmes besaß ursprünglich eine Flachdecke, die von einem Mittelpfeiler gestützt wurde. Dieser Pfeiler drohte um 1616 unter dem Gewicht des Daches zu kollabieren, weswegen eine umfassende Modernisierung erforderlich wurde. Unter Friedrich V. fügte der Nürnberger Zimmermeister Peter Carl unter Beibehaltung des alten 24 Meter hohen Daches ein hölzernes Gewölbe ein, das am Dachtragwerk befestigt wurde. Gleichzeitig wurden die Wandsegmente des sechzehneckigen Belvedere-Geschosses grundlegend erneuert und mit hohen Kreuzstockfenstern versehen. Die schriftliche Überlieferung, darunter die Nennung von Maßangaben zu dieser spektakulären Baumaßnahme, erschien bislang schwer nachvollziehbar. Erst die Identifizierung einer Planserie aus der Sammlung Nicolai in der Württembergischen Landesbibliothek Stuttgart machte deutlich, wie der Turm konkret verändert wurde ¹⁸ ¹⁹.

Die komplizierte Aufhängung der hölzernen Gewölbeschale am Dachtragwerk, die in einem Bauplan als Schemaschnitt überliefert ist, konnte somit dreidimensional rekonstruiert und mit dem Baubestand des Turmes verbunden werden. Um sowohl die Dach- und Gewölbekonstruktion als auch den Saal wiedergeben zu können, wurde der Turm explizit für eine Schnittansicht modelliert und diese als Frontalperspektive angelegt, sodass die Schnittebene maßstabsgerecht erscheint. Ergänzend wurde unter der Schnittansicht eine schattierte Aufsicht auf die Dachtragwerkskonstruktion (Orthogonalprojektion) montiert. Eine untergeordnete Rolle kommt in der Ansicht der Oberflächengestaltung des Saales zu. Vermutlich war der Saal weiß getüncht, hierauf verweisen einzelne Putzreste. Eine Dekoration des Gewölbes ist in den Quellen nicht überliefert, die dargestellte Unterteilung des Gewölbes in einzelne Kassetten wurde im Sinne eines Platzhalters vorgenommen und orientiert sich an der Tragwerkskonstruktion und an zeitgenössischen Vergleichsbeispielen. Im mittleren 17. Jahrhundert befand sich im Belvedere-Geschoss des »Dicken Turmes« das Hoftheater der Residenz Heidelberg. Leider ist nicht überliefert, wie das Innere des etwa 27 Meter breiten Saales mit inneren Einbauten aussah, darunter evtl. konzentrisch ansteigende Zuschauerränge und eine Bühne mit entsprechenden Requisiten.

■ 15

Vgl. Hanschke 2016, S. 250–299.

Einige weitere Innenraumrekonstruktionen wurden zum Ottheinrichsbau erstellt, dem wichtigsten Renaissancepalast des Heidelberger Schlosses. ¹⁵ Während in der bisherigen Literatur vor allem die prachtvolle Fassadenarchitektur gewürdigt wurde, haben die umfangreichen baulichen Reste der Wohnung Ottheinrichs weitaus geringere Aufmerksamkeit erfahren. Die ursprünglich vollständig überwölbte Raumfolge besteht aus einem Vestibül, einem schmalen Vorraum, dem Audienzzimmer und der Schlafkammer des Fürsten. Benachbart gliedern sich die Stube und der sogenannte Kaisersaal an. Alle Räume weisen prachtvolle Renaissanceportale mit ornamentalem und z.T. figürlichem Schmuck auf. Die Gewölbe der kleineren Räume waren mit Kassettierungen versehen, worauf die noch erhaltenen Gewölbeansätze verweisen. Die großen Säle besaßen hingegen jeweils 2 × 3 Kreuzgratgewölbe, welche auf zwei mittigen Pfeilern auflagern.

Heute befinden sich anstelle der Gewölbe einfache Flachdecken, die in den 1960er Jahren provisorisch eingezogen wurden ²⁰. Besonders störend wirken sich auf die heutige Raumsituation die umlaufenden modernen Lichtleisten aus. In der Rekonstruktion sollte durch die digitale Wiederherstellung der Gewölbe die ursprüngliche Raumwirkung zurückgewonnen werden ²¹. Formgebung und Detaillierung entsprechen den Baubefunden bzw. einer historischen Ansicht, auf welcher der kleine Saal bzw. die Stube vor der Zerstörung des Gewölbes dokumentiert wurde.

Die Renderszene wurde bezüglich Texturen und Lichtwirkung so optimiert, dass sie den Material- und Lichtverhältnissen vor Ort möglichst entspricht. Mangels zeitgenössischer Quellen musste auf die Darstellung der wandfesten Ausstattung wie Lamberien, Vertäfelungen und die mutmaßlich sehr prachtvolle, in den historischen Inventaren erwähnte Möblierung verzichtet werden. Folglich sind die Interieurdarstellungen im Sinne einer Mindestannahme aufzufassen, in der allein die »Reparatur« der Raumschale intendiert wurde.



□ 20
Schloss Heidelberg, Ottheinrichsbau,
Kaisersaal, Blick nach Nordwesten.



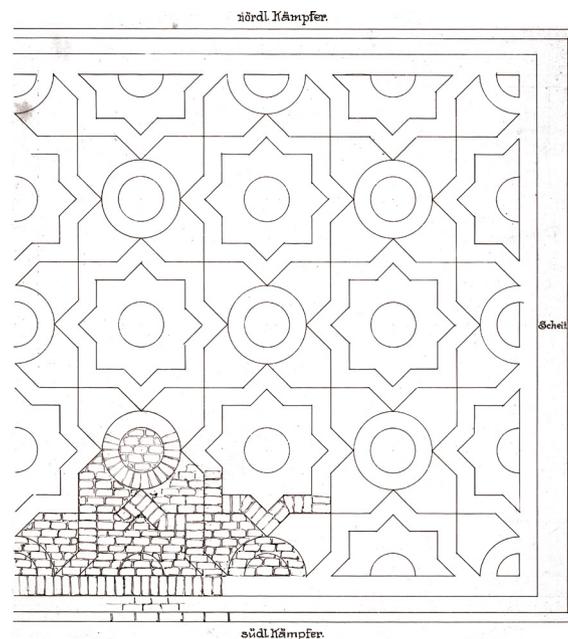
□ 21
Julian Hanschke: Schloss Heidelberg,
Ottheinrichsbau, Rekonstruktion des
Kaisersaals, Blick nach Nordwesten.

Eine weiterführende Rekonstruktion, explizit auf der Basis von Analogiebeispielen, stellt die Rekonstruktion des Vestibülgewölbes dar ^[22].



□ 22
Schloss Heidelberg, Ottheinrichsbau,
Vestibül, heutiger Zustand.

Nach der in Resten noch vorhandenen Gewölbeschale bestand hier ehemals eine aufwendige Kassettierung aus alternierenden Sternfiguren und Kreisen ^[23].

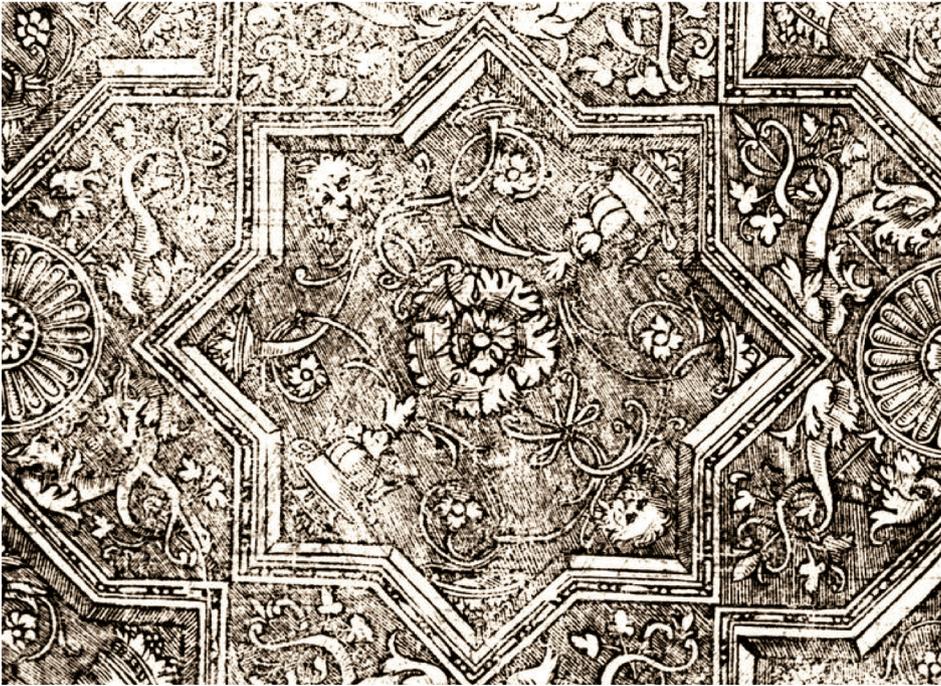


□ 23
Julius Koch, Fritz Seitz:
Abwicklung des Gewölbes im Vestibül
des Ottheinrichsbaus.

■ 16

Serlios Werk spielte auch eine entscheidende Rolle bei der Planung der Fassade, vgl. Hanschke 2016, S. 292.

Aus der Kenntnis vergleichbarer Stuckaturen in Schloss Neuburg an der Donau und der Stadtresidenz in Landshut ist zu vermuten, dass die Kassettenmalereien ehemals eine aufwendige antikische Profilierung aufwiesen und die einzelnen Felder mit einer Grotteskenmalerei verziert waren. Das Vorbild für die Anordnung der Kassetten bildete nachweislich eine Vorlage aus dem Architekturtraktat des Sebastiano Serlio ^[24]. ¹⁶



□ 24

Sebastiano Serlio: Entwurf für eine Kassettendecke aus alternierend angeordneten sechzehneckigen Sternen und Kreisfiguren, aus: Sebastiano Serlio: Libro quarto d'architettura, 1537. Die Darstellung bildete offenkundig die Vorlage für den Entwurf der Stuckdecke im Vestibül des Ottheinrichsbaus.

In der Rekonstruktion wurde die von Serlio propagierte zugehörige Kassettenmalerei als Füllungsornament verwendet ^[25].



□ 25

Schloss Heidelberg, Ottheinrichsbau, Vestibül, Blick nach Osten, Fotomontage mit ergänzter Stuckdekoration unter Auslassung des erst nachträglich in die Nordostecke des Vestibüls versetzten Portals I.

Die nur wenige Jahre früher entstandenen stuckierten Gewölbe der Stadtresidenz Landshut und der Tordurchfahrt von Schloss Neuburg an der Donau lassen vermuten, dass die Stern- und Kreisfiguren ursprünglich mit feinen Stuckbändern sowie einem umlaufenden Kymation versehen waren. Die rückwärtigen Flächen waren vielleicht mit einer Grotteskenmalerei nach der oben abgebildeten Vorlage Sebastiano Serlios von 1537 gefüllt.

Die perspektivische Wiedergabe des Vestibülgewölbes einschließlich der beschriebenen Detaillierung veranschaulicht die sicher zutreffende formale Nähe der Gewölbedekoration zu den Stuckaturen im Eingangsgewölbe auf Schloss Neuburg an der Donau [26] bzw. den Stuckaturen der Prunksäle der Stadtresidenz Landshut. Dabei ist zu bemerken, dass Stuckprofilierung und Füllungsornament als Platzhalter für die wohl tatsächlich früher vorhandene Ornamentierung anzusehen sind. Aus didaktischer Sicht ist auch diese Interieur-Rekonstruktion in den Zusammenhang einer ganzen Bildfolge zu stellen [22] [23] [24] [25] [26].

□ 26

Schloss Neuburg an der Donau,
Tordurchfahrt mit Stuckgewölbe.

D.10 Fazit

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes zur Baugeschichte des Heidelberger Schlosses wurden 2015/16 monographisch in zwei Auflagen publiziert. Die Publikation mit dem Titel »Schloss Heidelberg. Architektur und Baugeschichte« beinhaltet eine umfassende Bebilderung, welche sich aus über 550

Rekonstruktionszeichnungen, historischen Ansichten, Bauaufnahmen sowie aktuellen und historischen Fotografien zusammensetzt. Anordnung und Abfolge des Bildmaterials und des Textes erlauben es, die beschriebenen Sachverhalte in den für die Forschung relevanten Details nachzuvollziehen. Die »konservative« Publikationsform als Printmedium wurde ganz bewusst gewählt, um die Projektergebnisse möglichst langfristig (d. h. generationenübergreifend) und unabhängig von der bislang ungelösten Problematik einer dauerhaften digitalen Archivierung dem wissenschaftlichen Diskurs zur Verfügung zu stellen. Vor der Herausgabe der Printpublikation wurde ein Vorabauszug als Online-Ressource auf dem Server der Universitätsbibliothek Heidelberg zum Download freigegeben. ¹⁷

Im Nachgang zur Publikation von 2015/16 konnten vom Verfasser einige digitale Projektergänzungen durchgeführt werden. So wurde von der Schloßserververwaltung Baden-Württemberg ein Kurzfilm zur Baugeschichte des Schlosses in Auftrag gegeben, welcher im Museumsbereich des Schlosses sowie auf www.youtube.de präsentiert wird. ¹⁸ Die filmische Darbietung enthält u.a. einen Kameraflug um das digital rekonstruierte Schloss im Zustand von 1500, 1550 und 1680. Weiterhin wurde 2017 der Schlossohof photogrammetrisch aufgenommen und ein texturiertes 3D-Mesh erstellt.

Für die nächsten Jahre ist die schrittweise Realisierung einer aufwändigen digitalen Präsentation vorgesehen. So sollen die 3D-Rekonstruktionsmodelle künftig in einer umfangreicheren filmischen Wiedergabe sowie in interaktiver Form auf der bekannten Plattform www.sketchfab.com zu sehen sein. ¹⁹ Ergänzend ist die Herstellung mehrerer Bauphasenmodelle aus den 3D-Daten (3D-Druck) für den musealen Bereich des Heidelberger Schlosses in Planung. Darüber hinaus soll künftig auch der Heidelberger Schlossgarten, der sogenannte Hortus Palatinus in die digitale Rekonstruktion durch ein ergänzendes Forschungsprojekt miteinbezogen werden.

Anknüpfend an die derzeit an vielen Orten stattfindende digitale Erschließung herausragender Baudenkmäler plant die Schloßserververwaltung Baden-Württemberg auf dem Heidelberger Schloss eine App, in welcher die 3D-Daten und damit konnotierten historischen Quellen präsentiert werden sollen.

Weiterhin ist geplant, die Einzelheiten der baugeschichtlichen Forschungen abschließend in einem digitalen Gebäudearchiv zusammenzuführen, um sie für das Baumanagement des Schlosses nutzbar zu machen. Gerade dem letztgenannten Aspekt kommt eine besondere Bedeutung zu, da das Schloss fortwährend eine Baustelle darstellt und durch Sanierungen und sonstige bauliche Aktivitäten immer wieder in seiner Authentizität gefährdet ist. Mittels einer georeferenzierten Datenbank (3D-Bestandsmodell mit Text- und Bildverlinkungen) lassen sich wichtige Informationen zur Baugeschichte und zu vergangenen und aktuellen Sanierungen einfach ermitteln bzw. abrufen. Für die praktische Baudenkmalpflege ergibt sich der Vorteil, dass alle am Bau beteiligten Akteure auch über »unscheinbare« Baubefunde und die hiermit verbundenen bauhistorischen Inhalte informiert werden können, sodass das Risiko von Substanzverlusten eine Minimierung erfährt. Schließlich erlauben es moderne generationenübergreifend gepflegte Datenbanken, auf diese Weise die Restaurierungsgeschichte eines Baudenkmals nachzuvollziehen und fortzuschreiben.

■ 17

Julian Hanschke, *Neue Forschungen zur Baugeschichte des Heidelberger Schlosses. Vorabauszug aus dem für 2015 geplanten Abschlussband zu dem am Institut für Baugeschichte (KIT) 2010–2013 durchgeführten Forschungsprojekt. Online-Ressource UB Heidelberg, 41 S. PDF.*

■ 18

Schloss Heidelberg, *Die bauliche Entwicklung. Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg,* <https://www.youtube.com/watch?v=QkBWJSRclcs>.

■ 19

Auf dieser Plattform besitzt der Autor einen Account. Bereits online gestellt und interaktiv zu betrachten ist ein Modell der Oppenheimer Katharinenkirche im Zustand um 1890.





Frieder Leipold, Jan-Eric Lutteroth

E. Schloss Weikersheim in 3D. Neue Zugänge zur Architekturgeschichte der nordalpinen Spätrenaissance

→ 3D-Rekonstruktion, Digital Humanities,
Graf Wolfgang II. von Hohenlohe,
Spätrenaissance, Schloss Weikersheim

Die Baugeschichte des Schlosses in Weikersheim wurde im Zuge der ersten digitalen Agenda für Baden-Württemberg von 2019 bis 2020 mit aktuellen wissenschaftlichen Methoden untersucht. Dazu entstand im Rahmen des interdisziplinär ausgerichteten Kooperationsprojektes »Kulturliegenschaften 4.0« ein digitales 3D-Modell des in den Jahren zwischen 1595 und 1605 entstandenen Schlossneubaus, der unter Graf Wolfgang II. von Hohenlohe errichtet wurde. Bei den Recherchen dazu wurden zahlreiche neue Erkenntnisse gewonnen, die nahelegen, dass der Neubau von Beginn an als bloßer Anbau an die mittelalterliche Burg geplant war und nur teilweise ausgeführt wurde. Außerdem konnte anhand der vorliegenden Befunde am Bau und durch Archivalien eine zweite Planungsphase identifiziert werden, die zu maßgeblichen Änderungen wie der Errichtung der Altane führte. Auch die Entstehung des sogenannten Langenburger Baus konnte eindeutig auf das späte 17. Jahrhundert datiert werden. Diese neuen Erkenntnisse widerlegen die 1952 von Gerd Fleck in seiner Dissertation vertretenen These, dass der Komplex ursprünglich als kompletter Neubau auf dem Grundriss eines gleichseitigen Dreiecks geplant gewesen sei.



□ 01

Schloss Weikersheim. Ansicht von Südwesten. Foto: Bildarchiv Foto Marburg/CbDD/Andreas Lechtape/CC BY-NC-ND 4.0.

Schloss Weikersheim ⁰¹ gehört zu einer Gruppe von Bauten, mit denen Angehörige des Grafenstandes des Alten Reiches versuchten, architektonisch mit den beschleunigten Entwicklungen innerhalb der höfischen Architektur in Europa in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts Schritt zu halten. Ein Problem war dabei der Zugriff auf angemessen geschulte Architekten und Baumeister.

Im Juni 1595 erklärte sich der Werkmeister Elias Gunzenhäuser dazu bereit, die Leitung über einen bereits begonnenen Neubau an der mittelalterlichen Burg Weikersheim zu übernehmen, »damit der Bauw Pracht Inns werck gericht, und an dießem keijnen Mangel, noch Edtwaß versaumbt saldte werden«. ⁰¹ Zu diesem Zeitpunkt waren bereits zwölf Jahre ins Land gegangen, seit die Planungen 1583 begonnen hatten. ⁰² Trotz seiner Anstrengungen und Bemühungen hatte Graf Wolfgang II. von Hohenlohe bis dahin keinen geeigneten Baumeister verpflichten können. Da Gunzenhäuser die Baustelle nicht aktiv betreute, geschah genau das, was er eigentlich hatte verhindern wollen. Im Juni 1596 musste der bereits errichtete Neubau mit einem Beheldsdach abgedeckt werden, weil durch akute Regenfälle die Gefahr bestand, dass »die gewelber am Gemeüher bald schaden« nehmen würden. ⁰³

2018 fand vom 20. bis zum 23. Juni die interdisziplinäre Tagung »Zeiträume – Schloss Weikersheim im Spiegel seiner Geschichte« in der dortigen Orangerie statt, bei der auch die Baugeschichte unter Graf Wolfgang II. diskutiert wurde. ⁰⁴ Dabei zeigte sich, dass zu dessen Neubau vor allem vier Hauptfragen in der bisherigen Forschung umstritten sind:

Wer entwarf den ursprünglichen Bauplan?

Wie sah dieser Entwurf aus?

Wurde die Altane zum Innenhof bereits unter Graf Wolfgang II. errichtet?

Die Frage zur Datierung des Langenburger Baus.

■ 01

Brief Elias Gunzenhäusers an Graf Wolfgang vom 25./27.6.1595 (Julianischer Kalender), Hohenlohe-Zentralarchiv Neuenstein, We 50 D6f Elias Gunzenhäuser. Arbeitstranskription nach Nikolai Ziegler.

■ 02

Jost Weyer, Der Stuttgarter Baumeister Georg Stegle (ca. 1548–1598) und Schloss Weikersheim, in: Württembergisch-Franken, Bd. 101, 2017, S. 42–43.

■ 03

Briefentwurf Graf Wolfgangs an Elias Gunzenhöusers vom 16.6.1596 (Julianischer Kalender), Hohenlohe-Zentralarchiv Neuenstein, We 50 D6f Elias Gunzenhäuser. Arbeitstranskription nach Nikolai Ziegler.

■ 04

Tagungsband der Staatlichen Schlösser und Gärten Baden-Württemberg (Hg.), Schloss Weikersheim. Neue Forschungen, Oppenheim/Rhein 2019.

E.1 Forschungsstand

■ 05

Walther-Gerd Fleck, *Das Schloss Weikersheim. Seine Baugeschichte und seine Stellung innerhalb der Schlossbaukunst des 16. und frühen 17. Jahrhunderts* (Diss.), Tübingen 1952.

■ 06

Weyer 2017, S. 37–67.

■ 07

Stefan Uhl, *Die mittelalterliche Vorgängeranlage des Weikersheimer Schlosses*, in: *Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg* (Hg.), *Schloss Weikersheim. Neue Forschungen*, Oppenheim/Rhein 2019, hier S. 43.

■ 08

Nikolai Ziegler, *Idealplan gescheitert? Der Renaissancebau von Schloss Weikersheim 1586 bis 1605*, in: *Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg* (Hg.), *Schloss Weikersheim. Neue Forschungen*, Oppenheim/Rhein 2019, S. 136–159.

Bisher wurde zur Beantwortung vor allem die 1952 verteidigte Dissertation von Walther-Gerd Fleck zu Schloss Weikersheim ⁰² herangezogen. ⁰⁵ Auf seinen Thesen baut unter anderen Jost Weyer in seinem Aufsatz von 2017 über den Baumeister Georg Stegle auf. ⁰⁶ Zumindest in Grundzügen folgen auch Stefan Uhl ⁰⁷ und Nikolai Ziegler ⁰⁸ in dem 2019 erschienen Aktenband zu der Tagung im Juni 2018 noch der Argumentation Flecks. Wie sich zeigte, müssen einige dieser Schlussfolgerungen inzwischen als widerlegt angesehen werden. Weitere Erkenntnisse, besonders zur barocken Bauphase des Schlosses, werden in einer geplanten Veröffentlichung von Dinah Rottschäfer erörtert. Im vorliegenden Aufsatz sollen die vier maßgeblichen Fragen noch einmal detailliert unter Einbeziehung der neuesten Erkenntnisse und unter Anwendung digitaler Werkzeuge erörtert und soweit möglich nach aktuellem Forschungsstand beantwortet werden.

□ 02

Schloss Weikersheim. Ansicht des Rittersaals gegen Westen mit dem Portal in die Tafelstube. Foto: Bildarchiv Foto Marburg, CbDD, Andreas Lechtape, CC BY-NC-ND 4.0.

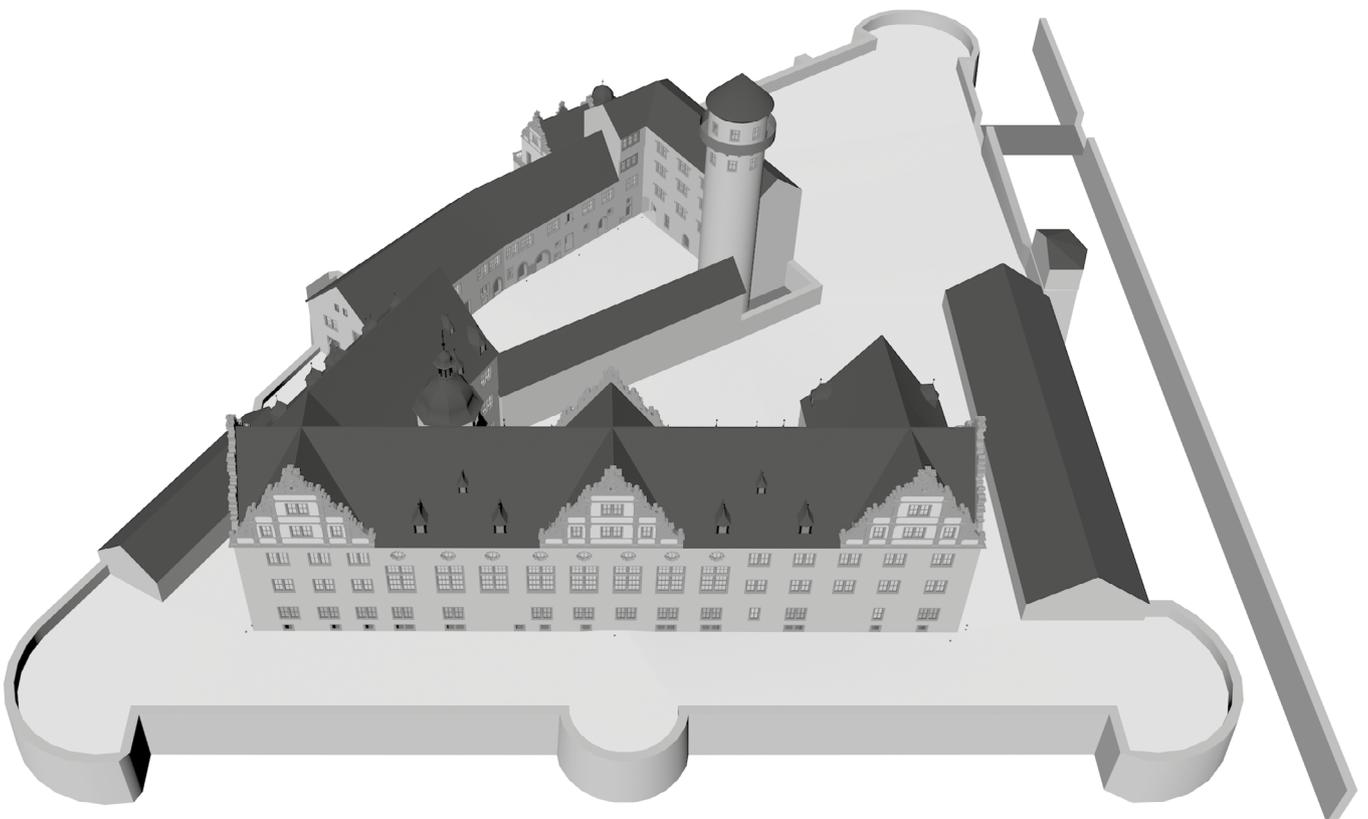


E.2 Projekt

Die hier zusammengefassten Erkenntnisse sind Ergebnis einer intensiven Beschäftigung mit der Baugeschichte unter Graf Wolfgang II. im Rahmen des interdisziplinär ausgerichteten Kooperationsprojektes »Kulturliegenschaften 4.0«. Diese Initiative im Rahmen der ersten digitalen Agenda für Baden-Württemberg (digital@bw 2018/19) wird vom baden-württembergischen Finanzministerium finanziert und soll innovative Zugänge zum kulturellen Erbe entwickeln. Unter der Leitung von **Stephan Hoppe** beschäftigten sich die Autoren am Institut für Kunstgeschichte der LMU München mit der Erstellung einer digitalen 3D-Rekonstruktion des Neubaus von Graf Wolfgang II. ^[03]. Dabei sollte für die einzelnen Bauakte und -körper der Frage nachgegangen werden, in welcher Bauphase sie ausgeführt wurden und welche Veränderungen sich im Laufe der Zeit ergeben haben. Dafür wurden neben dem Befund vor Ort vor allem die Indizien, Interpretationen und Thesen Walther-Gerd Flecks mit Hilfe moderner, digitaler Methoden und in enger Gegenüberstellung mit dem Originaltext seiner Dissertation geprüft und bearbeitet, da diese Arbeit auf Grund ihrer Informationsdichte weiterhin die wichtigste Grundlage für die Beschäftigung mit dem Bauwerk darstellt.

□ 03

Schloss Weikersheim aus der Vogelperspektive von Süden. Ansicht des 3D-Modells. Zustand um 1600.
Jan-Eric Lutteroth.



E.3 Methodik

Die digitale 3D-Rekonstruktion der Baumaßnahmen unter Graf Wolfgang II. von Hohenlohe hat vor allem drei Aufgaben zu erfüllen: Erstes dient das digitale 3D-Modell als Forschungswerkzeug, um mittels der Methode der Rekonstruktion gängige Forschungsmeinungen zu validieren und alternative Thesen zu untersuchen. Zweitens wird das erstellte 3D-Modell als Wissensspeicher für nachfolgende Forschergenerationen langzeitarchiviert, um einen kontinuierlichen Forschungsprozess zu gewährleisten und drittens kann es den Schlossführerinnen und -führern sowie den Besucherinnen und Besuchern von Schloss Weikersheim als Gedankenstütze und Orientierungshilfe dienen, um die erarbeiteten Forschungsergebnisse in anschaulicher Weise nachvollziehen zu können.

Um diese drei Aufgaben zu erfüllen, ist es notwendig den Entstehungsprozess des 3D-Modells und die ihm zu Grunde liegenden Erkenntnisse und Interpretationen so präzise wie möglich zu dokumentieren. Als virtuelle Forschungsumgebung (VFU), die den Prozess nachvollziehbar werden lässt und dokumentiert, diente dabei eine digitale semantische Datenbank, die unter der Leitung von Piotr Kuroczyński ⁰⁹ sowie Peggy Große an der Hochschule Mainz zur Verfügung gestellt wurde. Darin wurden nicht nur Befunde und deren Interpretation am noch existenten Bauwerk dokumentiert, sondern ebenso die historischen Quellen, die für die Interpretation des Bauverlaufs relevant sind, festgehalten, kommentiert und verknüpft ⁰⁴⁰⁵. Die Ergebnisse dieser kollaborativen Forschung werden anschließend durch die UB Heidelberg langzeitarchiviert und dort in semantischer Ordnung nachvollziehbar und nachnutzbar gesichert.

■ 09

Zur semantischen Datenbank vgl.:
Kuroczyński 2015, S. 54–61; Kuroczyński 2016, S. 149–172; Lutteroth 2018, S. 184–198.

Virtuelle Rekonstruktion: Kulturliegenschaften gestern und heute

Home
Find
Navigate
Create
Klassifizierung

[Home](#) - [Navigate](#) - [Objekt](#)

WEIK Saalbau

[View](#) [Edit](#) [Delete](#)

Thema
Schloss Weikersheim
[Klassifizierung](#)
[Baukörper](#)

Kontext
Bestand Graf Wolfgang II A
Bestand Graf Wolfgang II B
Bestand nach Graf Wolfgang II

Teil von (Objekt)
[WEIK Schloss Weikersheim](#)
[Bezieht sich auf \(Objekt\)](#)
[WEIK Küchenbau](#)
[WEIK Langenburger Bau](#)
[WEIK Treppenturm](#)

Ausführung
Datum
1595 - 1605



Besteht aus (Objekten)

[WEIK SB Untergeschoss](#)
[WEIK SB Erdgeschoss](#)
[WEIK SB Obergeschoss 1](#)
[WEIK SB Obergeschoss 2](#)
[WEIK SB Dachgeschoss](#)
[WEIK SB West Fassade](#)
[WEIK SB Süd Fassade](#)
[WEIK SB Ost Fassade](#)
[WEIK SB Nord Fassade](#)
[WEIK SB Dach](#)

Erfasst in (Quelle)

[WEIK Schnitt \(AA\) SB von West nach Ost in Richtung Nord 2014/15](#)
[WEIK Schnitt \(BB\) SB LB von Süd nach Nord in Richtung West 2014/15](#)
[Der Saalbau des Weikersheimer Schlosses](#)
[WEIK Hofansicht nach Osten 1966](#)

Bezieht sich auf (Objekt)

[WEIK Küchenbau](#)
[WEIK Treppenturm](#)

Kommentar

Beschreibung 1670 (mit Küchenbau, Treppenturm und Altane)

« [7]
Daß Neue Gebau vornn Herren Graff Wolffgangs hoch=
seeligster gedechtnuß, hochgrätl: gnad(en); erbaut.
helt in sich.
Achtzehn gewelber, weiche zum baden, obs(!),
Kraut, waschen, backen vndt anderem ge=

□ 04
Bildschirmaufnahme. Virtuelle Forschungsumgebung (VFU) Objekt-Seite des Saalbaus von Schloss Weikersheim.

3D-Rekonstruktion der Nordfassade des Saalbaus von Schloss Weikersheim 2014/15

[View](#) [Edit](#) [Delete](#)

Thema
Schloss Weikersheim
[Klassifizierung](#)
[Digitale 3D-Rekonstruktion](#)

Kontext
Bestand nach Graf Wolfgang II

Bearbeiter
[Lutteroth, Jan-Eric](#)
[Leipold, Frieder](#)

Ort
[München](#)

Ist Teil einer (Forschungsaktivität)
[3D-Rekonstruktion des Saalbaus von Schloss Weikersheim 2014/15](#)

Benutzte Quelle
[WEIK Plansammlung 2014/15](#)
[WEIK Plansammlung 1834](#)
[WEIK Aufriss SB Nord Fassade 2014/15](#)
3D-Modell
Modelliertes Objekt
[WEIK SB Nord Fassade](#)

Plausibilität
mittel
3D-Modell-Visualisierung



□ 05
Bildschirmaufnahme. Virtuelle Forschungsumgebung (VFU) Ereignis-Seite der 3D-Rekonstruktion der Nordfassade des Saalbaus von Schloss Weikersheim mit eingebundenem 3D-Modell.

■ 10

Hier erfolgte die Forschungsleistung hauptsächlich von Ulrike Seeger und in enger Zusammenarbeit dem Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland: <https://deckenmalerei.badw.de/das-projekt.html>.

■ 11

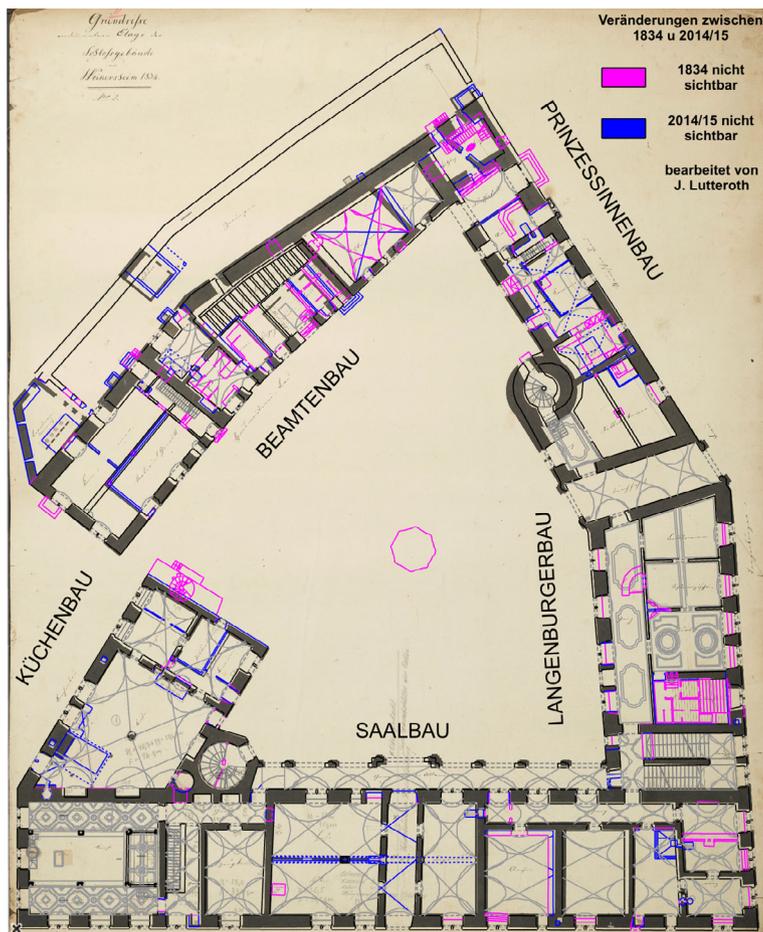
Entscheidende Hinweise kamen von Dr. Angelika Dreyer und Georg Kabierske.

■ 12

Ein weiterer Aufsatz von Frieder Leipold zu diesen Aspekten befindet sich im Rahmen des Palamusto-Programms der EU in Planung.

Der Rekonstruktionsprozess erfolgte revers-chronologisch von der modernsten Bauaufnahme (2014/15) rückwärts bis zum postulierten Bauzustand um 1600 unter Graf Wolfgang II. Die teilweise vektorisierten aktuellsten Grundrisse, Schnitte und Ansichten des Bauwerks wurden als Grundlage für die Rekonstruktion benutzt. Anschließend wurde dieses Grundgerüst mit den ältesten erhaltenen Bauplänen von 1834 überlagert, um ein Rohmodell des Bauzustands zu dieser Zeit zu erstellen. ^[06] Dieses Rohmodell stellte die Basis für die weiterführenden Rekonstruktionsüberlegungen dar, die auf den Befunden am Bau sowie den Interpretationen der Textquellen beruhen und für jeden einzelnen Baukörper individuell kommentiert wurden.

Weitere Ergebnisse, die sich im Forschungsprozess entwickelten, aber nicht direkt mit der Chronologie der Baugeschichte von Bedeutung waren, konnten im Rahmen des Projekts nicht in die Tiefe verfolgt werden. Zu erwähnen ist hier lediglich die Rekonstruktion der alten Tafelstube mit einer möglichen Hängung der Schlachtengemälde von Balthasar Katzenberger an deren Decke ^[22]. ^[10] Des Weiteren wurde das Stuckrelief im Blick zum Saal als Fortuna ^[11] identifiziert, die ikonologisch im Zusammenhang mit dem Kamin im Rittersaal und der Windfahne auf dem westlichen Treppenturm stehen könnte. Die Stuckaturen von Gerhard Schmidt im Appartement des ersten Obergeschosses lassen sich auf eine Stichfolge von Jost Amman ^[12] zurückverfolgen. Diese drei Beispiele versprechen neue Erkenntnisse bei der weiteren Beschäftigung mit dem Bauwerk.



□ 06

Planüberlagerung. Erdgeschossgrundriss 1834 und 2014/15 mit Kennzeichnung der Veränderungen und Bezeichnungen der Gebäudeflügel. Planung: Zimmermann & Meixner 3D Welt GmbH (2014/15). Auftraggeber: Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Amt Heilbronn. Bearbeitet von Jan-Eric Lutteroth.

E.4 Wer entwarf den ursprünglichen Bauplan?

■ 13

Weyer 2017, S. 45.

■ 14

Zu Georg Robins Rolle vgl.: Weyer 2017, S. 45; Fleck 1952 (Diss.), S. 46; Dehio 1908, S. 538; Fleck 1979, S. 223; Gradmann 1982, S. 33; Freeden 1948, S. 2; Ottenheym 2013, S. 54 u. 56; Poser 1979, S. 160–164; Fandrey, 2002, S. 6.

■ 15

Fleck 1952, S. 46; Fleck 1979, S. 223; Ziegler 2017, S. 7. Sowohl Robin als auch Stegle waren bereits bei anderen Bauprojekten für Graf Wolfgang tätig gewesen. Vgl.: Fleck 1952 (Diss.), S. 46 u. 93–97.

■ 16

Weyer 2017, S. 45–46 u. Fleck 1952 (Diss.), S. 46.

■ 17

Weyer 1995, S. 256; Weyer 2017, S. 45, Baum 1907, S. 468; Fleck 1979, S. 222 u. Fleck 1952 (Diss.), S. 16 u. 44. Der Inschrift auf dem Eselsrücken-Türge- wände an der Südfassade des Beamtenbaus zufolge scheinen diese Arbeiten 1588 weitgehend abge- schlossen gewesen zu sein.

■ 18

Die entsprechenden Unterlagen befinden sich im Hohenlohe-Zentralar- chiv Neuenstein, We 50 D 56 Baumate- rial. Vgl.: Weyer 1995, S. 256; Weyer 2017, S. 51; Fleck 1952 (Diss.), S. 45 u. Fleck 1979, S. 223. Zeitgleich wurde allerdings ein neuer Kirchturm im Ort Weikersheim errichtet. Vgl.: Andermann 2012, S. 620.

■ 19

Fleck 1952 (Diss.), S. 46 u. Weyer 2017, S. 45.

■ 20

In einem Briefwechsel mit dem Augsburgener Papierhändler Seuter ist die Sprache von den Meistern Bartho- lomäus und Caspar Hag, die allerdings absagen, und von dem Werkmeister Hanns Lohser, der wohl nach Weikers- heim kommen will, dort aber nicht aktenkundig wird. Vgl.: Fleck 1952 (Diss.), S. 47 u. Freeden 1948, S. 2.

Nachdem die Burg Weikersheim Graf Wolfgang II. im Zuge der Hohenlohi- schen Landesteilung am 3. Juni 1586 durch Los zugefallen war, suchte er nach einem geeigneten Baumeister für seinen geplanten Neubau. ¹³ So schrieb er im Juli zunächst an den niederländischen Baumeister Georg Robin (1522– 1592) und an dessen Dienstherrn Wolfgang X. von Dalberg (reg. 1582–1601), den Kurfürsten von Mainz, mit der Bitte, ihn bei der Planung eines Neubaus zu unterstützen. ¹⁴ Dieser schien seiner Bitte nicht entsprochen zu haben, sodass sich der Graf in dieser Angelegenheit im November an Georg Stegle wandte, der als Bauverwalter in württembergischen Diensten stand. ¹⁵ Nachdem er im März seinen Hauptsitz von Langenburg nach Weikersheim verlegt hatte, folgte ein reger Briefverkehr mit Stegle und dessen Dienstherrn, Herzog Ludwig von Württemberg (reg. 1568–1593), in dem er eine Beurlaubung des Baumeisters zu erreichen versuchte. ¹⁶ Zeitgleich fanden bis 1588 an der Weikersheimer Burg zahlreiche Um- und Ausbauten unter der Leitung des Zimmermeisters Lienhardt Niebel statt, um der gräflichen Familie standesgemäße Räume zu schaffen. ¹⁷ In diese Zeit fallen umfassende Lieferungen von Baumaterial, die teilweise bereits für den geplanten Neubau bestimmt gewesen sein könnten. ¹⁸ Im Februar 1588 schickte Stegle dann Risse an Graf Wolfgang II., darunter auch drei Pläne für die Hängewerke des Dachstuhls von Georg Saltzmann, dem Sohn des würt- ttembergischen Oberbaumeisters Jacob Saltzmann. ¹⁹

Da Stegle als herzoglicher Baumeister vermutlich nur für die Planung, nicht aber für die Beaufsichtigung der Bauarbeiten zur Verfügung stand, suchte Graf Wolfgang II. weiter nach einem geeigneten Baumeister – allerdings vergeblich. ²⁰ Ab August hielt sich Stegle in Weikersheim auf und hatte dort die Aufgabe

»das vorhabende Werckh ufrecht in Holtz zue machen«, ²¹

also ein Holzmodell des Neubaus zu schaffen. Obwohl er vom Herzog für diese Unternehmung eigentlich nur für drei Wochen beurlaubt worden war, scheint er bis März 1589 als Gast bei Graf Wolfgang II. geblieben zu sein. ²² Nach dieser siebenmonatigen Tätigkeit lag jetzt ein detailliertes Modell vor, an dem sich sein Nachfolger hätte orientieren können. ²³

Der maßgebliche Schöpfer des Generalplans für den Neubau scheint also Georg Stegle gewesen zu sein, doch hatte dieser offensichtlich auch fremde Entwürfe und Ideen in sein Model übernommen. So entsprechen beispielsweise die Giebel des Saalbaus in ihrer Gestaltung fast vollständig den Giebeln der Hofaa in Ansbach von Blasius Berwart ⁰⁷. ²⁴

■ 21

Brief Graf Wolfgangs an Herzog Ludwig vom 25.9.1588 (julianischer Kalender). Vgl.: Fleck: 1952 (Diss.), S. 47 u. Weyer 2017, S. 48.

■ 22

Fleck 1592 (Diss.), S. 47, Fleck 1979, S. 223 u. Weyer 2017, S. 48.

■ 23

Dabei waren unterschiedliche Materialien möglicherweise in verschiedenen Farben koloriert. Zur Detailschärfe des Modells vgl.: Weyer 2017, S. 49–50. Das berühmteste Beispiel solcher Renaissance-Architekturmodelle ist vermutlich das Modell von Sankt Peter in Rom, das Antonio da Sangallo der Jüngere zwischen 1539 und 1546 geschaffen hat. Vgl.: Website der Biblioteca Hertziana: <http://foto.biblhertz.it/exist/foto/object.xql?id=08045029>.

■ 24

Fleck 1952, S. 72–73 u. 153–154; Weyer 2017, S. 48 u. 52; Baum 1907, S. 479 u. Dehio 1908, S. 539.

■ 25

Briefentwurf Graf Wolfgangs an Elias Gunzenhäuser vom 18.6.1595 (Julianischer Kalender), Hohenlohe-Zentralarchiv, We 50 D6f Elias Gunzenhäuser.

■ 26

Bereits Dehio beschrieb 1908, dass die Form des Schlosshofes »ungefähr auf ein Dreieck zurückgeführt werden kann.« Vgl.: Dehio 1908, S. 538. Flecks These übernahmen unter anderen: Gradmann 1982, S. 33; Merten 1994, S. 2; Gräter u. Lusin 2005, S. 143; Andermann 2012, S. 620; Ziegler 2014, S. 393; Ziegler 2017, S. 7 u. Weyer 2017, S. 43–45. Ulrich Großmann geht von einem dreieckigen Grundriss aus, wenn auch nicht von einem gleichseitigen. Vgl.: Großmann 2019, S. 119 u. S. 127.

E.5 Wie sah dieser Entwurf aus?

Da das Modell selbst nicht erhalten ist, kann sein ungefähres Aussehen nur aus den überlieferten Quellen rekonstruiert werden. Walther Gerd Fleck präsentierte in seiner Dissertation von 1952 die Idee, Graf Wolfgang II. habe einen Neubau an der Stelle der mittelalterlichen Wasserburg geplant, aus deren damaligem Bestand lediglich der Bergfried übernommen werden sollte. Seiner Ansicht nach sollte dieser Neubau den Grundriss eines gleichseitigen Dreiecks haben.²⁵ In einem Briefentwurf²⁶ an Elias Gunzenhäuser beschrieb der Graf im Juni 1595 sein Bauvorhaben mit diesen Worten:

»Wir geben eüch hiermit günstig zu vernemen, das wir alhier an unserem Schloß einen grossen haubtbaw zu dreyen Seiten jede besonders ungefahr 250 schuech lang zufüren vorhabens, darein ein Saal 23 schuech hoch, über 100 schuech lang und 40 schuech breit, alles ohne Seülen und auf solch Saal drey unterschiedliche kornschüttungen kommen sollen«

Vor allem die gestrichene Passage, »zu dreyen Seiten jede besonders ungefahr 250 schuech lang«, interpretierte Walther-Gerd Fleck als Hinweis darauf, dass das geplante Schloss ein gleichseitiges Dreieck als Grundriss haben sollte und für den Neubau die bestehende Burganlage bis auf den Bergfried abgeris-

sen werden sollte. ²⁷ Als weiteres Indiz für diese Theorie wertete er den Winkel zwischen den neu errichteten Trakten des Küchenbaus und des Saalbaus, der ungefähr 60 Grad beträgt. ²⁸ Diesen Überlegungen widersprechen allerdings andere Befunde. So nähert sich der Winkel an der gegenüberliegenden Seite des Saalbaus eher 90 als 60 Grad an. ²⁹

Entscheidend für die Gestalt des Neubaus scheint stattdessen die vorgefundene Situation des befestigten Plateaus der Vorburg gewesen zu sein, das bedeutend früher in der Flucht der Stadtmauer errichtet worden war. ³⁰ Wie aus dem Brief hervorgeht, war auch kein kompletter Neubau geplant, sondern lediglich ein Anbau (»alhier an unserem Schloß«). In diesem Sinn schloss wohl der neue Küchenbau ursprünglich direkt an den vorhandenen südöstlichen Flügel der mittelalterlichen Burg an, der als Witwentrakt genutzt wurde, und bildete mit diesem einen gemeinsamen Flügel, der die im Brief an Gunzenhäuser angesprochene Länge von 250 Fuß aufwies. ³¹ Dafür spricht auch, dass sich an den Keller des Küchentraktes nach Nordosten anschließend heute noch Hohlräume zu befinden scheinen, bei denen es sich um die Keller des alten Witwentraktes handeln könnte. ³²

■ 27

Zu möglichen Einbindungen des Bergfrieds in einen Neubau vgl.: Großmann 2019, S. 124–125.

■ 28

Als exakte Gradzahl nennt Fleck 58,5 Grad. Vgl.: Fleck 1952 (Diss.), S. 65. Nach den Vermessungsplänen von 2014/15 ergibt sich als Durchschnittswert der Innen- und Außenflucht des Erdgeschoss-Grundrisses eine Gradzahl von 58,8 Grad (Durchschnittswert Innen- und Außenflucht des EG-Grundrisses der Vermessungspläne von 2014/15).

■ 29

Baum beschreibt einen rechten Winkel. Vgl.: Baum 1907, S. 474 u. Großmann 2019, S. 126. Nach den Vermessungsplänen von 2014/15 ergibt sich dort als Durchschnittswert der Innen- und Außenflucht des Erdgeschoss-Grundrisses eine Gradzahl von 86,1 Grad (Durchschnittswert Innen- und Außenflucht des EG-Grundrisses der Vermessungspläne von 2014/15).

■ 30

Blind 1930, S. 21–22.

■ 31

In einer Beschreibung des Schlosses von 1670 ist »Der Alte baw des Alten Frawen Zim(m)ers« erwähnt, der wohl dem Alten Südtrakt der mittelalterlichen Burg entspricht, Hohenlohe-Zentralarchiv Neuenstein, We 100 Bd. 17.

■ 32

Ziegler interpretiert die Hohlräume nordöstlich des Küchenbaus stattdessen als unter Graf Wolfgang II. ausgeführte Teile des geplanten, aber nicht fertiggestellten Neubaus. Vgl.: Ziegler 2017, S. 35–37 u. Ziegler 2019, S. 151. Eine Grabung an dieser Stelle des Schlosshofes könnte zu mehr Sicherheit in der Interpretation der Bauabfolge führen.



■ 33
Merten 1996, S. 10; Brod 1969, S. 366;
Fandrey 2010, S. 8 u. Elfgang 1999,
S. 4–5.

■ 34
Grünwald 1949, S. 17.

■ 35
Zum Ausbau von Burgen allgemein vgl.:
Großmann 2019, S. 119; Ulrich
Großmann, Die Burg als Nucleus des
Residenzschlosses. Zur Kontinuität
mittelalterlicher Wehrarchitektur im
fürstlichen Repräsentationsbau, in:
Joachim Zeune (Hg.), Von der Burg zur
Residenz (Veröffentlichungen der
Deutschen Burgenvereinigung e.V.,
Reihe B: Schriften, Bd. 1×1), Braubach
2009, S. 119–128.

Zwei idealisierte Darstellungen des Schlosses, die den neuen Ostflügel, den sogenannten Langenburger Bau, mit Ziergiebeln zeigen, könnten Rückschlüsse auf den ursprünglich Plan ermöglichen: Zum einen ein Deckengemälde im Rittersaal ⁰², das im Vordergrund die Jagd auf Fischotter zeigt und um 1602 von Balthasar Katzenberger gemalt wurde, ³³ zum anderen ein Stich, der 1684 als Titelblatt für die Leichenpredigt für den damaligen Schlossherren Graf Siegfried verwendet wurde, auf dem der Langenburger Bau ebenfalls mit Ziergiebeln ⁰⁷ gezeigt wird, obwohl der Bau zu dieser Zeit bereits in anderer Gestalt ausgeführt worden war. Beide Darstellungen können als Hinweise auf einen damals noch vorliegenden Gesamtentwurf, eben das erwähnte Holzmodell, gewertet werden. ³⁴

Ziel des Neubaus scheint es also nicht gewesen zu sein, etwas komplett Neues zu bauen und das Alte dafür abzureißen, wie das bei einem dreieckigen Neubau der Fall gewesen wäre. Stattdessen scheint bei der Planung einerseits ökonomisches Denken ausschlaggebend gewesen zu sein, zum anderen konnte durch die Restbestände der mittelalterlichen Burg die Altehrwürdigkeit der Familie Hohenlohe gezeigt werden. Hier fehlen weitere vergleichende Forschungen zu den Konzeptionen und Vorgehensweisen. ³⁵



□ 07
Fotomonatage: Orthogonales Rendering
des Mittelgiebels von Schloss Weikers-
heim und Handskizze des Giebels der
Hofkanzlei von Ansbach. Max Littmann,
aus: Martin Laiblin, Theater.Bau.Effekte! –
Der Architekt Max Littmann und München
zur Prinzregentenzeit, Leipzig 2016,
S. 53. – s. a. vorhergehende Seite.

E.6 Wurde die Altane zum Innenhof unter Graf Wolfgang II. errichtet?

Nachdem also ab März 1589 zwar ein detailliertes Modell des geplanten Neubaus existierte, war noch immer kein geeigneter Baumeister für die Ausführung gefunden worden. Also verhandelte Graf Wolfgang II. von Oktober 1589 bis Juli 1590 mit dem flandrischen Baumeister Gilles Cardon, dessen hohe Lohnforderungen allerdings einen Vertragsabschluss verhinderten. ³⁶ Schließlich gelang es im März 1595 den Baumeister Wolfgang Beringer aus Würzburger Diensten – zumindest zeitweise – auszuleihen. ³⁷

Da der für den Neubau verpflichtete Wolfgang Beringer zunächst nicht nach Weikersheim kommen konnte, schritten die Bauarbeiten unter Aufsicht der einfachen Handwerksmeister voran, sodass im Juni 1595 bereits das erste Geschoss vollendet werden konnte. ³⁸ In dieser Hinsicht profitierte die Unternehmung von dem Umstand, dass sich der Maurermeister Jacob Kauffmann, der Steinmetzmeister Servatius Körber und der Zimmermann Lienhard Niebel bereits von dem Umbau von Schloss Kirchberg an der Jagst 1590 kannten ³⁹, der als Witwensitz für Graf Wolfgangs Mutter, Gräfin Anna von Hohenlohe-Neuenstein, geborene Solms-Laubach, dienen sollte. Ein Indiz dafür, dass die Bauarbeiten am Küchenbau begonnen wurden, stellen die anfangs noch verfeinerten Gewändeprofile der Erd- und Obergeschossfenster dar. Diese Form wurde im weiteren Bauverlauf reduziert und lässt sich am restlichen Bau nicht mehr nachweisen.

Während dieser ersten Phase ergaben sich auf der Baustelle in Weikersheim allerdings Probleme, weil Anpassungen, die dem Fortgang der Bauarbeiten geschuldet waren und die über den ursprünglichen Plan hinausgingen, nicht festgehalten wurden. Graf Wolfgang II. bat Beringer deshalb, eine »Visierung über den gantzen Bau« anzufertigen, die auch die aktuellen Änderungen beinhalten sollte. ⁴⁰

Weil sich abzeichnete, dass Beringer nicht in dem gewünschten Umfang auf der Baustelle anwesend sein konnte, musste weiter nach einem anderen Baumeister Ausschau gehalten werden. Wie in der Einleitung bereits angesprochen, sollte ab Juni 1595 Elias Gunzenhäuser den weiteren Fortgang des Neubaus organisieren. Ende Juli scheint er die Baustelle für einige Tage besucht zu haben. Doch musste auch er kurz darauf anderen Verpflichtungen nachgehen und der Saalbau im Juni 1596 von den anwesenden Zimmerleuten mit einem Behlfsdach abgedeckt werden ⁰¹. ⁴¹ Trotzdem lehnte Graf Wolfgang II. noch im Mai 1596 die Dienste des Baumeisters Christoph Jungkhanns mit der Begründung ab, dass der Bau bereits stehe. ⁴² Schließlich dauerte es noch bis 1598, bis der Dachstuhl über dem Saalbau aufgeschlagen und damit der Rohbau abgeschlossen werden konnte. ⁴³

Zwei der anderen Dachstühle im Neubau könnten ebenfalls auf die Verzögerungen hinweisen. So wurde das im Küchenbau verwendete Holz bereits 1593/94 geschlagen, das für den Treppenturm 1595. ⁴⁴ Als das Holz nicht saftfrisch verarbeitet werden konnte, lagerte man es bis zum Einbau kurz nach Mai 1596 ein, wobei es vermutlich gewässert wurde, um einen Pilzbefall zu vermeiden. ⁴⁵

■ 36

20 Briefe im Hohenlohischen Zentralarchiv in Neuenstein erhalten, We 50 D6g. Zu Cardon vgl. Lipinska 2020; Fleck 1952 (Diss.), S. 48 u. Fleck 1979, S. 224.

■ 37

Weyer 1995, S. 259–260; Baum 1916, S. 89–91; Fleck 1952 (Diss.), S. 49 u. Fleck 1979, S. 224. Der transkribierte Vertrag in: Baum 1907, S. 481–484; Dehio vermutet Beringer als entscheidende Person für den Bauplan vgl.: Dehio 1908, S. 538.

■ 38

Fleck 1952 (Diss.), S. 52.

■ 39

Fleck: 1952 (Diss.), S. 48–49, Fleck 1979, S. 224 u. 145; Gradmann 1982, S. 34; Weyer 2017, S. 52 u. Ziegler 2019, S. 145.

■ 40

Briefentwurf Graf Wolfgangs an Wolfgang Beringer vom 18.6.1595, Hohenlohe-Zentralarchiv, We 50 Bü D 6h. Vgl.: Fleck 1952 (Diss.), S. 50 u. Weyer 2017, S. 53–54.

■ 41

Statt von Lienhard Niebel wurden die entscheidenden Zimmermannsarbeiten allerdings von German Rögner übernommen, vgl. Fleck 1952 (Diss.), S. 54 u. 69.

■ 42

Baum 1907, S. 470–471.

■ 43

Fleck 1952 (Diss.), S. 53 u. 56. Fleck bezieht die entsprechenden Archivalien allerdings teilweise auf den Dachstuhl des Langenburger Baus. Vgl.: Fleck 1952, S. 54 u. Ziegler 2017, S. 150.

■ 44

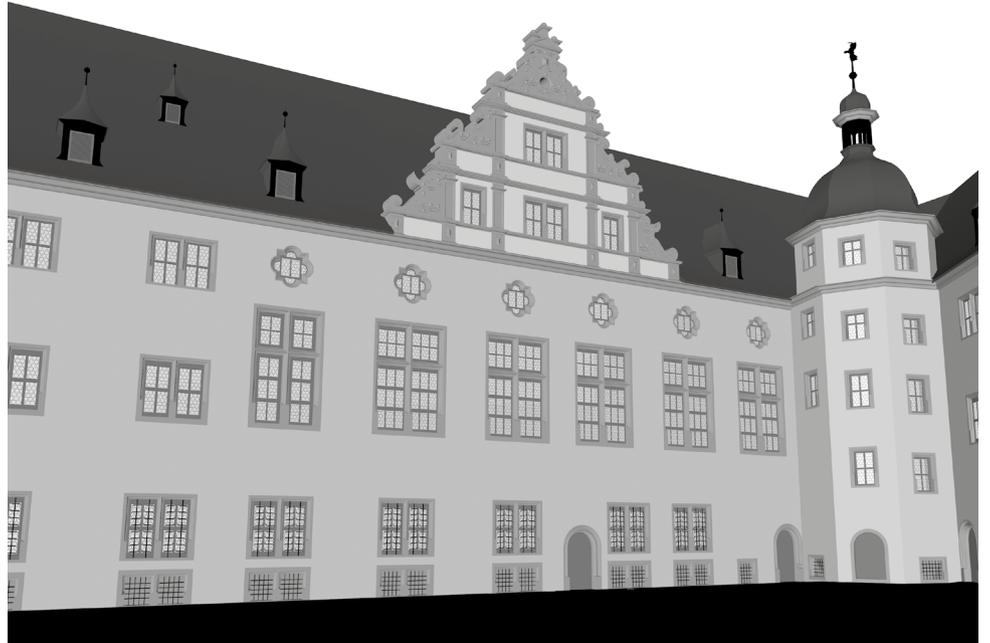
Ziegler 2017, S. 142. Ziegler geht in seinem Aufsatz zunächst davon aus, dass die Erbauungszeit von Küchenbau und Treppenturm vordatiert werden müsste. Verwirft diese Annahme aber später unkommentiert, vgl. Ziegler 2017, S. 150. Zu der dendrochronologischen Datierung der Dachstühle vgl. Großmann 2019, S. 125.

■ 45

Fleck 1952 (Diss.), S. 53–54 und Baum 1907, S. 472.

□ 08

Ansicht der Nordfassade des Saalbaus von Schloss Weikersheim. Zustand des 3D-Modells vor Anbau der Altane.



□ 09

Ansicht der Nordfassade des Saalbaus von Schloss Weikersheim. Zustand des 3D-Modells nach Anbau der Altane.



Ohne das verschollene Modell von Stegle ist heute kaum mehr zu klären, welche Details am Bau von der ursprünglichen Planung abwichen. Allerdings ist an mehreren Befunden erkennbar, dass zumindest die Altane im ursprünglichen Plan nicht vorgesehen war: **46**

■ 46

Zu einer zweiten Planungsphase vgl. auch Großmann 2019, S. 128.

■ 47

Zum Befund vgl.: Großmann 2019, S. 128.

- Über dem Portal, das in den Rittersaal führt, ist an der Außenwand noch der Entlastungsbogen eines Fensters zu sehen, das sich ursprünglich an dieser Stelle befunden hat sowie das nachträglich ausgeführte Mauerwerk, um die Lücke zu schließen, die durch das Ausbrechen des Fenstergewändes entstanden war **10**. **47**



□ 10
Nordfassade des Saalbaus. Hervorhebung des Entlastungsbogens des ehemaligen mittleren Saalfensters. Foto und Bearbeitung: Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.

- Im Inneren wurde der obere Teil der Fensternische als »Bärenhöhle« umgestaltet. Die Datierung legt nahe, dass diese Arbeiten durch Christoph Limmerich und Gerhard Schmidt spätestens 1605 beendet waren **11**.
- An der Fassade des Langenburger Baus ist noch das vermauerte ur-

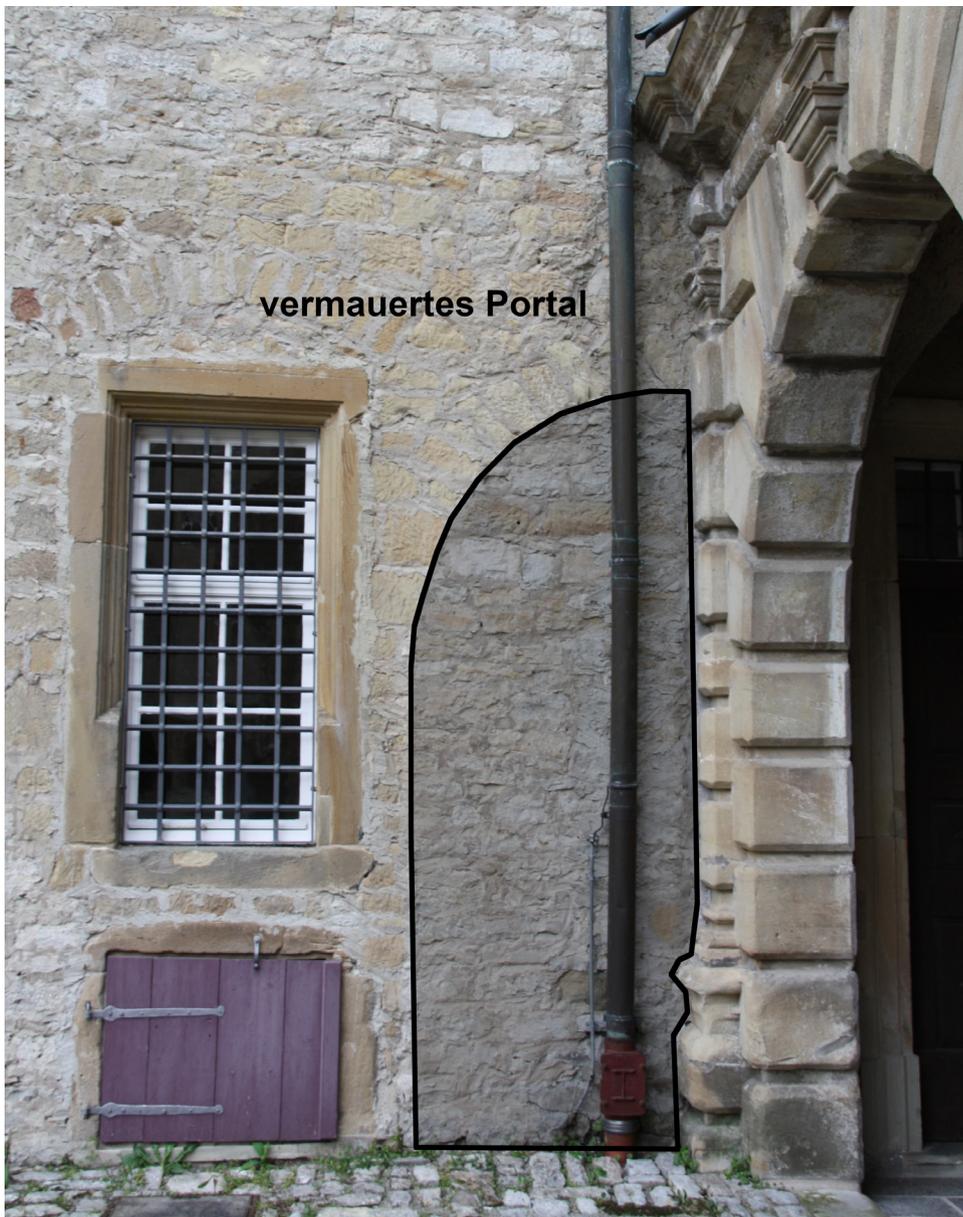


□ 11
Rittersaal Südwand. Detail der sog. »Bärenhöhle« über dem späteren mittleren Eingang. Foto und Bearbeitung: Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.

sprüngliche Portal zum Treppenhaus zu sehen, das durch die Altane durchschnitten wurde, sodass ein neuer Zugang geschaffen werden musste, der nun unter der Altane lag 12. 48

■ 48

Zum Befund vgl.: Großmann 2019,
S. 128 u. 130.



□ 12

Westfassade des Beamtenbaus.
Hervorhebung des vermauerten Portals in
das westliche Treppenhaus. Foto und
Bearbeitung: Jan-Eric Lutteroth,
Mai 2019.

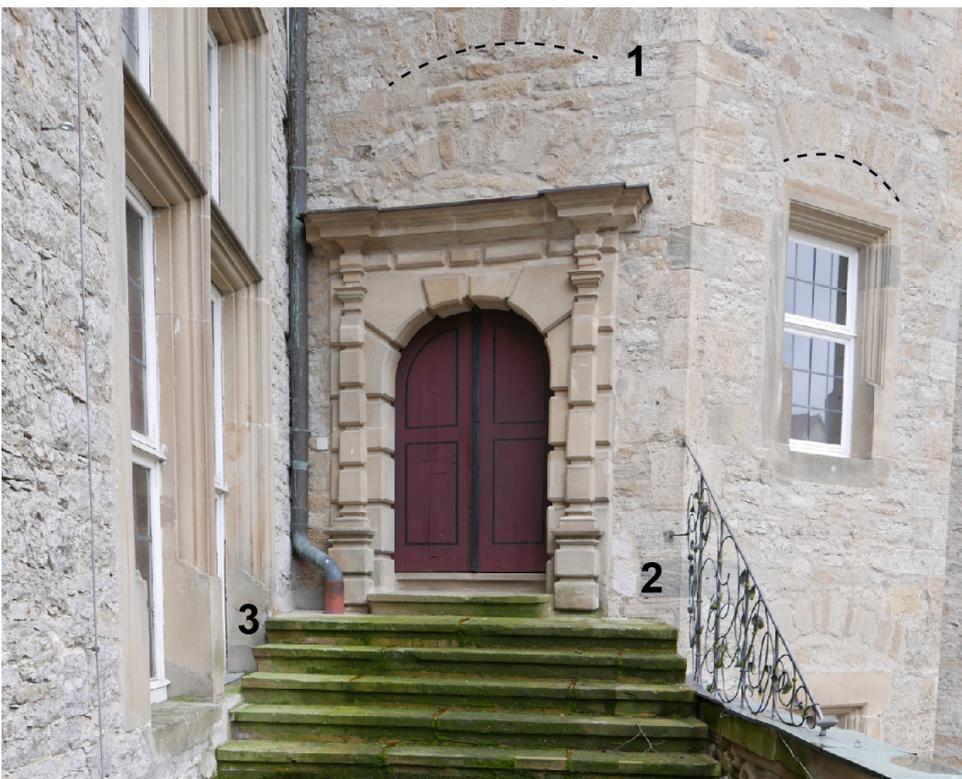
→ Innen im westlichen geradläufigen Treppenhaus ist das ursprüngliche Portal noch an der mittleren Stichkappe der Gewölbe nachzuvollziehen ¹³.



□ 13
Westliches Treppenhaus. Westwand mit dem ursprünglichen Gewölbe.
Foto und Bearbeitung: Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.

→ Um von dem neu geschaffenen Portal, welches ein Fenster ersetzt hat ¹⁴ (Nr. 1), über die Wendeltreppe des östlichen Treppenturms auf das Niveau der Altane zu gelangen, müssen acht Stufen ¹⁴ (Nr. 2) überwunden werden, die das äußerste Fenster des Rittersaals schneiden. ¹⁴ (Nr. 3). ⁴⁹

■ 49
Zum Befund vgl. auch: Großmann 2019, S. 128–129.



□ 14
Östlicher Treppenturm. Westfassade mit dem neuen Portal zur Wendeltreppe.
Foto und Bearbeitung: Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.

■ 50

Zum Befund vgl.: Großmann 2019,
S. 128–129.

→ Im Inneren des Treppenturms ist noch der Stuckrahmen des abgegangenen Fensters sichtbar 15. 50



□ 15

Östlicher Treppenturm. Westwand mit den
Resten der Fensterrahmung.

Foto und Bearbeitung: Jan-Eric Lutteroth,
Mai 2019.

→ Das Portal vom Langenburger Bau zur Altane scheint in eine ehemalige Fensternische gebaut worden zu sein, wobei die Tür nicht mittig angebracht worden ist 16.



□ 16

Westliches Treppenhaus im Langenburger
Bau. Westwand im 1. Obergeschoss mit
Zugang zur Altane. Foto und Bearbeitung:
Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.

- 51
Ziegler: Idealplan, S. 154–155 und
Dehio: Handbuch, S. 539.
- 52
Fleck 1952 (Diss.), S. 58.
- 53
Fleck 1952 (Diss.), S. 58.
- 54
Fleck 1952 (Diss.), S. 9.
- 55
»Ein Grosser Schöner Saal. Ein Gallerj
darvor.«, Hohenlohe-Zentralarchiv
Neuenstein, We 100 Bd. 17.

Weil diese Befunde klar zeigen, dass die Altane nicht Teil des ursprünglichen Plans für den Neubau war, wurde die These entwickelt, dass sie erst im Zuge der Umbaumaßnahmen um 1680 unter Graf Siegfried von Hohenlohe-Neuenstein und dessen Baumeister Paul Platz angelegt worden sein könnte. ⁵¹ Dagegen sprechen die Archivalien, die einen Auftrag an den Steinmetz Servatius Körper 1602 belegen ⁵² sowie das Legen eines Fundamentes durch den Maurermeister Jacob Kauffmann 1603 ⁵³ und eine neu geschaffene Tür für die »brochen Stegen« 1604. ⁵⁴ Ein weiteres Indiz gegen die spätere Entstehung ist die Baubeschreibung aus dem Jahr 1670, also noch vor den Umbaumaßnahmen, die bereits von einer »Gallerj« vor dem Saal spricht. ⁵⁵ Ein Vergleich zwischen den Portalen von Paul Platz und der Rustika der Altane zeigt außerdem, dass die barocken Portale grobe Spuren der Chariereisen aufweisen, die auch dekorativ in horizontalen und vertikalen Zonen eingesetzt worden sind, während die Oberflächen der Rustika der Altane glatt ausgeführt sind ¹⁷ ¹⁸.



□ 18
Visualisierung der Installation »Fernrohr«
auf der Aussichtsplattform des Observati-
onsturms (© Oberhausmuseum Passau;
bauer & bauer
medienbüro GmbH, Nürnberg).

□ 17
Östlicher Treppenturm. Nordwestwand
Zugang zur Wendeltreppe. Detailfoto:
Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.

■ 56
Fleck 1952 (Diss.), S. 58.

■ 57
Zum Entstehen unter Graf Wolfgang
vgl.: Baum: Saalbau, S. 467, Fleck:
Burgen 1, S. 226, Fleck: Weikersheim
(Diss.), S. 59 u. 152 und Merten:
Schloss Weikersheim, S. 2 u. 11.

■ 58
Baum 1907, Saalbau, Sp. 467 und 475,
vgl. Bildindex: <https://www.bildindex.de/document/obj20351860?medium=mi09064c08&part=40>.

Möglicherweise wurde für die Altane sogar ein eigenes weiteres Modell aus Gips angefertigt. In dem entsprechenden Auftrag vom 2. Januar 1602 ist jedenfalls die Sprache von »verstochnem Gips«, an dem sich Körper orientieren solle. ⁵⁶ Die Gründe für diese entscheidende Planänderung sind nicht überliefert. Möglicherweise sollte dem Schlosshof mit der Altane und dem neu geschaffenen Portal zum Rittersaal ein würdevolleres Gepränge gegeben werden ⁰⁸⁰⁹. Wahrscheinlicher sind logistische Überlegungen zur Infrastruktur für das Hofpersonal. Durch den Laubengang im Erdgeschoss konnten jetzt Speisen im Trockenraum von der Küche in die Hofstube transportiert werden. Durch den vorgeblendeten Gang im ersten Obergeschoss konnten Speisen aus der Schlossküche wie aus der Herrenküche bei offiziellen Anlässen zum dortigen Anrichtezimmer getragen werden, ohne die repräsentativen Räume betreten zu müssen. ⁵⁷

Julius Baum geht allerdings davon aus, dass es einen abgegangenen Vorläufer der Altane gegeben haben muss. Der Befund über dem Portal am Treppenturm zeigt noch Reste eines Gesimses, welches hierfür als Indiz dienen könnte. Eine historische Photographie von 1934 zeigt allerdings, dass dieses Gesims Auflage für ein Pultdach war, welches sich um den Treppenturm zog, und somit auch den hofseitigen Eingang in die Küche überdachte. ⁵⁸

E.7 Zur Datierungsfrage des Langenburger Baus

■ 59
58 Grad. Vgl.: Fleck 1952 (Diss.), S. 65, Der Durchschnittswert der Innen- und Außenflucht des Erdgeschoss-Grundrisses der Vermessungspläne von 2014/15 beträgt 59,3 Grad.

■ 60
Heuß 1937, S. 26 u. Freeden 1948, S. 5. Freedens These wurde in späteren Auflagen bis 1976 unverändert weiter abgedruckt. 1930 ging man wegen des qualitativ hochwertigen Mörtels noch davon aus, dass die Ostfassade des Langenburger Baues bis zur Höhe des Fenstergesimses mittelalterlich sei. Vgl.: Blind 1930, S. 22.

■ 61
Vgl.: Andermann 2012, S. 620; Weyer 2017, S. 54–62, Uhl 2019, S. 43 u. Ziegler 2019, S. 147–148. Ziegler geht zwar von einem Baubeginn im Keller des Küchenbaus aus, aber auch von einem zweiten Baustrupp, der parallel zu den Arbeiten am Küchenbau, am Keller des Langenburger Baus mit den Aushubarbeiten begann.

■ 62
Großmann 2019, S. 123.

Für Flecks Theorie eines gleichseitigen Dreiecks als Grundriss ist die Annahme entscheidend, dass der nördliche Abschnitt des Langenburger Baus der erste Bauabschnitt unter Graf Wolfgang II. war, weil dieser nach seiner Beobachtung ebenfalls in einem Winkel von annähernd 60 Grad zum Saalbau läge. ⁵⁹ Damit widersprach Fleck den älteren Datierungen von Hermann Heuß 1937 und Max von Freeden 1948, die von einer Errichtung des Abschnitts durch Paul Platz zwischen 1678 und 1684, weit nach dem Dreißigjährigen Krieg, ausgingen. ⁶⁰ Jüngere und jüngste Publikationen übernahmen dagegen meist Flecks Theorie von einem Baubeginn am nördlichen Ende des Langenburger Baus. ⁶¹

Nach Flecks Annahme habe man während der Bauarbeiten den geplanten Verlauf des gesamten Langenburger Baus vom Bergfried im Norden kommend aus unvorhergesehenen Gründen angleichen müssen, woraufhin sich die Krümmung im Trakt in westlicher Richtung ergeben hätte. Dagegen spricht, dass der Bau ohne die Krümmung viel weiter östlich auf den Saalbau getroffen wäre und dieser hypothetische Bau dann nicht mehr dem im Brief an Gunzenhäuser genannten Maß von 250 Schuhen entsprochen hätte. ⁶²

Gegen die Annahme, dass der Neubau am Bergfried begann und dann entgegen dem Uhrzeigersinn über den Langenburger Bau über den Saalbau bis zum Küchenbau geführt wurde, sprechen weitere entscheidende Anhaltspunkte. So erfolgte der Innenausbau in entgegengesetzter Richtung wie durch Inschriften eindeutig zu belegen ist:

- 1598 Inschrift auf der Stuckdecke im Treppenturm **63**
- 1598 Inschrift auf der Stuckdecke im gleichen Zimmer **64**
- 1600 Inschrift auf Schlussstein der Schlosskapelle **65**
- 1602 Inschrift auf Deckengemälde im Rittersaal **66**
- 1603 Inschrift auf Portal im Rittersaal **67**
- 1605 Inschrift über Portal zur Altane **68**

Dagegen weisen die Inschriften am Langenburger Bau auf eine spätere Erbauungszeit um 1680 hin:

- 1680 Inschrift am Gewände des Kellertores zum Langenburger Bau **69**
- 1683 Inschrift über dem Hofportal **70**

Tatsächlich scheint unter Graf Wolfgang II. vom späteren Langenburger Bau lediglich das geradläufige Treppenhaus am südlichen Ende ausgeführt worden zu sein. **71** Vom Hof aus ist hier deutlich eine Baunaht an den nach Norden gerichteten Wartesteinen im Mauerwerk erkennbar **19**. Im Dachgeschoss befindet sich in der Flucht der Baunaht eine massive Trennwand **20**. An der östlichen Außenfassade kann außerdem beobachtet werden, dass sich die Fenstergewände des gesamten Baus zwar stilistisch stark ähneln, die Exemplare bis einschließlich am Treppenhaus jedoch sämtlich Steinmetzzeichen aufweisen, wohingegen die Fenstergewände nördlich davon frei von Zeichen sind. **72** Bei den Kellerfenstern ist diese Trennung sogar noch eindeutiger zu erkennen. Hier sind die südlichen Fenstergewände bis einschließlich des Treppenhauses mit einfachem Karnies-Profil ausgeführt, diejenigen nördlich davon weisen dagegen zusätzlich kleine Voluten auf. Diese Voluten befinden sich ebenfalls an den Fenstergewänden des Marstalls, die eindeutig der späteren Bauphase zwischen 1678 und 1684 zuzuordnen sind. **73**

■ **63**
Drös 2002, S. 217; Baum 1907, Sp. 479; Merten 1996, S. 23 u. Dehio 1908, S. 539.

■ **65**
Baum 1907, Sp. 478 u. Merten 1996, S. 24.

■ **66**
Brod 1969, S. 363.

■ **64**
Drös 2002, S. 214 u. Merten 1996, S. 23.

■ **67**
Drös 2002, S. 244; Baum 1907, Sp. 474; Merten 1996, S. 21 u. Freeden 1948, S. 140.

■ **68**
Drös 2002, S. 254; Baum 1907, Sp. 477; Merten 1996, S. 21 u. Dehio 1908, S. 539.

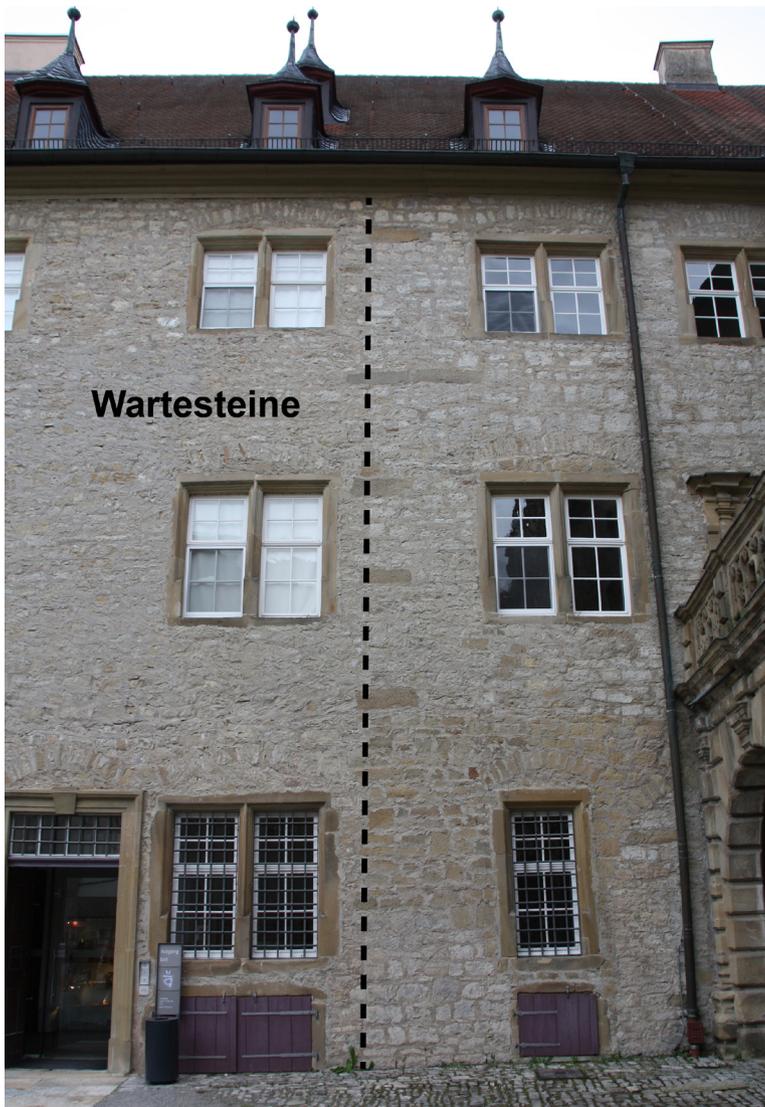
■ **69**
Merten 1996, S. 10.

■ **70**
Heuß 1937, S. 28 u. Merten 1996, S. 10-11.

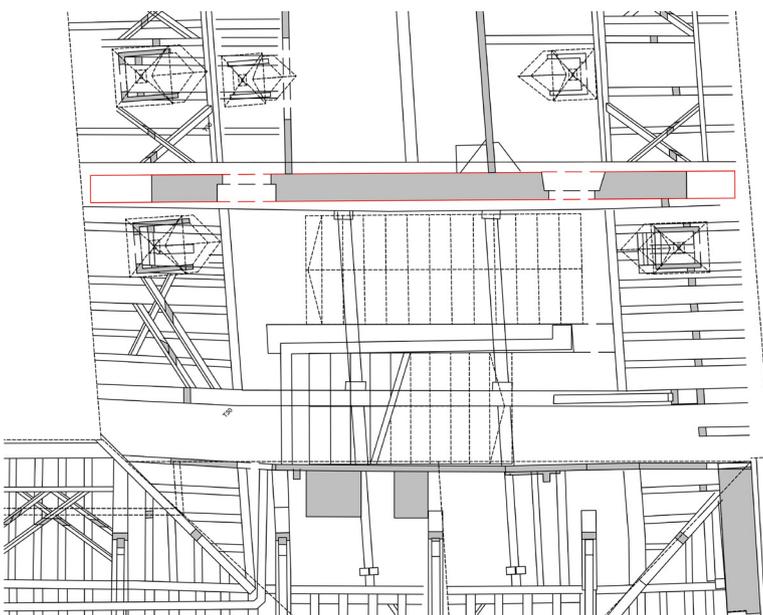
■ **71**
Möglicherweise erfolgte später noch ein Ausbau im Bereich des Dachgeschosses. Vgl.: Großmann 2019, S. 126-127.

■ **72**
Zu den Steinmetzzeichen vgl.: Großmann 2002, S. 123 u. S. 129-130.

■ **73**
Michael Hermann, Schloss Weikersheim. Marstall, 2006-08 (unveröffentlichte Bauuntersuchungen). Vgl. auch: Bericht auf der Datenbank Bauforschung/Restaurierung: <https://www.bauforschung-bw.de/objekt/id/131220389273/marstall-in-87990-weikersheim/>.



□ 19
Westfassade des Langenburger Baus.
Hervorhebung der Wartesteine in
nördliche Richtung. Foto und Bearbeitung:
Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.



□ 20
Dachgeschossgrundriss. Detail des
Langenburger Baus. Planung: Zimmer-
mann & Meixner 3D Welt GmbH
(2014/15). Auftraggeber: Vermögen und
Bau Baden-Württemberg, Amt Heilbronn.
Hervorhebung der Trennwand. Bearbei-
tung: Jan-Eric Lutteroth, Mai 2019.

Für eine spätere Erbauungszeit des restlichen Langenburger Baus sprechen auch dendrochronologische Untersuchungen. Demnach wurde das Holz für den Dachstuhl des südlichen Treppenhauses wie der des gesamten Saalbaus und des Küchenbaus gegen Ende des 16. Jahrhunderts geschlagen, das Holz für den Dachstuhl der nördlichen Teile des Langenburger Baus dagegen zwischen den Jahren 1681 und 1684. ⁷⁴

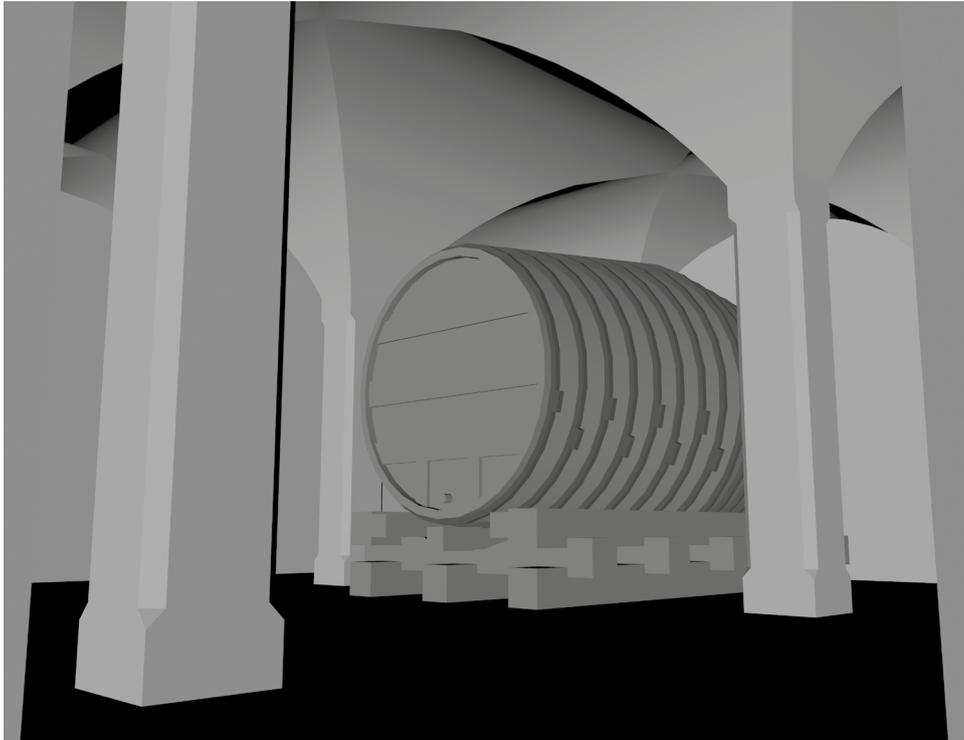
■ 74

Ziegler 2019, S. 140–142.

Ein weiteres Argument Flecks betrifft den Keller unter dem Langenburger Bau, der aus einem hallenartigen Tonnengewölbe besteht. Fleck geht davon aus, dass es sich dabei wegen der Größe um den von Graf Wolfgang II. geplanten Weinkeller handelt, der den Archivalien zufolge ein Fass mit einem Fassungsvermögen von 15 beziehungsweise 25 Fudern Wein aufnehmen können sollte. ⁷⁵ Ein solches Tonnengewölbe befindet sich aber in keinem der unter Graf Wolfgang errichteten Bautakte, die nämlich Kreuzgratgewölbe aufweisen. Im Prozess der digitalen 3D-Rekonstruktion konnte außerdem gezeigt werden, dass auch der ältere Keller unter der Hofkapelle ein solches Fass problemlos hätte aufnehmen können ²¹.

■ 75

Empfehlungsschreiben Graf Wolfgangs für Servatius Körber vom 22.4.1595 und Brief Cornelius Cardons an Graf Wolfgang vom 1.1.1590, beide im Hohenlohe-Zentralarchiv Neuenstein We 50 D6g. Vgl.: Fleck 1952 (Diss.), S. 52 u. Ziegler 2017, S. 8.



□ 21

3D-Rekonstruktion des Speisegewölbes mit hypothetischer Einpassung des Weinfasses nach Cardon. Jan-Eric Lutteroth.

Als problematisch erweist sich auch Flecks Interpretation der in den Archivalien erwähnten Treppen. So schreibt Graf Wolfgang II. in einem Brief an Elias Gunzenhäuser im Mai 1596 von einem »Schnecken«, in dem der Name des Baumeisters und des in Weikersheim tätigen Steinmetzen verewigt werden sollten. Diese Treppe identifiziert Fleck mit dem Treppenhaus im Langenburger Bau, das sonst als »brochen Stegen«, »reitend stegen« oder »Reitschnecken« bezeichnet wird. Tatsächlich finden sich verschiedene Steinmetzzeichen, allerdings in der Spindel des westlichen Treppenturms. Die Buchstaben GCS dort könnten auf Georg Stegle deuten, der als Zimmerermeister kein Steinmetzzeichen

besaß. Fleck war dieser Umstand zwar bekannt, gemäß seiner Theorie von einem Baubeginn am Bergfried brachte er den Befund aber nicht mit der Erwähnung im Brief in Verbindung. ⁷⁶

Archivalien, die auf eine Errichtung des Langenburger Baus unter Paul Platz um 1680 deuten, interpretiert Fleck als Hinweise auf damals erfolgte Erweiterungsbauten des Marstalls. Stellen, die auf die damals neu geschaffenen Verbindungen zwischen Bergfried und dem vermutlich gerade erst errichteten Langenburger Bau zu verstehen sind, sieht er als Anhaltspunkt für den Ausbau eines hypothetischen Torturms als Treppenturm des Marstalls. Die Erwähnung eines damals frisch ausgehobenen Kellers, bei dem es sich vermutlich um den Keller des Langenburger Baus handelte, interpretierte er als den neu ausgehobenen Keller des Marstalls, obwohl für den Marstall ein bereits vorhandener »alter Schlosskeller« erwähnt wird. Neuere Befunde dort sprechen ebenfalls für eine weit frühere Entstehungszeit des Kellers. ⁷⁷

Flecks weitere Argumentation bezieht sich auf architektonische Details, die zwar in Archivalien erscheinen, aber in der Zuweisung nicht eindeutig sind. ⁷⁸ So wird in einer Notiz vom 18. Dezember 1597 das Klaiben, also das Verputzen mit Lehm, »der drey ndern Böden im Neuen Bau« erwähnt. Fleck geht davon aus, dass damit drei übereinanderliegende Böden gemeint sind wie sie nur im Langenburger Bau zu finden seien. Es könnten aber auch die Böden der drei Räume im Erdgeschoss des Küchenbaus gemeint sein. ⁷⁹

Außerdem findet sich in den Unterlagen zum Neubau für 1596 oder 1597 die Aussage, man habe »gehauene Tritte gefertigt, wo man durch den Durn in Bau geht.« Fleck bezieht dies auf den Übergang vom Bergfried in den Langenburger Bau. Wahrscheinlicher ist, dass der Treppenturm und der Küchenbau gemeint sind, die in dieser Zeit neu errichtet wurden.

Als dritten Punkt führt Fleck eine weitere Notiz an, in der erwähnt wird, dass 1598 im mittleren und oberen Gang des neuen Baus 2.950 »braut Pflasterstein« verlegt worden sind. Auch diese Aussage verbindet Fleck mit dem Langenburger Bau. Den Küchenbau schließt er wegen dessen zu geringer Größe aus, obwohl dieser sogar drei gepflasterte Flure in den Obergeschossen aufweist. Allerdings besteht im zweiten Obergeschoss das Pflaster aus Ziegelsteinen.

Einen weiteren Hinweis auf die frühe Existenz des Langenburger Baus erkennt Fleck in der Erwähnung von 18 Dachfenstern, die zum Hof hin ausgerichtet sind. Das entspräche den nachgewiesenen Dachfenstern auf den drei neuen errichteten Flügeln. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Schlossanlage damals zwei Höfe hatte, den alten Burghof und den Platz zwischen den neuen Bautrakten. Getrennt wurden beide durch den alten Witwentrakt, über dessen Dachkonstruktion keine Aussagen gemacht werden können.

Für den 16. September 1599 sind Dachdeckerarbeiten am »langen Bau« belegt, bei denen 19 Dachfenster eingedeckt wurden. Auch dies bezieht Fleck auf den Langenburger Bau, der heute 18 Gauben aufweist. Allerdings ist die Bezeichnung als »langer Bau« nicht eindeutig, so wird in den Archivalien an anderer Stelle auch ein »Langhaus« erwähnt, das Fleck dort mit dem Beamtenbau gleichsetzt. ⁸⁰

■ 76
Vor allem Fleck 1952 (Diss.), S. 9–10, 50–51, 54–55, 66, 141 u. 177. Zu den verschiedenen Treppen-Bezeichnungen vgl.: Großmann 2019, S. 123–124.

■ 77
Fleck 1952 (Diss.), S. 169–179. Vgl.: Michael Hermann, Schloss Weikersheim. Marstall, 2006–08 (unveröffentlichte Bauuntersuchungen).

■ 78
Fleck erörtert seine Theorie zum Langenburger Bau in einem eigenen Exkurs. Vgl.: Fleck 1952 (Diss.), S. 167–168.

■ 79
Vgl.: Großmann 2019, Beobachtungen, S. 123.

■ 80
Fleck 1952, ohne Titel (Diss.), S. 44. Zu den Dachdeckerarbeiten 1599 vgl. auch: Fleck 1952, ohne Titel (Diss.), S. 57.

E.8 Zusammenfassung

Die hier erörterten Überlegungen ergaben sich beim Erstellen und Dokumentieren des digitalen 3D-Modells von Schloss Weikersheim. Weil dabei für jeden architektonischen Baukörper dessen wahrscheinliche Entstehungszeit bestimmt werden musste, führte die intensive Beschäftigung mit den Gebäudeteilen und deren Bauverlauf zu neuen Erkenntnissen, die eine ganz andere Baugeschichte von Schloss Weikersheim nahelegen, als sie die Forschung bisher schilderte.



□ 22
3D-Rekonstruktion der Tafelstube. Ansicht mit einer hypothetischen Hängung der Schlachtengemälde. Jan-Eric Lutteroth.

Dabei zeigte sich, dass spätestens ab März 1589 ein detailliertes Architektur-Modell als Vorlage für den Neubau vorlag, das zwar von Georg Stegle ausgeführt wurde, in das aber auch fremde Ideen Eingang gefunden hatten. Der Neubau war anscheinend von Beginn an als Anbau an die mittelalterliche Burg geplant. Dabei bildete der alte Witwentrakt der Burg und der neu errichtete Küchenbau zusammen einen der in einem Brief an Gunzenhäuser erwähnten drei Flügel. Während der Bauarbeiten kam es zu zahlreichen Umplanungen. Die heute noch auffälligste Änderung stellt die Errichtung einer Altane auf der Hofseite des Saalbaus dar, die vermutlich vor allem als nach außen verlegter Dienergang funktionieren sollte. Außerdem wurde der Langenburger Bau nicht wie vorgesehen ausgeführt, sondern nur ein kleiner Abschnitt davon im Süden mit dem Treppenhaus realisiert. Zwischen diesem Teilabschnitt und dem nördlichen Bergfried scheint für rund 80 Jahre eine Baulücke bestanden zu haben.

Der Theorie von Walther Gerd Fleck, die sich für die Planung des Neubaus auf dem Grundriss eines gleichseitigen Dreiecks ausspricht, ist entschieden zu widersprechen. Vielmehr sollten die neu errichteten Trakte unter Graf Wolfgang II. augenscheinlich mit dem Bestand des mittelalterlichen Schlosses verbunden werden. Diese Symbiose von Altem und Neuem findet sich auch in den neu errichteten Bauten selbst. Während das gotische Rippengewölbe in der Schlosskapelle

■ 81

Hermann Hipp, Die »Nachgotik« in Deutschland – kein Stil und ohne Stil, in: Stephan Hoppe et al. (Hg.), Stil als Bedeutung in der nordalpinen Renaissance. Wiederentdeckung einer methodischen Nachbarschaft, Regensburg 2008, S. 14–46.

an traditionelle Bauformen anknüpft und den Prinzipien des »Kirchischen Stils« (Hermann Hipp) ⁸¹ folgt, zeigen vor allem der Rittersaal und die Ziergiebel am Saalbau als modern verstandene zeitgenössische Motive. Die Altane als Dienergang zur Anrichtküche, von der aus Tafelstube und Rittersaal versorgt werden konnten, antizipiert in gewisser Weise die entsprechenden, später versteckten Versorgungsinfrastrukturen des Barock.

Das Bemerkenswerte an Schloss Weikersheim ist also nicht, dass hier ein radikaler baulicher Umbruch beabsichtigt war, sondern die symbiotische Verbindung von altem Bestand und neuen Erweiterungstrakten. Hermann Heuß brachte diesen Umstand bereits 1937 treffend in einer Bemerkung zu Schloss Weikersheim zum Ausdruck:

»In den Bauten reichen sich die Jahrhunderte die Hände«. ⁸²

■ 82

Heuß 1937, S. 29.



Marc Grellert

F. Blick in die Werkstattgeschichte: Herrschaftliche Innenräume – Digitale Rekonstruktionen

→ Berliner Schloss, digitale Rekonstruktion,
digitales Modell, Dresdner Residenzschloss,
Innenräume, Interface, Rapid Prototyping,
Vatikanischer Palast, virtuelle Rekonstruktionen

Am Beispiel des Vatikanischen Palastes zur Zeit der Hochrenaissance, des Berliner Schlosses im Jahr 1706 und des Dresdner Residenzschlosses von 1678 werden Möglichkeiten der Präsentation und der Dokumentation von digital erstellten Modellen erhaltener und verloreener, herrschaftlicher Innenräume diskutiert. Diese digitalen Raumdarstellungen entstanden im Zeitraum von 1998 bis 2021 in Darmstadt. Das betrifft sowohl Arbeiten des Fachgebietes »Digitales Gestalten« im Fachbereich Architektur der TU Darmstadt wie auch Arbeiten der Architectura Virtualis, die offizieller Kooperationspartner der TU Darmstadt ist. Bis 2015 nannte sich das Fachgebiet »IKA« – Informations- und Kommunikationstechnologien in der Architektur, danach »Digitales Gestalten«.

Die Möglichkeit, digitale Modelle für die Anzeige auf neuen Interfaces aufzubereiten, macht die Aktualisierung für Museumskonzepte möglich.

F.1 Vatikan zur Zeit der Hochrenaissance

Für eine Ausstellung in der Bonner Bundeskunsthalle zum Vatikan zur Zeit der Hochrenaissance im Jahre 1998 erfolgte am Fachgebiet IKA der Technischen Universität Darmstadt eine Rekonstruktion des Vatikanischen Palastes. Ziel war es, sowohl das Gesamtbauwerk darzustellen als auch den »Pinselstrich« Raffaels in den päpstlichen Gemächern und Loggien zu sehen [01] [02] [03] [04]. Bei der Rekonstruktion konnte auf Arbeiten von Massimo Alfieri, Paolo Liverani, Arno Nesselrath und Pier Nicola Pagliara zurückgegriffen werden, die bei dem Projekt auch wissenschaftlich beraten hatten. [01] Zu den Gesamtproportionen des Palastes lagen Autocad-Dateien vor, die das Grundgerüst für die 3D-Modellierung darstellen [05]. Oberflächen für Stein-Texturen – vor allem Travertin – wurden vor Ort in Rom fotografiert und übertragen. Eine Herausforderung bestand in der Texturierung der ausgemalten Räume. Hierfür waren Fotografien erforderlich, die die Wände komplett abbilden. Da in den vatikanischen Archiven solches Bildmaterial nicht zur Verfügung stand, sondern nur die Bildmotive an sich fotografiert worden sind, mussten die kompletten Wände neu fotografiert werden. Es entstanden so unter anderem die fotografischen Abwicklungen der vier Stanzen Raffaels, der Sala Vecchia degli Svizzeri sowie der Loggien Raffaels [03] [04] [06]. Diese Fotografien konnten dann passgenau auf die entsprechenden Geometrien gelegt werden.

Bei der Präsentation der Rekonstruktion kam ein neues Format zur Anwendung, die Lotar Altringer, Kurator der Ausstellung, entwickelt hatte. Die Rekonstruktion wurde präsentiert

»[...] in einem separaten Raum in Form einer Projektion. Das Besondere der Präsentation war, dass die Computer-Rekonstruktion nicht in der Art eines Films präsentiert wurde, sondern live erklärt von einem Cicerone, von einem der Beteiligten an dem Projekt, der auch ganz aktuell auf Besucherfragen reagieren konnte. Das ist für mich ein ganz wichtiges Moment, weil ich denke, dass Ausstellungen immer auch Gelegenheit bieten, nicht nur Objekte zu sehen und ihnen zu begegnen, sondern auch Menschen zu begegnen, weil man sich da persönlich hinbegeben muss und die Ausstellung nicht zu Hause vor dem Computer-Bildschirm wahrnimmt. Ich glaube, dass wir das hier quasi in der Bundeskunsthalle – zumindest bei diesem Medium erfunden – haben. Ich finde, wenn man Computer-Rekonstruktionen in Ausstellungen zeigt, sollte hier auch ein Unterschied sichtbar und erlebbar werden zu dem, was man sich zu Hause, zum Beispiel mit einer CD-ROM, anschauen könnte.« [02]

■ 01

Siehe hierzu: Pier Nicola Pagliara, *Der Vatikanische Palast*, in: *Bundeskunsthalle: Hochrenaissance im Vatikan: Kunst und Kultur im Rom der Päpste 1503–1534*, Bonn 1999, S. 207–226.

■ 02

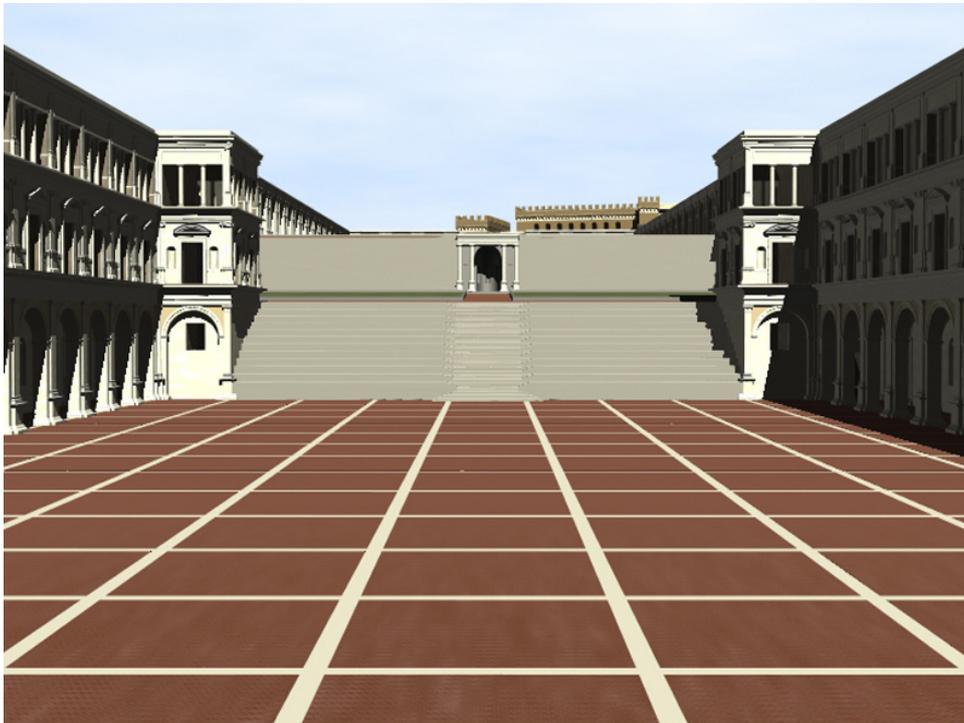
Interview von Marc Grellert mit Lotar Altringer in: Marc Grellert, *Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur*, Bielefeld 2007, S. 501.

Den Besucher*innen wurden verschiedene Routen angeboten, die der Cicerone live aussuchte und an verschiedenen Stellen Auswahlmöglichkeiten anbot, welcher Weg als nächster zu begehen sein könnte. Die gezeigten Räume und Wege wurden dann live von dem Cicerone kommentiert. Für die technische Realisierung wurden Filme vorproduziert, die nacheinander auf einem Touchpanel von dem Cicerone ausgewählt werden konnten [07].

Die Produktion der Filme stellte das Fachgebiet damals vor eine logistische Herausforderung. Trotz guter Ausstattung mit Computern reichte die Rechenkapazität bei Weitem nicht. Die Firma Silicon Graphics, die das Fachgebiet auch mit ihren Computern ausgestattet hatte, bot ihr Rechenzentrum in der Schweiz an. Über das Netz wurden Kamerafahrten zum Rendern gesendet und die gerechneten Einzelbilder für die Filme kamen über das Internet zurück. Gegen Ende des Projektes reichte die Netzgeschwindigkeit nicht aus, um rechtzeitig alle gerechneten Bilder zu übertragen. Mehrere Kurierfahrten waren notwendig, damit die damals riesigen Datenmengen nach Darmstadt gelangen konnten.

Abschließend kann zu dem Projekt gesagt werden, dass die Präsentationsform, die die Bundeskunsthalle entwickelt hatte, durch ihren Live-Charakter einen hohen Grad an Attraktivität für Besucher*innen aufwies. Zwar konnte bei einigen weiteren gemeinsamen Ausstellungen diese Präsentationsform erneut zur Anwendung kommen, wird aber inzwischen nicht mehr praktiziert und hat sich im Vergleich zu einer »normalen« Präsentation auf dem Bildschirm – wahrscheinlich auch wegen dem höheren Aufwand – nicht durchsetzen können, obwohl hierbei eine Exklusivität bestehen könnte, die den Ort Museum attraktiv macht und sich von der Rezeption zu Hause signifikant unterscheidet. Weiter ist zu bemerken, dass das Projekt deutlich macht, dass eine Dokumentation der Wand- und Deckengemälde nicht gleichzusetzen ist mit einer Dokumentation des Raums, in dem sich diese befinden und somit weder als Sicherungsstrategie ausreichend ist, noch eine ausreichende Grundlage für eine komplette räumliche Visualisierung darstellt.

Während bei den Innenräumen des Vatikanischen Palastes mit Fotografien des jetzigen Zustands gearbeitet werden konnte – auch wenn diese neu fotografiert werden mussten – stellte das nächste Beispiel – das Berliner Schloss – eine andere Herausforderung dar, da hier die Räume zum Zeitpunkt der Rekonstruktion nicht mehr existierten.



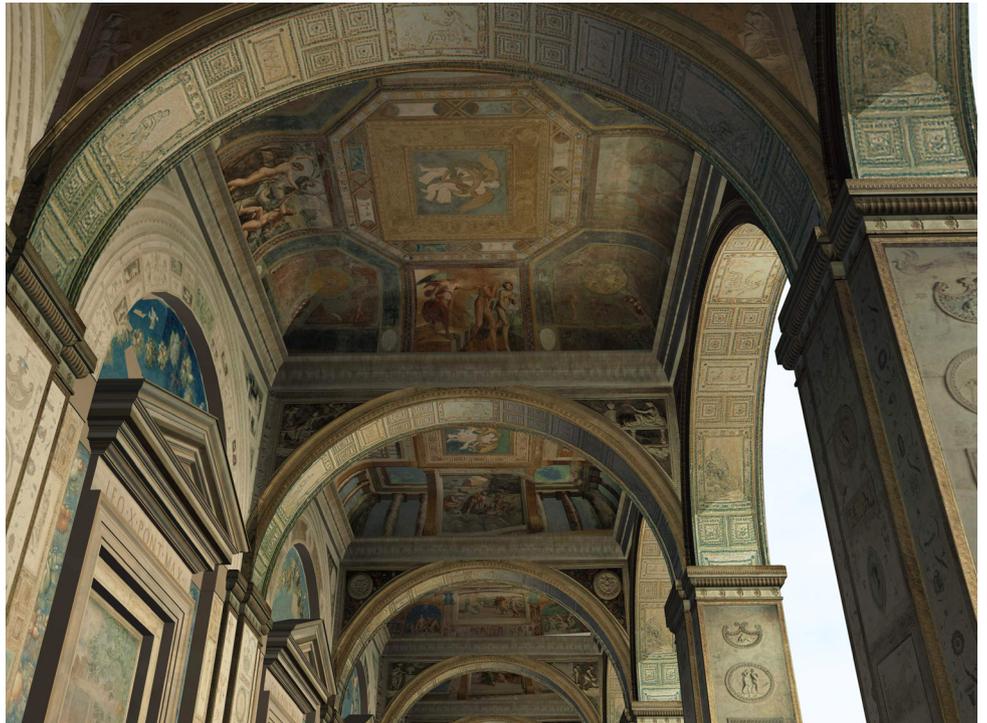
□ 01
Blick aus den päpstlichen Gemächern
(TU Darmstadt, Fachgebiet
Digitales Gestalten).



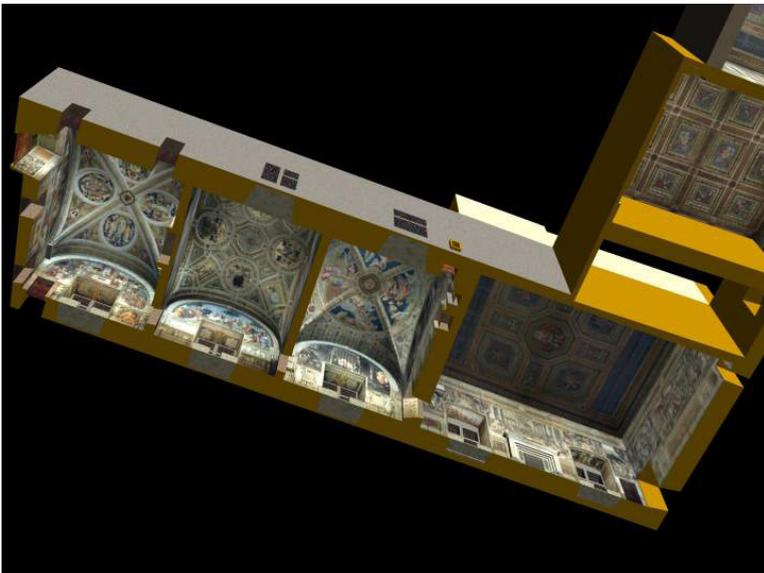
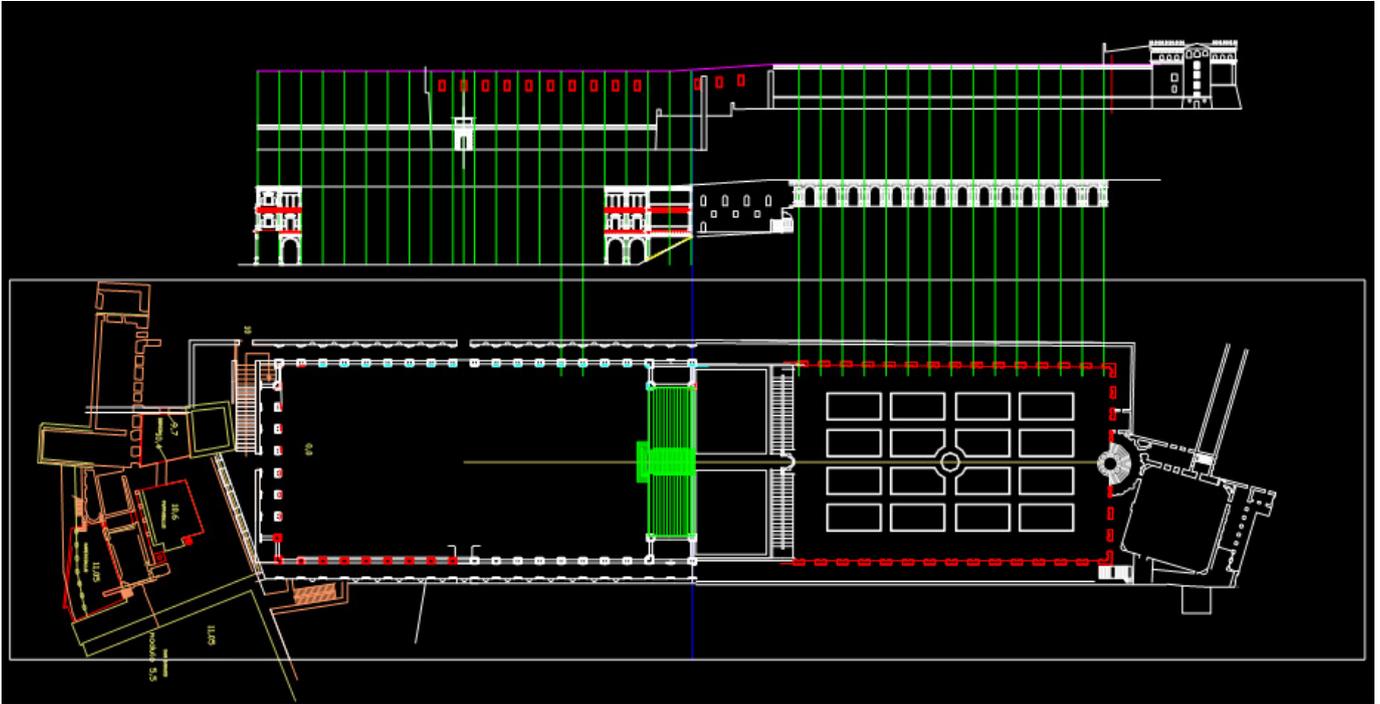
□ 02
Blick auf den Borgia-Turm und die
päpstlichen Gemächer (TU Darmstadt,
Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 03
Virtuelle Rekonstruktion der Stanza di Eliodoro (TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 04
Virtuelle Rekonstruktion der Loggia Raffaels (TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 05
Autocad-Grundlage für die Gesamtdarstellung (TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).

□ 06
Blick in die texturierten Innenräume, von rechts nach links: Sala di Costantino, Stanza di Eliodoro, Stanza della Segnatura, Stanza dell'incendio di Borgo (TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 07
Live-führung in der Ausstellung (TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).

F.2 Berliner Schloss 1706

Für die im Jahre 2001 vom Deutschen Historischen Museum in Berlin gezeigte Ausstellung »Preußen 1701 – Eine Europäische Geschichte« sollte das Berliner Schloss zur Barockzeit virtuell rekonstruiert werden. Die Aufgabenstellung umfasste auch die Darstellung, welche Raumfolgen damalige Besucher*innen durchquerten, um bis in die innersten Räume des Schlosses zu gelangen. Die gezeigten Räume wurden in ihrer Funktion und Ausstattung vorgestellt und die Motive der Wand- und Deckengemälde erläutert. Die wissenschaftliche Beratung erfolgte durch Sepp Gröschel.

In den virtuellen Kamerafahrten wurde das Schloss über den Schlüterhof ^[08] – benannt nach seinem Architekten Andreas Schlüter – betreten, um dann in das berühmte Treppenhaus nach oben zu steigen. Hintereinander betrat man den Schweizersaal ^[09], die zweite Paradevorkammer – das Speisezimmer des Königs ^[10], die Drap d'Or-Kammer – den Audienzraum für kleine Empfänge ^[11] und dann die Rote-Adler-Kammer ^[12]. Zwei Zimmer wurden übersprungen, weil die Grundlagen für eine Rekonstruktion nicht reichten, auch bleiben die vier genannten Zimmer aus diesem Grund schwarz-weiß. Aus der Rote-Adler-Kammer gelangte man dann in den Rittersaal, der erste Raum, der farbig rekonstruiert werden konnte ^[13]. Hier stand der Thron und hier fanden die größeren Audienzen und die feierlichen Sitzungen des Ritterordens zum Schwarzen Adler statt. Der Rittersaal war der Hauptsaal der Raumfolge, mit 9,50 Meter rund 3 Meter höher als die anderen Räume. Auf den Rittersaal folgte die Schwarze-Adler-Kammer ^[14], das Vorzimmer für das Paradeschlafzimmer ^[15].

Die prächtig ausgestatteten Innenräume sind nur durch wenige Fotoaufnahmen überliefert, die nicht aus der Zeit des Barocks stammen. Die Fotografien wurden mit verschiedenen Brennweiten aufgenommen, unter verschiedenem Licht und meist auf den kunsthistorisch wichtigen Ausschnitt beschränkt. Nur wenige sind in Farbe. Mit den verschiedensten Quellen gelang es dennoch für einige Räume, den mutmaßlichen barocken Zustand abzubilden. Gerade die Decken konnten nur aus vielen einzelnen Abbildungen zu einem Ganzen zusammengesetzt werden ^[16].

Die rare Quellenlage für die Innenräume des Berliner Stadtschlusses kündigte das Fassadenhafte der baulichen Rekonstruktion schon lange Zeit im Vorfeld an. Anders sieht es beim Dresdner Residenzschloss aus. Hier blieb die Weltkriegsruine stehen und der Wiederaufbau hat nicht den schalen Beigeschmack des triumphierenden Systemwechsels wie er mit dem Abriss des Palasts der Republik in Berlin vollzogen wird.



□ 08
Virtuelle Rekonstruktion des Schlüterhofs
(Architectura Virtualis in Zusammenarbeit
mit TU Darmstadt,
Fachgebiet Digitales Gestalten).

□ 09
Virtuelle Rekonstruktion des Schweizer-
saals (Architectura Virtualis in Zusammen-
arbeit mit TU Darmstadt, Fachgebiet
Digitales Gestalten).



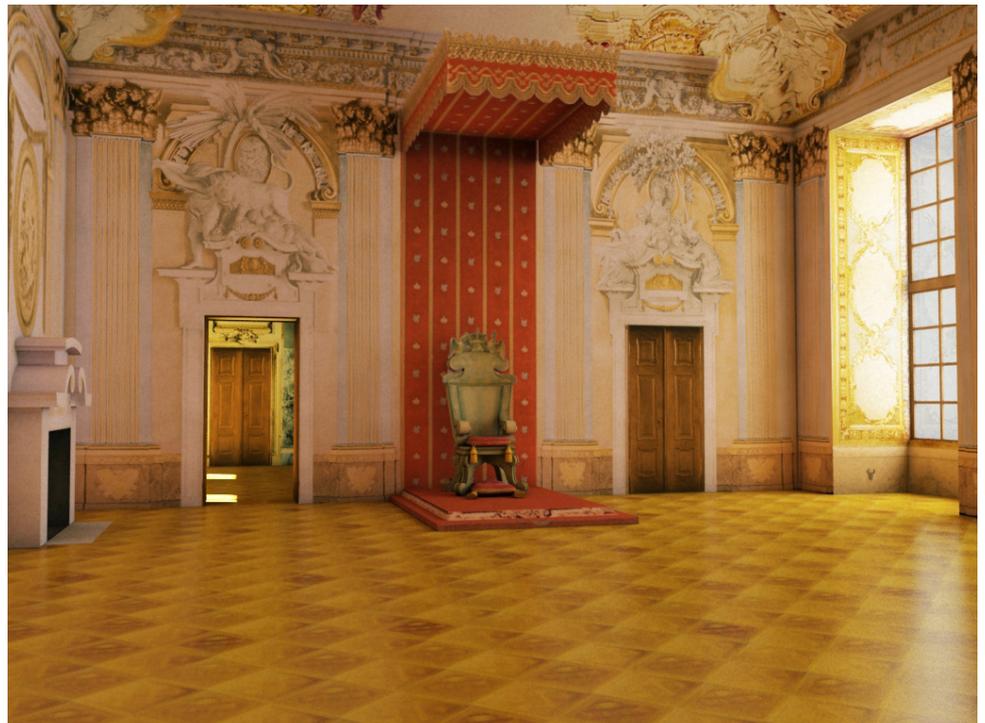
□ 10
Virtuelle Rekonstruktion der zweitem
Paradevorkammer (Architectura Virtualis in
Zusammenarbeit mit TU Darmstadt,
Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 11
Virtuelle Rekonstruktion der Drap
d'Or-Kammer (Architectura Virtualis in
Zusammenarbeit mit TU Darmstadt,
Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 12
Virtuelle Rekonstruktion der Rote-Adler-Kammer (Architectura Virtualis in Zusammenarbeit mit TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 13
Virtuelle Rekonstruktion des Rittersaals (Architectura Virtualis in Zusammenarbeit mit TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 14
Virtuelle Rekonstruktion der Schwarze-Adler-Kammer (Architectura Virtualis in Zusammenarbeit mit TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 15
Virtuelle Rekonstruktion des Paradeschlafzimmers (Architectura Virtualis in Zusammenarbeit mit TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



□ 16

Virtuelle Rekonstruktion der Decke der Schwarze-Adler-Kammer (Architectura Virtualis in Zusammenarbeit mit TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten) – s. a. folgende Seite.



F.3 Dresdner Schloss 1678

Für die Dauerausstellung zur Baugeschichte des Dresdner Residenzschlosses entstand 2011 eine virtuelle Rekonstruktion. Sie umfasste atmosphärische Darstellungen der Schlossgasse, des kleinen und großen Schlosshofes sowie der Schlosskapelle [17] und des Riesensaals [18]. Dargestellt wurde die Zeit um 1678. Gleichzeitig erfolgte in Darmstadt auch die Rekonstruktion des gesamten Schlossbezirkes als abstraktes Modell [19] und die Einbindung in einen Film, der als Hauptbestandteil Kamerafahrten im atmosphärischen Modell beinhaltet. Der Datensatz des abstrakten Stadtmodells diente auch als Grundlage für ein 2,20m×1,35m großes haptisches Modell, das im Rapid-Prototyping-Verfahren erstellt worden ist [20]. Die wissenschaftliche Beratung erfolgte durch Franziska Haas.

Für die Wahl auf die Zeit um 1678 sprach vor allem die gute Quellenlage. Verwendete Quellen und Rekonstruktionsprozess sind bereits an anderer Stelle dargelegt und sollen deswegen hier nicht vertieft behandelt werden. **03** Erwähnt sei an dieser Stelle auch ein dreibändiges Werk des Landesamt für Denkmalpflege Sachsen, das die Schlossgeschichte umfassend in Blick nimmt und das vor Kurzem mit dem Erscheinen des dritten Bandes abgeschlossen wurde. **04** Diese Publikation und die zu Grunde liegende Forschung bilden auch die Grundlage für aktuelle Arbeiten an einer detaillierten virtuellen Rekonstruktion der Geschichte des großen Schlosshofes, die wissenschaftlich durch Norbert Oelsner betreut wird. Ebenfalls aktuell sind die Planung zu einer Augmented Reality Anwendung, die Besucher*innen in die Lage versetzen soll, mit Hilfe von Tablets am authentischen Ort des Riesensaals, der nicht historisch rekonstruiert, sondern in seinen Dimensionen in moderner Formsprache gestaltet worden ist, den historischen Zustand von 1678 zu sehen.

Das Dresdner Beispiel steht auch für die Vorteile des Rapid-Prototyping-Verfahrens für die Herstellung haptischer Modelle gerade in Hinsicht der Wissenschaftlichkeit. Hier konnten erst alle Aspekte am virtuellen Modell besprochen werden, bevor der Ausdruck erfolgte [21]. Eine Möglichkeit, die bei traditionellen Modellerstellungen so nicht gegeben ist.

■ 03

Siehe hierzu einen ausführlichen Beitrag: Marc Grellert, Franziska Haas, Sharpness Versus Uncertainty in »Complete Models«. Virtual Reconstructions of the Dresden Castle in 1678, in: Stephan Hoppe, Stefan Breitling (Hg.): Virtual Palaces, Part II, Lost Palaces and their Afterlife, Virtual Reconstruction between Science and Media, München 2016, S. 119–148.

■ 04

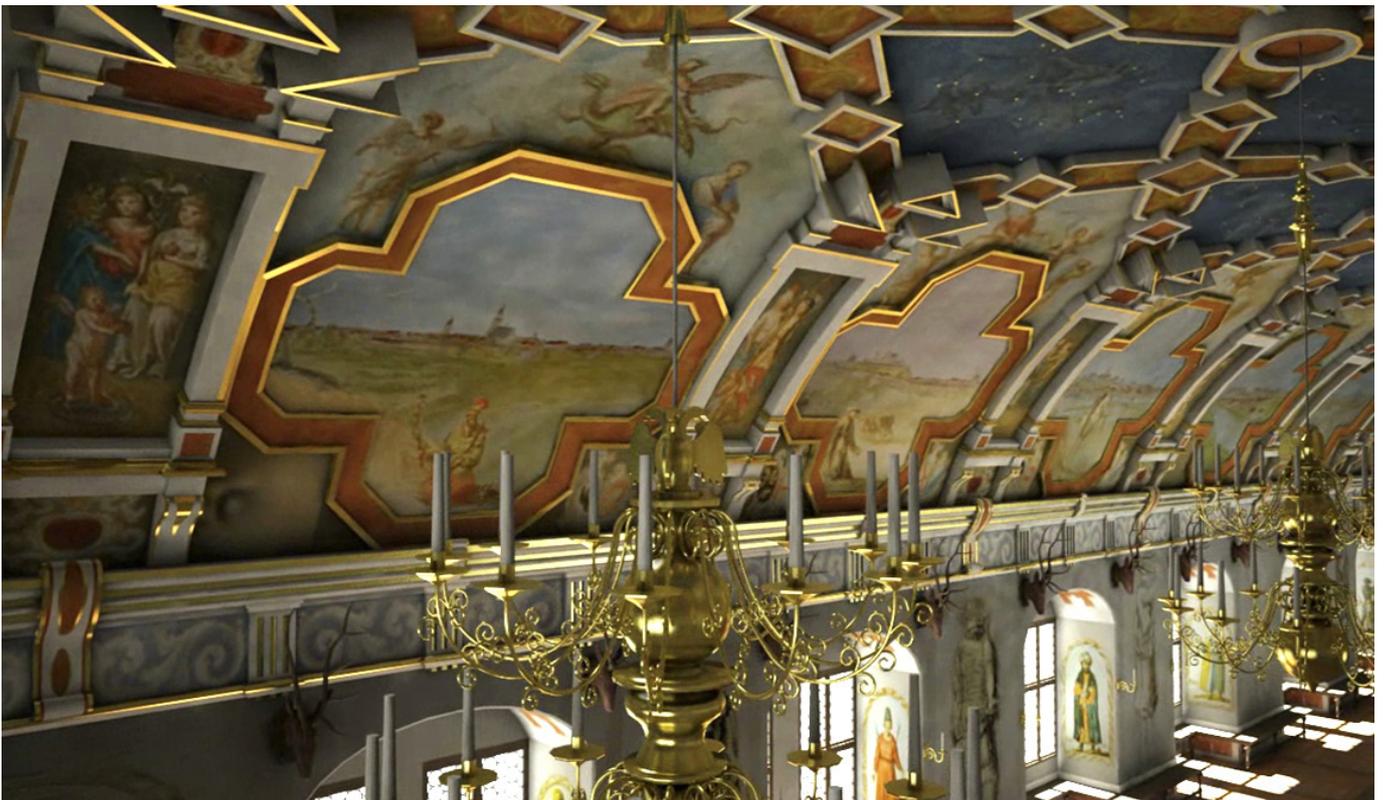
→ Band 1: Das Residenzschloss zu Dresden/ herausgegeben vom Landesamt für Denkmalpflege Sachsen, Redaktionskollegium: André Fester, Claudia Kemna, Heinrich Magirius, Norbert Oelsner, Rosemarie Pohlack, Petersberg 2020.
 → Band 2: Das Residenzschloss zu Dresden Band 2: Die Schlossanlage und ihre frühbarocke Um- und Ausgestaltung, Landesamt für Denkmalpflege Sachsen, Petersberg 2019.
 → Band 3: Von barocker Prachtentfaltung bis zum großen Schlossumbau im 19. Jahrhundert/ herausgegeben vom Landesamt für Denkmalpflege Sachsen; Redaktionskollegium: André Fester, Claudia Kemna, Heinrich Magirius, Norbert Oelsner, Rosemarie Pohlack, Petersberg 2020.

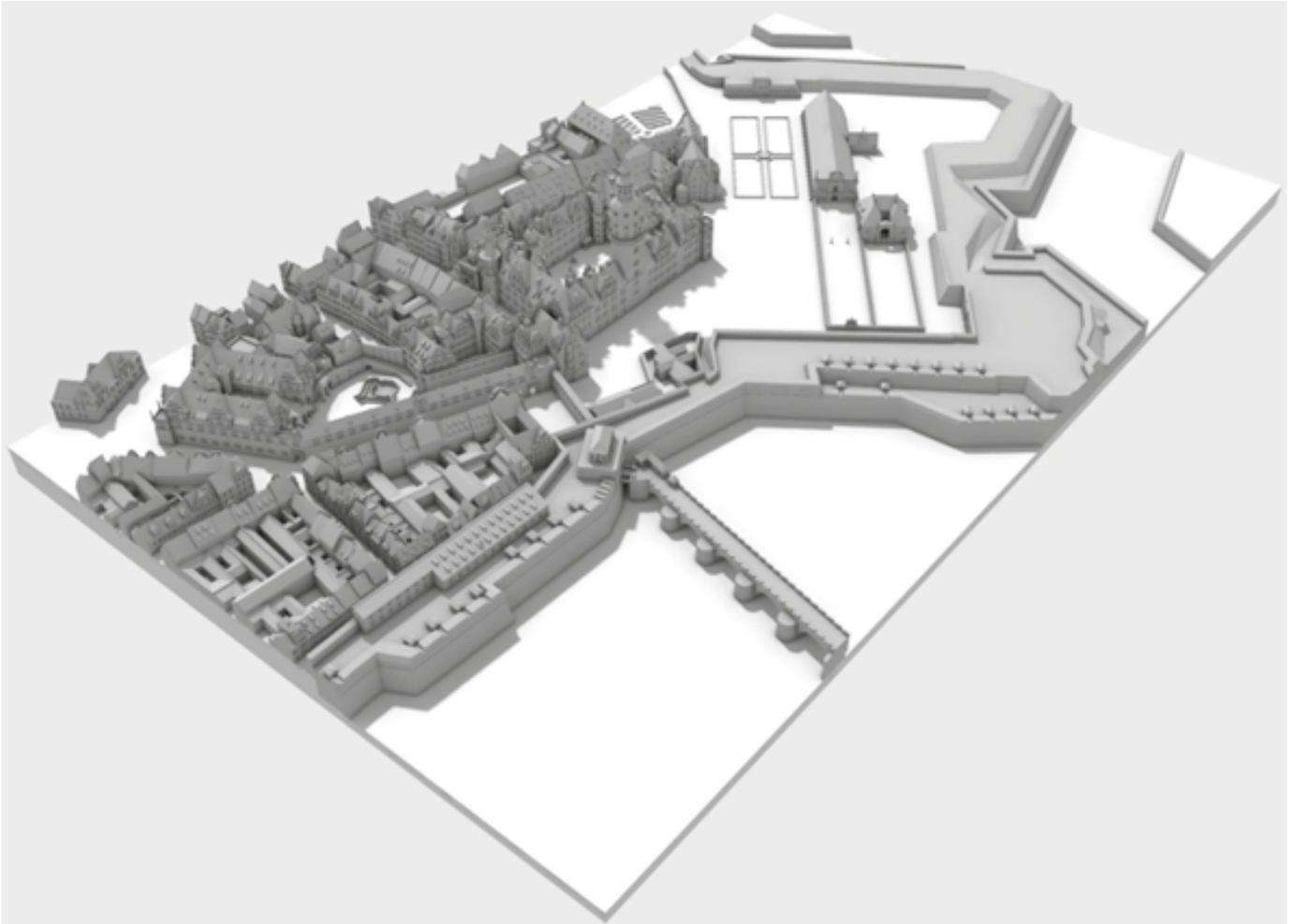
□ 17

Virtuelle Rekonstruktion der Schlosskapelle (TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten).



- 18
Virtuelle Rekonstruktion des Riesensaals
(TU Darmstadt,
Fachgebiet Digitales Gestalten).



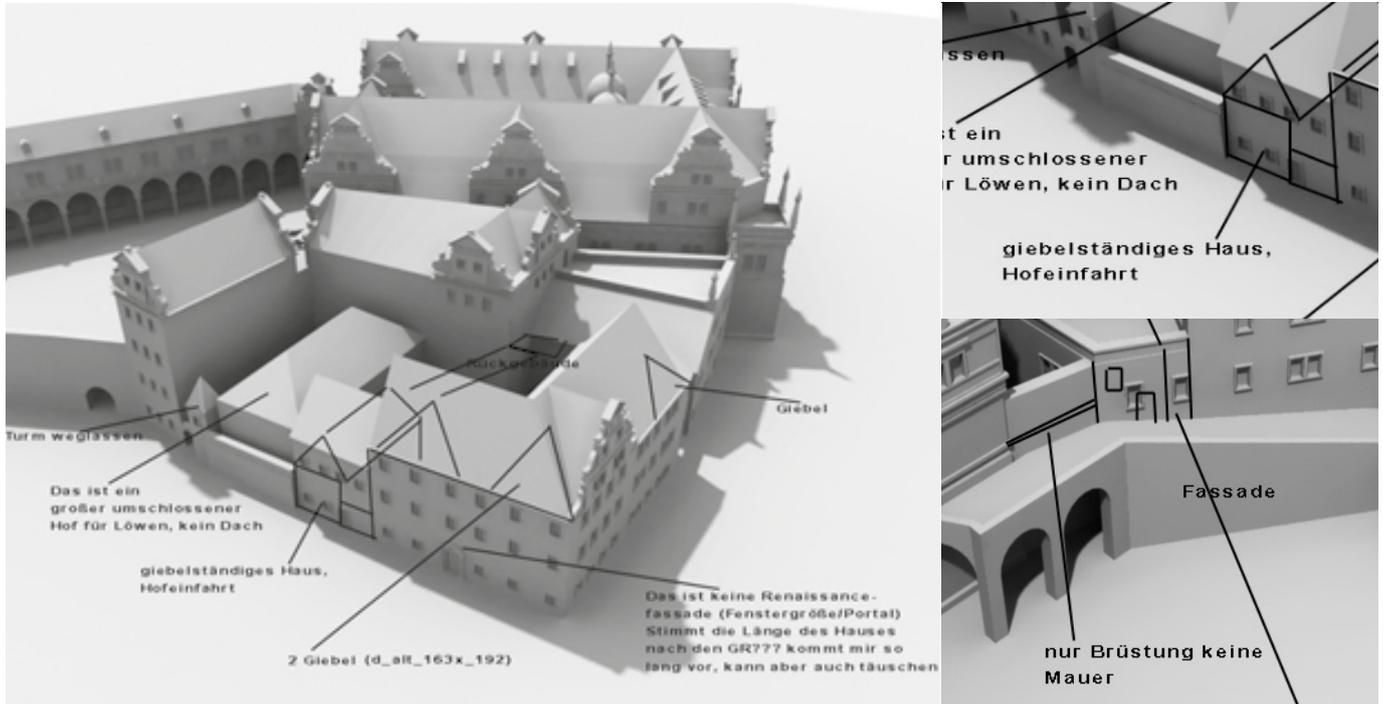


□ 19
Abstraktes Modell des Schlossbezirks
(Architectura Virtualis, Kooperationspartner
der TU Darmstadt).



□ 20
Rapid-Prototyping-Modell
(Architectura Virtualis, Kooperationspartner
der TU Darmstadt).





□ 21

Korrekturen am digitalen Modell für das Rapid-Prototyping-Modell (Architectura Virtualis, Kooperationspartner der TU Darmstadt).

F.4 Schlussbemerkungen

Abschließend sei kritisch angemerkt, dass – obwohl alle drei Projekte von Wissenschaftler*innen, die sich vorzüglich mit den Bauwerken auskennen, begleitet und beraten worden sind – eine öffentlich zugängliche Dokumentation der Entscheidungsprozesse fehlt. Eine Herausforderung, die in den letzten Jahren vermehrt diskutiert worden ist und zu der es erste konkrete Ansätze mehrerer Institutionen gibt. In Darmstadt wurde am Fachgebiet Digitales Gestalten ein Prototyp für ein webbasiertes Dokumentationstool (www.sciedoc.org) entwickelt, das inzwischen bei 86 Projekten zur Anwendung kommt. Hiervon sind 43 abgeschlossen und online, acht bedürfen noch der Klärung von Bildrechten, 35 befinden sich in der Bearbeitung. Acht Institutionen haben von ihnen durchgeführte Rekonstruktionen in sciedoc bis jetzt dokumentiert und Daten eingegeben. Insgesamt 25 verschiedene Institutionen sind im Kontext der wissenschaftlichen Beratung beteiligt bzw. beteiligt gewesen. So dokumentiert beispielsweise die TU Wien unter Leitung von Bob Martens Rekonstruktionsprojekte zu Synagogen in Österreich und den Kronländern in sciedoc. Das 2019 gestartete EU-Projekt »Rome Transformed: interdisciplinary analysis of political, military and religious regenerations of the city's forgotten quarter C1-C8 CE« beabsichtigt ebenfalls, die dort zu erstellenden Rekonstruktionen über sciedoc zu dokumentieren.

Mit diesem Online-Tool ist ein Prototyp für die Dokumentation von Forschungsergebnissen im Bereich der digitalen Rekonstruktionen entstanden, welcher der Fachcommunity kostenlos zur Verfügung steht. Darüber hinaus ist der Ansatz so gewählt, dass mit einer minimalen Einarbeitungszeit von nur 15 Minuten das Tool zu bedienen ist. Kern der Dokumentation ist die Gegenüberstellung von zweidimensionalen Bildern der Rekonstruktion mit den Abbildungen der zu Grunde liegenden Quellen. Beides wird verbunden mit einer textlichen Argumentation. Letztendlich ist diese textliche Argumentation das Entscheidende. Betrachtet man die aktuelle Situation, dann ist festzustellen, dass kaum öffentlich zugängliche Dokumentationen der Entscheidungsprozesse bei virtuellen Rekonstruktionen existieren. Der wissenschaftliche Wert ist so beschränkt. Es sind also Wege zu finden, in eine Praxis des Dokumentierens zu kommen. Hierfür müssen die Hürden klein gehalten werden, sonst ist zu befürchten, dass nur gut finanzierte Projekte in der Lage sind, das zu leisten. Hier setzt der Ansatz von sciedoc an, mit der kostenlosen Benutzung und der einfachen Handhabung.

Zum Schluss sei auch darauf hingewiesen, dass die vorgestellten Ergebnisse aller drei Projekte 10 bis 20 Jahre alt sind. Natürlich haben sich die Möglichkeiten der Darstellung von virtuellen Modellen im Allgemeinen und von Innenräumen im Besonderen weiterentwickelt. Das ist ja das Potenzial digitaler Modelle, dass je nachdem welche Interfaces zur Verfügung stehen, die Daten – gespeichert in Nullen und Einsen – mit weiterentwickelten Möglichkeiten, neuen Interfaces auch neu ausgegeben werden können. Auf zwei Entwicklungen sei hier verwiesen, die sich in der neuen, im August 2020 eröffneten Dauerausstellung des Jüdischen Museums Berlin festmachen lassen können.

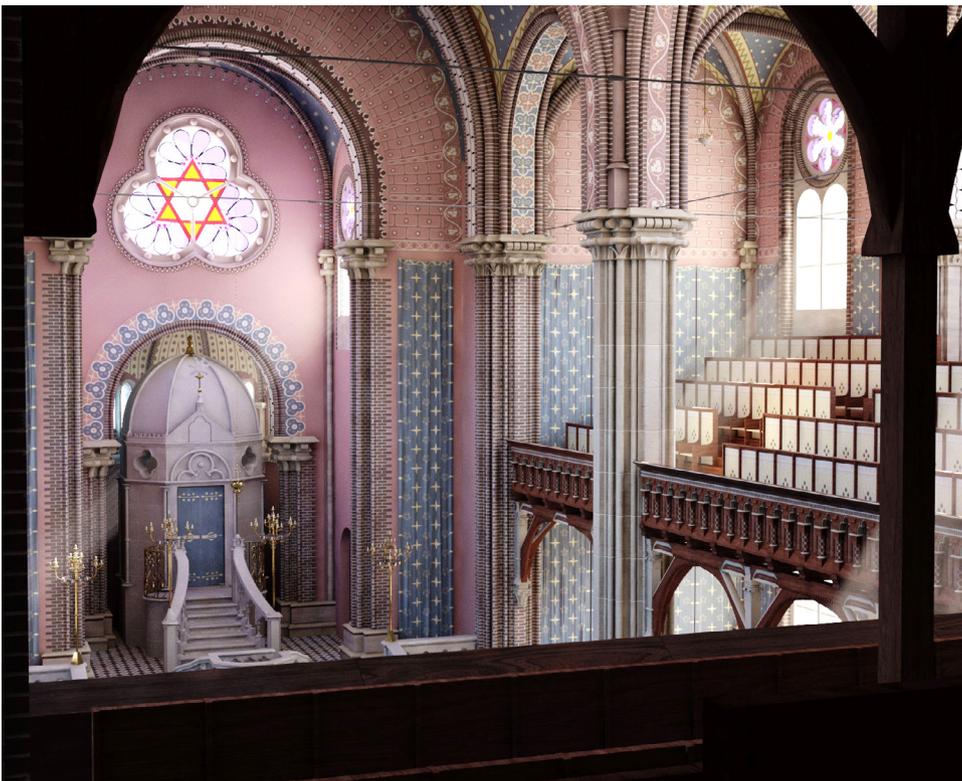
Virtual Reality ist für immer mehr Museen zu einer interessanten Vermittlungsform geworden. Letztendlich gibt es keine eindrücklichere Art verlorene Architektur darzustellen. So wurden drei Synagogen aus dem

Bestand des Fachgebietes Digitales Gestalten für VR aufbereitet. Die in der NS-Zeit zerstörten Synagogen Köln Glockengasse, Hannover und Plauen sind so virtuell zu betreten [22] [23] [24] [25]. Besucher*innen nehmen auf einem Stuhl Platz und tauchen ein in die prachtvolle Welt dieser drei Gotteshäuser. In sieben Minuten können sie die real verlorenen – weil zerstörten – Innenräume so erleben, als würden sie in einer der Bänke sitzen und sich frei umschauchen. Ziel ist es auch, mit den digitalen Bildern Barrieren des Kennenlernens jüdischer Kultur abzubauen und den sonst unbekanntem Raum einer Synagoge vorzustellen. Mit Virtual Reality soll die Möglichkeit gegeben werden, eine Synagoge zumindest virtuell zu betreten und sich mit dem Erscheinungsbild des Innenraums und Ablauf eines Gottesdienstes vertraut zu machen. Vielleicht stehen wir am Anfang einer Entwicklung, bei der virtuelle Erinnerungsräume eine Bedeutung für die Erinnerungskultur entwickeln können.

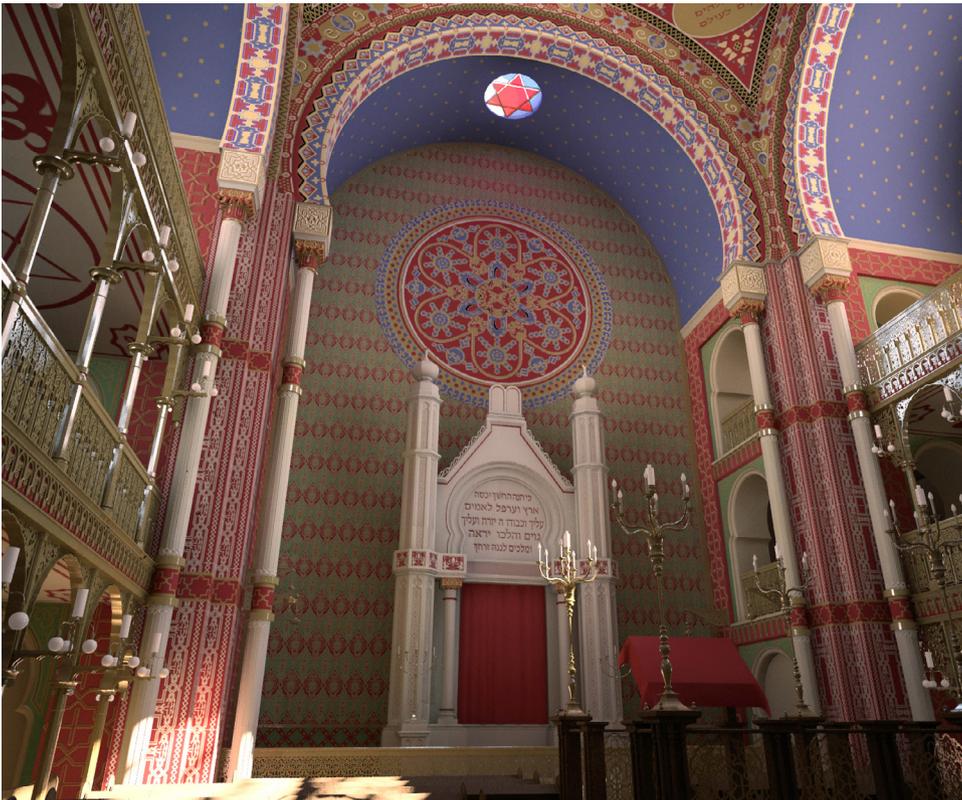
In scheinbarem Kontrast zu der digitalen Welt der VR-Stationen stehen vier haptische Schnittmodelle von Synagogen. Deren Äußeres und Inneres können Besucher*innen über Drehteller interaktiv betrachten. Drei dieser Modelle stellen Synagogen dar, die auch in VR zu sehen sind. Bei den haptischen Modellen kommt allerneueste Technologie zum Zuge. Die Modelle sind aus den digitalen Datensätzen in Edelstahl gedruckt und erlauben so ein unmittelbares Begreifen ohne besondere Schutzmaßnahmen. Beide Installationen machen neugierig, was digitale Interfaces in den nächsten Jahren ermöglichen werden.



□ 22
Virtuelle Rekonstruktion Synagoge Plauen
(Architectura Virtualis, Kooperationspart-
ner der TU Darmstadt).



□ 23
Virtuelle Rekonstruktion Synagoge
Hannover (Architectura Virtualis, Koopera-
tionspartner der TU Darmstadt).

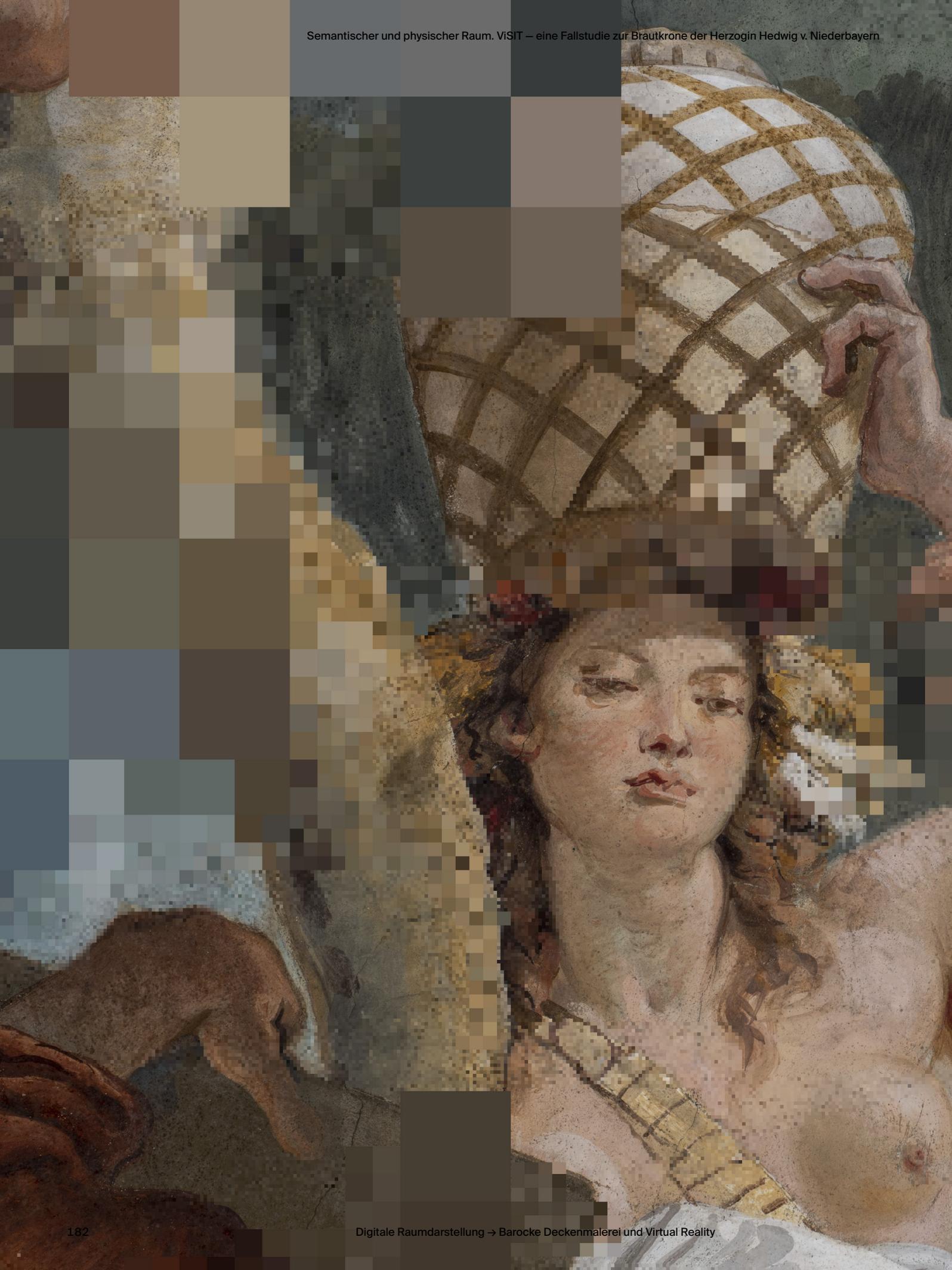


□ 24
Virtuelle Rekonstruktion Synagoge Köln,
Glockengasse (Architectura Virtualis,
Kooperationspartner der TU Darmstadt).

□ 25

Edelstahlmodelle und VR-Station zu Synagogen in der neuen Dauerausstellung des Jüdischen Museums Berlin (Marc Grellert).





Ludger Drost, Frauke Grams, Adolf Hofstetter, Magdalena März,
Malte Rehbein, Tomas Sauer, Andrea Schilz

G. Semantischer und physischer Raum. ViSIT – eine Fallstudie zur Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern

→ 3D-Digitalisierung, Digitale Infrastruktur,
Kulturtourismus, Kuratierung, Vernetzung,
Wissensrepräsentation

Das interdisziplinäre, bilateral aufgestellte Projekt »ViSIT – Virtuelle Verbund-Systeme und Informations-Technologien für die touristische Erschließung von kulturellem Erbe« wird im Rahmen des INTERREG V-A Programms Österreich – Bayern 2014–2020 (EFRE, Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung) gefördert. Laufzeit war von Oktober 2016 bis September 2019. In ViSIT entwickelte digitale Angebote ermöglichen es, standort- und länderübergreifend das kulturtouristische Thema Burgen im grenzüberschreitenden Kulturraum Inn-Salzach-Donau zu vernetzen. Dafür greifen Arbeitsfelder und -pakete auf kuratorischer und informationstechnologischer Seite so ineinander, dass skalierbare Software für den Museumsbereich mit kulturtouristischer Ausrichtung entsteht. Im Folgenden wird anhand der sogenannten »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern« (Oberhausmuseum Passau) illustriert, wie sich über digitale Vernetzung Information, die vielfältige Aspekte des Objekts in räumlicher und historischer Hinsicht aufzeigt, anreichern und darstellen lässt. Methode und Ergebnis der 3D-Digitalisierung des musealen Objekts werden vorgestellt und es wird diskutiert, wie sich im Projekt das Feld der Wissensrepräsentation hinsichtlich der digitalen Infrastruktur von ViSIT und den Nutzer-Zielgruppen der Software-Produkte und Best Practices abbildet.

G.1 Einleitung

Das Projekt ViSIT – Virtuelle Verbund-Systeme und Informations-Technologien für die touristische Erschließung von kulturellem Erbe – wird im Rahmen des INTERREG V-A Programms Österreich – Bayern 2014–2020 gefördert. **01** Im Folgenden werden die Eckpfeiler des Projekts vorgestellt, das sich dem Bereich der Kulturerbe-Bewahrung genauso zurechnen lässt wie der Museumsarbeit und dem Kulturtourismus.

■ 01

Gefördert wurde das Projekt vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und hatte eine Laufzeit von Oktober 2016 bis September 2019.

G.2 Projektrahmen

Charakteristisch für den Projektrahmen ist das für die INTERREG-Förderung typische Profil einer internationalen und interdisziplinären Zusammenarbeit. In ViSIT dient sie der digitalen Erschließung und touristischen Inwertsetzung von Burgen und Residenzen im grenzüberschreitenden Kulturraum Inn-Salzach-Donau mittels der digitalen Angebote von ViSIT. Diese ermöglichen es, standort- und länderübergreifend das kulturtouristische Thema Burgen zu vernetzen. Dafür greifen Arbeitsfelder und -pakete auf kuratorischer und informationstechnologischer Seite so ineinander, dass ein vielseitiges und adaptierbares Softwareprodukt für den Museumsbereich mit kulturtouristischer Ausrichtung entsteht.

Basis ist eine speziell entwickelte Infrastruktur, die eine Datenbank und verschiedene Anwendungsmöglichkeiten sowie dreidimensional digitalisiertes Kulturgut einschließt: Es werden digitale Repräsentationen vom archäologischen Kleinfund bis zur ganzen Burganlage erstellt, verschiedene Verfahren evaluiert, für unterschiedliche Anwendungen optimiert und praxisorientierte Best Practices zur 3D-Digitalisierung erarbeitet. Die Digitalisate werden in einem sogenannten Virtuellen Depot gespeichert, dem Kernstück von ViSIT: eine semantische Datenbank, in deren Triplestore unterschiedliche Inhalte wie Mediendaten, Bilder, aber auch Metadaten, Texte und Beschreibungen in verknüpfter Form vorgehalten werden. Das den Verknüpfungen zugrundeliegende Datenmodell basiert auf der Ontologie des CIDOC CRM. Es hilft dabei, inhaltliche Zusammenhänge der Objekte räumlich und thematisch übergreifend darzustellen und bisher ungesehene Verbindungen sichtbar zu machen. Eigens entwickelte Anwendungen, die von Burgenbetreibern und Museumskuratoren relativ niederschwellig bedienbar sind, greifen auf die Daten im Virtuellen Depot zu wie ein App-Framework zur Generierung mobiler Angebote, eine Tablet-Anwendung für Ausstellungen und ein virtuelles Fernrohr.

Leitender Partner im Projekt ist die Universität Passau. Die Projektleitung sowie Koordination und Teile der inhaltlichen Mitarbeit sind dem Lehrstuhl für Digital Humanities unter der Leitung von Prof. **Malte Rehbein** zugeordnet. Dem Lehrstuhl für Kunstgeschichte und Bildwissenschaft obliegt im Projekt das Zusammenführen kunsthistorischer Standards mit dem Datenmodell sowie das Evaluieren von Entwicklungen hinsichtlich ihres praktischen Einsatzes im Feld der Museumsarbeit. Am Lehrstuhl für Mathematik mit Schwerpunkt Digitale Bildverarbeitung wird das Digitalisieren ausgewählter Objekte inklusive der

Datenaufbereitung realisiert. An weiteren Lehrstühlen der Fakultät für Informatik und Mathematik (Lehrstuhl für Informatik mit Schwerpunkt Verteilte Informationssysteme und Lehrstuhl für Data Science) wird das Virtuelle Depot entwickelt, während der Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik das App-Framework erarbeitet – beides insbesondere in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Kufstein Tirol, die sich auf die Erstellung der technischen Infrastruktur konzentriert. Ein von der Forschungsgesellschaft Salzburg Research erstelltes Konzept für e-Kulturtourismus, gestützt durch empirische Untersuchungen an der Veste Oberhaus und der Festung Kufstein, ergänzt das ViSIT-Portfolio und unterstützt gleichzeitig die Ausrichtung zweier Ausstellungen vor Ort.

G.3 Räumliche Vernetzung

■ 02

Auf der Veste Oberhaus wird der historische Observationsturm zum Informations- und Medienturm ausgestaltet. In der Festung Kufstein dienen der Kaiser- bzw. Fuchsturm als Räume für modellhafte, multimediale Dauerausstellungen, die mit und für ViSIT gestaltet wurden. Dabei wird der Fuchsturm zum Medienturm ausgestaltet, im Kaiserturm wird dessen ehemalige Funktion als Staatsgefängnis medial aufbereitet.

■ 03

In Deutschland sind assoziierte Partner u.a. Burgfreunde Julbach e.V., Kirchenmuseum Kößlarn, in Österreich u.a. das Stadtarchiv Schärding.

Um konkrete Möglichkeiten der Infrastruktur für den Museumsbereich praxisnah zu entwickeln und zugleich deren Potenzial für Besucher bestmöglich auszuschöpfen, werden die Anwendungen in zwei Ausstellungen in den Pilothäusern Veste Oberhaus in Passau und Festung Kufstein realisiert. Teile beider Festungsanlagen, jeweils ausgewählte Turmanlagen, werden als Medientürme ausgebaut, in denen die Ausstellungen zu sehen sein werden, die beispielhaft mit der ViSIT-Infrastruktur arbeiten. **02** Die Informations- und Interaktionsmöglichkeiten, die sich den Besuchern an beiden Orten bieten, stellen inhaltliche Bezüge zwischen den zwei Pilothäusern sowie zu anderen Burganlagen im Inn-Salzach-Donau-Raum her. Über den Kernverbund und die Pilothäuser hinaus sind die sogenannten assoziierten Partner essentiell für den Praxisbezug des Projektes. **03** Sie sind ausschlaggebend dafür, dass das virtuelle Netz von Burgen, Schlössern und Residenzen im Inn-Salzach-Donauraum Gestalt annimmt. Die Betreiber dieser historischen Anlagen beteiligen sich aktiv dadurch, dass sie Objekte und Informationen für das Virtuelle Depot sammeln bzw. einspeisen, die Infrastruktur kuratorisch nutzen und den touristischen Verbund mittragen, indem sie ihre Partnerschaft auch nach außen kommunizieren.

G.4 Historische Vernetzung

Über jeweils gegenseitig Bezug nehmende Erzählungen an verschiedenen Orten in zwei Ländern wird die historisch-inhaltliche Klammer verdeutlicht, die diesen Raum charakterisiert. Dabei erweist sich die Thematik »Burgengeschichte« hinsichtlich einer praktikablen Konzeptumsetzung als ausgesprochen tragfähig, da Burgen, Festungsanlagen, Schlösser und Residenzen prägend für den Kulturraum an Donau, Inn und Salzach sind. Neben den prominenten Bauwerken in Passau, Burghausen, Kufstein oder Salzburg findet sich hier eine kaum überschaubare Anzahl ehemaliger Dynasten- und Amtsburgen, Mautschlösser, Edelsitze, Ruinen und Burgställe. Diese Denkmäler lassen sich zum einen

hinsichtlich historischer, kunstgeschichtlicher und bauforscherischer Einordnungen immanent betrachten. Zum anderen rückt die Bedeutung des Raums zwischen den Burgen ins Blickfeld – das Netz, das Burgen verbindet. Die Untersuchung nachbarschaftlicher Beziehungen der Anlagen untereinander markiert deshalb den zweiten großen Erzählaspekt. So werden für die Festung Kufstein die spezifische Festungsgeschichte sowie die Beziehungen in den Inn-Salzach-Donauraum erarbeitet. An der Veste Oberhaus in Passau konzentrieren sich im Projekt tätige Kunsthistoriker und Bauforscher einerseits auf die Geschichte der 800 Jahre alten Anlage und stellen andererseits Bezüge zu weiteren Burgen und Residenzen her. Geprägt sind diese Beziehungen von Auseinandersetzungen zwischen benachbarten Herrschaftsterritorien genauso wie von friedlichen Nutzungen, die Burgen als Umschlagplätze bzw. Zollstationen an Handelswegen zeigten. Deshalb liegt ein dritter Schwerpunkt auf wirtschaftsgeschichtlichen Zusammenhängen bzw. der Rolle, die solche historischen Anlagen als Zentren von Wirtschaftsräumen und als Fixpunkte an Handelsrouten einnahmen.

G.5 Raum und Bedeutung

■ 04

Vgl. zusammenfassend zum Thema: Thomas Weyh, *Landshuter Stadtgeschichte. Bd. 3: Reiche Herzöge, Landshuter Hochzeit 1475, Erbfolgekrieg*, Landshut 2006; Richard Loibl, Reinhard Stauber, Gerhard Tausche, *Niederbayerns Reiche Herzöge. Hefte zur bayerischen Geschichte und Kultur 38*, Augsburg 2009; Franz Niehoff (Hg.), *Das goldene Jahrhundert der reichen Herzöge. Publikation zur Ausstellung der Museen der Stadt Landshut in der Spitalkirche Heiliggeist vom 13. November 2014 bis zum 1. März 2015. Museen der Stadt Landshut: Schriften aus den Museen der Stadt Landshut (34)*, Landshut 2014.

Wie eine beispielhafte Narration unter den spezifischen Parametern von ViSIT ausformuliert werden kann, wird im Folgenden illustriert. Dabei geht es nicht um das Entwickeln eines ganzheitlichen Ausstellungskonzepts, sondern um das Aufzeigen semantischer Verknüpfungen zwischen einzelnen Objekten und den zugehörigen Erzählungen. Der Raum als einer der maßgeblichen Parameter der Erzählung wird durch die Flüsse Donau, Inn und Salzach definiert. Als zeitliche Marke wird eine ca. ein Jahrhundert umfassende Zeitspanne um 1500 gesetzt. Den thematischen Rahmen bildet die Kultur der niederbayerischen Reichen Herzöge und der Krieg um ihren Nachlass, der Landshuter Erbfolgekrieg 1504 bis 1505. **04** Gegenständliche Basis und zugleich Werkzeug für diese Verknüpfungen ist die ViSIT-Datenbank, das Virtuelle Depot mit seinen dualen Inhalten der Mediadaten (digitalisierte Objekte) und Metadaten (Informationen zu den Mediadaten sowie Kontextinformationen).

G.6 Das Objekt

Anker dieser beispielhaften Erzählung ist die sogenannte **Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern** aus dem Bestand des Passauer Oberhausmuseums [\[01\]](#). Von ihr wurde im Projekt mithilfe unterschiedlicher, unten näher vorgestellter Verfahren, ein 3D-Digitalisat erstellt, das im Virtuellen Depot gespeichert ist. Bei der Krone handelt es sich um einen 18cm hohen, sich konisch nach unten verjüngenden, mit rotem Textil ausgestaffierten Pappaufbau, der in Goldfiligran-Technik und mit zahlreichen facettierten, teils falschen Edelsteinen, Süßwasserperlen, Emailen sowie zweitverwendeten Schmuckstücken und weiterem Zierrat geschmückt ist.



■ 05

Zit. nach Wolfgang Maria Schmid, *Aus ostbayerischen Ortsmuseen 1*, in: *Monatsschrift für die ostbayrischen Grenzmarken 10*, 1921. S. 43–46, S. 45.

■ 06

Schmid 1921, S. 43.

■ 07

Schmid 1921, S. 46. Die Ergebnisse von Schmid's Forschungen wurden bis heute nicht widerlegt, wenngleich in zwei jüngeren Ausstellungen die Krone wieder als Brautkrone der Herzogin Hedwig gezeigt wurde: Suzanne Bäuml, Michael Henker, Evamaria Brockhoff (Hg), *Von Kaisers Gnaden. 500 Jahre Pfalz-Neuburg. Ausstellungskatalog*, Neuburg an der Donau 2005, Kat. 2.48 (S. 67) und Max Brunner, *Passau Mythos und Geschichte. Ausstellungskatalog Passau 2007*, Kat. D. 19 (S. 56). Man berief sich dabei unkritisch auf Georg Spitzelberger: *Das Herzogtum Bayern-Landshut und seine Residenzstadt 1392 bis 1503. Ausstellungskatalog Stadt- und Kreismuseum Landshut*, Landshut 1993, S. 27f. (bzw. Johann Dorner, *Herzogin Hedwig und ihr Hofstaat, Burghäuser Geschichtsblätter*, 53, Burghausen 2002, der Spitzelberger zitiert). Spitzelberger folgt Schmid in der Beurteilung der Krone als Votivgabe des 18. Jahrhunderts, betont allerdings den schon von Schmid erkannten Aspekt, dass in der Krone älterer Schmuck verarbeitet wurde. Diesen ordnet er ohne nähere Begründung dem Brautschmuck der Hedwig zu.

□ 01

Sogenannte »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern« (Foto: Museum Veste Oberhaus, Passau).

Einer Überlieferung zufolge soll die polnische Königstochter Hedwig das Stück bei der legendären **Landshuter Hochzeit** im Jahr 1475 mit Herzog Georg dem Reichen getragen haben. Der Passauer Stadthistoriker Wolfgang Maria Schmid hat dies schon 1921 in den Bereich der Legende verwiesen. Seine Forschungen zur Provenienz des Stückes ergaben, dass es erst zwischen 1718 und 1736 entstanden sein kann. In einem Inventar der äußeren Burgkapelle Burghausen wird es 1779 erstmals ausdrücklich und wiedererkennbar erwähnt:

»1 alte Frauen und Jesu Kindl Kron von rothem Tafet mit Berlein und Steinen, dann goldener Trad Arbeit versehen.« 05

Nach einer Neugestaltung der Burghäuser Burgkapelle 1859 kam die Krone in Privatbesitz, aus dem sie der Passauer Juwelier August Vara 1861 erwarb und zehn Jahre später der Stadt Passau schenkte. In der folgenden Zeit entwickelte sich, zeittypisch, die Geschichte von der vermeintlichen **Brautkrone**: In der zugehörigen Schachtel fanden die Passauer eine Notiz, die die Krone als eine Stiftung des Herzogspaares Hedwig und Georg an ein Madonnenbild in der Burghäuser Kapelle bezeichnete. Kurz darauf, im Jahr 1887, erklärte sie der Landshuter Bürgermeister Gehring unter Verweis auf ein 1882 entstandenes Gemälde von der Landshuter Hochzeit kurzerhand zur Brautkrone der Herzogin. 06 Schmid datierte die Krone dagegen stilistisch in die Jahre 1720 bis 1725. 07

Die Brautlegende ist ein interessanter historischer Fakt. Daneben gibt es noch zwei weitere Aspekte, die es rechtfertigen, das Objekt tatsächlich in einen historischen Zusammenhang mit dem Herzogspaar Georg und Hedwig und der

Zeit um 1500 zu stellen. In der Krone wurden ältere Schmuckstücke verarbeitet, die teilweise aus der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts stammen. Außerdem zierte das Stück einstmals eine silberne Madonnenstatue, die auch schon zu Zeiten des herzoglichen Paares in der äußeren Burgkapelle von Burghausen aufgestellt war. Georg und Hedwig hatten diese Kapelle erbauen lassen und reich bestiftet ⁰⁸ – das Objekt im Passauer Oberhausmuseum war also ursprünglich eine Votivkrone.

Da die zugehörige silberne Madonnenstatue wie die meisten mittelalterlichen Silberarbeiten nicht erhalten ist, ⁰⁹ stellt sich die Frage nach einem vergleichbaren Anschauungsobjekt. Fündig wird man in der Wallfahrtskirche und Kirchenburg Kößlarn, einem assoziierten ViSIT-Partner. Die ursprünglich abgelegene Einöde hatte ab 1364 durch einen unvermittelt einsetzenden Wallfahrerstrom Bedeutung erlangt und war unter Mitwirkung der Reichen Herzöge in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts ausgebaut worden. ¹⁰ Auch Herzog Georg hatte 1480 ein Benefizium gestiftet. ¹¹ Als Höhepunkt der höchst kostspieligen Ausstattungsmaßnahmen ließen die Kößlarn im Jahr 1488 eine Madonnenstatue aus den Silbergaben der Wallfahrer fertigen ⁰². Ausführer Meister war Balthasar Waltenberger aus Passau. ¹² Semantisch verknüpfen lassen sich also die Votivkrone aus dem Oberhausmuseum, die äußere Burgkapelle von Burghausen und die Kößlarn Silbermadonna historisch über die Entstehungszeit kurz vor 1500, den historischen Kontext um das Herzogspaar Georg und Hedwig, aber auch über das Kulturzentrum Passau im 15. bzw. 19. Jahrhundert.

■ 08

Schmid 1921, S. 44. Zur Burgkapelle Vgl. Klaus Metz (Hg.), Handbuch des Bistums Passau, Passau 2010, S. 35 (mit Literatur).

■ 09

Johann Michael Fritz, Goldschmiedekunst der Gotik in Mitteleuropa. München 1982, (Nr. 751). Fritz schätzt, dass nur 0,5 Prozent der Goldschmiedearbeiten aus der Zeit zwischen 1250 und 1520 erhalten geblieben seien.

■ 10

Zu Kößlarn grundlegend: Josef Huber, Baugeschichte der Wallfahrts- und Pfarrkirche Kößlarn. Sonderdruck, aus: Ostbairische Grenzmarken 1930, Heft 8–11. Sebastian Kaiser, Die Wallfahrt Kößlarn. Volkskundliche Untersuchung des religiösen Lebens einer Gnadenstätte zwischen Spätmittelalter und Gegenwart. Passauer Studien zur Volkskunde 1, Passau 1989.

■ 11

Huber 1930 (Heft 8–11), S. 5.

■ 12

Zur Kößlarn Silbermadonna: Joseph Huber, Die gotische Silbermadonna zu Kößlarn, das Werk eines Passauer Künstlers, in: Ostbairische Grenzmarken 19, 1930, S. 110–112. Jeffrey Chipps Smith, Die Silbermadonna mit Kind von Kößlarn: Ein Meisterwerk der Spätgotik, in: Kunstreich, wehrhaft, gnadenvoll. Wallfahrtsgeschichte und Sakralkunst in der Kirchenburg Kößlarn. Kultur im Landkreis Passau Bd. 14, Passau 2009, S. 67–72.



□ 02

Silbermadonna, Pfarr- und Wallfahrtskirche Heiligste Dreifaltigkeit, Kößlarn (Foto: Kirchenmuseum Kößlarn, Georg Thuringer).

■ 13

Zur barocken Inszenierung des Gnadenbildes vgl. Ludger Drost, Kößlarn. Manifestationen eines Wallfahrtsortes, in: Klemens Unger (Hg.), *Brücke zum Wunderbaren: von Wallfahrten und Glaubensbildern. Ausdrucksformen der Frömmigkeit in Ostbayern. Begleitband zur Ausstellung im Historischen Museum der Stadt Regensburg 15. April bis 06. Juli 2014*, S. 163–169, hier v. a.: S. 168 ff.

■ 14

Zu Klosterarbeiten, auch Schöne Arbeiten genannt, vgl.: Saskia Durian-Ress, Sebastian Bock (Hg.), *Gold, Perlen und Edel-Gestein [...]: Reliquienkult und Klosterarbeiten im deutschen Südwesten. Ausstellungskatalog, Augustinermuseum Freiburg im Breisgau, München 1995*.

Es lässt sich sogar noch eine weitere Beziehung zwischen der Passauer Votivkrone und Kößlarn herstellen: Das hölzerne Kößlarner Mariengnadenbild trägt seit 1708 eine Votivkrone, die – wenn auch in anderer Grundform – doch in ähnlicher Technik wie jene aus dem Oberhausmuseum aus Pappe, Golddraht, Perlen und falschen Edelsteinen hergestellt wurde ⁰³. ¹³ Auch hier gibt es einen klaren semantischen Bezug, der aber zugleich deutlich macht, dass nicht alles, was miteinander zusammenhängt, auch in einem kuratorischen Kontext zu sehen ist. Für die hier beispielhaft ausgewählte Thematik der Reichen Herzöge von Niederbayern um 1500 spielt die Kößlarner Votivkrone aus dem 18. Jahrhundert keine Rolle. In einem anderen Zusammenhang wie etwa den barocken Gnadenbildinszenierungen oder den sogenannten Klosterarbeiten ¹⁴ könnte der Hinweis auf sie dagegen hilfreich sein.



□ 03

Votivkrone des Kößlarner Mariengnadenbildes, Pfarr- und Wallfahrtskirche Heiligste Dreifaltigkeit, Kößlarn (Foto: Ludger Drost).

G.7 Bauwerk und Akteur

Das thematische Beziehungsgeflecht um die Reichen Herzöge in Niederbayern, insbesondere Georg den Reichen, lässt sich noch weiterspannen, insbesondere durch bedeutende Burganlagen. Hier liegt der Konnex zum zentralen ViSIT-Thema Burgen, Schlösser und Residenzen.

Die Anlage von Schloss Neuburg am Inn bietet eine Vielzahl von Ansatzpunkten für kulturhistorische Forschungen und entsprechende Einsatzmöglichkeiten für die modernen Analyse- und Vermittlungsmethoden des Projekts. Auf eine Gründung der Grafen von Vornbach im 11. Jahrhundert zurückgehend, wechselten im späten Mittelalter Burg und Herrschaft Neuburg des Öfteren zwischen habsburgischer und wittelsbachischer Zugehörigkeit. Im Dezember 1497 ist der Verkauf Neuburgs an Georg den Reichen beurkundet. ¹⁵ Der Voreigentümer, Kaiser Maximilian I. (1459–1519), hatte noch im Januar des gleichen Jahres Reparaturen an der Burg in Auftrag gegeben, die zeigen, dass dem Kaiser am Erhalt der Anlage gelegen war und ein Verkauf zu dieser Zeit offenbar noch nicht zur Diskussion stand. ¹⁶ Nach dem Landshuter Erbfolgekrieg ging die Burg 1504 wieder an Habsburg, ¹⁷ 1528 wurde der in Diensten der Habsburger stehende Niklas III. von Salm (1503–1550) mit der Grafschaft Neuburg belehnt. Ab 1529 erfolgte der Umbau unter Leitung des in Passau ansässigen Hofbaumeisters und -malers Wolf Huber (1485–1553) zu einem repräsentativen Schloss mit ausgedehnter Gartenanlage. Nicht nur ging mit dem Umbau der Wandel von Burg zu Schloss einher – der Bauherr agierte als Wegbereiter einer neuen Formensprache im Sinne der Renaissance. ¹⁸

Zwar stellen die Jahre unter Georg dem Reichen zwischen 1497 und 1503 nur eine kurze Übergangsphase in der Bau- und Besitzgeschichte von Schloss Neuburg am Inn dar, doch fallen der Ausbau der damals noch bayerischen Burg Rattenberg in Tirol sowie der erzbischöflich-salzburgischen Burg Tittmoning in diese Zeit. Verantwortlich zeichnete Ulrich Pesnitzer (um 1450–1521), Hofbaumeister Herzog Georgs. ¹⁹ Gesichert ist seine Tätigkeit in Burghausen und Tittmoning, fortifikatorische Ausbaumaßnahmen in Rattenberg und Neuburg weisen ebenfalls seine Handschrift auf: Solche spezifischen Bauelemente sind z. B. die hölzernen Wehrschirme – ein besonders anschauliches Exemplar ist vor dem Haupttort der Burghäuser Kernburg aus der Pesnitzerschen Zeit erhalten ⁰⁴. In Neuburg zeigt die sogenannte Rohrbach-Bastei einen (rekonstruierten) Wehrschirm, auch für Tittmoning ist die Anbringung eines solchen Schirms gleicher Zeitstellung überliefert ⁰⁵. ²⁰

■ 15

Herzog Georg von Bayern-Landshut bekundet am 13.12.1497, dass Kaiser Maximilian ihm das Schloss Neuburg am Inn »samt allem Zubehör« verkauft hat. RI XIV,2 n. 5611, in: Regesta Imperii Online, URI: http://www.regesta-imperii.de/id/1497-12-13_2_0_14_2_0_1951_5611.

■ 16

Schreiben vom 20.1.1497 von Kaiser Maximilian I. an Hans Geyr, den obersten Baumeister in Österreich: Der Kaiser hat dem auf Neuburg ansässigen Zyprian von Niderthor befohlen, 500 fRhm am Schloss zu verbauen, und Geyr soll über einen Helfer den Bau leiten. RI XIV,2 n. 4634, in: Regesta Imperii Online, URI: http://www.regesta-imperii.de/id/1497-01-20_1_0_14_2_0_973_4634. Original: Innsbruck TLA, ma XIV/1497, fol. 48.

■ 17

Vgl. die Interessen-Liste (Forderungen) Kaiser Maximilians nach dem Tod Herzog Georgs an dessen Erben Herzog Ruprecht, worin Neuburg neben der Einforderung der Gerichte Rattenberg, Kufstein und Kitzbühel genannt wird. RI XIV,4,1 n. 18399, in: Regesta Imperii Online, http://www.regesta-imperii.de/id/1504-03-16_3_0_14_4_0_2675_18399.

■ 18

Vgl.: Schloss Neuburg a. d. Donau ab 1527/32; Landshuter Stadtresidenz ab 1536 (Austausch der Bauleute nachweisbar). Dieser Fakt wird erst in jüngster Zeit von der Forschung verstärkt in den Blick genommen: Vgl. zu Neuburg zuletzt: Nicole Riegel-Satzinger, Hospitality and Splendour: The Case of Schloss Neuburg am Inn, c.1530, in: Stephan Hoppe et al., The Interior as an Embodiment of Power., Heidelberg 2018, S. 79–100; Dies.: Ein neue fatzon. Schloß Neuburg am Inn um 1530, in: Zeitschrift des Deutschen Vereins für Kunstwissenschaft 66, München 2014, S. 102–205; sowie die Schriften von Hartleb, Wilfried – zuletzt: Die Neuburg. Adelssitz und Künstler-schloss am Inn: Illustrierte Geschichte eines Baudenkmals, Passau 2016.

■ 19

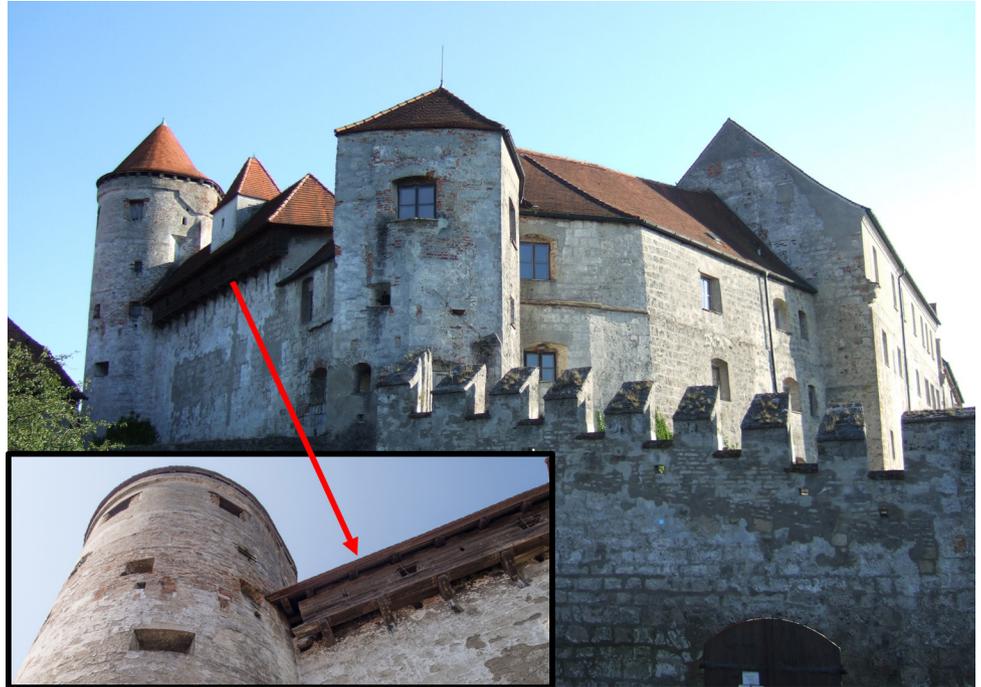
Zu Person und Wirken Pesnitzers vgl. Stephan Hoppe, Baumeister von Adel. Ulrich Pesnitzer und Hans Jakob von Ettligen als Vertreter einer neuartigen Berufskonstellation im späten 15. Jahrhundert, in: Astrid Lang et al (Hg.), Aufmaß und Diskurs. Festschrift für Norbert Nußbaum zum 60. Geburtstag, Berlin 2013, S. 151–186.

■ 20

Georg Hager, Berthold Riehl, Gustav von Bezold, Die Kunstdenkmäler des Königreichs Bayern. Die Kunstdenkmäler des Regierungsbezirks Oberbayern, Bd. 8: Bezirksamt Altötting, München 1905, S. 2822 ff.

□ 04

Burghausen, Toranlage zur Kernburg, mit dem in situ erhaltenen bauzeitlichen Wehrschirm (Fotos: Stephan Hoppe).



□ 05

Neuburg am Inn. Sogenannte Rohrbach-Bastei am Tor zur Hauptburg/Schlosshof. Oben am Bauwerk ist der originalgetreu rekonstruierte hölzerne Wehrschirm zu sehen (Foto: Magdalena März).

Auch für die Burganlage Rattenbergs im heutigen Tirol wurde ein solcher Wehrschirm rekonstruiert, dort zudem an einem Baukörper, der in seiner spezifischen Form auf Vernetzung und Transfer hindeutet: Der Hauptturm der Oberen Burg Rattenbergs hat sein Vorbild offenbar im Eggenbergturm bei der Burg Burghausen [06], [21] dessen Errichtung auf genannten Baumeister Pesnitzer zurückgeht. Auch als Batterietürme bezeichnet, entstanden sie – wie die hölzernen Wehrschirme – in Reaktion auf zeitgenössische Neuerungen der Waffentechnik, die auch baulich Umrüstung auf Einsatz und Abwehr von Artillerie erforderten, was sie zu Indikatoren von Innovation und Wissenstransfer macht. Anzumerken ist bei der Gegenüberstellung von Burghausen und Rattenberg, dass letzteres zur Zeit des Ausbaus dem Herrschaftsgebiet Herzog Georgs von Niederbayern angehörte und erst nach dessen Tod bzw. dem anschließenden Landshuter Erbfolgekrieg 1504 zu Tirol kam. [22] Folglich ist der Ausbau Rattenbergs noch der Wirkungszeit des Baumeisters Pesnitzer unter Herzog Georg zuzuordnen, und es liegen in Form und Funktion architektonischer Elemente, hier Wehrschirm und Batterieturm, weitere Verknüpfungsvarianten vor. Die Identifikation architektonischer Elemente lässt in diesem Sinne semantische Verknüpfungen erkennen, die zugleich über personelle Netzwerke, Austausch, Bewegung und Tätigkeiten der verschiedenen am Bau beteiligten Akteure berichten.

■ 21

Zu Rattenberg vgl. Daniel Burger, *Burg Rattenberg in Tirol und ihr »Oberes Schloss«*, in: *Zwinger und Vorbefestigungen, Tagung 10.-12. November 2006 auf Schloss Neuenburg bei Freyburg (Unstrut), Langenweißbach 2007*, S. 141-151, S. 149.

■ 22

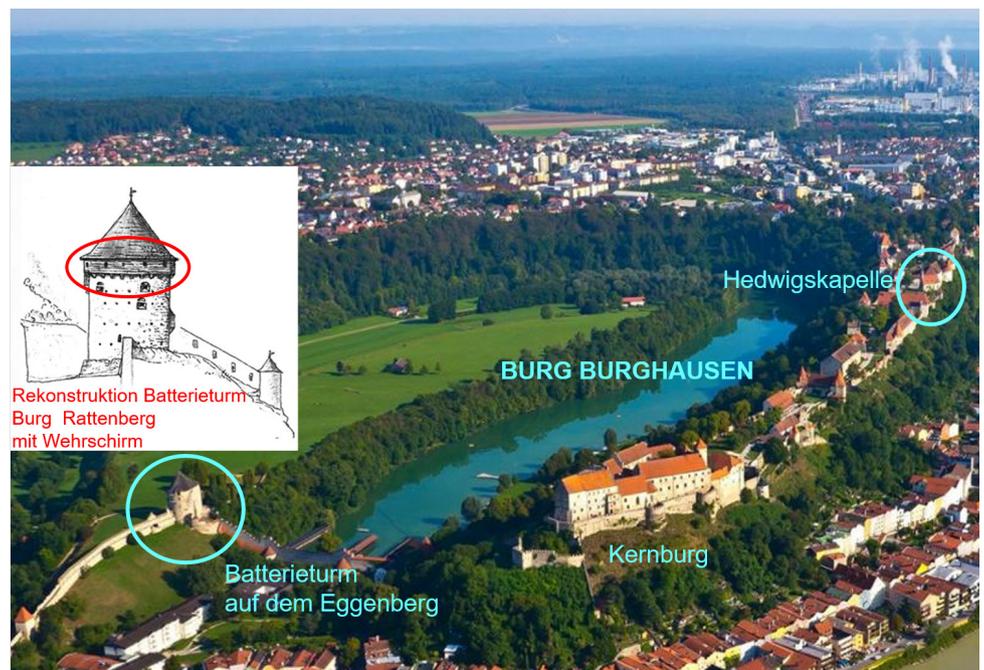
Ebd.

■ 23

Dem ging 1482 der Einsturz und Wiederaufbau des Bergfrieds voraus, der bis dahin als Lagerstätte des Schatzes diente. Das Schatzgewölbe bzw. die Schatzkammer ist bis heute in der ursprünglichen Form an der Nordseite der Dürnitz in der Kernburg erhalten. Insgesamt lassen sich sogar drei Baukörper auf der Burg der Unterbringung von Schatzbeständen zuordnen: Auch der Befund eines turmartigen Baukörpers mit quadratischem Grundriss im Innenbereich der heutigen Dürnitz ist als Schatzkammer zu deuten. Dieser nur vom Innenraum aus sichtbare und durch eine einzige, nur von außen zu öffnende Türe zugängliche Raum wird auf 1303/04 datiert. Das umgebende jüngere Dürnitzgebäude geht auf die Neukonzeptionierung um 1430/40 zurück, was das Ende der Nutzung des darin liegenden Raumkörpers als Schatzkammer andeutet. Joachim Zeune, *Die Schatzkammern der Burg Burghausen: Gedanken zu einem Forschungsdesiderat*, in: *Deutsche Burgenvereinigung e.V. (Hg.), Alltag auf Burgen im Mittelalter, Reihe B /10, Braubach 2006*, S. 74-82.

□ 06

Burg Burghausen sowie, siehe Grafik, der Batterieturm der Burg Rattenberg (Foto: Skyfly Pics, Zeichnung: Daniel Burger).



Anhand der Bautätigkeit Herzog Georgs in Burghausen lässt sich die Brücke zu einem weiteren Aspekt schlagen, der im Zusammenhang mit der Thematik der Reichen Herzöge um 1500 von Bedeutung ist. Teil der Baumaßnahmen war die Errichtung einer neuen Schatzkammer 1484, das bis heute erhaltene sogenannte Schatzgewölbe. [23] Die mächtige Burganlage von Burghausen ist somit nicht nur als Ort dynastischer Repräsentation und als Bollwerk

■ 24

Pauline Stafford, *Queens and Treasure in the Early Middle Ages*, in: Elisabeth Tyler (Hg.), *Treasure in the Medieval West*, Woodbridge 2000, S. 61–82, S. 64.

■ 25

Aventin schreibt z. B. von Herzog Heinrich (1386–1450), er »hat den turn zu Burghausen mit gelt angefüllt [und] also viel gelt und ainen grossen schatz gesammelt, das man in und seine nachkomen nur die reichen herzog g'nent hat.« Buch VIII, Nr. 134, S. 589.

■ 26

Michael Cramer-Fürtig, Georg Stauber, *Der Burghauser Schatz der Reichen Herzöge*, in: *Verhandlungen des Historischen Vereins für Niederbayern* 114/ 115, Landshut 1988/1989, S. 5–27, S. 16.

gegen Bedrohung von Innen und Außen zu verstehen. Die umfangreichen Befestigungsmaßnahmen dienten auch dem Schutz der im Inneren der Burg verwahrten Güter von – sowohl materiell als auch ideell – unschätzbarem Wert. Nicht ohne Grund fällt daher die Errichtung der Schatzkammer in die Zeit nach der berühmten Landshuter Hochzeit, auf der Georg 1475 Hedwig (1457–1502), Tochter König Kasimirs IV. von Polen, heiratete:

»Queens and princesses of marriage were not only accompanied by and exchanged with treasure, but were treasure in themselves.« ²⁴

Was und wieviel an Schatzgut durch die Heirat mit Hedwig dem Burghauser Schatz hinzugefügt werden konnte, lässt sich heute nicht mehr festlegen. Allein dessen schiere Menge muss beeindruckend gewesen sein – märchenhaft, die Vorstellung des Burgturms voller Gulden. ²⁵ Die Baulichkeiten und die zeitgenössischen Schilderungen lassen dieses Bild noch glaubhaft erscheinen. Die 70 mehrspännigen Wagen, die gegen Ende des Landshuter Erbfolgekriegs 1504 zum Abtransport des Burghauser Schatzes nötig gewesen sein sollen, sind jedoch eine Legende. ²⁶ Festgehalten werden kann jedoch, dass Schatztransporte keine rein pragmatischen Angelegenheiten waren, es wohnte ihnen auch ein demonstrativer Aspekt inne. Es verwundert daher nicht, dass dies zu einem regelrechten Topos in Berichten (nicht nur) zum Burghauser Schatz wurde. Aus dem kulturell und geographisch nahestehenden Umkreis der Hofkunst Maximilians I. liegt zudem eine Darstellung einer gut gefüllten Schatzkammer vor ⁰⁷. Ähnlich darf man sich wohl den Blick in das Schatzgewölbe auf der Burg Burghausen zu Herzog Georgs Zeiten vorstellen. Als Hort des Staatsschatzes dürfte sie nicht nur die gesammelten Reichtümer aus Einkünften, sondern auch wertvolle Erbstücke beherbergt haben.



□ 07

Schatzkammer Maximilians I. in Wien. Ausschnitt aus einem Entwurf zur Ehrenpforte für Maximilian I., unter Beteiligung u.a. Dürers, Kölderers und Altdorfers, um 1515. (<https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/VEKCWY6ZLKFXHTQIEA547NTI2ZAL-RSKM>; CC BY-SA 4.0, Foto: Herzog Anton Ulrich-Museum Braunschweig).

Der Landshuter Erbfolgekrieg dezimierte den zuvor gegenüber den übrigen Territorien im Reich konkurrenzlosen Staatsschatz zwar beträchtlich, dennoch sind einige Herzstücke überliefert und teilweise bis heute erhalten. Unter ihnen befindet sich auch ein Kleinod aus dem französischen Kronschatz, ein Objekt mit hoher kulturhistorischer Bedeutung und beträchtlicher Aussagekraft im Rahmen von ViSIT, das einst wohl zusammen mit anderen Pretiosen in eben jener bis heute erhaltenen Schatzkammer der Burg Burghausen aufbewahrt wurde.

G.8 Erweiterter Raum

Das 1404 entstandene sogenannte Goldene Rössl stellt in einem zweigeschossigen Aufbau den französischen König Charles VI im Gebet vor der Madonna mit verschiedenen Heiligen dar [08]. Seine spezifische Bezeichnung erhielt das Marienbild erst im 18. Jahrhundert durch den von einem Reitknecht gehaltenen, reich geäumten Schimmel des Königs unter dem Gewölbe der Architektur. [27] Die außergewöhnlich prunkvolle Gestaltung auf höchstem handwerklichen Niveau nimmt oft einen großen Teil der Rezeption des Werks ein. [28] Auch wenn der so entstandene Charakter des Goldenen Rössls nicht auf ein komplexes ikonographisches Konzept schließen lässt, bildet es doch Elemente der zeitgenössischen Frömmigkeit ab. Zur persönlichen Devotion bestimmt, sollte es vielleicht sogar zur Verwendung beim persönlichen Gebet des Königs dienen. [29] Die höfische, vergängliche Welt mit Pferd und Reitknecht wird auf der unteren Ebene der göttlichen Welt in der oberen Etage entgegengestellt. [30] Entscheidender als das ikonographische Programm ist an dieser Stelle, wie die Geschichte eines geographischen Raumes anhand dieses Objekts erzählt werden kann.

■ 27

1734 ist erstmals vom Goldenen Rößl die Rede. Renate Eikelmann, Zur Geschichte des Marienbildes, genannt Goldenes Rößl, in: Reinhold Baumstark (Hg.), Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400. Ausstellungskatalog, Bayerisches Nationalmuseum, München 1995, S. 52–57, S. 55. Der Begriff Goldenes Rössl wird mittlerweile auch im Französischen verwendet. Renate Eikelmann, Image de Notre-Dame, dite Goldenes Rössl (»Cheval d'or«), in: Elisabeth Taburet-Delahaye, François Avril (Hg.), Paris 1400. Les arts sous Charles VI. Ausstellungskatalog, Louvre, Paris 2004, S. 174 ff.

■ 28

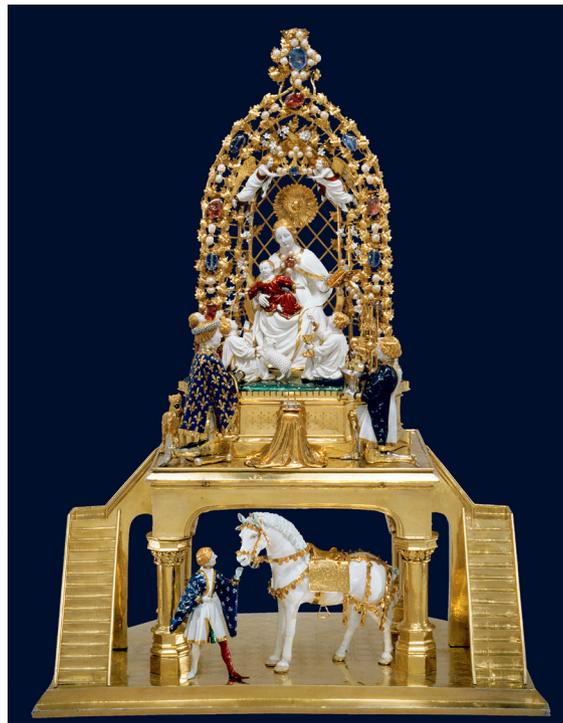
Es wurden etwa 144 Troy-Unzen Gold, 240 Troy-Unzen Silber verarbeitet. Jenny Stratford, Das Goldene Rößl und die Sammlungen des französischen Königshofs, in: Baumstark (Hg.), S. 36–51, S. 46. Dazu kamen große Saphire, Rubine und sehr gleichmäßig gewachsene Perlen sowie vor allem um 1400 beliebtes weißes opakes Emaille. Rainer Kahsnitz, Kleinod und Andachtsbild. Zum Bildprogramm des Goldenen Rößls, in: Baumstark (Hg.), S. 58–89, S. 58.

■ 29

Kahsnitz 1995, S. 84, Endnote 1: Kahsnitz bringt die Entwicklung mit der Definition des Andachtsbildes nach Erwin Panofsky in Verbindung, der es zwischen »[...] erzählendem Historienbild und hieratischem Kultbild, bestimmt zur kontemplativen Versenkung«, verordnet.

■ 30

Eikelmann 2004, S. 174.



□ 08

Goldenes Rössl (Foto: Bayerisches Nationalmuseum).

Dank nahezu lückenloser Provenienz illustriert das Goldene Rössl auf anschauliche Weise eine Entwicklung im Inn-Salzach-Donauraum des 15. Jahrhunderts. Diese beginnt mit der Heirat Charles' VI. von Frankreich mit Elisabeth von Bayern, fortan Isabeau de Bavière, am 17. Juli 1385. ³¹ Eine Verbindung der beiden Häuser wurde bereits seit Längerem von den Wittelsbachern sowie von den Valois angestrebt. ³² Kurze Zeit später offenbarte sich bei Charles VI. eine schwerwiegende psychische Erkrankung, die ihm das Regieren zeitlebens über lange Zeiträume unmöglich machte. Durch die Krankheit ihres Mannes gewann Isabeau nach und nach eine aktivere Rolle in der Politik. Ihre veränderte Position zeigt sich auch in dem kostbaren Marienbild, das sie 1404 als Neujahrgeschenk für ihren Mann vermutlich von Goldschmieden ihres Hofstaats anfertigen ließ. ³³ Bereits ein paar Monate nach der Übergabe wurde das Goldene Rössl an Isabeaus Bruder Ludwig den Gebarteten verpfändet, der sich 1402 mit einer Hofdame seiner Schwester, Anna de Bourbon, vermählt und eine reiche Mitgift bewilligt bekommen hatte. ³⁴ Durch Auseinandersetzungen mit der Landshuter und der Münchner Linie hatte sich der Geldbedarf des Ingolstädter Wittelsbachers stark erhöht. Als die Finanzierung seiner französischen Ansprüche scheiterte, erhielt er mehrere Objekte aus dem französischen Kronschatz als Sicherheit für sein Darlehen, darunter auch das Goldene Rössl. ³⁵ Isabeau hatte ihren Bruder bereits 1402 das erste Mal zur politischen Unterstützung nach Paris berufen und nach der Ermordung Louis d'Orléans durch seinen Neffen Jean sans Peur im Jahr 1407 übernahm er für einige Zeit faktisch die Regierungsgeschäfte des französischen Königs. 1415 kehrte Ludwig nach dem Tod seines Vaters nach Bayern zurück. Die Route des Goldenen Rössls aus Frankreich hinaus lässt sich nicht genau rekonstruieren. Ob es unter den insgesamt 14 Kleinodien war, die zwischen 1408 und 1420 auf Burg Alteberstein bei Baden-Baden hinterlegt wurden, ist unklar. ³⁶ 1441 tauchte das Goldene Rössl als Spende von Herzog Ludwig an die Liebfrauenkirche Ingolstadt wieder auf. Weitere aus dem französischen Kronschatz stammende und gespendete Goldmailleplastiken sind nur noch auf zwei Gemälden aus dem 18. Jahrhundert überliefert. Sie zeigen die als »die Gnad« bezeichnete Plastik der Gottesmutter und eine Darstellung des Heiligen Michaels. ³⁷

■ 31
Ulrich Rehm, *Isabeau de Bavière, Königin Frankreichs*, in: Baumstark (Hg.), S. 13–35, S. 14.

■ 32
Claudia Märtil, *Das Goldene Rössl*, in: Katharina Weigand, Jörg Zedler (Hg.), *Ein Museum der bayerischen Geschichte*, München 2015, S. 173–192, S. 176 ff.

■ 33
Rehm 1995, S. 21 sowie Märtil 2015, S. 185: Märtil vertritt die These, dass Isabeaus bevorzugter Goldschmied Jean Clerbout oder Clerbourc am ehesten als Schöpfer des Goldenen Rössls in Frage käme. Zur Tradition des Neujahrsfests und den als »Étrennes« bezeichneten Neujahrgeschenken: Jenny Stratford, *Les Étrennes à l'époque de Charles VI et d'Isabeau de Bavière*, in: Andreas Braehm, Pierre Alain Mariaux (Hg.), *À ses bons commandements [...] La commande artistique en France au XVe siècle*, Neuchâtel 2014, S. 121–133.

■ 34
Eikermann 1995, S. 53.

■ 35
Märtil 2015, S. 181.

■ 36
Eikermann 1995, S. 53.

■ 37
Renate Eikermann, *Gemälde nach einer verlorenen Goldmailleplastik mit der Gottesmutter (»Die Gnad«)*, in: Baumstark (Hg.), S. 208–212, Kat. Nr. 2 sowie dies., ebd.: *Gemälde nach einer verlorenen Goldmailleplastik mit heiligem Michael*, S. 213–216, Kat. Nr. 3.

■ 38
Angela Maria König, *Weihegaben an U.L. Frau von Altötting*, Bd. 2, München 1940, S. 21 ff.

■ 39
Vgl. Eikermann 1995, S. 54.

■ 40
Eintrag von 1734, s. *Administrationsarchiv Altötting*, *Alte Registratur* 472, Nr. 16, zitiert nach Eikermann 1995, S. 55.

■ 41
Lorenz Seelig, Egidius Roidl, Franz Schrott, *Beschreibung und Technologie des Goldenen Rößls*, in: Baumstark (Hg.), S. 273–305, S. 289.

Nachdem Ludwig von seinem mit Heinrich von Bayern-Landshut verbündeten Sohn gestürzt wurde, verstarb er 1447 in Gefangenschaft in Burghausen. So gelangte das Goldene Rössl in den Besitz der Reichen Herzöge. ³⁸ Es ist anzunehmen, dass es in der Burghauser Schatzkammer aufbewahrt wurde. Nach dem Tod ihres Erbauers Georg dem Reichen brach 1504 der Landshuter Erbfolgekrieg aus. Zur Kriegsfinanzierung nahmen die Erben Georgs Anleihen beim Wallfahrtsschatz Altötting auf, doch infolge des kostspieligen Krieges war eine Rückgabe der Darlehen nicht möglich. Wie schon in Frankreich diente das Goldene Rössl daher zum zweiten Mal zur Begleichung der Schulden und gelangte auf diese Weise zusammen mit anderen Kleinodien aus dem Burghauser Schatz 1509 an das Stift Altötting, wo es sich bis heute befindet. ³⁹ Interessant ist seine zeitweilige Umfunktionierung zum Reliquiar im 18. Jahrhundert: 1734 wird erstmals erwähnt, dass sich im Goldenen Rössl »[...] ein Heiligtum von dem Mantel unser Lieben Frau« befindet. ⁴⁰ Die Reliquie geriet in Vergessenheit und wurde erst bei der umfangreichen Restaurierung des Goldenen Rössls in den 1990er Jahren von den Mitarbeitern des Bayerischen Nationalmuseums in einem Hohlraum über dem Gewölbe wiederentdeckt, unter dem der namensgebende Schimmel steht. ⁴¹

G.9 Digitalisierung

Das Goldene Rössl und die Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern verbindet nicht zuletzt die Tatsache, dass die beiden Goldschmiedearbeiten im Umkreis des Wittelsbacher Hofes entstanden sind und zeitweise in der Schatzkammer von Burghausen aufbewahrt wurden. An diesem Punkt schließt sich der Kreis der hier ausgeführten semantischen Verknüpfungen zur Kultur im bayerisch-österreichischen Raum um 1500. Nimmt man nun das Objekt als solches konzentriert in den Fokus, zeigen sich weitere Potenziale von ViSIT.

G.10 Das Digitalisat

Die Krone wurde im Rahmen des Projektes digitalisiert, sodass nun ein hochauflösender 3D-Scan des Objekts vorliegt. Da es sich bei der Krone um ein besonders komplexes Objekt mit singulärer Entstehungs- bzw. Überlieferungsgeschichte handelt und entsprechend vielschichtige Möglichkeiten für Analysen und Fragestellungen bietet, ist es für die exemplarische Zusammenführung klassischer und moderner Methoden der kulturhistorischen Forschung und Vermittlung gut geeignet. Moderne Digitalisierung ermöglicht es, klassischen geisteswissenschaftlichen Erkenntnisgewinn und unmittelbaren kuratorischen Nutzen zu vereinen.

Wie bereits erwähnt, wurden in die Krone ältere Schmuckstücke in Zweitverwendung eingearbeitet. Die Überlieferung wollte darin teilweise Brautschmuck der Herzogin Hedwig erkennen. ⁴² Tatsächlich entsprach es einer Tradition, insbesondere im Rahmen von Stiftungen, besonders wertvolle Stücke in Andachtsobjekte umzuarbeiten oder sie in diese zu integrieren. ⁴³ Mit solchen fürstlichen Stiftungen von Preziosen an kirchliche Institutionen wurde nicht nur für das Seelenheil, sondern zugleich auch für dynastische Memoria gesorgt – eine Symbiose von Herrschaftslegitimation und Propaganda, wie sie effizienter kaum hätte sein können.

Auch wenn es sich bei der Votivkrone um kein unmittelbares Relikt der Landshuter Hochzeit handelt, ist sie faktisch ein Konglomerat verschiedener Materialien, Techniken und Bearbeitungsschritte. Genau diese Beschaffenheit des Objekts ist es, die die Auswahl des Digitalisierungsverfahrens für eine wissenschaftliche Untersuchung begründet. Die verschiedenen Materialien werden im computertomographischen Modell unterscheid- und trennbar gemacht.

■ 42

Schmid 1921, sowie: Georg Spitzlberger (Bearb.), *Das Herzogtum Bayern-Landshut und seine Residenzstadt 1392–1503, Ausstellungskatalog Stadt- und Kreismuseum Landshut, Landshut 1993, S. 27–28.*

■ 43

Z. B. wurden gestiftete Schmuckstücke liturgischem Gerät hinzugefügt, wie bei den sogenannten Tassilo-Leuchtern in Kremsmünster: Es wird angenommen, dass sie Steine enthalten, welche von Bayernherzog Tassilo III. (um 741–796) aus dem Schatz des Frankenreichs mitgebracht wurden. (Nach Kremsmünster 777 geht auch die Gründung von Frauenchiemsee 782 auf Tassilo zurück, passenderweise im ViSIT-Kerngebiet.) Karl Brunner, *Der Schatz und die Motten*, in: Elisabeth Vavra (Hg.), *Vom Umgang mit Schätzen. Internationaler Kongress in Krems an der Donau 28.–30.10.2004 (Veröffentlichungen des Instituts für Realienkunde des Mittelalters und der Frühen Neuzeit 20)*, Wien 2007, S.21–34, S. 23.

■ 44

Schmid 1921, S. 46.

■ 45

Z. B. beschreibt der Augenzeugenbericht zur Hochzeit, verfasst von Hans Seibolt 1482, den Kopfschmuck Hedwigs beim Einzug in die Kirche: Sie »setzt auf blos har, daran sy nur ain zoppff het, ain kostlichen krantz von grossen perlin und edellm gestain gezirt auf.« Beim nächtlichen Bankett im Tanzhaus trug Hedwig gemäß Hans Oringens Bericht (verfasst 1486) »auff dem hawpt ein kron von heftlein und aber einen perlein porten auff dem har, und waß ir aber newer ein tzopf geflochten«. Zit. nach Roman Deutinger, Christof Paulus (Bearb.), Das Reich zu Gast in Landshut. Die erzählenden Quellen zur Fürstenhochzeit des Jahres 1475, Ostfildern 2017, S. 58 und S. 226. Diese »heftlein« dürften den Broschen auf der Votivkrone recht nahekommen.

□ 09

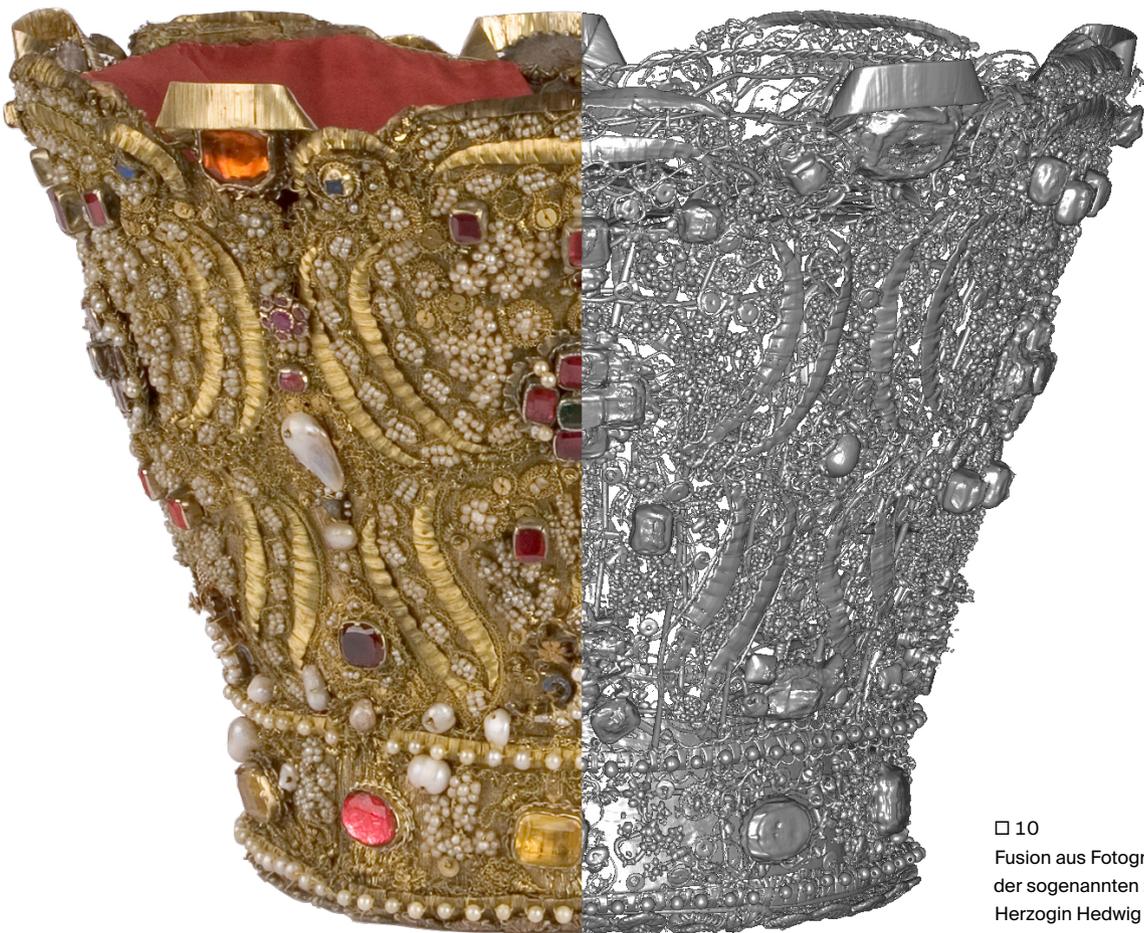
Portrait der Herzogin Hedwig, Ende 15. Jh./um 1530, Landshut, Burg Trausnitz. Von Interesse sind die Broschen (»Heftlein«) an der Kopfbedeckung, die Perlen im Haar und die Schmuckstücke auf der Kleidung. Foto: Bayerische Schlösserverwaltung.

Eingearbeitet sind auf dem mit Goldfäden durchwirkten Stoff als Trägermaterial u.a. Schmuckstücke, die ursprünglich einzeln getragen wurden, wie etwa Broschen oder Agraffen, die an Kleidung und Kopfputz befestigt wurden. Sie gehen teilweise auf die Zeit Hedwigs zurück, ebenso wie die applizierten Edelsteine. Die Steine weisen zudem darauf hin, dass sie noch nach mittelalterlicher Praxis ungeschliffen in ihre Fassung gesetzt wurden. ⁴⁴ Der Schliff, den die Steine heute aufweisen, wurde erst in jüngerer Zeit im Zuge der Um- und Einarbeitung in die Krone ausgeführt. Auf diesen älteren Bestandteilen der Votivkrone liegt also der Fokus: Könnte es sich bei diesen Applikationen etwa doch um einstmals von Herzogin Hedwig getragene Schmuckstücke handeln? An dieser Stelle gilt es, die verfügbaren verschiedenartigen Quellen zusammenzuführen: Dies sind Schriftquellen (v.a. Berichte zur Hochzeit, die stellenweise auch Schmuck und Kleidung der Braut schildern), ⁴⁵ wenige Bildquellen (insbesondere das einzige bekannte Portrait Hedwigs, auf dem sie vergleichbare Schmuckstücke trägt ⁰⁹) und die Krone als Haupt- und Objektquelle. Mit dem 3D-Digitalisat der Krone kann dieser Aufzählung eine neuartige Quellengattung hinzugefügt werden.



Erstmals seit der mutmaßlichen Stiftung durch Hedwig vor über 500 Jahren können durch das Digitalisat die Schmuckstücke nun wieder separat in ihrem ursprünglichen Zustand als Einzelteile betrachtet werden. Die Computertomographie ermöglicht ihre vollständige Visualisierung ohne zerstörende Eingriffe ¹⁰. Hier erschließt sich im Wortsinn eine neue Dimension.

Aus dem Digitalisat können – nach entsprechender Aufbereitung – auch Modelle generiert werden, die für additive Fertigungsverfahren geeignet sind, also dreidimensional gedruckt werden. Dies kann die gesamte Krone sein, es kann sich aber auch um Details handeln, wie einzelne Schmuckstücke. Dies beinhaltet auch die Möglichkeit, den Maßstab zu verändern und die Stücke in Vergrößerung zu betrachten sowie zu drucken. (Ausgedruckte) Einzelstücke könnten mit ähnlichen erhaltenen Originalschmuckstücken, etwa hinsichtlich der Machart, im Maßstab 1:1 verglichen werden. Auch für die Vermittlung von kulturgeschichtlichen Zusammenhängen bieten sich neue Wege an: Vorstellbar sind etwa das Eingliedern in 3D-Visualisierungen, Animationen zur Darstellung der Tragweise solchen Schmucks oder 3D-Drucke der Agraffen als Replika für Vermittlung und/oder Vermarktung im musealen Kontext.



□ 10
Fusion aus Fotografie und Tomographie der sogenannten »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern« (FORWISS, Universität Passau).

G.11 3D-Digitalisierung

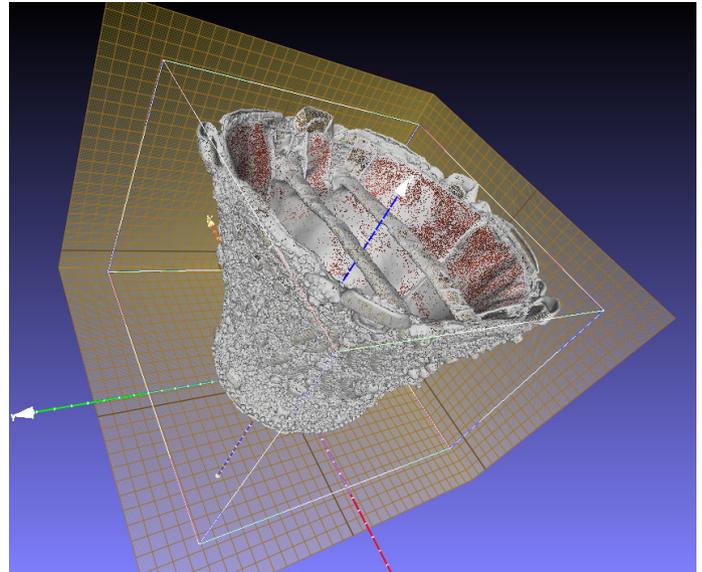
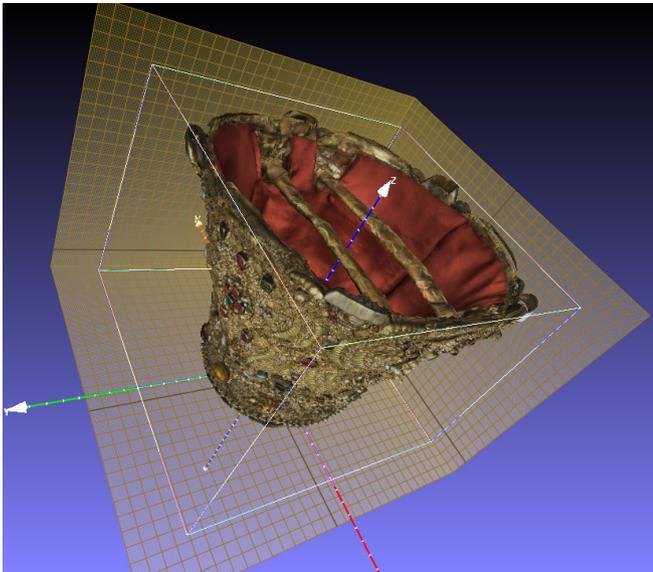
Zur Erstellung des 3D-Digitalisats der Votivkrone wurden zwei Technologien verwendet, die Nutzen und Möglichkeiten, aber auch die Grenzen der Technik aufzeigen. Zum Einsatz kamen ein auf Blaulicht-Technologie basierender Oberflächenscanner ⁴⁶ und eine Micro-Computertomographie-Anlage. ⁴⁷

■ 46
Artec SPIDER 3D Scanner.

■ 47
Werth TomoScope HV 500.

Bei dem Oberflächenscanner handelt es sich um ein optisches Messsystem, das manuell an der zu digitalisierenden Oberfläche entlanggeführt wird und dabei mittels einer eingebauten Kamera etwa sieben Bilder pro Sekunde erfasst. Aus dem Bewegungsversatz der Bilder kann anschließend ein Tiefenbild errechnet werden. Diese Tiefenbilder werden am Ende in einem als Stitching bezeichneten Prozess miteinander verbunden und erzeugen so ein dreidimensionales Modell der Oberfläche des gemessenen Objekts. Zugleich ist dies eine wesentliche, aber konstruktionsbedingte Schwäche dieser optischen Erfassungsmethode, wie sie beispielsweise auch für die Photogrammetrie gilt. Ein optisches System kann nur das messen, was es sieht und kann ein Objekt nicht durchleuchten. Da der Scanner lediglich die Oberfläche in einem bestimmten Blickwinkel abtastet, ist das Verfahren – gerade bei komplexen Oberflächen – auch anfällig gegenüber Verdeckungen und Hinterschneidungen. Eine gewisse Kompensation lässt sich zwar dadurch erreichen, dass man das Objekt mit dem mobilen Handscanner aus verschiedenen Richtungen aufnimmt und die daraus resultierenden Messungen fusioniert. Dennoch weisen die gescannten Oberflächen oftmals kleine Fehler auf und es ergeben sich trotz der prinzipiell guten Messgenauigkeit dieser Systeme Ungenauigkeiten und Detailverluste. Der Vorteil des Systems liegt in seiner handlichen Bedienbarkeit, die es nach kurzer Einarbeitungszeit ermöglicht, erste Ergebnisse zu erzielen. Die Erstellung wirklich guter und brauchbarer Digitalisate setzt jedoch einiges an Erfahrung im Umgang mit dem System und einen nicht unbeträchtlichen Aufwand in der Bildnachbereitung voraus. Probleme treten außerdem auf, wenn Objekte durchsichtig sind bzw. sehr stark spiegeln oder wenn das optische Messsystem keine Möglichkeit hat, die einzelnen Aufnahmen gegeneinander zu registrieren – wie es beispielsweise bei glatten, homogen eingefärbten Oberflächen der Fall ist. Auch hier ist Durchsichtigkeit ein grundsätzliches Problem optischer Verfahren, obgleich es sich um photogrammetrische Verfahren handelt oder auch um Laserscanner, die mit »Time of Flight« arbeiten, d. h. die Zeitdauer zwischen dem Aussenden eines Laserpulses und der Messung seiner Reflektion messen und verarbeiten.

Ein gewichtiger Vorteil kamerabasierter optischer Verfahren liegt neben den verhältnismäßig günstigen Anschaffungskosten allerdings sicherlich darin, dass nicht nur die dreidimensionale Struktur der Oberfläche erfasst wird, sondern dass auch die Farbinformation zu den Oberflächenelementen vorliegt und man so ein farbiges Digitalisat erhält [11]. Für die Präsentation in Museen ist das ein wichtiger Vorteil, da mit verhältnismäßig einfachen Mitteln beispielsweise Pseudo-Hologramme erzeugt werden können, die einen dreidimensionalen Eindruck des Digitalisats liefern. Auch hier ist allerdings eine Nachbearbeitung unvermeidbar, da die Helligkeit der Farbe davon abhängt, in welchem Winkel zur Oberfläche der Scanner bei der Aufnahme gehalten wurde.



□ 11

Oberflächendigitalisat der sogenannten »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern«; links mit, rechts ohne Textur (Oberhausmuseum Passau; 3D-Digitalisat/Screenshot: Benedikt Krieger Photography, Wiesenfelden).

Eine andere, deutlich teurere, für bestimmte Fragestellungen aber auch wesentlich aussagekräftigere Digitalisierung lässt sich mit Computertomographie erhalten. Das Verfahren ist aus der Medizin bekannt und erzeugt dreidimensionale Modelle aus Projektionsbildern, die durch die Durchstrahlung des Objekts mit Röntgenstrahlung generiert wurden. Vereinfacht gesagt: Während ein photogrammetrisches System eine dreidimensionale Oberfläche aus Fotografien des Objekts erzeugt, generiert ein Computertomograph ein dreidimensionales Volumenmodell aus einer Vielzahl von Röntgenbildern. Volumenmodell bedeutet, dass das Objekt aus Würfeln, sogenannten Voxeln, zusammengesetzt ist, den dreidimensionalen Analoga der Pixel in zweidimensionalen Bildern. Während in den Pixeln eines Bildes jeweils ein Helligkeits- oder Farbwert codiert ist, sind die Voxel einer Tomographie mit der Röntgenabsorption des Materials an dieser Stelle belegt. Computertomographie basiert auf der Tatsache, dass unterschiedliche Materialien unterschiedliche Absorptionseigenschaften besitzen, was es letztlich ermöglicht, verschiedene Materialien voneinander zu unterscheiden.

■ 48

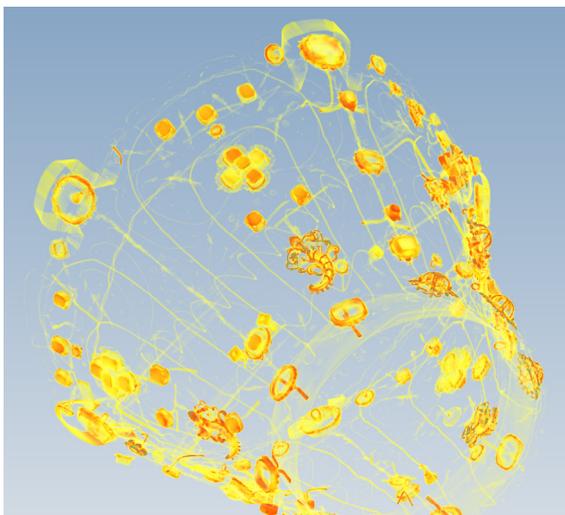
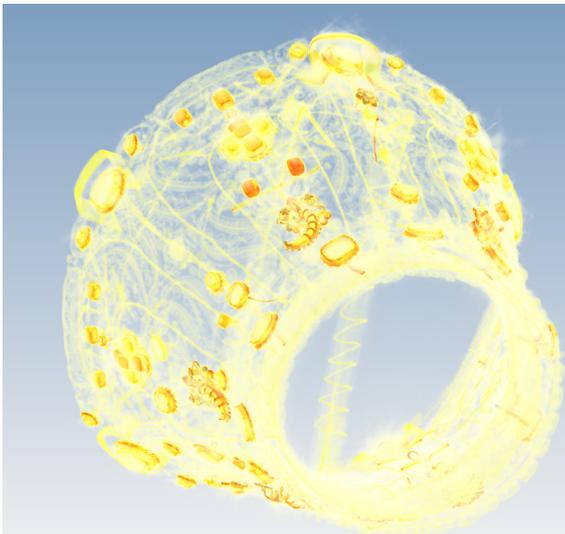
Möglich, aber noch aufwendiger, sind Multi-Energy-Aufnahmen. Bei diesen werden zwei oder mehr Aufnahmen mit unterschiedlichen Energiewerten durchgeführt und mit geeigneten Verfahren fusioniert.

■ 49

Die dafür verwendete tomographische Digitalisierung wurde im Dezember 2015 am Fraunhofer Anwendungszentrum CTMT in Deggendorf erstellt, die Bilder wurden von der Fraunhofer Forschergruppe »Wissensbasierte Bildverarbeitung« in Passau erstellt. Der originale CT-Datensatz hat eine Größe von 11 GB und eine Voxelkantenlänge von 50 Mikrometern.

Die Nachteile der Tomographie sind die hohen Kosten. Die Anschaffung eines entsprechenden Geräts ist teuer, auch die Wartungs- und Betriebskosten können nicht vernachlässigt werden. Darüber hinaus verlangt der Umgang mit Röntgen-Strahlungsquellen kostenintensive Vorsichtsmaßnahmen und Abschirmung sowie speziell geschultes Personal. Die Einstellung von Messparametern wie Strahlungsenergie, Anzahl der Aufnahmen und Rekonstruktionsmethode ist ebenfalls komplex: Stellt man die Energie zu hoch ein, lässt sich das Objekt nicht mehr erkennen, stellt man sie zu niedrig ein, entstehen Verschattungen und Artefakte. ⁴⁸ Der notwendige Aufwand, den eine qualitativ hochwertige Aufnahme erfordert, schlägt sich auf die Kosten eines einzelnen Digitalisats nieder. Optische Informationen wie die Farbe der Oberfläche lassen sich von der Computertomographie ebenfalls nicht erfassen.

Der wesentliche Vorteil von Tomographie besteht darin, dass sie einen Einblick ins Innere des Objektes gibt. Sie macht es möglich, sich unzugängliche Teile anzusehen, diese zu segmentieren, zu extrahieren und gesondert zu untersuchen. Da es sich um volumetrische Daten handelt, können Einzelteile vollständig segmentiert und vollständig als Volumina (nicht nur als Flächensegmente) digital herauspräpariert werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt einige Möglichkeiten ¹². ⁴⁹



□ 12

Sogenannte »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern«, Materialien als Opazität codiert (links oben), heraussegmentiertes Metallgeflecht (links unten) und Detailansicht eines einzelnen Schmuckstücks (rechts). Falschfarben für Absorptionswerte. (Fraunhofer Forschergruppe »Wissensbasierte Bildverarbeitung«, Passau). (Fraunhofer Forschergruppe »Wissensbasierte Bildverarbeitung«, Passau).

Die optische Bilderfassung hingegen ermöglicht die preiswertere und einfachere Erstellung von Oberflächendigitalisaten. Die Dateien sind kleiner (sie skalieren quadratisch mit der Größe des Objekts bzw. der gewünschten Auflösung), können mit Open-Source-Programmen verarbeitet und oftmals relativ einfach am 3D-Drucker gedruckt werden. Außerdem enthalten Sie auch Farbinformationen. Tomographie ist ein High-End-Verfahren, erfordert die Zusammenarbeit mit Experten, generiert größere Dateien (hier ist der Zusammenhang zwischen Objekt- und Dateigröße kubischer Natur) und lohnt sich eigentlich nur bei wertvollen und außergewöhnlichen Objekten, bei denen ein Blick ins Innere einen Erkenntnisgewinn verspricht.

G.12 Wissensrepräsentation

Neben den Objektsurrogaten als 2D- und vor allem 3D-Digitalisate, die als Mediendaten eingespeist werden, bilden die Metadaten die zweite tragende Säule des Virtuellen Depots. Hierzu zählen die Beschreibung der Objekte selbst, die technische Dokumentation ihrer Digitalisate sowie kontextuelle Information, die zwar aus dem Sammlungs- bzw. Museumszusammenhang stammt, aber keinen unmittelbaren Bezug zu einem Objekt herstellt.

Wenn man zur Fallstudie der »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern« und der Reichen Herzöge im Inn-Salzach-Donau-Raum zurückgeht, so ist bereits deutlich geworden: Die zu schreibenden Geschichten sind »Texte« im Sinne der Wortherkunft (von lat. *texere*: weben, flechten), sie sind gewebt, sie bilden ein Gefüge von Einzelinformationen, die sich zu einem Wissensnetz verknüpfen lassen. Wenn man zugleich beachtet, dass die Zielsetzung von ViSIT im Aufbau einer gemeinsamen Infrastruktur für Museen liegt, die die Präsentation derart vernetzten Wissens in Form musealer Ausstellungen erleichtern soll, so liegt es nahe, die Netzwerkmetapher als konzeptionelle Basis dieser Infrastruktur aufzugreifen und zu Grunde zu legen. Konzeptionell basiert die ViSIT-Infrastruktur folglich auf einem Ontologie-basierten, »semantischen Datenmodell«, technologisch auf einer Graphdatenbank, um auf diese Weise museale Medien- und Metadaten sinnhaftig miteinander zu verknüpfen.

Die Vorteile einer semantischen Datenbank liegen auf der Hand: Sie dient sowohl dazu, Fallstudien wie die dargestellte abzubilden bzw. zu verifizieren, als auch bestehendes Wissen formal zu repräsentieren und sie dient gleichermaßen dazu, diese Geschichten unter Rückgriff auf die vernetzten Daten zu konstruieren, also (historisches) Wissen zu schaffen. Für den Museumskurator vereinfachen sich zudem die Möglichkeiten, Ausstellungen zu entwerfen, die über die eigenen Bestände hinausgehen. So wird der zuvor angedeutete, kuratorische oder wissenschaftliche Prozessschritt »fündig wird man [...]« durch das Virtuelle Depot maßgeblich unterstützt.

Neben den Informationsinhalten selbst wird dies vor allem durch die Aussagenlogik hinter der Ontologie-basierten Datenmodellierung ermöglicht, die Information als Aussagen der Form Subjekt-Prädikat-Objekt modelliert und somit Wissen repräsentiert. **50** Nimmt man als Beispiel die in obiger Fallstudie

■ 50

Vgl. Malte Rehbein, *Ontologien*, in: Fotis Jannidis, Hubertus Kohle, Malte Rehbein (Hg.), *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 162-176.

dargestellten Raumbezüge der sogenannten »Brautkrone«, so gelangt man unter anderem zu folgenden Aussagen:

- A1: Die Krone befindet sich im Passauer Oberhausmuseum.
- A2: Die Krone wurde auf der Landshuter Hochzeit getragen.
- A3: Die Krone zierte die Burghäuser Madonnenstatue.
- A4: Die Burghäuser Madonnenstatue ähnelt der Kößlarn Madonnenstatue
- usw.

Auf Grundlage dieser Aussagen bildet sich ein Netzwerk von Raumbezügen, das sich anschaulich visualisieren lässt [13]. Hier wird die Krone selbst als »raumloses«, abstraktes Konstrukt verstanden, die zeitliche Dimension wie Dynamik ist hier zur Vereinfachung weggelassen. Aussagen der Aussagenlogik



können entweder als wahr oder falsch (oder nicht entscheidbar) gedeutet werden. Die Validierung von Erkenntnis ist damit die zweite zentrale Funktion, die der semantische Modellierungsansatz und folglich das Virtuelle Depot einnehmen kann. Man betrachte folgende Aussagen zur »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern« ¹⁴:

□ 14

Visualisierung der Eingangssituation im Observationsturm

(© Oberhausmuseum Passau; bauer & bauer medienbüro GmbH, Nürnberg).



- A2: Die Krone wurde auf der Landshuter Hochzeit getragen.
- A5: Die Landshuter Hochzeit fand 1475 statt.
- A6: Die Krone ist zwischen 1718 und 1736 entstanden.

Die Zuhilfenahme des nicht zu begründenden Axioms, dass ein Gegenstand erst nach seiner Entstehung getragen werden kann, zieht durch formallogisches Kalkül die Schlussfolgerung nach sich, dass nicht alle der drei genannten Aussagen A2, A5 und A6 zugleich wahr sein können. Im Falle der sogenannten »Brautkrone« ist dieser Widerspruch nicht nur augenscheinlich, sondern auch bereits bekannt. Er dient hier der Illustration der Mächtigkeit dieses Ansatzes, auch für komplexere Zusammenhänge logische Schlussfolgerungen zu ermöglichen. Insbesondere durch die Integration verschiedener, durchaus auch heterogener Datenquellen (wie es ViSIT durch die verschiedenen musealen Partner demonstriert), kann der Ontologie-basierte Ansatz damit ein wertvolles Werkzeug für logische Inferenzen etwa im Bereich der gegenwärtig bedeutsamen Provenienzforschung werden.

Dennoch ist auch die unwahre Aussage A2 wertvoll: Sie ist ein »interessanter historischer Fakt«, der für die zu erzählende Geschichte von hoher Bedeutung ist. Als solcher muss die Aussage aber historisiert werden, wozu das Prinzip der Reifikation dienen kann:

- A7: Die historische Überlieferung stellt dar: (Die Krone wurde auf der Landshuter Hochzeit getragen.).
- A8: Wolfgang Maria Schmid stellt dar: (Die Krone ist zwischen 1718 und 1736 entstanden.).

So werden Aussagen über Aussagen selbst Teil der wachsenden Wissensbasis und können wiederum forschend und kuratorisch genutzt werden.

Der dritte funktionale Aspekt der Wissensmodellierung über Ontologien wie sie ViSIT praktiziert, ist das Aufzeigen und Auffinden von Bezügen, die nicht unbedingt offensichtlich sind, weil sie zum Beispiel über den Bestand und die Wissensbasis einer einzelnen musealen Institution hinausragen. Im Fallbeispiel der »Brautkrone der Herzogin Hedwig von Niederbayern« können dies Ähnlichkeiten von Objektbeschaffenheit oder wie bei der Silbermadonna funktionale Eigenschaften sein:

- A3: Die Krone zierte die Burghäuser Madonnenstatue.
- A4: Die Burghäuser Madonnenstatue ähnelt der Kößlerner Madonnenstatue

Damit rücken sowohl die Hedwigskrone als auch die Kößlerner Madonnenstatue in eine konzeptuelle Nähe und der Kurator kann überlegen, ob die beiden Objekte im gleichen Ausstellungskontext geeignet sind, eine anschauliche Geschichte zu erzählen. Im geschilderten Falle könnte dies für den Kurator von besonderem Interesse sein, da die Silbermadonna von Burghausen verloren ist, die Krone jedoch mittels der Kößlerner Silbermadonna auf ähnliche Weise kontextualisiert werden kann. Da sich die Inhalte der Datenbank über Graphstrukturen visualisieren lassen und logische Inferenzen durchaus auch automatisiert vorgeschlagen werden können, steht dem Kurator hier in der Tat ein ernst zu nehmendes Werkzeug für seine Arbeit zur Verfügung.

In ViSIT bildet das standardisierte und im musealen Kontext eingeführte Conceptual Reference Model des CIDOC (CIDOC CRM) ⁵¹ die Basis für den Aufbau des terminologischen Wissens auf abstrakter Ebene und wird durch die ViSIT-eigene Entwicklung VisMo für den fachlichen Anwendungsbereich »Burgen, Schlösser und Residenzen im Inn-Salzach-Donauraum« ergänzt. Neben den Metadaten zu den Objekten, ihren Digitalisaten sowie mittelbaren Informationen aus dem Kontext der jeweiligen Institution und der Integration der (heterogenen) Datenbestände der verschiedenen Institutionen macht sich das Virtuelle Depot die Möglichkeiten zunutze, die das Prinzip des Linked-Open-Data (LOD) bietet. ⁵²

Weitere Wissensquellen, die für die kuratorische oder wissenschaftliche Arbeit von Relevanz sind, können über den Ontologie-basierten Ansatz integriert und für die drei Funktionen Repräsentation, Validierung und Verknüpfung nutzbar gemacht werden. Im einfachsten Falle sind dies über die Gemeinsame Normdatei (GND) eindeutig referenzierbare Entitäten, so etwa historische

■ 51

<http://cidoc-crm.org> und Karl-Heinz Lampe, Siegfried Krause, Martin Doerr (Hg.), Definition des CIDOC Conceptual Reference Model. Version 5.0.1.; autor. durch die CIDOC CRM Special Interest Group (SIG). ICOM Deutschland, Beiträge zur Museologie Bd. 1, Berlin 2010. Einführend, Martin Doerr, The CIDOC CRM – an Ontological Approach to Semantic Interoperability of Metadata, in: AI Magazine 24 (3) 2003, S. 75–92.

■ 52

Siehe hierzu: Tim Berners-Lee: 5 * Open Data. Online verfügbar unter <https://5stardata.info/en/>. 2012, letztes Update 2015.

Personen. ⁵³ Auch diese Bezüge können für einen konkreten Anwendungsfall, z. B. die Kuratierung einer Ausstellung, kontextualisiert werden.

Die Zugänglichmachung des Virtuellen Depots für die Öffentlichkeit ist ebenfalls im Kontext von LOD zu sehen. ⁵⁴ Damit bietet die Infrastruktur von ViSIT gerade auch den kleineren Museen die Möglichkeit, Einblicke in ihre Sammlungen in einem letztlich globalen Zusammenhang zu gewähren und dadurch eine Sichtbarkeit zu erlangen, die kulturtouristisch wie auch wissenschaftlich bedeutsam werden kann. Die Öffnung des Depots, real und virtuell wie im Falle von ViSIT, folgt dem allgemeinen Trend, das Museum als Ort der Forschung zu stärken. ⁵⁵ Gerade das Virtuelle Depot bringt die beteiligten Museen zudem stärker in das öffentliche Bewusstsein und kann damit einen Beitrag leisten, Geschichte, Kultur und Wissenschaft nicht nur zu bewahren und zu fördern, sondern es ermöglicht perspektivisch auch eine wachsende Partizipation der Öffentlichkeit an den wissensproduzierenden und -bewahrenden Prozessen im Sinne der Citizen Science. ⁵⁶

Anders jedoch als viele gegenwärtige Trends der Digital Humanities wird durch die Art der Wissensrepräsentation in ViSIT weniger die quantitative als vielmehr die qualitative Seite der Forschung gestärkt. Es liegt kein »Big-Data«-Paradigma zu Grunde ⁵⁷ und dem von Chris Anderson formulierten, vielfach kontrovers diskutierten Postulat, dass sich allein durch schiere Datenmengen eine Hypothesenbildung quasi von selbst erledige, ⁵⁸ wird nicht gefolgt. Im Gegenteil: Zwar soll sich das Informationsnetz der musealen Infrastruktur kontinuierlich verdichten, dies erfolgt aber kontrolliert-qualitativ. Denn schließlich ist, wenn alles mit allem in Relation gebracht wird, ohne dass die Relationen selbst qualifizierend sind, kein Erkenntnisgewinn erreicht. Deshalb stellen die Beziehungen zwischen zwei Entitäten selbst eine Information dar, deren Semantik terminologisch sinnvoll festgelegt wird und für konkrete Erkenntnisfragen gezielt gefiltert werden kann.

So stellt also im Gegensatz zum »Big-Data«-Paradigma die apriori-Modellierung ein wichtiges Hilfsmittel für die Sammlung von Daten dar, die sich zunächst auf die Metadaten der Objekte selbst, später aber durchaus auch auf die Sammlungstätigkeit der Kuratoren beziehen könnte: Ein durch die Aussagenlogik der Datenbank gestütztes Reasoning könnte Vorschläge erarbeiten, wo Lücken im eigenen Bestand bestehen und wie diese sinnvoll geschlossen werden könnten. Die hier skizzierte Modellierung der Daten über Ontologien erscheint dabei gerade für die geistes- und kulturwissenschaftliche Arbeit prädestiniert, ⁵⁹ nicht nur weil der grundlegende, konzeptionelle Aspekt der Ontologie (als die Lehre des Seienden) philosophischen Ursprungs ist, sondern weil sie besonders geeignet erscheint, um eine Brücke zwischen Theorie (terminologisches Wissen) und Empirie (assertionales Wissen) zu schlagen. Das Herangehen erlaubt gleichermaßen den Primat sowohl von der Theorie (Beobachtungen deduktiv anhand des Modells zu beschreiben) als auch der Empirie (die Theorie muss sich anhand der Beobachtungen beweisen bzw. falsifizieren lassen bzw. eine induktive Modellbildung rein aus den Daten heraus erlauben) sowie die Erkenntniserweiterung durch Abduktion, indem sich Gesetzmäßigkeit und Empirie zirkular ergänzen.

■ 53

<https://www.deutsche-biographie.de/sfz69889.html>. Andere »Protagonisten« der Fallstudie sind entsprechend verzeichnet, etwa Hedwig (GND 118709488) oder Wolfgang Maria Schmid (GND 1055185046). Im Falle Georgs des Reichen (GND 118690434) sind beispielsweise über die Deutsche Biographie Informationen u.a. aus der Allgemeinen Deutschen Biographie, der Neuen Deutschen Biographie, dem Archivportal-D, manuscripta mediaevalia und den Deutschen Reichstagsakten adressierbar.

■ 54

Vgl. Hubertus Kohle, *The Museum Goes Collaborative: On the Digital Escapades of an Analogue Medium*, in: Melania Savino, Eva-Maria Troelenberg (Hg.), *Images of the Art Museum. Connecting Gaze and Discourse in the History of Museology*, Berlin, Boston 2017, S. 317–332.

■ 55

Vgl. Thomas Thiemeyer, *Das Depot als Versprechen. Warum unsere Museen die Lagerräume ihrer Dinge wiederentdecken*, Köln, Weimar, Wien 2018.

■ 56

Allgemein zu Citizen Science: Peter Finke, *Citizen Science. Das unterschätzte Wissen der Laien*. Dt. Erstausg. München 2014.

■ 57

Vgl. u.a. Christine L. Borgman, *Big data, little data, no data. Scholarship in the networked world*. Cambridge, Massachusetts 2015.

■ 58

Chris Anderson, *The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete*, in *Wired Magazine*, 23.06.2008.

■ 59

Gleichsam wird die Bedeutung der ontologischen Wissensmodellierung aber auch in Disziplinen der Naturwissenschaften gewürdigt, vgl. z. B. Sabina Leonelli, *Bio-Ontologies as Tools for Integration in Biology*, in *Biological Theory* 3 (1) 2008, S. 8–11.

G.13 Kuratierung

Die in ViSIT gesetzten Teilprojekte laufen alle auf ein Ziel hinaus: eine praxistaugliche Infrastruktur für kuratorische Belange zu schaffen, die einen Mehrwert für die alltägliche Museumsarbeit und damit auch für die Förderung von Kulturtourismus bieten kann. Abschließend soll skizziert werden, wie ViSIT diesem Anspruch nachkommt.

G.14 ViSIT als Infrastruktur

Was ViSIT auszeichnet, ist das Potenzial zur Vernetzung in vielfacher Hinsicht. Zum einen vernetzen sich Träger von materiellem kulturellem Erbe: Betreiber von Burgen, Schlössern und Residenzen. Sie können den ViSIT-Verbund kulturtouristisch dadurch nutzen, dass sie als assoziierte Partner teilnehmen und ihr Baudenkmal einbringen. Die Partizipation bringt dahingehend Vorteile, dass die Sichtbarkeit unter »Gleichgesinnten« erhöht wird und Schnittmengen an Interessen und Zielverfolgungen ausgelotet und (Klein-)Projekte auf den Weg gebracht werden können. Öffentliche Wahrnehmung wird insbesondere über das Medium eines ViSIT-Webauftritts hergestellt. Über ihn zeigen sich die Teilnehmenden in einem thematisch konzentrierten Verbund, der in der Lage ist, über das einzelne Objekt hinaus attraktive Aspekte ganzer Regionen zu vermitteln und damit den Kulturtourismus gezielt zu fördern.

Die Vernetzung im Raum über die konkreten Partner verweist auf den nächsten Schritt: die semantische Vernetzung. Hier nehmen gewissermaßen die Kanten zwischen den Knoten Gestalt an und zwar ganz praktisch über die aktive Pflege des Virtuellen Depots. Den assoziierten Partnern steht eine Software zur Verfügung, die das Einspeisen von Daten auf Basis des definierten Datenmodells nach CIDOC CRM ermöglicht. Dadurch können nicht nur relevante Datensätze akkumuliert, sondern gleichzeitig in Beziehung zueinander gesetzt werden. Im Prozess des Sammelns von Informationseinheiten wird deren semantische Dichte erhöht, indem jeweils entsprechende Relationen gesetzt werden. Anders gesagt: Quantitativer Zuwachs durch die semantische Anreicherung der Daten im Virtuellen Depot generiert qualitativen Mehrwert. Eingespeiste Objekte erlangen über eine Modellierung semantischer Zusammenhänge eine Bedeutung, die über ihre digitale Repräsentation hinaus reicht. Über Verknüpfungen mit jeweils anderen Informationsobjekten werden gespeicherte Digitalisate zu Teilen einer Erzählung. Im Ergebnis hält das Virtuelle Depot Vieles bereit, was Kuratierenden eine fachlich fundierte, erzählende Gestaltung ermöglicht. Die inhaltlichen Elemente sind Bilder, Grafiken, 3D-Modelle, Karten sowie vertiefende Informationen zu Kontexten.

G.15 ViSIT in der Praxis

Mit dem Verlust der militärischen Funktion der Veste Oberhaus wurde der 1772 errichtete, an das Generalsgebäude und die sogenannte »Batterie Katz« anschließende Observationsturm bereits Ende des 19. Jahrhunderts zum Aussichtsturm für den Tourismus umgerüstet. Inventor dieser Idee war der Bayerische Waldverein, der (mit Gründung einer eigenen Passauer Sektion) 1855 den ehemaligen Observationsturm zu einem mit Kuriositäten ausgestatteten Museum ausbaute. Im angrenzenden Freigelände wurden touristische Attraktionen geboten (»Baum der Erkenntnis«, »Passauer Töpl«, »Alte Kanone«, »Alte Steinkugel-Schleuder«). ⁶⁰ Heute wird die gesamte Burganlage fast ausschließlich museal genutzt, wobei der Observations-/Aussichtsturm aufgrund seiner Nähe zum Besucherparkplatz, zum Aufzug zwischen Burgareal und Museum sowie zur Jugendherberge für viele Burg- und Museumsbesucher eine erste Anlauf- und Informationsstelle darstellt.

Eine Studie des ViSIT-Projektpartners Salzburg Research Forschungsgesellschaft m.b.H. hat ergeben, dass Touristen aus Zeitgründen oftmals nur die Burganlage mit Aussichtsturm aufsuchen, ohne ihren Aufenthalt mit einem Besuch des Oberhausmuseums zu verbinden. Umgekehrt frequentieren viele Museumsbesucher auch den Aussichtsturm. Mit dem Ausbau der Turmanlage zur multimedialen Informations- und Erlebnisstätte soll das Besucherverhalten durch gezielte Maßnahmen modifiziert werden, um die Besucherzahlen von Burg und Museum nachhaltig zu erhöhen und anzugleichen. Im Mittelpunkt stehen dabei folgende Aspekte:

- Das Anbieten von infrastrukturellen Informationen zu Burg und Museum wie Öffnungszeiten, Eintrittspreise, Museums- und Veranstaltungsprogramm, Leitsystem, Pendelbus, Gastronomie etc. In einer weiteren Ausbaustufe werden WLAN-Access Points als Basis für ein Informationssystem einbezogen, das von mobilen Endgeräten genutzt werden kann.
- Das spielerisch-interaktive Erschließen vertiefter Informationen zur Festungsanlage als solcher und zu spezifischen Abteilungen des Oberhausmuseums, für unterschiedliche Besuchergruppen gestaltet.
- Die integrale Vermittlung der Einheit Burg und Museum als sich ergänzende touristische Destinationen. Die medialen Anwendungen animieren die Besucher, die ausgewählten Objekte und Sehenswürdigkeiten in ihrem musealen und architektonischen Umfeld aufzusuchen.
- Die Erschließung von überregionalen Publikumskreisen mittels vernetzter Konzepte unter Nutzung der im Rahmen von ViSIT entwickelten Informationssysteme/-technologien.
- Der Einsatz digitaler Medien als Mittel, Geschichte nicht nur besser sichtbar, sondern auch intensiver und im übergreifenden Zusammenhang erfahrbar zu machen.

■ 60

Roland Pongratz, *Eine Burg wird zum Museum*, in: Herbert W. Wurster, Richard Loibl (Hg.), *Ausstellungskatalog Ritterburg und Fürstenschloss* (2 Bd.), Band I, Passau 1995, S. 150 ff.

- Das Verfolgen einer Digitalen Strategie, um eine neue Sicht auf die kulturellen Schätze von Museen und Burgen zu ermöglichen und um neue jüngere Publikumskreise anzusprechen und zu binden.

Für die technische und innenarchitektonische Gestaltung und Ausrüstung der historischen Turmanlage zu einer multimedialen Info-, Wissens- und Erlebnisstätte für den Tourismus **61** hat das Oberhausmuseum Passau als Auftraggeber nachfolgende Themenbereiche festgelegt:

■ 61
Konzeptionelle Planung, Durchführung und Betreuung der Umsetzung der Maßnahme durch die bauer & bauer medienbüro GmbH (Nürnberg).

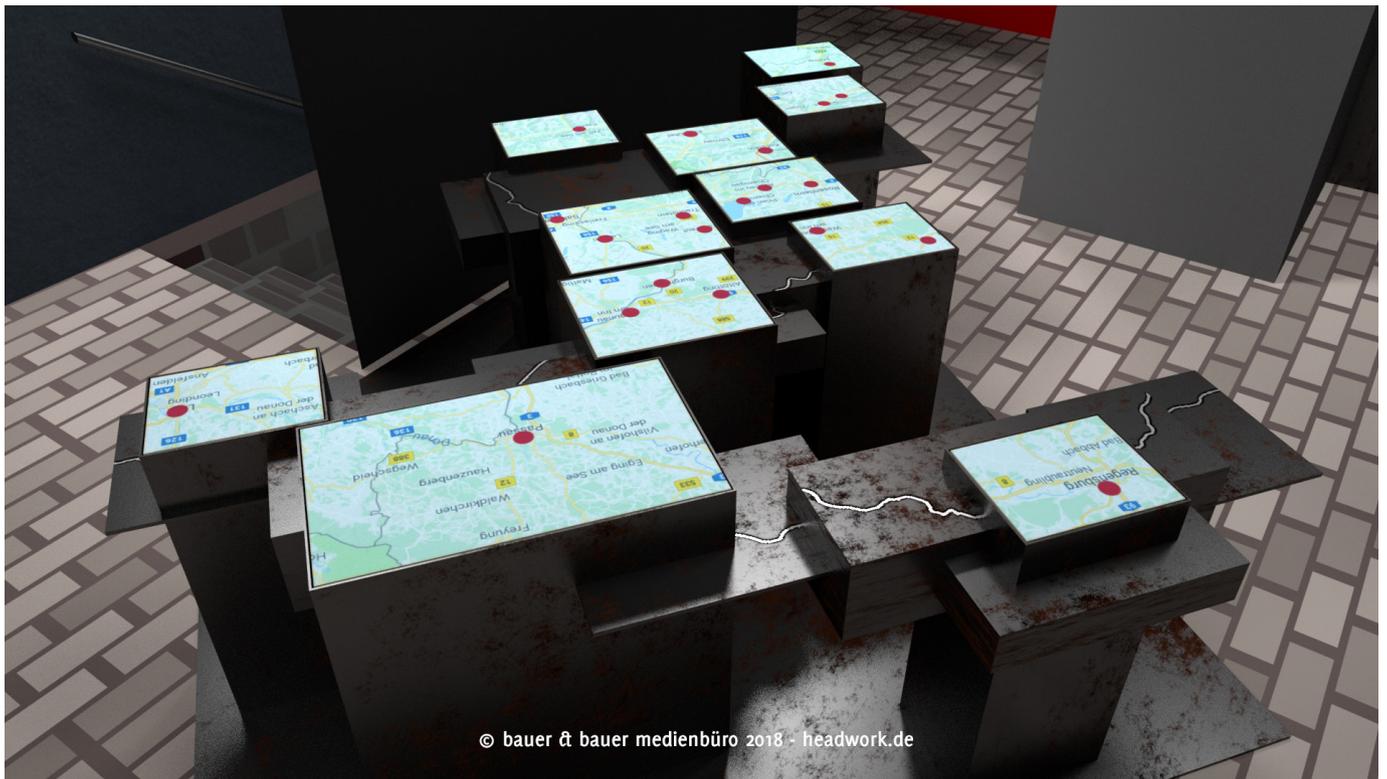
- T1: Bau- und Burggeschichte (Veste Ober- und Niederhaus)
- T2: Territorium und Herrschaft (Inn-Salzach-Donauraum)
- T3: Wirtschaft und Handel (Handelswege, Warenverkehr, Maut und Zoll, Umschlagsorte und Produktionsstätten)

Die horizontale und vertikale Architektur der Turmanlage bietet sich an, die spezifischen Inhalte in aufeinander ausgeloteten Orientierungsebenen von RAUM, ZEIT und ORT wie folgt zu präsentieren:

Das Untergeschoß der Turmanlage dient als horizontale Orientierungsebene (RAUM) der Visualisierung von geographischen und territorialen Bezügen. Der Eingangsinszenierung mit grafisch gestalteten Informationsträgern aus Glas und/oder 3D-Guckkasten **14** folgt ein aus Monitorstelen bestehender interaktiver »Karten-Tisch« **15**. Durch die Verteilung von Explorationen auf technisch miteinander vernetzten Monitoren können Informationen zu den jeweiligen Inhalten (T1–T3) gleichzeitig von mehreren Besuchern angesteuert und abgerufen werden.

□ 15

Visualisierung der Installation »Interaktiver
»Karten-Tisch« im Erdgeschoß des
Observationsturms
(© Oberhausmuseum Passau; bauer &
bauer medienbüro GmbH, Nürnberg).

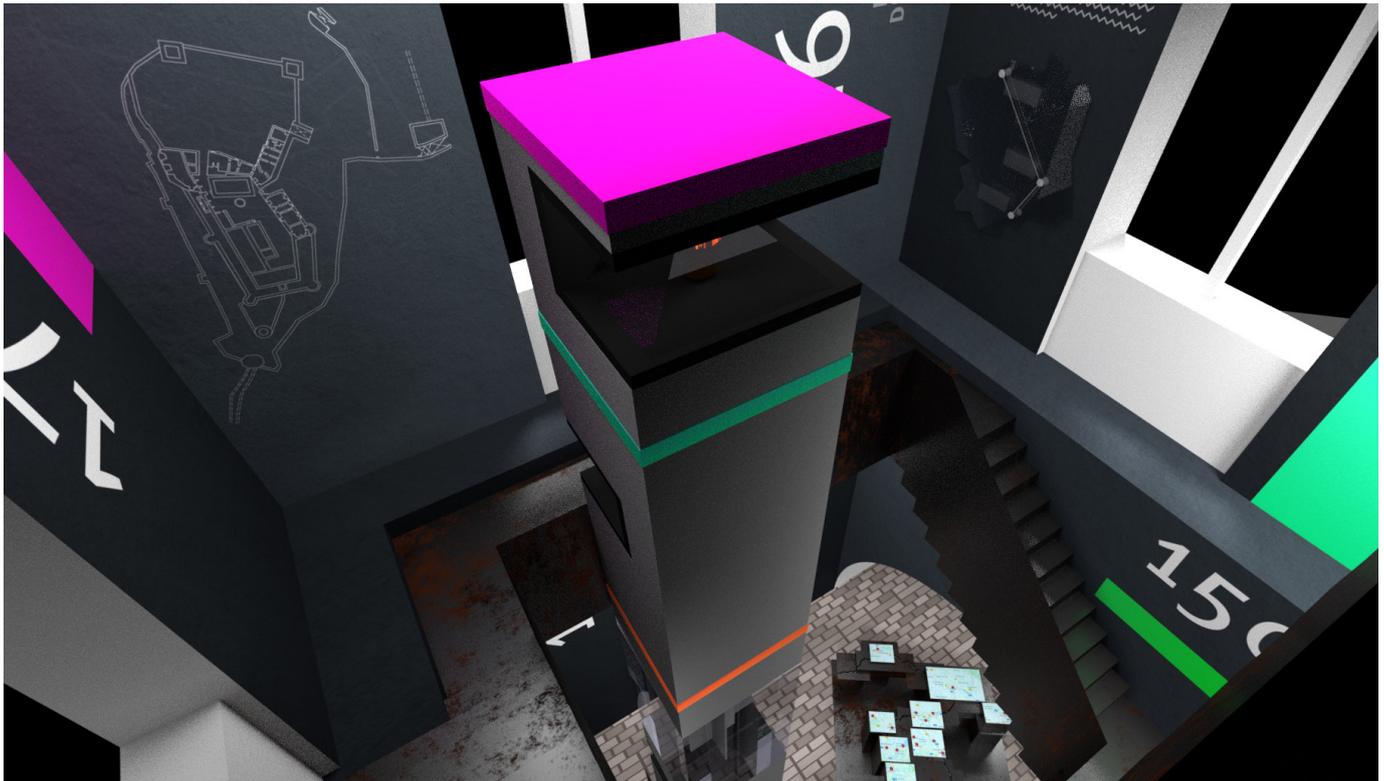


Die Datenbasis für die Installation hält das im Rahmen von ViSIT erstellte Virtuelle Depot bereit, dessen Inhalte von allen ViSIT-Partnern zu ihren Zwecken genutzt werden können. Das Oberhausmuseum Passau stellt als Content für das Virtuelle Depot über 550 3D-Digitalisate der eigenen Referenzsammlung zur Verfügung.

Der Turm mit Treppenhaus fungiert als vertikale Orientierungsebene (ZEIT) zur Darstellung von chronologischen Bezügen und Ereignissen ¹⁶. Mittels holographischer Projektionen von 3D-Objekten und 3D-Architekturen werden im »Zeit-Turm« Inhalte zu den Themenkomplexen T1–T3 vorgestellt. Über ein interaktiv bedienbares Tablet können vertiefende Informationen eingeholt werden, wobei mit der Burg- und Baugeschichte der Veste Ober- und Niederhaus (13.–21. Jahrhundert) ein inhaltlicher Schwerpunkt vorgegeben ist.

□ 16

Visualisierung der vertikalen Orientierungsebene im Observationsturm
(© Oberhausmuseum Passau; bauer & bauer medienbüro GmbH, Nürnberg).



■ 62
Modell »Inscope« der Firma MKT AG
(Olching).

Als RAUM, ZEIT und ORT (Veste Ober- und Niederhaus) verbindende Orientierungsebene hat die mit einem wetterfesten, digitalen Aussichtsfernrohr ⁶² ausgestattete Aussichtsplattform der Turmanlage die Funktion, die Gegenwartigkeit von Geschichte an einem historischen Ort (fürstbischöfliche Landesfestung und Residenzstadt Passau) mit Mitteln der Augmented Reality (AR) zu visualisieren ¹⁷. Durch Einblendung von virtuellen Informationen (Texte, Grafiken, Videos, 3D-Animationen und 3D-Objekte, vorgehalten im Virtuellen Depot) können die über das Fernrohr anvisierten Ziele (Hotspots) vom Betrachter inter-

aktiv und in Echtzeit als »Mixed Reality« erlebt und als sich räumlich und zeitlich überlagernde Darstellungsrealitäten wahrgenommen werden. Der augmentierte Blick des Betrachters wird hierbei über das weitläufige Areal der ehemals fürstbischöflichen Landesfestung und Residenzstadt Passau auf ferne Zielpunkte gelenkt: Burgen, Schlösser, Residenzen, Orte und Territorien im Inn-Salzach-Donauraum.



□ 17

Visualisierung der Installation
»Fernrohr« auf der Aussichtsplattform
des Observationsturms
(© Oberhausmuseum Passau; bauer &
bauer medienbüro GmbH, Nürnberg).

Mit der innenarchitektonischen Ausstattung der Turmanlage mit Materialien aus Stahl und Glas für die neue Treppe sowie die Einhausung der Medienelemente des »Karten-Tisches« und des »Zeit-Turms« wird eine zweckgebundene und modern wirkende Funktionalität angestrebt. Insbesondere waren Aspekte des Brandschutzes bei der Einrichtung zu beachten. Die Stahl- und Glaselemente zeigen klare Formen mit homogen anmutenden, rohen Oberflächen. Durch die Fassung der Raumschale sowie das Abdunkeln der Fenster in abgestuften Grautönen entsteht eine harmonische Raumwirkung. Die grafischen Informationen werden in greller Farbigkeit kontrastreich hervorgehoben und bezeichnen voneinander abgesetzte Raum- und Zeitzonen. Ein ausdifferenziertes Beleuchtungs- und Lichtsystem trägt zur »Usability« der einzelnen Medienstationen im Raum bei und animiert die Besucher, die Medienstationen aktiv zu nutzen.



H. Jenseits der Digitalisierung – Arbeiten mit virtualisiertem Kulturerbe

→ 3D-Druck, Augustusbrunnen Augsburg,
Balthasar Ableithner, Rekonstruktion, Theatiner-
kirche München, Vermessungstechniken

Die Digitalisierung von Kulturgut geschieht aus vielerlei Beweggründen: für die Dokumentation, die vergleichende Forschung, die – zumindest virtuelle – Bewahrung oder die öffentliche Zugänglichkeit. Oft geht es um Belange der Denkmalpflege, um Konservierungsmaßnahmen, Ergänzungen, um fiktive oder tatsächliche Rekonstruktionen. In der Kunstgeschichte mag das Ziel sein, neue Sichtweisen auf ein Objekt zu finden und Bezüge herzustellen. Die Vermessungstechniken zur Virtualisierung von Kulturgut sind vielfältig und liefern hochauflösende 3D-Modelle in unterschiedlichsten Dimensionen, vom filigranen, kleinteiligen Schmuckstück bis zum komplexen Gebäude. Was aber kann man mit diesen Daten tun? Wie lässt sich das virtualisierte kulturelle Erbe medientechnisch weiterverarbeiten, um es zu nutzen und verfügbar zu machen? Zwei ausgewählte Fallstudien, die vom Team des 3D-Labors der Technischen Hochschule Deggendorf unter der Leitung des Autors realisiert wurden, geben einen Einblick in konkrete 3D-Arbeitstechniken der Digitalisierung, Modellierung und Fertigung im Umgang mit Kulturgut.

H.1 Szenario 1: Theatinerkirche München, Lukas aus der Asche

Eine besondere Herausforderung stellte sich mit der Ergänzung der monumentalen Figur des Evangelisten Lukas in der Münchner Theatinerkirche, die 1670 bis 1672 von Balthasar Ableithner (1614–1705) gefertigt wurde. Die frühbarocke Holzskulptur war bei Bombardierungen im Zweiten Weltkrieg stark beschädigt worden. Sieben Jahre Arbeit wurden benötigt, um die teils verbrannte, teils verkohlte Figur im Zuge einer Restaurierungskampagne wieder zu vervollständigen. In einer Kombination aus traditionellem Bildhauerhandwerk und neuen 3D-Techniken konnten die Fehlstellen nach historischen Fotografien rekonstruiert, in Holz gefertigt und am Torso montiert werden. Die Rekonstruktionen begannen 2008 im Rahmen des »Forschungsprojekts Theatinerkirche«. Die Figur war zu diesem Zeitpunkt aus den nach dem Krieg erhaltenen Teilen wieder zusammengefügt und in der Kirche aufgestellt worden. In einem ersten Schritt galt es, den gesamten Torso des Lukas mit einem Streifenlichtscanner millimetergenau zu digitalisieren. Die Daten standen daraufhin virtuell zur Verfügung und konnten im 3D-Labor weiter bearbeitet werden. Nach historischen Fotografien entstanden mit Hilfe eines maßstäblichen Laser-Sinter-Modells aus Polyamid die Ergänzungen. Dazu wurde die exakte Miniatur des eingescannten Lukas von Hand bildhauerisch ergänzt ⁰¹ und mittels Computertomografie anschließend digitalisiert. So standen am Ende die rekonstruierten Teile digital zur Verfügung und konnten im virtuellen Raum verfeinert werden.



□ 01
Lukas-Modell mit modellierten Ergänzungen (Joerg Maxzin, THD).

Die Arbeit mit den 3D-Modellen brachte unschätzbare Vorteile mit sich: Einer der Vorzüge bestand darin, dass viele Ergänzungen direkt aus den historisch erhaltenen digitalisierten Teilen der Skulptur entwickelt werden konnten. Die nachgebildeten Partien orientierten sich damit so exakt wie möglich am Original. Eine Operation wie das Spiegeln eines Datensatzes war im 3D-Raum mit einem Mausklick in Sekundenbruchteilen erledigt. Ähnlich verhielt es sich mit dem Skalieren, Drehen und Verschieben von Teilen. Die virtuellen Modelle hatten keine Masse, die kraftraubend bewegt werden musste. Es ließ sich mühelos an jede gewünschte Stelle des Objekts heranzoomen. Manche Details und Zusammenhänge konnten überhaupt erst durch die Virtualisierung der Lukas-Figur entdeckt und verstanden werden. Es eröffnete sich ein Überblick im Kleinen wie im Großen, den man am Original nicht hätte bekommen können [02].



□ 02
Lukas-Ergänzungen während der
3D-Modellierung (Joerg Maxzin, THD).

Im Fall des teilweise verkohlten Lukas-Torsos bot die Digitalisierung also eine neue und vielleicht sogar die einzige Möglichkeit, um exakte, passgenaue Ergänzungen in Holz zu erschaffen, die reversibel verschraubt – quasi schwebend – über den zerklüfteten Holzkohleflächen angebracht wurden. Die Grenze des Machbaren wurde mit der Fertigung einer Maske für den Stier ausgelotet. Seine linke Gesichtshälfte war großflächig verkohlt, teilweise waren größere Holzkohlebrocken ausgebrochen, teilweise betrug der Verlust aber nur einen oder wenige Millimetern. Dieser Bereich wurde folglich besonders hochauflösend gescannt. Auf Basis der digitalisierten rechten Kopfseite des Stiers entstand in einem aufwendigen Modellierungsprozess am Ende eine virtuelle Maske für die linke Seite, die teilweise dünn wie Papier war. 3D-Drucktests, eigens erzeugte Negativformen und schließlich eine hauchdünn gefräste Ergänzung aus Ahornholz führten schlussendlich ans Ziel: Der Stier hatte ein glaubhaftes Gesicht zurückbekommen, ohne dass dafür die darunterliegende verkohlte Originalsubstanz weiteren Schaden nehmen musste. Im Mai 2015 wurde die fertig ergänzte Figur

schließlich enthüllt ⁰³. Die Einzelschritte des langjährigen Projekts sind in der ausführlichen Dokumentation »Lukas aus der Asche« dokumentiert, die 2016 von der Technischen Hochschule Deggendorf herausgegeben wurde. ⁰¹

■ 01

Lisa Erdmann, Stefan Hartmann, Joerg Maxzin, Technische Hochschule Deggendorf (Hg.): »Lukas aus der Asche – Auferstandenes Kulturerbe aus dem 3D-Labor«, Lindenberg, 2016.



□ 03
Lukas-Skulptur mit Holzergänzungen
(Joerg Maxzin, THD).

H.2 Szenario 2: Augustusbrunnen Augsburg, Brunnbach und Lech

■ 02

Bernd Roeck, Dorothea Diemer, Kerstin Brendel, Martin Mach, Michael Kühenthal (Hg.), Der Augustusbrunnen in Augsburg, Messerschmitt Stiftung, Berichte zur Denkmalpflege, München 2004.

Der Augustusbrunnen am Rathausplatz in Augsburg wurde in den Jahren 1588–94 nach den Modellen des niederländischen Bildhauers Hubert Gerhard (um 1550–1622/23) geschaffen. Die Bronzefiguren der Anlage waren über die Jahrhunderte der Witterung und dem Vandalismus ausgesetzt. Um sie zu schützen, ersetzte man sie nach ihrer Restaurierung seit 1993 sukzessive durch Nachgüsse. **02** 2017 wurden die letzten Repliken am Brunnen angebracht. Die letzten nachgegossenen Flussallegorien, die die Ecken des Brunnenbeckens zieren, wurden im Juni 2016 montiert. Ihre Aufstellung war der Auslöser für eine vergleichende wissenschaftliche Studie zweier Köpfe von originalen und nachgegossenen Bronzeplastiken des Augustusbrunnens. 2017 erarbeitete Benedikt Krieger im Rahmen seiner Masterarbeit im Studiengang Medientechnik und -produktion im 3D-Labor der Technischen Hochschule Deggendorf Wege zur digitalen Archivierung der Bronzeplastiken mittels 3D-Scan-Technologie. Im Sinne eines Kulturerbe-Monitorings wurde eine vergleichende Messung zwischen den Originalen und den Nachgüssen der Flussgötter unternommen. Auf Basis der generierten Datenmodelle wurden im Anschluss vom Autor Möglichkeiten evaluiert, über die berührungsfrei erstellten Digitalisate und moderne 3D-Druck- und Ausschmelzverfahren exakte Kopien herzustellen. Die Studie beschäftigte sich exemplarisch mit den Gesichtern der zwei männlichen Flussgottheiten Lech und Brunnbach. Nacheinander wurden Teile der nachgegossenen Figuren am Brunnen in Augsburg und der Originale, die sich noch in den Metallrestaurierungswerkstätten des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege in München befanden, digitalisiert. Für die sub-millimeter-genauen Messungen kam ein Artec® Spider® 3D-Scanner zum Einsatz. Trotz den metallischen, glänzenden Oberflächen, der schwierigen Witterungsbedingungen am Brunnen und der generell aufwendig modellierten Strukturen der Plastiken gelangen überzeugend texturierte 3D-Modelle der beiden Gesichter und ihrer nachgegossenen Pendants. Aus den Ergebnissen der Messungen konnten am Ende für alle vier Köpfe langzeitarchivierbare 3D-Modelle generiert werden. Für die reine Geometrie wurde das STL-Datenformat und für die texturierten Varianten das WRL-Datenformat mit in den Scheitelpunkten integrierten Farbinformationen für die Endausgabe verwendet. **03** Somit sind durch die Studie die ersten präzisen 3D-Modelle der bedeutenden Bronzeplastiken des Augsburger Augustusbrunnens entstanden, die den Anfang für die digitale Archivierung des wertvollen Kulturguts bilden. In einem Soll-Ist-Vergleich ließen sich darüber hinaus die Abweichungen zwischen den Originalen und den Kopien errechnen und farblich codiert visualisieren. Auch wenn die Repliken der auf Basis von Silikonabgüssen entstandenen neuen Bronzegüsse qualitativ sehr hochwertig sind, bestätigte die 3D-Vermessung den zu erwartenden Schwund von rund 2,5 %, der sich beim Erkalten der Bronze einstellt. Bei einer Figur von zwei Metern Größe macht das immerhin fünf Zentimeter aus, was einen erheblichen Unterschied zum Original darstellt. Um die Abweichung am Modell dauerhaft farblich codiert darzustellen, wurde aus dem Ergebnis des Soll-Ist-Vergleichs eine farbige Textur

■ 03

Max Rahrig, Wohin mit all den Scans? Über die dauerhafte Archivierung von 3D-Daten bedeutender Kulturgüter am Beispiel des Bamberger Kaisergrabs, in: Birgit Franz, Gerhard Vinken (Hg.), Das Digitale und die Denkmalpflege. Bestandserfassung – Denkmalvermittlung – Datenarchivierung – Rekonstruktion verlorener Objekte, Veröffentlichung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Bd. 26, Holzwinden 2017, S. 130–139, doi.org/10.11588/arthistoricum.263.348.

generiert. Für das Gesicht des Brunnbachs konnte in einem ZPrinter®-Vollfarb-3D-Drucker ein farbiges, plastisches Anschauungsmodell der Maske im Originalmaßstab erzeugt werden [04].



□ 04
Vollfarb-3D-Druck der Brunnbach-Maske
im Maßstab 1:1 (Joerg Maxzin, THD).

In Kooperation mit der auf 3D-Drucktechnologien spezialisierten Firma Materialise® in Belgien wurde darüber hinaus ein Modell im Maßstab 1:2 im neu entwickelten Tetrashell®-Verfahren aus einem ausbrennbaren Stereolithographie-Harz aufgebaut, welches sich ähnlich wie herkömmlich für den Bronzeguss verwendetes Wachs verhält [05].



□ 05
Stereolithographie-Harz-Modell der
Brunnbach-Maske im Maßstab 1:2
(Joerg Maxzin, THD).

Beim Ausschmelzverfahren verdampft Tetrashell® vollständig, was durch eine in 3D errechnete Wabenstruktur im Innern des Harzmodells begünstigt wird. So ist von vornherein weniger Masse vorhanden, die ausgebrannt werden muss. Zusätzlich wurde das Modell mit Guss- und Abluftkanälen versehen und anschließend einschamottiert. Das so erzeugte verkleinerte Positiv konnte die Kunstgießerei Strassacker in Süßen – die auch bereits die am Brunnen aufgestellten Nachgüsse gefertigt hatte – erfolgreich gießen. Am Ende stand eine kleine qualitativ hochwertige Bronzemaske des Brunnbachs vom Augsburger Augustusbrunnen, die völlig berührungsfrei entstanden war 06.

□ 06

Bronzemaske des Brunnbachs im Maßstab 1:2 (Joerg Maxzin, THD).



Durch die freie Skalierbarkeit des 3D-Modells ist nicht nur – wie bei diesem Experiment – eine verkleinerte Replik möglich. Ebenso besteht die Option, den generell zu erwartenden Schwund vorher auszugleichen, um einen Nachguss in tatsächlicher Größe zu erhalten. Es konnte also ein alternativer Weg zur traditionellen Abformung aufgezeigt werden, um Kopien von plastischen, dreidimensionalen Kulturdenkmälern herzustellen. Einschränkungen sind allerdings mögliche Verluste in der Oberflächenqualität, die mit dem Scanverfahren und nicht zuletzt mit dem 3D-Druck einhergehen können. Hier ist die klassische Silikonabformung deutlich überlegen. Auch der Zeitaufwand, um ein qualitativ hochwertiges 3D-Modell zu erstellen, ist in der Regel höher als beim traditionellen handwerklichen Formenbau. Oftmals sprechen aber Gründe gegen eine mechanische Abformung, etwa fragile Oberflächen oder farbige Fassungen. Dann eröffnet die berührungsfreie Methode, die via 3D-Scan zur Replik gelangt, neue Möglichkeiten.

H.3 Fazit

Die beschriebenen Beispiele sind skulpturale Objekte. Im Kontext der Frage nach »digitalen Raumdarstellungen« sind beide Projekte interessant. Die Evangelistenfiguren in der Münchner Theatinerkirche lassen sich ohne den Raum, auf den sie sich beziehen, nicht denken. Was dem Betrachter vom Kirchenschiff aus verborgen bleibt, ist die kulissenhafte Konstruktion der Figuren. Trotz aller bildhauerischen Eleganz und Finesse entlarvt spätestens die seitliche Ansicht im Altarraum ihren bühnenartig improvisierten Aufbau. So ist nur die Frontansicht wirklich ausgearbeitet, Attribute wie Stier oder Löwe bleiben dabei reliefartige Scheiben ohne Körper. Die Figuren spielen ihre Rolle in einer sakralen Gesamtinszenierung, die im Altar ihren Höhepunkt findet. Erwähnt sei an dieser Stelle auch der erfolglose Versuch, die Skulptur des völlig verbrannten Evangelisten Matthäus photogrammetrisch zu rekonstruieren. Dazu wurden mit einer Drohne eine Vielzahl von Fotografien vom Chorraum gemacht, um aus ihnen ein virtuelles Modell zu errechnen, was auch gelang. Leider ließen sich die historischen Aufnahmen des Matthäus, auf denen auch der Chorraum abgebildet war, nicht wie erhofft in Beziehung zu dem errechneten Raummodell bringen. Obwohl sogar stereoskopische Abbildungen darunter waren, fehlten selbst für eine annähernde Rekonstruktion der Figur am Ende zu viele Parameter in den historischen Aufnahmen. Die Fotografen hatten ihre Bilder zu unterschiedlichen Zeitpunkten, mit unterschiedlichen Lichtverhältnissen und mit unterschiedlichen Kameras aufgenommen – schlechte Bedingungen für eine Rekonstruktion. Hätten nur wenig mehr Fotografien aus der gleichen Kamera zur Verfügung gestanden, wäre der Versuch vermutlich geglückt. Der im zweiten Szenario erwähnte Augustusbrunnen ist als raumgreifendes und platzbeherrschendes Bauwerk nicht minder interessant. Er war als repräsentativer Blickpunkt bewusst in den städtischen Raum gesetzt worden. So entstand mit der in der Mitte des Brunnens aufragenden, den Weg weisenden Bronzeplastik des Kaisers Augustus vor dem Augsburger Rathaus ein visuelles Zentrum: ein Zeichen

an Bürger wie Besucher der Stadt gleichermaßen. Eine Vermessung des gesamten Brunnenensembles für weitere wissenschaftliche Studien steht noch aus. Das Credo dieses Essays ist es also, es nicht bei der Digitalisierung von Architekturen, Plastiken oder anderer Kunstwerke als reinem Selbstzweck zu belassen. Am Anfang jeder Scankampagne sollte ein maßgeschneiderter Aufgabenkatalog stehen:

- Was sind die genauen Fragenstellungen?
- Welchen Mehrwert verspricht die Methode im konkreten Fall?
- Welche Erkenntnisse können (nur so) gewonnen werden?

Der Aufwand, der betrieben werden muss, um gute Digitalisate zu erzeugen, ist nicht unerheblich und es kommt am Ende darauf an, dass man einen sinnvollen Ertrag aus den gewonnenen Daten zieht. Das Ziel muss sein, mit virtualisiertem Kulturerbe tatsächlich zu arbeiten – auch jenseits der Digitalisierung.





Laura Albers

I. Die semantische Datenmodellierung im Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland

→ CIDOC CRM, digitale Erfassung, digitales Projekt, implizites Wissen, Semantic Web, semantische Datenmodellierung

Die Strukturierung und Verwaltung von Forschungsdaten ist ein Anliegen, das nicht nur große Gedächtnisinstitutionen betrifft. Auch und gerade für zeitlich befristete Forschungsprojekte legt dieses Moment den Grundstein für eine Verfügbarmachung und langfristige Interpretierbarkeit der Daten über die Projektlaufzeit hinaus. Mit den Techniken des Semantic Web können umfangreiche und heterogene Datenbestände mitsamt den sie beschreibenden Metadaten in maschinenlesbarer Form generiert werden. Der Aufsatz dokumentiert und erläutert das zugrundeliegende Datenmodell des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD), mit dem Ziel die Projektergebnisse für andere Anwendungen verfügbar und nutzbar zu machen. Eine Übernahme des Datenmodells wie auch seine Weiterentwicklung sind ausdrücklich erlaubt und erwünscht.

Das CbDD, betreut von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, hat sich zum Ziel gesetzt, barocke Deckenmalerei in Deutschland in der Zeit zwischen 1550 und 1800 zu erschließen. Die Interdisziplinarität ist ein wesentlicher Bestandteil des Projekts. Die Berücksichtigung nicht nur kunstgeschichtlicher, sondern auch architekturgeschichtlicher, kunstsoziologischer, kulturhistorischer und quellengeschichtlicher Phänomene soll eine umfassende Kontextualisierung der Malereien als Grundlage für breitgefächerte (Forschungs-) Interessen erzeugen.

Die Vorgehensweise, die die objektgerichtete Erschließungsarbeit im Projekt ergänzt, ist in den Digital Humanities verortet. Das Corpus-Projekt geht zweierlei Ansprüchen nach. Auf der einen Seite steht die wissenschaftliche Dokumentation des visuellen Phänomens der Deckenmalerei. Im Rahmen der Objekterschließung wird durch die Arbeitsstelle Deutsches Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg qualitativ hochwertiges, aussagekräftiges Fotomaterial angefertigt, das den ortsunabhängigen Zugang zu den Objekten ermöglicht. ⁰¹ Angeleitet durch die zweite Arbeitsstelle Institut für Kunstgeschichte der LMU in München entstehen außerdem prototypische 3D-Modelle einzelner Objekte, die den virtuellen Raum erproben. Beispiele hierfür sind die Rekonstruktionen des Bamberger Kaisersaals, des Lusthauses der Münchner Residenz sowie des Schlosses Arnstorf. ⁰²

Auf der anderen Seite steht die Erzeugung und Verwaltung von umfangreichen Forschungsdaten. Ein adäquates Forschungsdatenmanagement ist die Voraussetzung dafür, die Informationen zu den Deckenmalereien innerhalb ihrer diversen Kontexte zu erschließen, sichtbar und nachhaltig nutzbar zu machen. Durch eine entsprechende Datenaufbereitung und -ablage in Form von Netzwerken mit den Techniken des Semantic Web kann inhärentes und implizites Wissen expliziert werden. Im vorliegenden Aufsatz geht es um die semantische Datenanreicherung als Methode für die systematische Erschließung und Grundlage für die Lesbarkeit und Austauschbarkeit der Projektdaten.

■ 01

Hierzu <https://www.bildindex.de/cms/homepage/entdecken/corpus-der-barocken-deckenmalerei-in-deutschland/>.

■ 02

Siehe beispielsweise <https://deckenmalerei.badw.de/projektgeschichte/3-d-modelle-cave-2016.html>.

■ 03

Robert Sanderson, *RDF: Resource Description Failures and Linked Data Letdowns*, in: *Journal of Digital Humanities*, 2 (3) 2013, <http://journalofdigitalhumanities.org/2-3/rdf-resource-description-failures-and-linked-data-letdowns/> Folie 5.

■ 04

Fotis Jannidis, Hubertus Kohle, Malte Rehbein (Hg.), *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 228.

I.1 Einbettung in die Digital Humanities: Das Semantic Web

Robert Sanderson betonte, dass im Kontext des Semantic Web die Struktur von Daten genauso wichtig sei, wie die Daten selbst. ⁰³ Sie ist das Fundament, an das die semantische Aufladung gehängt wird. Die konzeptuelle Trennung von Daten und Struktur impliziert den Einsatz von Metadaten. Sie »dienen zur systematischen und einheitlichen Beschreibung von Datensätzen und Datensammlungen.« ⁰⁴ Strukturelle Metadaten (Strukturdaten) »beschreiben, aus welchen kleineren Einheiten sich ein Datensatz zusammensetzt« ⁰⁵. Damit die aufwändig digital erfassten Projektergebnisse von anderen nachgenutzt werden können, ist es sinnvoll bei der Beschreibung von Daten durch Metadaten auf Standards zurückzugreifen. Hierbei wird die technische Interoperabilität der Metadaten von deren inhaltlichen Interoperabilität unterschieden. Während erstere die rein

technische Weiternutzung betrifft, ist mit der zweiten die Verständlichkeit der Datenstrukturen und der Metadaten gemeint. Beide sind Voraussetzung für eine nachhaltige Bereitstellung und Weitergabe von Daten. **06**

Es ist höchste Zeit, den Begriff der **Forschungsdaten** genauer zu klären. Im Sinne der deutschsprachigen Informationsplattform zum Thema Forschungsdatenmanagement sind

»Forschungsdaten [...] (digitale) Daten, die während wissenschaftlicher Tätigkeit (z. B. durch Messungen, Befragungen, Quellenarbeit) entstehen. Sie bilden eine Grundlage wissenschaftlicher Arbeit und dokumentieren deren Ergebnisse. Daraus ergibt sich ein disziplin- und projektspezifisches Verständnis von Forschungsdaten mit unterschiedlichen Anforderungen an die Aufbereitung, Verarbeitung und Verwaltung der Daten: dem sogenannten Forschungsdatenmanagement. Bisweilen wird auch zwischen Forschungsprimärdaten bzw. Primärdaten und Metadaten unterschieden, wobei letztere je nach Fachbereich oft nicht als Forschungsdaten im engeren Sinne gelten.« **07**

Im CbDD-Projekt werden unter Forschungsdaten sowohl die Primärdaten, als auch die diese beschreibenden Metadaten verstanden. Es wird entsprechend für eine Definition von Forschungsdaten, die Metadaten ausdrücklich als deren Teil versteht, plädiert. Gerade geisteswissenschaftliche Daten zeichnen sich im Vergleich zu naturwissenschaftlichen Daten durch ihre komplexen inhaltlichen Bezüge aus **08**, deren Abbildung mithilfe Strukturdaten einen entscheidenden Zugewinn an Erkenntnissen bringen kann bzw. deren Nachvollziehbarkeit gewährleistet.

Mit Daten sind also nicht nur die Datenbankeinträge (Roh- oder Primärdaten in Form von Zeichenketten) gemeint, sondern auch Metadaten wie die Strukturierung von Primärdaten in Entitäten wie Person, Objekt, Ort oder Ereignis. Genauso fallen darunter die Bezüge, die die Entitäten miteinander verbinden. Anhand von eindeutigen und dauerhaften Kennungen (Uniform Resource Identifier kurz URI **09**) werden Entitäten und Beziehungen miteinander verknüpft. Jedes Element kann über seine URI angesprochen werden. Damit sie darüber hinaus nicht nur innerhalb des eigenen Datenpools auffindbar sind, bietet es sich an mit im Web auffindbaren, persistenten Identifikatoren wie http URIs zu arbeiten. **10** URIs sind die Prämisse für Linked Data. »With linked data, when you have some of it, you can find other, related, data.« **11** (Tim Berners-Lee). Erhobene Daten sollen eine Einbettung in größere Kontexte erfahren, indem sie auf andere Daten verweisen oder indem auf sie verwiesen werden kann. Dafür müssen sie durch URIs eindeutig identifiziert werden.

Mit dem Konzept von Entitäten und Bezügen ist bereits das Grundgerüst des für die semantische Datenanreicherung wichtigen **Graphdatenmodells** angesprochen. Hierbei liegen Daten (Ressourcen) in Form von Knoten (Entitäten)

■ **05**
Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 229.

■ **06**
Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 227.

■ **07**
forschungsdaten.info: Forschungsdaten, in: Glossar von der Informationsplattform forschungsdaten.info, <https://www.forschungsdaten.info/praxis-kompakt/glossar/>.

■ **08**
Torsten Schrade, Im Datenzean, in: FAZ online, 02.12.2018, https://www.faz.net/aktuell/karriere-hochschule/chancen-der-nationalen-forschungsdatensammlung-15914287.html?printPageArticle=true#pageIndex_2.

■ **09**
Tim Berners-Lee et al., Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax, 2005, S. 3f. <https://tools.ietf.org/html/rfc3986#section-1.1>.

■ **10**
Tim Berners-Lee, Linked Data, in: W3C Design Issues 18.06.2009, <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>. Zu Persistent Identifiers: Jens Klump, Robert Huber, 20 Years of Persistent Identifiers – Which Systems are Here to Stay?, in: Data Science Journal, 16 (9) 2017. Angela Kailus, Regine Stein, Besser vernetzt: Über den Mehrwert von Standards und Normdaten zur Bilderschließung, in: Piotr Kuroczyński, Peter Bell, Lisa Dieckmann (Hg.), Computing Art Reader – Einführung in die digitale Kunstgeschichte, arthistoricum.net-ART-Books, Heidelberg 2017, S. 118–139, hier 126.

■ **11**
Tim Berners-Lee, Linked Data, in: W3C Design Issues 18.06.2009, <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.

vor, die durch Kanten (Beziehungen) miteinander verbunden sind. Ein Graph (Triple) besteht aus zwei durch eine Kante verknüpfte Knoten. Um komplexere Aussagen abzubilden, können mehrere Triples aneinanderhängen. Die Triple-Struktur kann man sich wie eine rudimentäre Satzkonstruktion aus Subjekt – Prädikat – Objekt vorstellen. Grundlage für diese Datenrepräsentation ist das standardisierte Resource Description Framework (RDF). ¹²

Hiermit ist die Datenstruktur auf syntaktischer Ebene vorgegeben. Die Semantik hingegen wird durch die Anwendung einer Ontologie hinzugegeben. Als standardisiertes Metadatenkonzept für den Bereich des kulturellen Erbes hat sich das CIDOC Conceptual Reference Model durchgesetzt. Mit CIDOC CRM ¹³ liegt eine Referenzontologie vor, die als Standard anerkannte und ISO-zertifizierte Ontologie für diesen Bereich einen wichtigen Ausgangspunkt im Hinblick auf die einheitliche und strukturierte Beschreibung und Austauschbarkeit von Daten setzt. Da das Vorhandensein einer solchen Domänenontologie Konsensfähigkeit innerhalb der involvierten Fachdisziplinen und einen hohen Reifegrad voraussetzt, haben nicht viele Wissensdomänen das Glück über eine solche zu verfügen. ¹⁴

CIDOC CRM wird der Gruppe der **schwergewichtigen Ontologien** zugeordnet, da es durch seinen komplexen Aufbau sehr ausdrucksmächtig ist. Klasseneigenschaften, Relationen und Bedingungen, zusammen mit Axiomen, die nicht weiter begründet werden müssen, bilden das Grundgerüst und Regelwerk. Um seine logische Konsistenz zu wahren, kann nicht jede Klasse mit jeder anderen Klasse kombiniert werden. ¹⁵ Zum Beispiel kann ein konzeptuelles Objekt, in CIDOC CRM ein »E28 Conceptual Object«, keinen physischen Standort haben, da es in seiner Definition kein physisches Objekt ist. Als Axiom ist zum Beispiel auch die Gegebenheit anzunehmen, dass eine Person immer nur eine Mutter und einen Vater haben kann.

Allerdings ist nur ein **formales** Modell vom Computer prozessierbar. Um formal zu werden, muss es in einer eindeutigen und expliziten Form vorliegen, die ihm durch die Implementierung in RDF bzw. OWL verliehen wird. ¹⁶ Darunter wird zum Beispiel die Regel verstanden, dass auf eine Klasse immer eine Eigenschaft folgen muss und auf eine Eigenschaft immer eine Klasse. Mit dem Erlangen CRM ¹⁷ liegt CIDOC CRM in dieser Implementierung vor und die Maschinenlesbarkeit ermöglicht ein Überprüfen der Daten auf Konsistenz und Logik.

Als **Top-Level-Classes** ¹⁸ sind die generischen und hierarchisch oben angeordneten Klassen Geschehendes (E2 Temporal Entity), Zeitspanne (E52 Time-Span), Ort (E53 Place), Maß (E54 Dimension), Seiendes (E77 Persistent Item) und raumzeitliches Volumen (E92 Spacetime Volume) mit den jeweiligen, spezifischeren Unterklassen in der Lage, alles Existierende abzubilden. Die Eigenschaften drücken die Beziehungen der Klassen untereinander aus. Dabei gilt, dass die Unterklasse immer die Eigenschaften der Oberklasse erbt und zusätzliche, noch spezifischere Eigenschaften besitzen kann. ¹⁹

Bei der Modellierung des Corpus-Projekts wurde der Prämisse gefolgt, die zuvor erarbeiteten Projekt-Kategorien durch Klassen möglichst genau zu beschreiben, um die Spezifität des Sachverhalts so treffend wie möglich anzusprechen. Im Semantic Web wird die sogenannte **Open World Assumption** zugrunde gelegt. Man geht davon aus, dass das Beschreibungssystem nicht vollständig,

■ 12
Georg Hohmann, Die Anwendung von Ontologien zur Wissensrepräsentation und -kommunikation im Bereich des kulturellen Erbes, in: Silke Schomburg, Claus Leggewie, Henning Lobin, Cornelius Puschmann (Hg.), *Digitale Wissenschaft. Stand und Entwicklung digital vernetzter Forschung in Deutschland*. Köln 2011, S. 33–39, hier 35.

■ 13
Das CIDOC Conceptual Reference Model (CIDOC CRM) wird von Experten aus Museen, Archiven und Bibliotheken in Zusammenarbeit mit Philosophen und Informatikern im Rahmen einer Arbeitsgruppe für Dokumentation (CIDOC SIG) des International Council of Museums (ICOM) entwickelt. Im Jahr 2006 wurde es als ISO-Standard (21127) anerkannt. <http://www.cidoc-crm.org/>.

■ 14
Hohmann 2011, S. 36. Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 174, 175, 216.

■ 15
Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 165.

■ 16
Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 100.

■ 17
Das Erlangen CRM wurde von der FAU Erlangen-Nürnberg, dem Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg und dem Zoologischen Forschungsmuseum Alexander Koenig in Bonn als Implementierung des CIDOC CRM in OWL entwickelt und wird von der CIDOC SIG als offizielle Implementierung anerkannt. <http://erlangen-crm.org/>.

■ 18
Top-Level-Classes verwenden allgemeine Begriffe wie Zeit, Raum und Ereignis, wodurch sie domänenunabhängig und allgemein anwendbar sind. Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 165f.

■ 19
Karl-Heinz Lampe, Siegfried Krause,
Martin Doerr, Definition des CIDOC
Conceptual Reference Model, Version
5.0.1 autorisiert durch die CIDOC CRM
Special Interest Group (SIG), 2010,
S. 22.

■ 20
Lampe, Krause, Doerr 2010, S. 27.

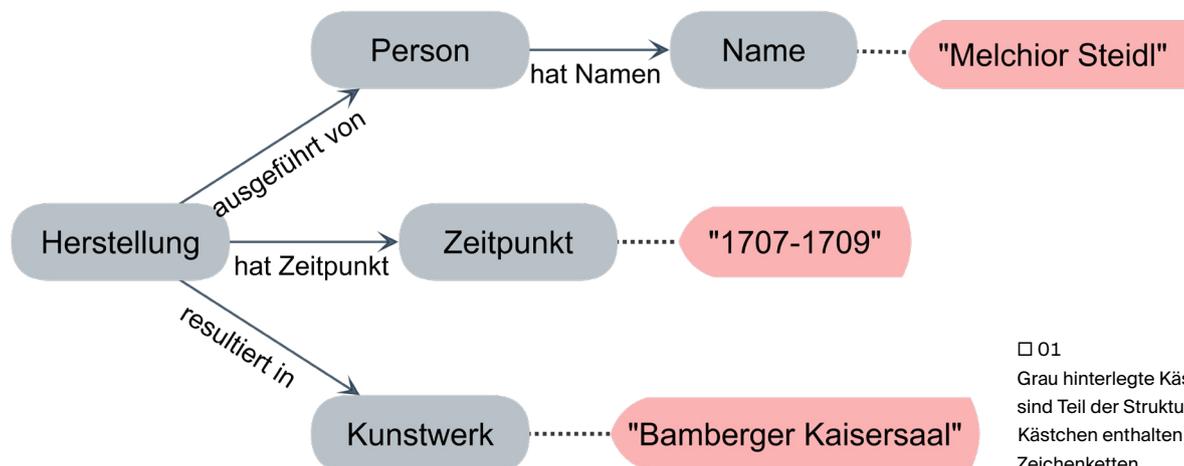
■ 21
Lampe, Krause, Doerr 2010, S. 10.

■ 22
Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 165f.

■ 23
Hohmann 2011, S. 34, 36.

sondern tendenziell unterspezifiziert ist. Dies gilt auch für CIDOC CRM. ²⁰ Der entscheidende Vorteil von CIDOC CRM ist seine Erweiterbarkeit. Aufgrund der Unvollständigkeitsannahme des Beschreibungssystems wird der Anwender ermutigt, neue Unterklassen für seine speziellen Bedürfnisse anzulegen, die den Gegenstand noch präziser beschreiben als die Klasse von CIDOC CRM. ²¹ Die so entstehende Anwendungsontologie ergibt sich demnach aus allen anwendungsspezifische Subklassen, die den Ursprungsklassen des CIDOC CRM unterstehen.

Durch das Anlegen von Unterklassen in der Anwendungsontologie können die Daten immer wieder auf die Referenzontologie zurückgemappt und mit anderen ebenfalls auf CIDOC basierenden Datenbeständen gematcht werden. ²² Bei dem Fehlen einer solchen Referenzontologie, auf die sich zwei unterschiedliche Datenpools beziehen können, kommt es während des Mappings (Abgleichen der Datenbestände) mit ziemlicher Sicherheit zu einem Datenverlust, da eines oder beide zugunsten des Mappings an Granularität verlieren. ²³ Wie oben deutlich geworden ist, bestehen Forschungsdaten im engeren Sinne nicht nur aus den Forschungsprimärdaten, sondern auch aus Metadaten, die den Rohdaten eine Syntax und Semantik mitgeben. Ein Beispiel verdeutlicht den Unterschied zwischen Daten und ihrer Struktur im Sinne der semantischen Anreicherung. Gemeint ist die Tatsache, dass dem erfassten Rohdatum, einer Zeichenkette wie z. B. **Melchior Steidl**, eine zusätzliche Information oder Bedeutung (Semantik) beigegeben wird. Die Semantik zur obigen Zeichenkette könnte lauten: Es handelt sich um den Namen einer Person, die bei der Herstellung eines Kunstwerks in einem bestimmten Zeitraum beteiligt war. Wenn auch das Kunstwerk mit **Bamberger Kaisersaal** und die Datierung mit **1707–1709** explizit als Rohdaten erfasst werden, entsteht ein Netzwerk von mit Semantik angereicherten Aussagen. In diesem Fall bildet die Herstellung den zentralen Knotenpunkt des Netzwerks, da es sich um die Informationen zu Zeitpunkt, ausführender Person und Ergebnis dieser Herstellung handelt. Die in den grauen Kästchen aufgeführten Klassen sowie die Bezeichnung der Pfeile sind Teil der Semantik, während die Struktur der Kästchen verbunden durch Pfeile die Syntax darstellt (RDF-Standard) ⁰¹.



□ 01
Grau hinterlegte Kästchen sowie Pfeile
sind Teil der Struktur, rot hinterlegte
Kästchen enthalten die Daten in Form von
Zeichenketten.

Liegen dem Menschen nur die Rohdaten (aus den rot hinterlegten Kästchen) vor, kann er mit kunsthistorischem Sachverstand kombinieren, dass es sich bei Melchior Steidl um den Künstler handelt, der den Kaisersaal in Bamberg im Zeitraum von 1707 bis 1709 ausgestattet hat. Diese Kombinationsleistung kann der Computer nicht erbringen, wenn nur die drei Rohdaten vorliegen. Ein nicht Sachverständiger könnte jedoch interpretieren, dass es sich bei Melchior Steidl um den Auftraggeber oder einen Besucher handelt, der im Zeitraum von 1707 bis 1709 vor Ort war. An diesem Beispiel wird deutlich, welchen Dokumentations- und Interpretationsbeitrag die Datenstruktur (grau hinterlegte Kästchen und Pfeile) leistet. Das Graphdatenmodell ist deshalb so mächtig, weil eine Datenabfrage durch das gezielte Ablaufen der Knoten und Kanten explizites und implizites Wissen (Inferenzen) an die Oberfläche bringt.

■ 24

<https://www.go-fair.org/fair-principles/>.

In den Erläuterungen zur Datenstruktur sind bereits einige Aspekte genannt worden, die auch zu den sogenannten FAIR-Prinzipien ²⁴, Grundsätzen zum Umgang mit Forschungsdaten, zählen. Diese wurden als Bezugsrahmen für nachhaltiges Forschungsdatenmanagement 2016 formuliert. Das Akronym FAIR steht für Findable (auffindbar), Accessible (zugänglich), Interoperable (interoperabel) und Reusable (wiederverwendbar). Durch die menschen- und maschinenlesbare Aufbereitung der Daten sowie durch die Verwendung von Standards wird das Corpus-Projekt diesen Ansprüchen gerecht. Wie wichtig diese Leitlinien in der Wissenschaft und Forschung eingestuft werden, ist an dem jüngst positiv begutachteten und vom Bund geförderten Projekt zur standardisierten Erschließung und langfristigen Bereitstellung von Forschungsdaten NFDI4Culture zu sehen. ²⁵ Die Ergebnisse des CbDD auf der Plattform www.deckenmalerei.eu bauen auf dem im Folgenden vorgestellten Datenmodell auf Basis von CIDOC CRM auf.

■ 25

<https://nfdi4culture.de/>.

I.2 Die Datenmodellierung der Projektinhalte mit CIDOC CRM – Konzeptionelle Vorarbeiten

Die Voraussetzung für die Entwicklung einer projektspezifischen Datenstruktur ist die Eruierung der projektrelevanten Informationen. Über was wird gesprochen und unter welchen Gesichtspunkten soll es betrachtet werden? Für das Langzeitprojekt erschöpft sich das Thema der barocken Deckenmalerei in Deutschland nicht nur in rein objektbezogenen Aspekten wie Bildinhalt, Technik, Künstler oder Auftraggeber und architektonischem Kontext, die unmittelbar mit der Malerei und ihrer Ausführung verbunden sind. Ebenso werden kulturhistorische Zusammenhänge einbezogen, beispielsweise die Berücksichtigung der Architektur im weiteren Sinne (Nutzung und Funktion des Bauwerks), den sozialen Status bzw. politischen Rang des Auftraggebers, die Prägung durch den Standort innerhalb des Heiligen Römischen Reiches (Historisches Territorium), die überregionale Verwendung von Motiven in unterschiedlichen Raumtypen, die Zirkulation von Künstlern und Handwerkern usw. Diese objektübergreifenden Inhalte ergänzen die Objektdaten und erweitern den Horizont von wissenschaftlichen Fragestellungen.

■ 26

Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 102.

Idealtypisch können zwei Datenmodelle unterschieden werden: Die Modellierung ist **research-driven**, wenn sie auf Kriterien für eine bestimmte Forschungsfrage zugeschnitten ist. Unter einer Forschungsfrage kann auch ein Fragekomplex verstanden werden. Der Fokus liegt auf der Beantwortung vorher explizit und konkret formulierter Forschungsfragen. Im Gegensatz dazu gibt es das Datenmodell, das sich der nachhaltigen Erschließung digitaler Ressourcen verschreibt. Hierbei handelt es sich vornehmlich um Modelle, die von bewahrenden Institutionen wie Bibliotheken oder Archiven angewendet werden. Diese Modellierung wird **curation-driven** bezeichnet. ²⁶ Das Corpus-Projekt hat das Ziel, den Bestand zur barocken Deckenmalerei in Deutschland vollständig zu erfassen. Das Datenmodell muss also dem Anspruch genügen, eine Grundlage zu schaffen, die in der zukünftigen Forschung im Kontext unterschiedlichster Fragestellungen eingesetzt werden kann. Trotz seines Projektcharakters gelten die gleichen Anforderungen wie bei Gedächtnisinstitutionen, Primärdaten entsprechend in einem Modell festzuhalten, das in seiner Beschaffenheit gleichzeitig der Beantwortung kulturgeschichtlicher und kunsthistorischer Fragestellungen gewachsen ist.

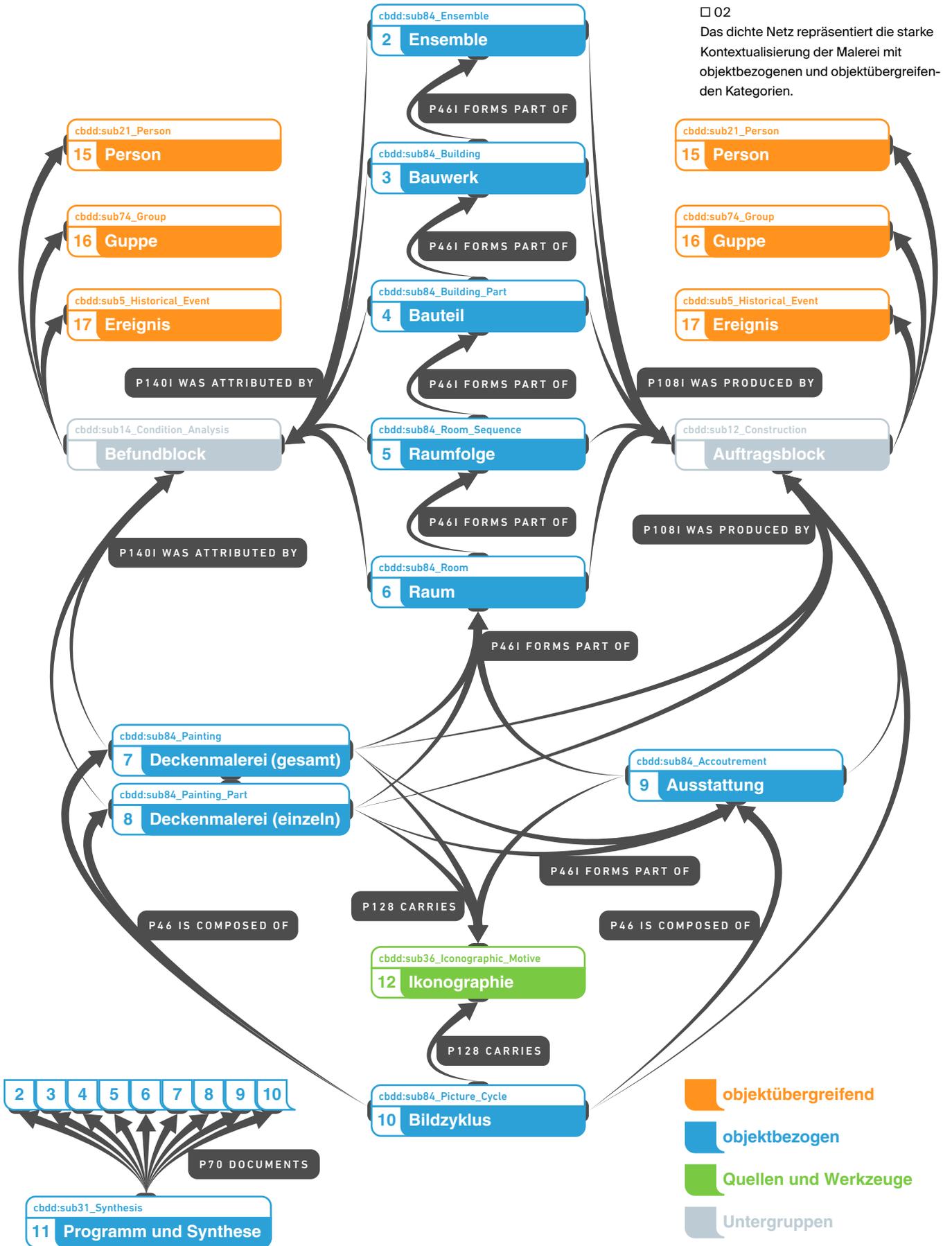
Die projektspezifische Auslegung der Thematik verlangte eine dezidierte Verständigung über die Inhalte und das Definieren von übergeordneten Kategorien, die diese Inhalte abbilden. Die Bildung einer Kategorie wurde in dem Moment vorgenommen, wo das Erfassen von mehreren Metainformationen zu diesem Gegenstand als notwendig erachtet wurde. Die unentbehrlichen Projektbesprechungen und ersten Jahre wissenschaftlicher Objektbearbeitung resultierten in 21 Kategorien, die für die Abbildung aller Informationen und Metainformationen zur wissenschaftlichen Erschließung der Objekte als erforderlich befunden wurden. ²⁷ Unter einem Objekt wird im Projekt ein Bauwerk verstanden, das Deckenmalerei enthält. Die Einheit Bauwerk ist dementsprechend eine für die Quantifizierung wichtige Größe, wenngleich die Anzahl an Malereien innerhalb eines Objekts sehr stark variieren kann. Der Ort und der Bauwerksname fungieren als verbale Bezeichner der Objekte mit Deckenmalerei und sind gleichzeitig zentrale Kategorien für die Verknüpfung der Daten untereinander.

■ 27

Maßgeblich beteiligt an der Erarbeitung der Projektkategorien war Ute Engel (ehemalige Projektkoordinatorin und Leiterin der Arbeitsstelle München, 2014–2019). Darüber hinaus wurde für die Modellierung auf Erfahrungen aus dem Projekt Roma – WissKI-Datenbank zu mittelalterlichen Wandmalereien (<http://va.gnm.de/roma/>; Autorin) zurückgegriffen. Hierbei sowie auch während der Entwicklung der Corpus-Datenmodellierung sind wichtige strukturelle Hinweise und Überlegungen von Mark Fichtner (Referatsleiter der Museums- und Kulturinformatik des Germanischen Nationalmuseums Nürnberg) eingeflossen.

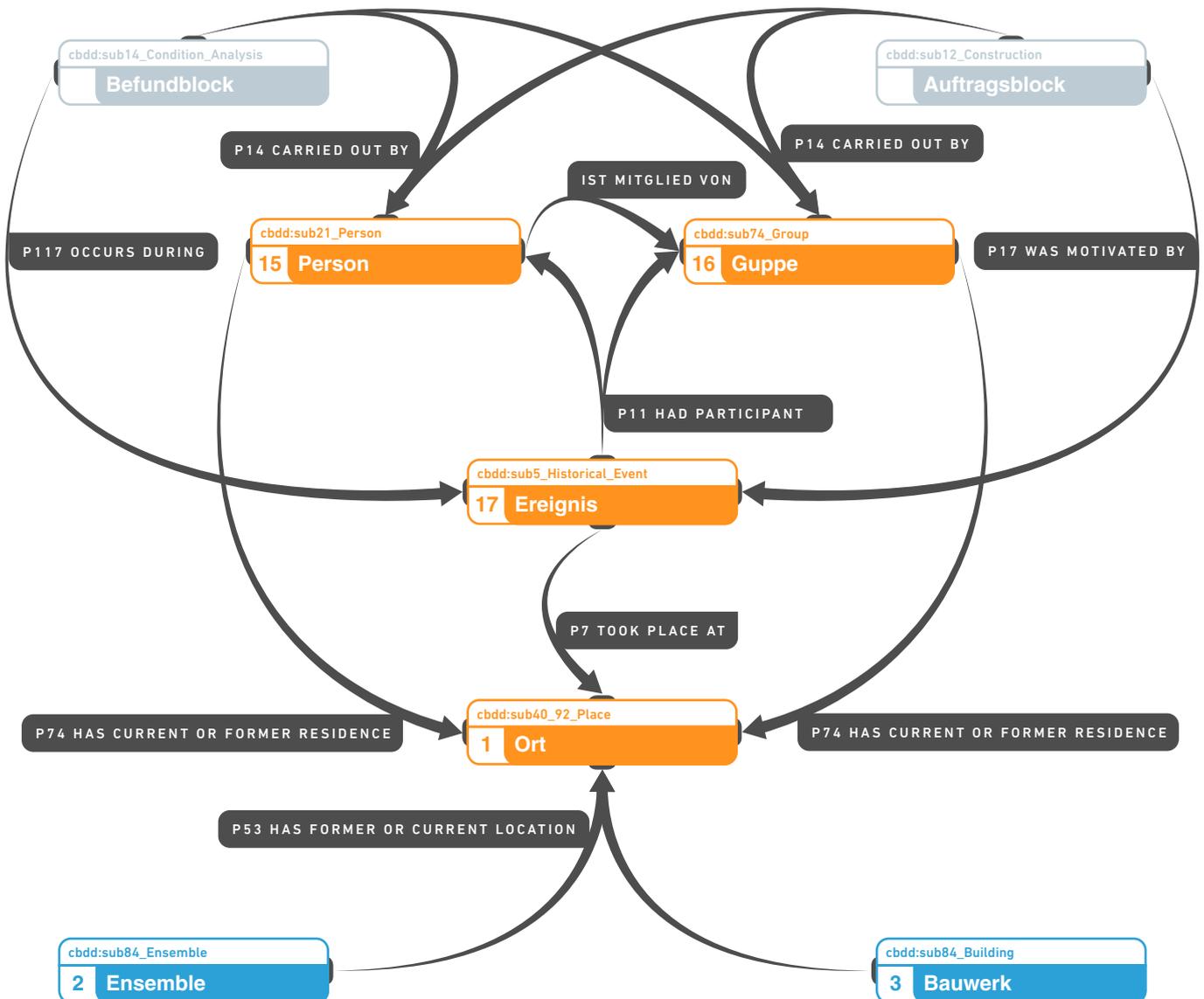
Die 21 Kategorien werden übersichtlich auf **Seite 237** aufgeführt. Sie gliedern sich in **objektbezogene Kategorien** (zur Erfassung der Architektur und der Malerei: Ensemble, Bauwerk, Bauteil, Raumfolge, Raum, Wand- und Deckenmalerei (gesamt und einzeln), Ausstattung, Bildzyklus, Programm und Synthese) und in **objektübergreifende Kategorien** (wie Ort, Person, Gruppe, Ereignis). Darüber hinaus werden durch Kategorien wie Ikonographie, Thesaurus, Bildquelle, Schriftquelle, Bibliographie und Bilder/Medien **Arbeitswerkzeuge und Quellenmaterial** abgebildet. Sie alle dienen im Zeichen guter wissenschaftlicher Praxis der Nachvollziehbarkeit und Dokumentation der Ergebnisse.

In den folgenden Abbildungen ⁰² ⁰³ ⁰⁴ ⁰⁵ sind einzelne Ausschnitte des Netzwerkes dargestellt, das sich durch die diversen Bezüge der Kategorien untereinander bildet. Genannt sind immer der Name der Kategorie sowie die entsprechende Klassifizierung in der Anwendungsontologie. Die gerichteten Pfeile zeigen an, welche Klasse auf welche andere Klasse im Datenmodell verweist. Konkretisiert wird dieser Bezug entweder durch die Angabe der verwendeten Property aus **CIDOC CRM** oder, wenn die Modellierung mehrere Zwischenschritte umfasst, durch eine stichwortartige Beschreibung.



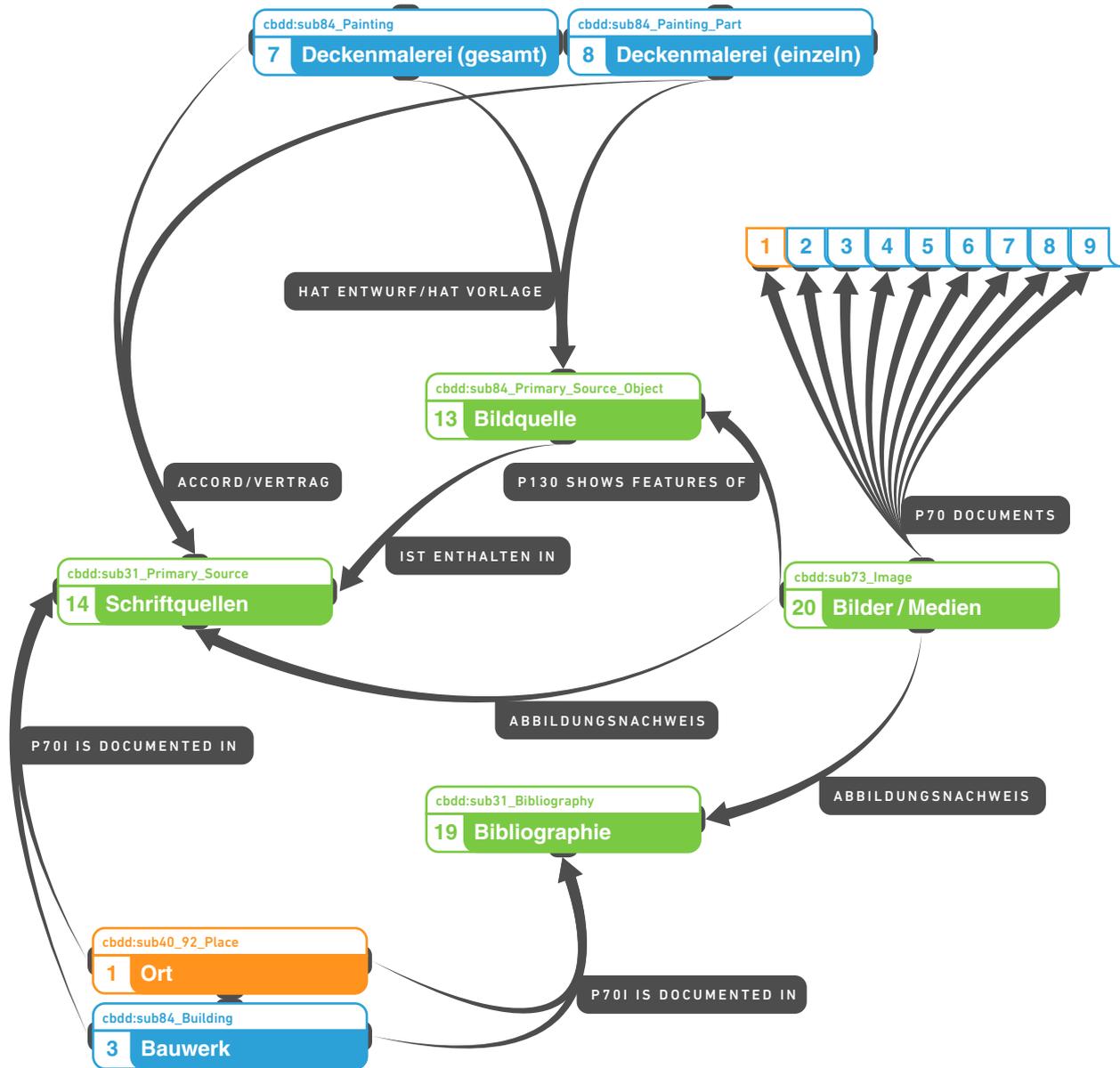
□ 03

Die Bezüge der objektübergreifenden Kategorien untereinander können wichtiges implizites Wissen zutage fördern. Beispielsweise kann der Einfluss einer sozialen oder politischen Gruppe (Familie, Schule, historisches Territorium etc.) auf bestimmte Deckenmalereien untersucht werden, ohne dass diese direkter Auftraggeber der Malerei gewesen sein muss. Über die Mitgliedschaft der auftraggebenden Person in einer Gruppen werden indirekte Bezüge zur Malerei überhaupt erst sichtbar.



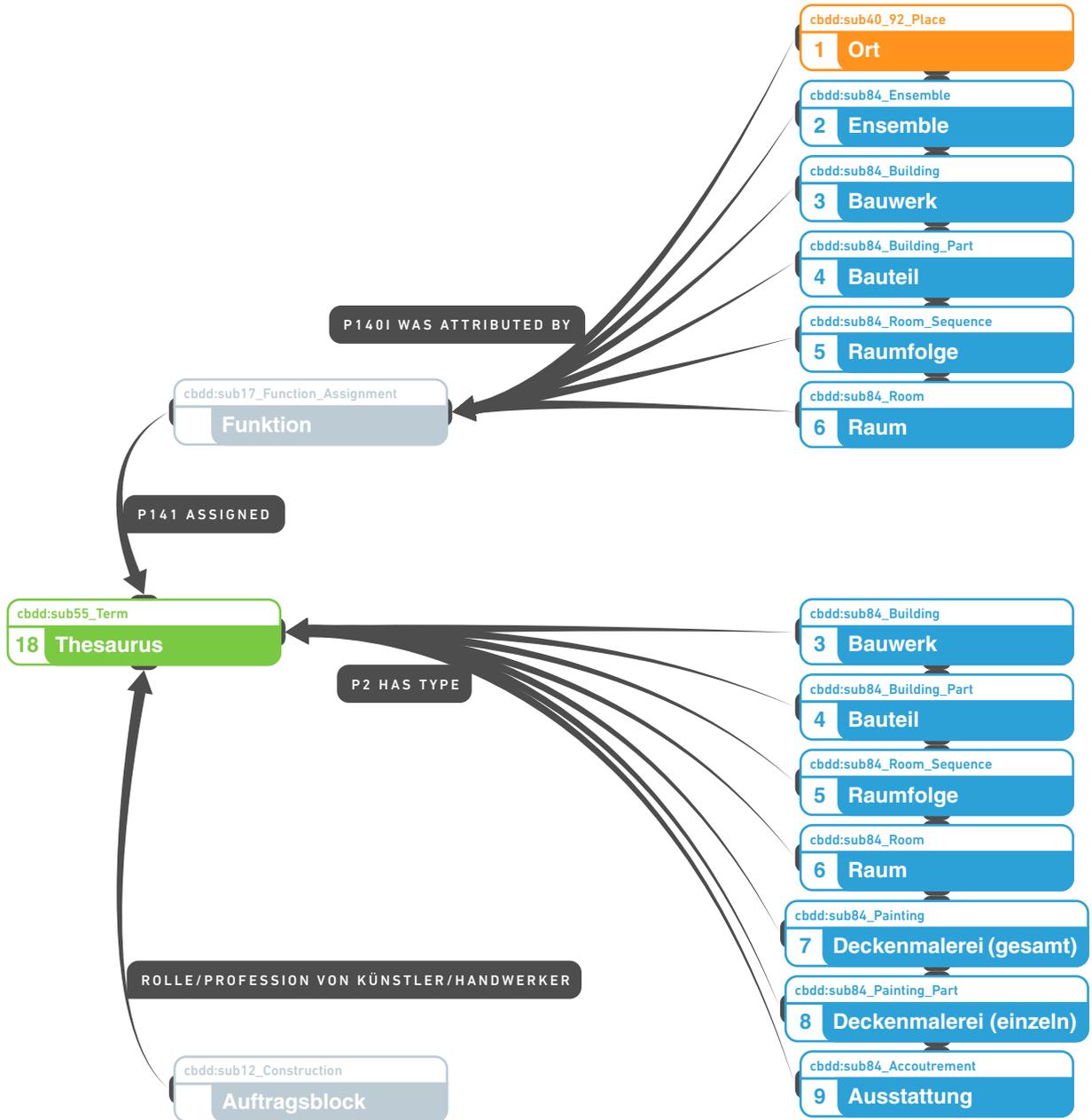
□ 04

Die Abbildung der Quellenbezüge (Primär- und Sekundärquellen) ist elementar für das Nachvollziehen wissenschaftlicher Argumentationen.



□ 05

Die Interpretierbarkeit von Daten wird durch die Einbettung von Thesauri, mit Bezug zu kontrollierten Vokabularen und Normdaten gewährleistet.



I.3 Die virtuelle Forschungsumgebung WissKI

■ 28

<http://wiss-ki.eu/>.

Das CbDD hat zur Entwicklung der Datenstruktur und Modellierung in CIDOC CRM die Forschungsumgebung WissKI ²⁸ herangezogen. Sie ist als Webanwendung Open Source verfügbar und dient als Werkzeug, mit dem die semantische Einbettung der zu erfassenden Inhalte umgesetzt wird. Der enorme Nutzen dieser Software liegt in der Unterstützung der Modellierungsarbeit. Eine der großen Hürden im Umgang mit CIDOC CRM ist es, die hohe Anzahl an Klassen und Eigenschaften zu überblicken und sie unter einer logischen Prämisse miteinander zu verbinden. Eine mittransportierte Bedeutung (Semantik) ist erst dann belastbar und ein tatsächlicher Zugewinn, wenn sie in sich konsistent ist. Auf Basis des Erlangen CRM in OWL kann der **Pathbuilder**, das Herzstück der WissKI-Software, explizit logische Kombinationen erlauben und unlogische ausschließen und dem Anwender ausschließlich jene Klassen und Eigenschaften der Ontologie vorschlagen, welche zur vorangegangenen Klasse oder Eigenschaft passen. So entstehen die Pfade, bestehend aus Klassen und Eigenschaften, die jedem einzelnen Eingabefeld zugrunde gelegt werden. Die Visualisierung der modellierten Pfade im Pathbuilder und der Felder im Ansichtsmodus der unterschiedlichen Eingabemasken, stellt immediat den Anwendungsfall der Datenerfassung her ⁰⁶.

□ 06

Bei der Pfaderstellung im WissKI-Pathbuilder werden nur Klassen vorgeschlagen, die zur vorangegangenen Eigenschaft passen.

Edit Path

Name *

Von/ab

Machine name: von_befund_malerei_ges

Path Type ?

Path

► Reasoner has run. Cache is prepared

Step	Edit
https://deckenmalerei-neu.gnm.de/ontologie/sub84_Painting ▾	- ▾
http://erlangen-crm.org/170309/P140i_was_attributed_by ▾	- ▾
https://deckenmalerei-neu.gnm.de/ontologie/sub14_Condition_Analysis ▾	- ▾
http://erlangen-crm.org/170309/P4_has_time-span ▾	- ▾
please select ▾	- ▾
please select	
D http://erlangen-crm.org/170309/E52_Time-Span	
https://deckenmalerei-neu.gnm.de/ontologie/sub52_Editorial_Timespan ▾	
https://deckenmalerei-neu.gnm.de/ontologie/sub52_Timespan	

Save

I.4 Abbildung der Kategorien durch Klassen des CIDOC CRM

Im nachfolgenden Schritt geht es um die Frage, welche Klassen und Eigenschaften aus CIDOC CRM die Corpus-Kategorien und deren Beziehungen untereinander angemessen abbilden können. Zugrunde gelegt wurde die OWL-Implementierung des Erlangen CRM Version 170309 ²⁹, die auf der CIDOC CRM Version 6.2.2. ³⁰ beruht. Sie besteht aus 89 Klassen (E) und 151 Eigenschaften (p). ³¹ Die darauf aufbauende Anwendungsontologie des CbDD hat das Prefix `cbdd:`. Die projektspezifischen Unterklassen behalten die Nummerierung von CIDOC CRM bei, werden jedoch durch ein `sub` als angelegte Subklassen von CIDOC CRM-Klassen kenntlich gemacht. Beispielsweise ist `sub84_Building` eine Unterklasse von `E84 Information Carrier`.

Die folgende Übersicht führt in komprimierter Form alle 21 durch das Corpus-Team definierten Kategorien und deren Einordnung in der auf CIDOC CRM basierenden Anwendungsontologie `cbdd` auf. Dabei werden die Definitionen der projektspezifischen Klassen in Form von CIDOC CRM-typischen Scope Notes angegeben. Erläuterungen, die mehrere Kategorien betreffen, werden an nachfolgender Stelle darlegt. Aus Platzgründen wird die Definition (Scope Note) der ursprünglichen CIDOC CRM-Klassen hier nicht aufgelistet. Ebenfalls aus Platzgründen werden nur die Hauptkategorien in ihrer Klassenzuordnung aufgelistet. Eine vollständige Auflistung aller angelegten Klassen der Anwendungsontologie (`cbdd:`) innerhalb der CIDOC CRM-Hierarchie findet sich am Ende des Aufsatzes. Die Anwendungsontologie steht überdies als XML bzw. OWL-Datei online zur Verfügung ³²

■ 29

Abrufbar unter <http://erlangen-crm.org/170309/>.

■ 30

<http://www.cidoc-crm.org/Version/version-6.2.2.>

■ 31

Die im Juni 2020 veröffentlichte Version 7.0 verfügt über 81 Klassen und 161 Eigenschaften. Hierzu: ICOM/ CIDOC Documentation Standards Group/ CRM Special Interest Group, Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model, Version 7.0, Bearbeitungsstand 23.06.2020, <http://www.cidoc-crm.org/Version/version-7.0.> Die aktuellste Implementierung in OWL basiert auf der Version 6.2.9, <http://erlangen-crm.org/current-version.>

■ 32

Die Anwendungsontologie kann unter <https://deckenmalerei-neu.gnm.de/ontologie/> heruntergeladen werden. Zur Ansicht eignet sich das Programm Protégé, auffindbar unter <https://protege.stanford.edu/>.

1. Ort

- Name: `cbdd:sub40_92_Place`
- Unterklasse von: `ecrm:E40 Legal Body` und `ecrm:E92 Spacetime Volume`
- Scope Note: Ein Ort wird als ein von Menschen gedachtes und verwaltetes Konstrukt verstanden, das eine dynamische räumliche und zeitliche Ausdehnung hat. Der Aspekt des handelnden Akteurs ist dabei genauso wichtig wie sein geographischer Standort.

2. Ensemble

- Name: `cbdd:sub84_Ensemble`
- Unterklasse von: `ecrm:E84 Information Carrier`
- Scope Note: Anlage, die mehrere (alleinstehende) Bauwerke umfasst (bspw. Schlossensemble oder Klosteranlage). Ein Ensemble wird dann extra erfasst, wenn mindestens zwei Bauwerke eines Ensembles Deckenmalereien enthalten und durch den Kontext des Ensembles als zusammengehörig gekennzeichnet werden sollen.

3. Bauwerk

- Name: cbdd:sub84_Building
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Beschreibt ein autonomes Gebäude, das Deckenmalereien enthalten kann. Es kann Teil eines Ensembles sein. Es befindet sich in einem Ort und stellt damit die wichtige Verknüpfung einer Deckenmalerei mit einem geographischen Standort her. Zentrale Klasse, deren Instanzen projektintern auch »Objekte« genannt werden.

4. Bauteil

- Name: cbdd:sub84_Building_Part
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Teil eines Bauwerks (z. B. Südflügel oder Corps de Logis)

5. Raumfolge

- Name: cbdd:sub84_Room_Sequence
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Einheit, die mehrere aneinandergereihte Räume innerhalb eines Bauteils oder Bauwerks zusammenfasst (z. B. im Sinne eines Appartements)

6. Raum

- Name: cbdd:sub84_Room
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Kleinste architektonische Einheit zur expliziten Verortung einer Deckenmalerei

7. Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt)

- Name: cbdd:sub84_Painting
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Generische Ansprache einer **ganzen** Malerei auf einer Wandfläche, an einer Decke, in einem Raum oder Bauwerk. Was ganz bedeutet, liegt, unter Berücksichtigung einer sinnvollen möglichen Aufteilung in einzelne Malereien, im Ermessen des Bearbeiters.

8. Deckenmalerei/Wandmalerei (einzeln)

- Name: cbdd:sub84_Painting_Part
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Ist Teil einer Instanz von Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt) und kann typisiert werden in Haupt-, Neben- oder Einzelbild bzw. -szene

9. Ausstattung

- Name: cbdd:sub84_Accoutrement
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Ausstattungsgegenstand wie Gestühl, Orgelempore, Thron etc., der bei Bezug zur Deckenmalerei aufgenommen wird

10. Bildzyklus

- Name: cbdd:sub84_Picture_Cycle
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Mehrere Malereien (ggf. auf unterschiedliche architektonische Einheiten verteilt), die thematische Bezüge untereinander herstellen

11. Programm und Synthese

- Name: cbdd:sub31_Synthesis
- Unterklasse von: ecrm:E31 Document
- Scope Note: Zusammenfassende bzw. weiterführende Gedanken zu ikonologischem, historischem, politischem, geistesgeschichtlichem Kontext, die ausgehend von einem Objekt den Bogen zu allgemeineren Themen spannen

12. Ikonographie

- Name: cbdd:sub36_Iconographic_Motive
- Unterklasse von: ecrm:E36 Visual Item
- Scope Note: Ikonographisches Motiv (in der Kunst wiederkehrende Darstellung mit bestimmten zugesprochenen Bedeutungsgehalten) im Sinne des darunterliegenden Prototyps

13. Bildquelle

- Name: cbdd:sub84_Primary_Source_Object
- Unterklasse von: ecrm:E84 Information Carrier
- Scope Note: Vorlagen mit Entstehungszeitraum bis 1800 (einzelnes Blatt, Bozzetto, Druckgraphik, Vorzeichnung, Entwurf, Modello, Tapiserie, Buchillustration). Bildquellen können Teil einer Schriftquelle sein.

14. Schriftquellen

- Name: cbdd:sub31_Primary_Source
- Unterklasse von: ecrm:E31 Document
- Scope Note: Schriftliche Primärquellen, historische, literarische Vorlagen, Beschreibungen, Rechnungen, Verträge, gedruckt und ungedruckt bis 1800

15. Person

- Name: cbdd:sub21_Person
- Unterklasse von: ecrm:E21 Person
- Scope Note: Natürliche, historische oder lebende Person
- Zusätzliche Erläuterung: Die Klasse E21 Person bräuchte es vermeintlich nicht in Form einer projektspezifischen Unterklasse. Da es jedoch vorkommen kann, dass in Zukunft bestimmte Personen wie bspw. Heilige von anderen historischen Personen unterschieden werden sollen, macht es Sinn, dennoch von Beginn an eine Unterklasse von E21 Person zu bilden. Hierdurch bleibt die Möglichkeit der Unterscheidung einer Personengruppe von einer anderen vorbehalten, ohne dass im Nachhinein dazu eine Korrektur aller bestehenden Personendatensätze notwendig wäre.

16. Gruppe

- Name: cbdd:sub74_Group
- Unterklasse von: ecrm:E74 Group
- Scope Note: Gruppe von Personen im Sinne einer politisch oder sozial agierenden Einheit, z. B. Familie/Dynastie, Werkstatt, Orden

17. Ereignis

- Name: cbdd:sub5_Historical_Event
- Unterklasse von: ecrm:E5 Event
- Scope Note: Spezifisches Ereignis, das durch Titel, Datum und Ort identifiziert wird

18. Thesaurus

- Name: cbdd:sub55_Term
- Unterklasse von: ecrm:E55 Type
- Scope Note: Fachspezifische Begriffe, die bei der wissenschaftlichen Erschließung benutzt werden und ggf. durch projekteigene Definitionen präzisiert werden

19. Bibliographie

- Name: cbdd:sub31_Bibliography
- Unterklasse von ecrm:E31 Document
- Scope Note: Sekundärliteratur/Forschungsliteratur ab 1800

20. Bilder/Medien

- Name: cbdd:sub73_Image
- Unterklasse von: ecrm:E73 Information Object
- Scope Note: Digitale Bilder, Abbildungen, Fotografien. Sie sind reproduzierbar und unabhängig von ihrem physischen Träger. Hierunter werden sowohl Bilder gefasst, die dokumentarisch sind, als auch jene, die über den rein dokumentarischen Charakter hinausgehen und einen eigenen Werkcharakter haben.

21. Querschnittsthemen

- Name: cbdd:sub31_Cross-sectional_Topic
- Unterklasse von: ecrm:E31 Document
- Scope Note: Texte zu allgemeinen, übergeordneten kunstgeschichtlichen oder kulturhistorischen Abhandlungen, die nicht unbedingt Bezug auf ein konkretes Objekt nehmen müssen

I.5 Die Wahl von E84 Information_Carrier

Die in der Community viel und kontrovers diskutierte Klasse E84 Information Carrier für Architektur, Malerei und Ausstattung hat in der Modellierung des CbDD-Projekts zentrale Verwendung gefunden. Die Scope Note von E84 Information Carrier in der Version 6.2.2 besagt:

»This class comprises all instances of E22 Man-Made Object that are explicitly designed to act as persistent physical carriers for instances of E73 Information Object. An E84 Information Carrier may or may not contain information, e.g., a diskette. Note that any E18 Physical Thing may carry information, such as an E34 Inscription. However, unless it was specifically designed for this purpose, it is not an Information Carrier. Therefore the property P128 carries (is carried by) applies to E18 Physical Thing in general. [...]« 33

■ 33

<http://www.cidoc-crm.org/Entity/E84-Information-Carrier/Version-6.2.2>

Die Abbildung von **Architektur, Malerei und Ausstattung (2–10)** als **Instanzen der Klasse E84 Information Carrier** gründet auf folgenden Überlegungen. Den Ausgangspunkt stellt die physisch vorhandene (oder vorhanden gewesene) Präsenz der Objekte mit Deckenmalerei dar. Auch bei zerstörten Objekten oder nicht realisierten, sondern nur in Plänen vorliegenden Objekten wird eine Absicht zur Verdinglichung zugrunde gelegt. Dies muss vor dem Hintergrund der Primärdatenerfassung berücksichtigt werden, zu denen Angaben zum geographischen Standort und architektonischen Kontext zählen. Es wird ferner davon ausgegangen, dass die gesamte Architektur einschließlich ihrer Ausstattung nach einem bestimmten Plan, mit einer bestimmten Absicht in dieser und keiner anderen Form entstanden ist. Deshalb sind die Werke der Architektur, Malerei und Ausstattung zunächst als materialisierte und nicht geistige Werke zu verstehen.

Die Architektur des Barock stellt dabei geradezu ein Musterbeispiel für den Ausdruck von materialisiertem Herrschaftsanspruch dar. Die kunst- und architekturgeschichtliche Analyse wird getragen von der Grundannahme, dass der Architektur inklusive ihrer Ausstattung eine Bedeutungsebene, ein Aussagegehalt beigemessen werden kann, gar muss, um sie in ihrer Bedeutung zu ergründen. Umso mehr, wenn es um repräsentative Bauten geht. Als eingängiges Beispiel kann auf die antike Säulenordnung verwiesen werden. Die Wahl einer bestimmten Ordnung weist dem jeweiligen Bau eine bestimmte inhaltliche Aussage zu. Fragen der Wertigkeit von Ausstattungsmodi (bspw. Stuck vs. Malerei) müssen unter anderem unter Berücksichtigung ihrer faktischen Ausmaße und vor allem ihrer architektonischen Kontextualisierung im Bauwerk beantwortet werden. Die Klasse E84 Information Carrier stellt eine treffende Ausgangsklasse für diesen Gegenstand dar, weil sie ein physisches Objekt beschreibt, das mit der Intention entstanden ist, einen Informationsgehalt zu **tragen** (E84 Information Carrier → P128 carries → E73 Information Object).

Konkret wird diese Aussage in der Modellierung von ikonographischen Motiven in der Malerei angesprochen. Die Pfadkonstruktion für das Feld **Ikonomie** in der Maske Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt) verknüpft den physisch vorhandenen Informationsträger mit dem abstrakten Informationsgehalt, den dieser abbilden und (über)tragen soll. E36 Visual Item ist eine Unterklasse von E73 Information Object.

cbdd:sub84_Painting → ecrm:P128_carries →
 cbdd:sub36_Iconographic_Motive → ecrm:P149_is_identified_by →
 cbdd:sub75_Iconographic_Motive_Appellation

Die Disambiguierung (Auflösung von Mehrdeutigkeit) auf sub36_Iconographic_Motive gewährleistet, dass bei demselben Motiv in unterschiedlichen Ausführungen immer die gleiche (konzeptuelle) Motiv-Instanz angesprochen wird. Die Motiv-Idee und ihre physische Manifestation in Form einer Malerei werden auf der Datenstrukturebene unterschieden. Nur so ist beispielsweise die Beliebtheit (quantitative Verwendung) eines Motivs messbar oder ein Vergleich zwischen mehreren Manifestationen ein und desselben Motivs diskutierbar.

Vor dem Aspekt eines Datenmodells nach dem curation-driven Ansatz soll die Möglichkeit gegeben werden, potenziell jeden Teil der architektonischen Einheit zum Untersuchungsgegenstand zu machen. Die in den physischen Manifestationen versteckte Bedeutungsebene muss demnach in allen baulichen und ausstattungsrelevanten Instanzen angelegt sein. Die Klasse E84 benennt als einzige Klasse in der Scope Note den ihr inhärenten Aspekt als Träger für Instanzen von E73 Information Object zu fungieren. Der Prämisse folgend, die Klasse zu wählen, die den Forschungsgegenstand so genau wie möglich beschreibt (und dadurch in der CIDOC CRM-Hierarchie tendenziell weit unten verortet ist), ist die Klasse E84 Information Carrier für diesen Verwendungszweck zutreffend. In der neuen Version 7.0 des CIDOC CRM ³⁴ wurde sie von der ICOM/CRM Special Interest Group aus der Ontologie getilgt. Kriterium für das Ausscheiden ist die Tatsache, dass eine Klasse nicht als »key«-Konzept gilt, wenn ihre Eigenschaften denen ihrer Oberklasse gleichen. ³⁵ Auf die Änderungen in der Version 7.0 kann jedoch im CbDD-Datenmodell flexibel reagiert werden. Die Scope Note der Oberklasse von E84, E22 Human-Made Object, ist unverändert, jedoch erweitert um die Beispiele, die vorher der Klasse E84 zugeordnet wurden. Ein Mapping der Instanzen aller Subklassen von E84 auf Subklassen von E22 würde ohne Bedeutungs- oder Granularitätsverlust verlaufen. Der Verzicht auf die Klasse E84 Information Carrier kann ausgeglichen werden, da die wichtige Property P128 carries auch auf die Oberklasse E22 Human-Made Object angewendet werden kann, wenngleich die Scope Note nicht mehr dezidiert auf das Tragen von Bedeutung hinweist.

Da jedes Objekt anders aufgebaut ist, muss eine flexible Erfassung der Architektur möglich sein. Die Kategorien 2–9 sind als eine Part-of-Beziehung (P146i_forms_part_of) zu verstehen, wobei die Kategorien 4–6 immer Teil eines Bauwerks sein müssen und Teil einer ihr architektonisch übergeordneten Einheit sein können. Ein Bauwerk kann aus unterschiedlichen Bauteilen bestehen (z. B. im Falle eines komplexen Schlossbaus). Es kann aber auch aus nur einem Raum bestehen (z. B. im Falle einer einfachen Saalkirche). Die Malerei und Ausstattung werden im Projektkontext als fest mit der Architektur verbunden verstanden. Für jede architektonische Einheit wurde eine eigene

■ 34
 CIDOC CRM Version 7.0 2020, S. 125.

■ 35
 Robert Sanderson erläutert im SIG Issu 340: Classes without properties, »that a class that only has relationships that are sub-properties of the parent class's relationships does not count as »key« (concept)«, <http://www.cidoc-crm.org/Issue/ID-340-classes-without-properties>.

Klasse angelegt, um die direkte Ansprache der Instanzen zu gewährleisten.

Der Theorie zufolge muss eine Malerei immer einem Raum zugeordnet sein. Um jedoch auch dem Umstand gerecht zu werden, dass der Forschungsstand zu einem Objekt keine genaue Aussage über die Verortung der Malerei in der Architektur zulassen kann, muss die Möglichkeit gegeben sein, diese dennoch nur einem Bauwerk zuzuordnen und sie so überhaupt erfassen zu können. An diesem praktischen Beispiel wird sichtbar, wie die Ansprüche, einerseits sachgerecht und der Modellierung entsprechend zu erfassen und andererseits das heterogene Wissen in einer systematischen Form unterzubringen, kollidieren.

I.6 Zuschreibungen

Die Tatsache, dass mit CIDOC CRM objektive Aussagen der wahrgenommenen Welt beschrieben werden, führt zu einer fundamentalen, und doch schnell übersehenen Prämisse. Die Modellierung formuliert im Indikativ, nicht im Konjunktiv. Wenn die Angabe im Feld **Funktion** der Raummaske **Kabinett** lautet, ist die verknüpfte Semantik, dass dieser Raum diese Funktion **hat** und nicht **haben könnte**. Mit Fragezeichen versehene Einträge sind so gesehen falsch, weil **Kabinett?** keine Funktion **ist**. Ein Fragezeichen kann der menschliche Verstand sofort einordnen, die Maschine nicht. Die Stärke der semantischen Datenmodellierung liegt jedoch gerade in der mensch- und maschinenlesbaren Form der Daten. Der Umgang mit unscharfem Wissen ist in den Geisteswissenschaften eine der größten Herausforderungen, die durch eine systematische Datenerfassung evident wird.

CIDOC CRM geht auf diese Problematik ein, indem es die Klasse der Zuschreibung E13 Attribute Assignment vorschlägt. Bei der wichtigen und oft genug nicht sicheren Ausweisung von **Funktionen von Bauwerken oder Räumen** wurde deshalb die Modellierung über die Unterklasse von E13 Attribute Assignment, E17 Type Assignment (sub17_Function_Assignment), gewählt. In Forschungsfragen, die sich dezidiert mit den Raumfunktionen beschäftigen, kann diese Datenstruktur um ausführlichere Informationen wie Autor oder Quellenbezug erweitert werden. Der Pfad lautet: cbdd:sub84_Room → ecrm:P140i_was_attributed_by → cbdd:sub17_Function_Assignment → ecrm:P141_assigned → cbdd:sub55_Term. Der Pfad verweist mittels Entity reference auf die Thesaurus-Klasse (18).

I.7 Der »Auftragsblock«

Im Folgenden wird die Modellierung für den sogenannten »Auftragsblock« vorgestellt [07] [08]. Dieser beinhaltet Angaben zu Datierung, Auftraggeber, Accord, Künstler und Konzeptor. Der vorgestellte Auftragsblock ist der Maske Deckenmalerei (gesamt) entnommen. Er kommt jedoch auch in den Masken von Bauwerk, Bauteil, Raumfolge, Raum, Deckenmalerei (einzeln) und Ausstattung vor, da sich die vorhandenen, meist lückenhaften Informationen zum Auftrag auf Details beziehen und auf diese Weise an der richtigen Stelle erfasst werden können.

Auftragsblock Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt)

Group [cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction]

Cardinality: Unlimited

Auftragsblock Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt) Datierung

Group [cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P4_has_time-span -> cbdd:sub52_Timespan]

Cardinality: 1

Von/ab

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P4_has_time-span -> cbdd:sub52_Timespan

Cardinality: 1

Bis

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P4_has_time-span -> cbdd:sub52_Timespan

Cardinality: 1

Verbale Datierung

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P4_has_time-span -> cbdd:sub52_Timespan -> ecrm:P78_is_identified_by -> cbdd:sub49_Verbal_Date

Cardinality: 1

Auftrag Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt)

Group [cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P20i_was_purpose_of -> cbdd:sub7_Commission]

Cardinality: 1

Auftraggeber/Stifter (Person)

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P20i_was_purpose_of -> cbdd:sub7_Commission -> ecrm:P14_carried_out_by -> **cbdd:sub21_Person**

Entity reference

Cardinality: Unlimited

Auftraggeber/Stifter (Gruppe)

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P20i_was_purpose_of -> cbdd:sub7_Commission -> ecrm:P14_carried_out_by -> **cbdd:sub74_Group**

Entity reference

Cardinality: Unlimited

Accord/Vertrag

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P20i_was_purpose_of -> cbdd:sub7_Commission -> ecrm:P70i_is_documented_in -> **cbdd:sub31_Primary_Source**

Entity reference

Cardinality: Unlimited

Ereignis

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P20i_was_purpose_of -> cbdd:sub7_Commission -> ecrm:P17_was_motivated_by -> **cbdd:sub5_Historical_Event**

Entity reference

Cardinality: Unlimited

□ 07

In fett: Gruppenname (Bundle), in kursiv: Feldbezeichnung, in rot: Entity reference, Cardinality beschreibt, wie oft eine Entität mit der ihr vorausgegangenen Entität verbunden sein kann. Bspw. kann ein Künstler/Handwerker in seiner Person nur einfach an der Herstellung beteiligt sein (Cardinality: 1), dies aber in unterschiedlich vielen Rollen (Cardinality: Unlimited).

Konzeption Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt)

Group [cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P134_continued -> cbdd:sub65_Conception]
Cardinality: Unlimited

Konzeptor

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P134_continued -> cbdd:sub65_Conception -> ecrm:P14_carried_out_by -> **cbdd:sub21_Person**
Entity reference
Cardinality: Unlimited

Entwürfe

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P134_continued -> cbdd:sub65_Conception -> ecrm:P138i_has_representation -> cbdd:sub38_Image -> ecrm:P128i_is_carried_by -> **cbdd:sub84_Primary_Source_Object**
Entity reference
Cardinality: Unlimited

Künstler/Handwerker Auftragsblock Deckenmalerei/Wandmalerei (gesamt)

Group [cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P9_consists_of -> cbdd:sub12_Construction_Participation]
Cardinality: Unlimited

Künstler/Handwerker

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P9_consists_of -> cbdd:sub12_Construction_Participation -> ecrm:P14_carried_out_by -> **cbdd:sub21_Person**
Entity reference
Cardinality: 1

Rolle/Profession

cbdd:sub84_Painting -> ecrm:P108i_was_produced_by -> cbdd:sub12_Construction -> ecrm:P9_consists_of -> cbdd:sub12_Construction_Participation -> ecrm:P2_has_type -> **cbdd:sub55_Term**
Entity reference
Cardinality: Unlimited

□ 08

Fortsetzung 07.

Die Angaben zur Datierung, zu Auftraggeber, Konzeptor und Künstler werden in drei unterschiedlichen Untergruppen (Subbundles) erfasst. Eine Untergruppe entsteht immer dann, wenn zwei oder mehr Pfade (Felder) denselben Pfadanfang besitzen, d. h. die ersten Pfadbestandteile gleich gebaut sind. Das Ausgangstriple des Gesamtbundles ist die Verbindung von der Malerei zu ihrer Herstellung: Malerei sub84_Painting → ecrm:P108i_was_produced_by → cbdd:sub12_Construction.

Im Subbundle Auftrag wird davon ausgegangen, dass die Herstellung der Malerei der Grund für die Auftragsvergabe (cbdd:sub7_Commission entspricht ecrm:E7 Activity) war. Zudem wird davon ausgegangen, dass die Auftragsvergabe durch ein vorausgegangenes Ereignis motiviert sein kann. Oftmals ist eine erfolgte Standeserhöhung oder das Streben danach oder eine Vermählung ein Anlass für einen neuen Bau, eine Malerei oder Ausstattung.

Im Subbundle zum Künstler geht es um die physische Herstellung der Malerei (cbdd:sub12_Construction_Participation entspricht ecrm:E12 Production). Die Pfadkonstruktion cbdd:sub12_Construction → ecrm:P9_consists_of → cbdd:sub12_Construction_Participation drückt aus, dass sich die Herstellung aus mehreren Beteiligungen bzw. Anteilen zusammensetzen kann. Die unterschiedlichen Rollen der beteiligten Künstler und Handwerker drücken aus, wie diese Anteile beschaffen sein können. Implizites Wissen hierzu könnte zum Beispiel die Abfrage offenlegen, in welchen Rollen ein Künstler oder Handwerker wo und wann tätig war und auf diese Weise die Forschung zur Künstlersozialgeschichte bedienen.

Ein wesentlicher Unterschied zur Tätigkeit des ausführenden Künstlers besteht zu der des Konzeptors oder Inventors einer Malerei. Die Tätigkeit des Konzeptors wird mit der Klasse cbdd:sub65_Conception (entspricht ecrm:E65 Creation) abgebildet. Sie drückt im Vergleich zur sub12_Construction geistiges Erschaffen aus. In der Pfadmodellierung wird ausgedrückt, dass die physische Herstellung dem immateriellen, geistigen Erschaffen folgt. Durch die Unterscheidung des geistigen vom physischen Schaffen kann ausgedrückt werden, dass zwei physische Manifestationen bspw. von Malerei auf ein und denselben Konzeptor zurückgehen – ein zentraler Untersuchungsgegenstand in der Kunstgeschichte ist.

I.8 Der Ort als handelnder Akteur

■ 36

Sean Gillies, Tom Elliott, *Technical Introduction to Places, Pleiades: A Gazetteer of Past Places, 2015*, <https://pleiades.stoa.org/help/technical-intro-places>.

■ 37

Disjunkte Klassen haben in keiner möglichen Welt eine gemeinsame Schnittmenge und können daher in CIDOC CRM kombiniert werden. Vgl. Lampe, Krause, Doerr 2010, S. 26, 33.

■ 38

Mehr zu dieser Modellierung siehe: Günther Görz, Laura Albers, *Representing place in space and time-methodological aspects in modelling the provenance of cultural heritage knowledge*. In: *CIDOC Annual Conference, Heraklion 2018*, http://network.icom.museum/fileadmin/user_upload/minisites/cidoc/ConferencePapers/2018/CIDOC2018_paper_166.pdf.

■ 39

CIDOC CRM Version 7.0 2020, S. 125.

Eine Ortschaft wird als eine Verwaltungseinheit verstanden, die sowohl historische als auch aktuelle Ortschaften umfassen kann. Koordinaten bestimmen die geographische Lage des Ortes. Durch E40 Legal Body werden Personengruppen (Personen im Sinne einer juristischen Person, nicht einer natürlichen Person) abgebildet, die das Konzept E53 Place beeinflussen und bspw. durch mit ihnen verbundenen Rechten bestimmen. Durch E92 Spacetime Volume kann ausgedrückt werden, dass dieser Ort (=Place) sich über die Zeit hinweg entwickeln kann, d. h. zu unterschiedlichen Zeiten unterschiedliche geographische Ausmaße annehmen kann. Ein Ort wird im CbDD in Anlehnung an das Pleiades-Projekt als »constructed by human experience« ³⁶ aufgefasst, nicht als Location im Sinne einer bestimmten Stelle auf der Erde, die über Geo-Koordinaten referenziert werden kann (gemäß CIDOC CRM E53 Place). Das Abbilden der Ortsklasse durch die miteinander kombinierten, disjunkten ³⁷ Klassen E40 Legal Body und E92 Spacetime Volume soll der Tatsache gerecht werden, dass ein Ort im Verständnis des CbDD nicht in erster Linie als geographischer Ort von Bedeutung ist, sondern dieser als entscheidender und handelnder Akteur agiert. ³⁸ In der Version 7.0 wird empfohlen die Verwendung von E40 Legal Body durch E74 Group zu ersetzen. ³⁹

I.9 Schlussbetrachtung

Die Ausführungen zur Entstehung und zum Aufbau des Datenmodells des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland sollen mit einem Gedanken zum Modell-Begriff abgeschlossen werden. Gemäß der Begriffsauffassung des Modelltheoretikers Herbert Stachowiak muss ein Modell als verkürzte, zweckorientierte Abbildung von der Wirklichkeit verstanden werden. Das bedeutet, dass zum einen das Modell immer eine Abbildung ist, die sich vom Original dahingehend unterscheidet, dass sie nicht alle, sondern ausgewählte Merkmale des Originals besitzt. Diese Merkmale werden vom Erschaffer des Modells ausgewählt. Zum anderen folgt die Auswahl der zu berücksichtigenden Merkmale einem bestimmten Verwendungszweck. ⁴⁰

Das Verständnis von Konzepten und deren Definition ist die Grundlage für Modellierungsentscheidungen. Sie basieren auf dem Stand der Erkenntnis und dem Fokus der Forschungsarbeit zum Zeitpunkt ihrer Entstehung. Gerade bei komplexen Forschungsthemen in Langzeitprojekten ist ein gewisses Schwanken in der Relevanz von Forschungs- und Erschließungsaspekten wichtig und unumgänglich. Die inhaltlichen, konzeptionellen Voraussetzungen für die Modellierungsarbeit oszillieren damit ebenso, bilden aber gleichzeitig die Gussform für alle zukünftigen Ergebnisse. Es muss berücksichtigt werden, dass in der ihrem Wesen nach interpretatorischen Modellierungsarbeit die Abbildung in CIDOC CRM auf einem möglichen Deutungsansatz beruht, der von Vorstellungen, wie sie im weiteren Verlauf der Zeit entstehen können, abweichen

■ 40

Jannidis, Kohle, Rehbein 2017, S. 100.

kann. Eine sinnvolle Modellierung verläuft also auf dem schmalen Grat zwischen einer naturgetreuen Abbildung des spezifischen Themengebiets und dem Bewahren einer Flexibilität, sodass künftige Erkenntnisse durch ein Anpassen der Modellierung in diese integriert werden können.

Die Erschließung von Objekten in den Geisteswissenschaften findet traditionsgemäß in diskursiven Texten statt. Die Argumentation erfolgt weitestgehend linear, indem der Text dem Leser eine Chronologie vorgibt. Eine andere Art, dem Leser Informationen näher zu bringen, stellt die Strukturdatenerfassung dar. Diese sieht Formularfelder vor, in der kleinteilig einzelne Aspekte zum Thema festgehalten werden. Argumentationsverläufe werden auf diese Weise weniger effizient vermittelt. Hinter der Oberfläche und vor allem mit Blick weniger auf das einzelne als auf die Gesamtheit der Objekte sind es jedoch gerade die Strukturdaten, die Aussagen und Tendenzen zu übergeordneten Themen veranschaulichen können. Auch wenn die strukturierte Erfassung und Datenredaktion einen erhöhten Zeitaufwand bedeutet, können so andere Möglichkeiten der Visualisierung der Ergebnisse erzeugt werden als dies bei analogen Buchseiten oder HTML-Seiten der Fall ist. Es sind die Strukturdaten, die den Baustein für das Semantic Web bilden und der Garant für Auffindbarkeit und Nachnutzbarkeit sind.

I.10 Integration der Anwendungsontologie (cbdd) in die CIDOC CRM-Klassenhierarchie

E1	CRM Entity
E2	– Temporal Entity
E3	– – Condition State
sub3	– – – Condition_State
E4	– – Period
E5	– – – Event
sub5	– – – – Historical_Event
E7	– – – – Activity
sub7	– – – – – Commission
sub7	– – – – – Elaboration
E8	– – – – – Acquisition
E96	– – – – – – Purchase
E9	– – – – – Move
sub9	– – – – – – Translocation
E10	– – – – – Transfer of Custody
sub10	– – – – – – Administration_Change
sub10	– – – – – – Possession
sub10	– – – – – – Secret_Possession
E11	– – – – – Modification
sub11	– – – – – – Editorial_Modification
E12	– – – – – Production
sub12	– – – – – – Construction
sub12	– – – – – – Construction_Participation
E79	– – – – – – Part Addition
E80	– – – – – – Part Removal
E13	– – – – – Attribute Assignment
sub13	– – – – – – Dehio_Assignment
sub13	– – – – – – Patron_Assignment
sub13	– – – – – – Secularisation
E14	– – – – – Condition Assessment
sub14	– – – – – – Condition_Analysis
E15	– – – – – Identifier Assignment
sub15	– – – – – – Inventory_No_Assignment
sub15	– – – – – – Monument_No_Assignment
sub15	– – – – – – Name_Assignment
E16	– – – – – Measurement
sub16	– – – – – – Measurement
E17	– – – – – Type Assignment
sub17	– – – – – – Function_Assignment
E65	– – – – – Creation
sub65	– – – – – – Conception

sub65	– – – – –	Creation
sub65	– – – – –	Dataset_Creation
sub65	– – – – –	Text_Creation
E83	– – – – –	Type Creation
E66	– – – – –	Formation
sub66	– – – – –	Formation
E85	– – – – –	Joining
sub85	– – – – –	Membership
sub85	– – – – –	Ecclesiastical_Membership
sub85	– – – – –	Secular_Membership
E86	– – – – –	Leaving
E87	– – – – –	Curation Activity
E63	– – – – –	Beginning of Existence
E67	– – – – –	Birth
E81	– – – – –	Transformation
sub81	– – – – –	Transformation
E12	– – – – –	Production
sub12	– – – – –	Construction
sub12	– – – – –	Construction_Participation
E65	– – – – –	Creation
sub65	– – – – –	Conception
sub65	– – – – –	Creation
sub65	– – – – –	Dataset_Creation
sub65	– – – – –	Text_Creation
E83	– – – – –	Type Creation
E66	– – – – –	Formation
sub66	– – – – –	Formation
E64	– – – – –	End of Existence
E6	– – – – –	Destruction
E68	– – – – –	Dissolution
E69	– – – – –	Death
E81	– – – – –	Transformation
sub81	– – – – –	Transformation
E52	–	Time–Span
sub52	– –	Editorial_Timespan
sub52	– –	Timespan
E53	–	Place
sub53	– –	Location
sub53	– –	Painting_Section
sub53	– –	Wall_Section
E54	–	Dimension
sub54	– –	Dimension
E97	– –	Monetary_Account
E77	–	Persistent Item
E39	– –	Actor
E21	– – –	Person
sub21	– – –	Editor

sub21	-	-	-	-	Patron
sub21	-	-	-	-	Person
sub21	-	-	-	-	Secret_Person
E74	-	-	-	-	Group
sub74	-	-	-	-	Group
sub74	-	-	-	-	Secret_Group
E40	-	-	-	-	Legal Body
sub40_92	-	-	-	-	Land
sub40_92	-	-	-	-	Bundesland
sub40_92	-	-	-	-	Landkreis
sub40_92	-	-	-	-	Regierungsbezirk
sub40_92	-	-	-	-	Region
sub40_92	-	-	-	-	Place
E70	-	-	-	-	Thing
E71	-	-	-	-	Man-Made Thing
E24	-	-	-	-	Physical Man-Made Thing
E22	-	-	-	-	Man-Made Object
E84	-	-	-	-	Information Carrier
sub84	-	-	-	-	Ensemble
sub84	-	-	-	-	Building
sub84	-	-	-	-	Building_Part
sub84	-	-	-	-	Room_Sequence
sub84	-	-	-	-	Room
sub84	-	-	-	-	Ceiling_Wall
sub84	-	-	-	-	Painting
sub84	-	-	-	-	Painting_Part
sub84	-	-	-	-	Accoutrement
sub84	-	-	-	-	Picture_Cycle
sub84	-	-	-	-	Primary_Source_Object
E25	-	-	-	-	Man-Made Feature
E78	-	-	-	-	Collection
E28	-	-	-	-	Conceptual Object
E89	-	-	-	-	Propositional Object
sub73	-	-	-	-	Image
E30	-	-	-	-	Right
sub30	-	-	-	-	Licence
E90	-	-	-	-	Symbolic Object
E41	-	-	-	-	Appellation
sub41	-	-	-	-	Historical_Event_Appellation
E35	-	-	-	-	Title
sub35	-	-	-	-	Accoutrement_Title
sub35	-	-	-	-	Architecture_Hist_Name
sub35	-	-	-	-	Architecture_Name
sub35	-	-	-	-	Bibliography_Short_Title
sub35	-	-	-	-	Building_Name
sub35	-	-	-	-	Building_Alternative_Name
sub35	-	-	-	-	Building_Hist_Name

sub35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	painting_title
sub35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	painting_part_title
sub35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	picture_cycle_title
sub35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	primary_source_object_full_title
sub35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	primary_source_short_title
sub35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	synthesis_title
e42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	identifier
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bibliography_extract_identifier
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cbdd_id
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	getty_aat
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	gnd
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	inventory_no
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	marburg_id
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	monument_no
sub42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	primary_source_extract_identifier
e44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	place appellation
e45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	address
sub45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	address
e46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	section definition
sub46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	painting_section_definition
sub46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	wall_section_definition
e47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	spatial coordinates
sub47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	geo_coordinates
e48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	place name
e49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	time appellation
sub49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	verbal_date
e50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	date
sub50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	date
sub50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	editorial_date
e51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	contact point
sub51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	url
e45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	address
sub45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	address
e75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	conceptual object appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	condition_state_type_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cross-sectional_topic
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	editing_level_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	historical_event_type_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	iconographic_motive_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	image_title
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	image_type_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	level_of_elaboration_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	licence_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	module_type_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	painting_type_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	primary_source_object_type_appell.
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	term_appellation

sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	term_type_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	text_version_appellation
sub75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	type_appellation
e82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	actor_appellation
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cultural_place_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	editor_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	editor_short_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	group_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	hist_place_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	patron_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	person_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	place_name
sub82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	political_place_name
e73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	information object
sub73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	painting_part
e29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	design or procedure
sub29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	design_or_procedure
e31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	document
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bibliography
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	bibliography_extract
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	comment_bilder_medien
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	condition_state_note
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	corpus_documentation
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	cross-sectional_topic
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_abbildungen
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_bemerkungen
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_hist_bezeichnung
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_ikonographie
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_jahr
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_kunstler
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_literatur
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	dehio_raum
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	editorial_comment
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	file
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	image_content
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	notes
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	portfolio
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	primary_source
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	primary_source_extract
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	synthesis
sub31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	text
e32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	authority document
e33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	linguistic object
e34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	inscription
sub34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	inscription
e35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	title
sub35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	siehe oben

e36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	visual item
sub36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	iconographic motive
e37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mark
e34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	inscription
sub34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	inscription
e38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	image
sub38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	image
e55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	condition_state_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	editing_level
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	group_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	historical_event_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	image_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	level_of_elaboration
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	module_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	painting_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	place_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	primary_source_object_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	term
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	term_type
sub55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	text_version
e56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	language
e57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	material
e58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	measurement unit
e98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	currency
e99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	product type
e72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	legal object
e18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	physical thing
e19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	physical object
e20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	biological object
e21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	person
sub21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	siehe oben
e22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	man-made object
e84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	information carrier
sub84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	siehe oben
e24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	physical man-made thing
e22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	man-made object
e84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	information carrier
sub84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	siehe oben
e25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	man-made feature
e78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	collection
e26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	physical feature
e25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	man-made feature
e27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	site
sub26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	inscription_feature
e90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	symbolic object
e41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	appellation

sub...	– – – – –	siehe oben
e73	– – – – –	information object
sub...	– – – – –	siehe oben
e73	– –	information object
sub...	– – –	siehe oben
e92	–	spacetime volume
sub40_92	–	bundesland
sub40_92	–	land
sub40_92	–	landkreis
sub40_92	–	place
sub40_92	–	regierungsbezirk
sub40_92	–	region
e18	– –	physical thing
sub...	– – –	siehe oben
e4	– –	period
sub...	– – –	siehe oben
e93	– –	spacetime snapshot
sub93	– – –	ecclesiastical_presence
sub93	– – –	presence
sub93	– – –	secular_presence
e59		primitive value
e60		number
e61		time primitive
e62		string





Ke Ma

J. Das verlorene Lusthaus der Münchner Residenz

→ Deckenmalerei, Melchior Bocksberger,
Münchner Residenz, Renaissancearchitektur,
Virtuelle Rekonstruktion

Im Seminar »Architektur der Spätrenaissance in 3D. Die digitale Rekonstruktion wird ein Werkzeug der Kunstgeschichte« im Sommersemester 2019 wurde an der LMU München das seit 1801 zerstörte Renaissance-Lusthaus der Münchner Residenz erforscht und in einem 3D-Modell visualisiert. Die Deckenmalerei des Lusthauses, die als ein Frühwerk des Malers Melchior Bocksbergers aus der Zeit um 1565 bekannt ist, ist in vielen Beschreibungen sowie als Schwarz-Weiß-Fotografien und zwei erhaltenen Leinwänden überliefert. Mit der Betrachtung der historischen Quellen, der Schwarz-Weiß-Fotografien und der zwei noch erhaltenen Bilder, die sich im Depot der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen befinden, ist eine neue Rekonstruktion der Decke zu begründen: eine pyramidenförmige Decke mit leichter Erhöhung in der Mitte, die ein optisches Zentrum bildet, wo der illusionistische Effekt sich weiterhin durch eine strenge perspektivische Komposition verstärkt. Die Deckenmalerei des Lusthauses steht in der Tradition der illusionistischen Deckenmalerei in Italien, wo Andrea Mantegna, Correggio und Giulio Romano durch die perspektivische Komposition in absoluter Untersicht eine illusionistische himmlische Sphäre an der Decke schufen. Die Betrachtung der Deckenmalerei des Lusthauses bietet auch die Möglichkeit, einen Blick auf den Maler Melchior Bocksberger zu werfen, der zu der Malergeneration des 16. Jahrhunderts gehörte, die den fortgeschrittenen Stil und Technik in Italien gelernt und die Grundideen der italienischen Deckenmalerei in Bayern vorbereitet hat.

Um 1560 begann Herzog Albrecht V. von Bayern, nördlich seines Residenzkomplexes in München einen neuen Garten mit einem zweigeschossigen Lusthaus anzulegen. Als ein wesentlicher Bestandteil des Gartens lag das Lusthaus in der nordöstlichen Ecke, wo sein nördlicher Saalbau und südlicher Wohntrakt wegen der schrägen Richtung des Stadtbaches einen spitzen Winkel bildeten. **01** Nach den ältesten Plänen stand der Saalbau fast frei. Im Obergeschoss des Saalbaus befand sich der große, in alle Richtungen durchfensterte Festsaal, dessen Form und Ausstattung mit der aufwändigen Deckenmalerei durch mehrere Beschreibungen überliefert ist. **02**

Nach dem Abbruch 1801 ist von dem Bau außer dem im Westen angrenzenden doppelgeschossigen Arkadengang nur wenig erhalten. Die Deckengemälde des Saals wurden jedoch beim Abbruch des Lusthauses in das damals im Aufbau befindliche Schleißheimer Depot transloziert. 15 Schwarz-Weiß-Fotografien, die bei der Übergabe der Gemälde an das Residenzmuseum Anfang des 20. Jahrhunderts zu Archivierungszwecken gemacht wurden, **03** liefern wichtige Informationen über die Deckenkonstruktion des Lusthauses. Es handelt sich um 15 mit Ölfarbe auf Leinwand gemalte Gemälde, davon sind sieben rechteckig und acht trapezförmig. Zwei der Gemälde, eines mit der Darstellung von Neptun und das andere mit der Darstellung der Menschen nach dem Goldenen Zeitalter, werden heute im Depot der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen aufbewahrt, während die anderen Gemälde verschollen sind.

Bei der Deckenmalerei des Münchner Lusthauses der Renaissance handelt es sich um ein Frühwerk Melchior Bocksbergers, das bereits im Band 3.2 des Corpus der barocken Deckenmalerei behandelt wurde. Die erneute Sichtung der historischen Quellen, der Fotografien und der zwei noch erhaltenen Gemälde sowie der Einsatz von CAD-Software erlaubt heute eine neue Rekonstruktion der Decke. Anders als in dem Corpusband zur Deckenmalerei angenommen, ergibt sich eine Holzdecke ähnlich einem Pyramidenstumpf mit leichter Erhöhung in der Mitte, wodurch sich ein optisches Zentrum bildet, und wo der illusionistische Effekt sich weiterhin durch eine strenge perspektivische Komposition verstärkt.

Die Deckenmalerei des Lusthauses steht in der Tradition der illusionistischen Renaissance-Deckenmalerei in Italien, wo seit dem 15. Jahrhundert Andrea Mantegna, Correggio und Giulio Romano durch die perspektivische Komposition in absoluter Untersicht eine illusionistische himmlische Sphäre an der Decke schufen. Die Betrachtung der Deckenmalerei des Lusthauses bietet auch die Möglichkeit, einen Blick auf den Maler Melchior Bocksberger zu werfen, der zu einer Malergeneration des 16. Jahrhunderts aus Deutschland gehörte, die den fortgeschrittenen Stil und Technik in Italien gelernt und die Grundideen der italienischen Deckenmalerei in Bayern umgesetzt hat.

Im Zuge eines von **Stephan Hoppe** an der LMU München geleiteten Seminars »Architektur der Spätrenaissance in 3D. Die digitale Rekonstruktion wird ein Werkzeug der Kunstgeschichte« im Sommersemester 2019 wurde unter der technischen Assistenz von **Jan Lutteroth** das 1801 zerstörte Lusthaus der Münchner Residenz erforscht und die neuen Erkenntnisse, die anhand der Fotografien und anderer Daten gewonnen werden konnten, in einem digitalen 3D-Modell visualisiert **01**. Ausgangsmaterial für die digitale 3D-Rekonstruktion des Lusthauses ist eine Reihe diverser Abbildungen verschiedener Bauphasen zwischen der Zeit seiner Entstehung 1565/67 bis zum Abbruch um 1800.

■ 01

Gunter Schweikhart, Die Anfänge des Hofgartens und eine überraschende Wiederentdeckung, in: Andrian von Buttlar, Traudl Bierler-Rolly (Hg.), Der Münchner Hofgarten. Beiträge zur Spurensicherung, München 1988, S. 8–20. In mehreren bildlichen Darstellungen wie von Wenzel Hollar (1605), Tobias Volckmer jun. (1613) usw. rückt das Lusthaus immer im Vordergrund.

■ 02

Schweikhart 1988, S. 8; Anna Bauer-Wild, Lusthaus im nachmaligen Hofgarten, in: Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland, Bd. 3, 2, Freistaat Bayern, Regierungsbezirk Oberbayern: Stadt und Landkreis München; 2, Profanbauten, München 1989, S. 33.

■ 03

Max Goering, Die Malerfamilie Bocksberger, in: Münchner Jahrbuch der bildenden Kunst, N.F.VII 1930, S. 217. Die Schwarz-Weiß-Fotografien sind heute im Bildarchiv Foto Marburg auch in digitaler Form dokumentiert.

Solche Darstellungen wie Stadtpläne, Kupferstiche und Grundrisszeichnungen wurden mit historischen Textquellen verglichen, analysiert und dann in der Studentenversion von Cinema4D eingefügt, zusammengefasst und umgezeichnet. **04**

■ 04

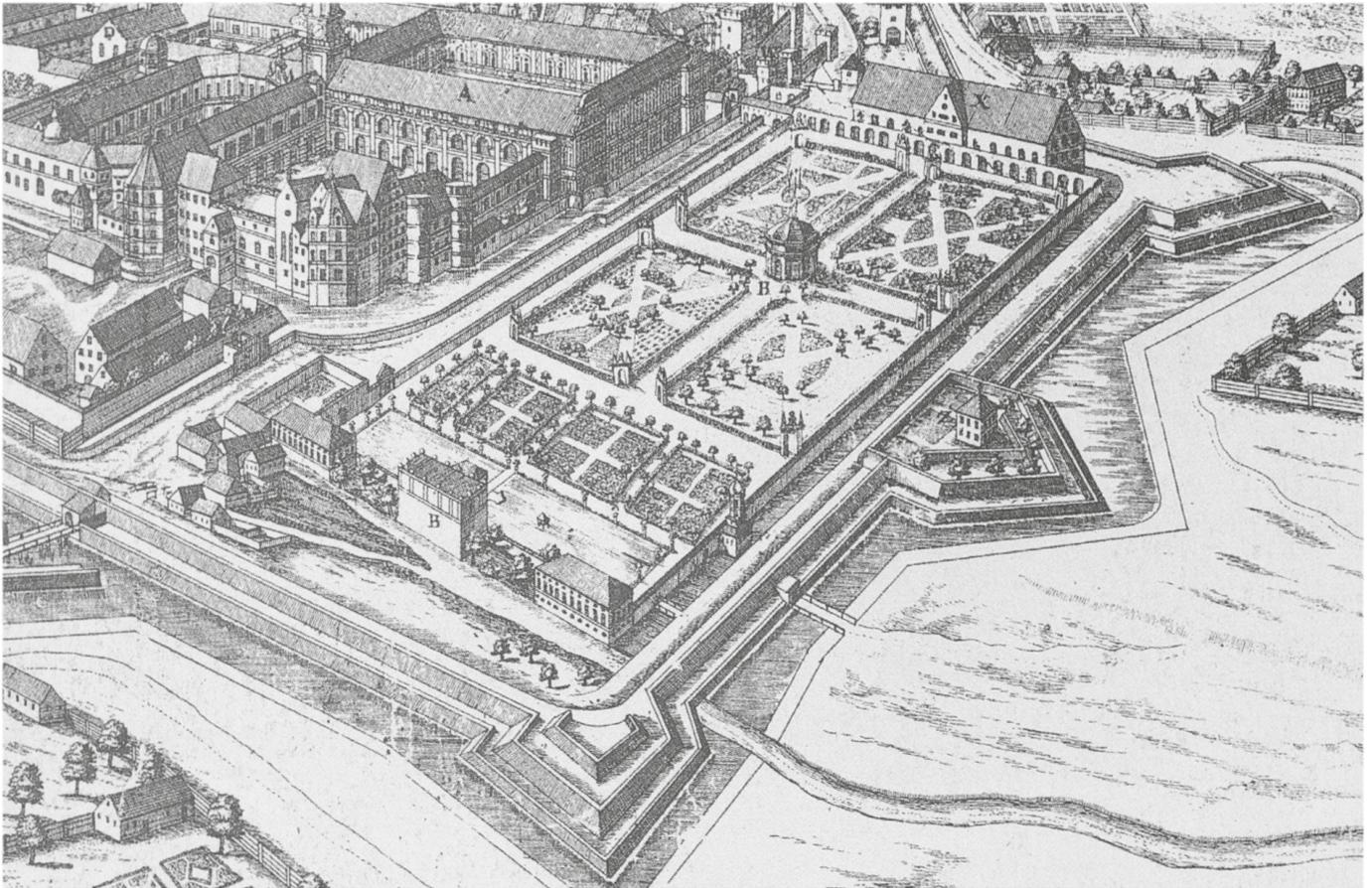
Ein passwortgeschützter Mitschnitt des Rekonstruktionsprozesses ist auf der Videoplattform: »Vimeo« auf Nachfrage zugänglich.



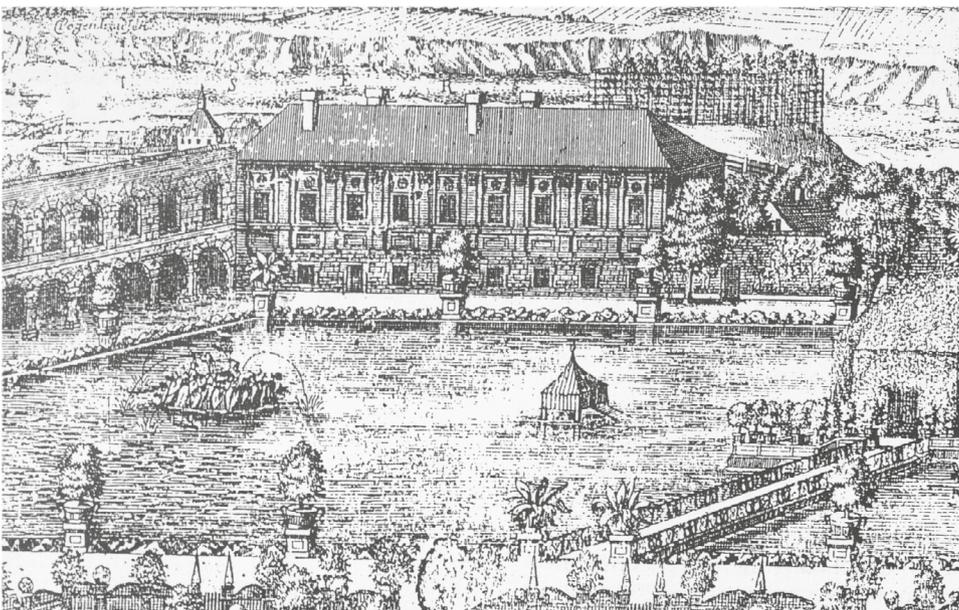
□ 01

Jan Lutteroth, 3D-Modell des Lusthauses.

Mittels Vergleichsbeispielen, die z. B. zur gleichen Zeit entstanden sind oder im gleichen Umkreis des Bauherrn hergestellt wurden, oder die als beispielhaft gelten können, wurden die einzelnen Details zusammengefügt. Die Form des umgebauten Lusthauses ist 1701 in Kupferstichen Michael Wenings **02** aus der Vogelschau überliefert. In einem Ausschnitt des Kupferstichs ist die Wandgliederung der Fassade **03**, die durch den Umbau entstand, überliefert. Als Grundlage der Rekonstruktion werden weiterhin die Pläne von Erdgeschoss und 1. Obergeschoss benutzt, die 1804 vor dem Abbruch des Lusthauses entstanden **04**. Sie wurden von Otto Hartig im Kriegsarchiv gefunden und 1933 in seinem Aufsatz »Die Kunsttätigkeit in München unter Wilhelm IV. und Albrecht B. 1520–1579. Neue Forschungen« publiziert, heute sind die Pläne leider nicht mehr auffindbar. Sie zeigen deutlich die Innenaufteilung beider Trakte. Hier lässt sich erkennen, dass der fast freistehende Saaltrakt vor dem Umbau lediglich durch eine schmale Anschlussstelle mit dem Wohntrakt verbunden war. Der Grundriss zeigt im Erdgeschoss des Saaltraktes zwei Räume mit Sterngewölben, die von je einer mittleren Stütze getragen werden. Es ist aufgrund des Verlaufs der Gewölbegrate zu vermuten, dass die zwei Räume des Erdgeschosses in ihrer ursprünglichen Form eine einzige Halle bildeten. Im Westen führte eine Tür in den anschließenden Arkadengang. Im Obergeschoss befand sich der große Saal (5 × 3 Fensterachsen). Auf den Plänen lässt sich auch der ursprüngliche Zugang zum Saal über die Treppe im nördlichen Teil des Wohntraktes erkennen. Der Wohntrakt im Osten zeigt im Erdgeschoss Sterngewölbe. Im Obergeschoss befanden sich vier Zimmer mit Fenstern in Richtung des Stadtbachs. Im Folgenden soll es um eine Einordnung und Rekonstruktion der Baugestalt und der Deckenmalerei gehen.



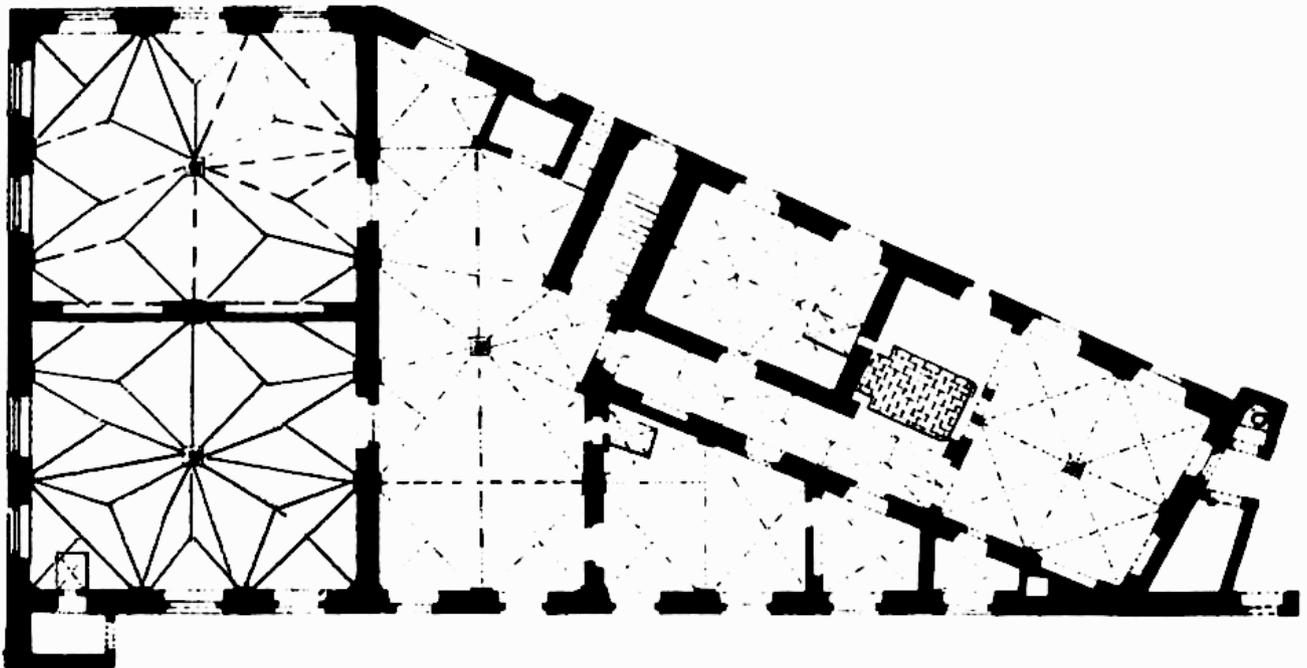
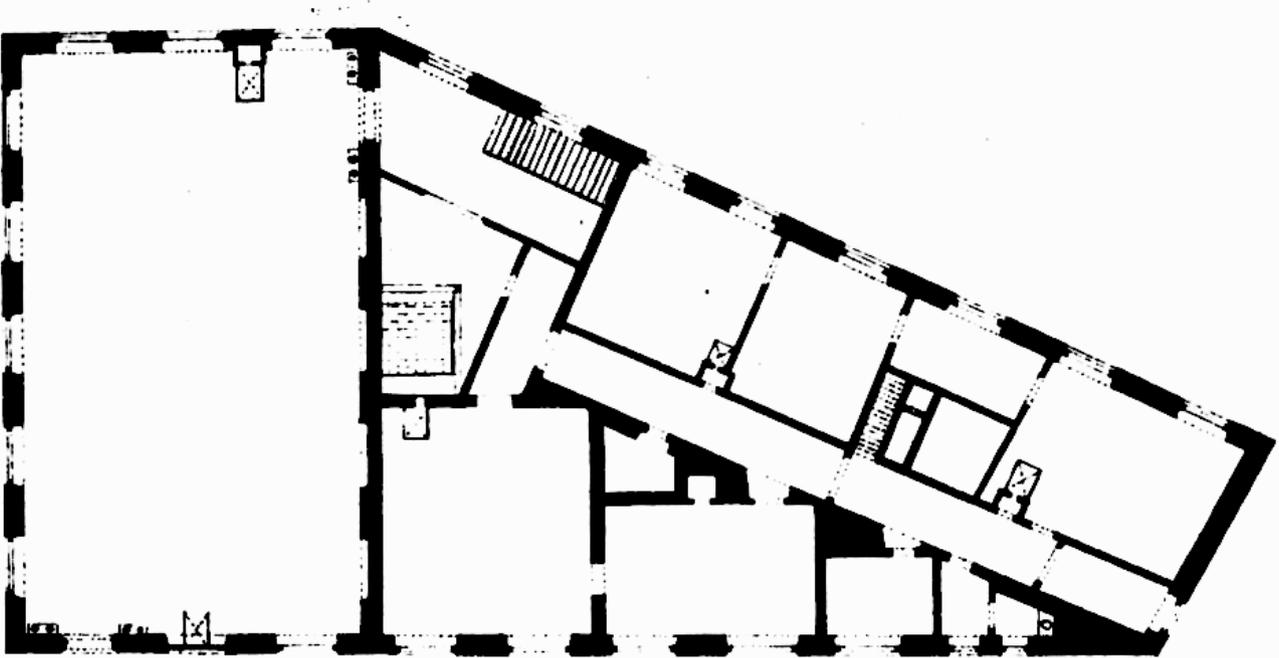
□ 02
 Michael Wening, Ausschnitt aus der Tafel
 »Wahrhafte Abbildung und Vorstellung Der
 jenigen Gegend bey Schwabing und
 Freymann...«, Kupferstich 1701, in: Adrian
 von Buttlar et al. (Hg.), Der Münchner
 Hofgarten. Beiträge zur Spurensicherung,
 München 1988, S. 14 (Abb. 11).



□ 03
 Michael Wening, »Ansicht der Residenz
 von Westen«, Ausschnitt mit Wandglieder-
 ung der Fassade, die durch Umbau von
 Maximilian I. entstand, links die Arkaden,
 in: Adrian von Buttlar et al. (Hg.), Der
 Münchner Hofgarten. Beiträge zur
 Spurensicherung, München 1988,
 S. 12 (Abb. 8).

□ 04

Grundrisse EG und 1. OG, um 1804
(verschollen), in: Adrian von Buttlar et al.
(Hg.), Der Münchner Hofgarten. Beiträge
zur Spurensicherung, München 1988,
S. 23 (Abb. 24).



J.1 Überlieferung in Text und Bild

Es folgte im Seminar zunächst eine chronologische Aufarbeitung der historischen Quellen, die die Deckenmalerei im Lusthaus erwähnen. Die Quellen geben Aufschluss über die Reihenfolge und die Anordnung der Deckengemälde.

■ 05

Philipp Hainhofer, *Die Reise des Augsbürgers Philipp Hainhofer nach Eichstädt, München und Regensburg in den Jahren 1611, 1612 und 1613*, in: *Zeitschrift des Historischen Vereins für Schwaben und Neuburg* 8, 1881, S. 80, https://periodika.digitale-sammlungen.de/schwaben/Band_bsb00010254.html.

■ 06

Ebd.

■ 07

Baldassare Pistorini, *Descrittione compendiosa del palagio sede de' serenissimi di Baviera*. [...], München 2006.

■ 08

Ebd.

■ 09

Michael Wening, *Historico-Topographica Descriptio, Bd.1, Das Rentamt München*, München 1701, S. 9, <http://daten.digitale-sammlungen.de/~db/0006/bsb00063022/images>.

■ 10

Ebd.

■ 11

Benedikt Faßmann, *Catalogus über die in der Churfürstl. [...], in: Münchner Jahrbuch der bildenden Kunst*. N.F. X. 1933, S. 197.

■ 12

Ebd.

■ 13

Lorenz Westenrieder, *Beschreibung der Haupt- und Residenzstadt München (im gegenwärtigen Zustande) vom Professor Westenrieder*, München 1782, S. 62, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10721774-1>.

■ 14

Lorenz Hübner, *Beschreibung der kurbaierischen Haupt- und Residenzstadt München und ihrer Umgebung, verbunden mit ihrer Geschichte*. Erste Abtheilung: *Topographie*, Bd.2, München 1803, S. 354, <https://opacplus.bsb-muenchen.de/Vta2/bsb10805978/bsb:BV009572165>.

1. Die früheste ausführliche Beschreibung stammt aus dem 1611 verfassten Reisebericht von Philipp Hainhofer, einem Kaufmann aus Augsburg. Besonders zu beachten ist hier die Textstelle, in der er den »perspektivisch gemalte[n] Saal« **05** erwähnt, der mit dem Gemälde des Jupiters versehen wurde, und von ihm wie folgt beschrieben wurde: »Unter anderem ist der Jupiter auf dem Adler sitzend in der Höhe gemalt, der wendet die Füße zu einem, er gehe im Saal, wo er wolle.« **06**
2. Eine andere Beschreibung des Saals ebenfalls aus dem 17. Jahrhundert ist von dem italienischen Sänger, Dichter und Komponist Baldassare Pistorini verfasst worden, der von 1641 bis 1655 am Münchner Hof tätig war und 1644 über die Münchner Residenz schrieb. Zwar erwähnt er die Deckenmalerei im Lusthaus nicht explizit, allerdings ist in seiner Beschreibung eine Stelle über die Deckenkonstruktion zu finden, indem er verlauten lässt, dass es dort »eigenartige[n], seltsam schöne[n] Gewölbe (volta)« **07** gibt, in dem »verschiedene unterschiedliche Geschichten farbig dargestellt« **08** seien. Zudem berichtet er, dass der Besucher des Raumes die ersten zwölf Kaiser der römischen Antike erblicken würde, was auf eine Dekoration mit gemalten Kaiserbüsten hinweist.
3. 1701 veröffentlichte der Hofkupferstecher Michael Wening seine Landesbeschreibung, in der er über das Lusthaus und die Decke des Festsaales wie folgt berichtet: »Die Oberdecke besteht in 13 Theilen/und eben so viel künstlichen Gemälden/so die Götter der alten Henden/under denen Jupiter auff einem Adler das Mittel behauptet.« **09** Auch Wening erwähnt die Kaiser, die in Brustbildern gemalt waren und schreibt zudem von Hirschgeweihen, die über den Fenstern angebracht waren. **10**
4. Eine detaillierte Beschreibung der Deckengemälde findet sich in einem Inventar von 1770, das von Georg Benedikt Faßmann verfasst wurde. **11** Es stellt die wichtigste Quelle für die Deckenmalerei dar und wird daher bei der Betrachtung der Bilder als Referenz herangezogen. Als Maler der »13 Abtheilungen oder Füllungen« **12** benennt Faßmann den Maler Christoph Schwarz. In seiner Beschreibung führt der Autor alle Bildthemen der Deckenmalerei auf und erwähnt erstmals die Reihenfolge der Bilder, indem er die benachbarten Bilder in Gruppen zusammenfasst. Zudem erwähnt er in seinen Beschreibungen auch die Inschriften der einzelnen Bilder.
5. Ganz kurz vor der Zerstörung des Lusthauses wurden die Oberdecke und ihre Ausstattung von Lorenz von Westenrieder (1782) und Lorenz Hübner (1803) als »13 Gemälde (Götterfabeln)« **13**, bzw. als »13 Fabelgemälde« **14** beschrieben. Die beiden Autoren identifizieren die Malerei als ein Werk des Malers Bocksberger.

■ 15
Hausarchiv, hs No. 69, ca. 1800, zitiert von: Hartig 1933, S. 197.

■ 16
Felix Joseph Lipowsky, Bayerische Künstler-Lexikon, Bd. 1, München 1810, S. 30, <https://opacplus.bsb-muenchen.de/Vta2/bsb10999862/bsb:BV006947684>.

■ 17
Ebd.

6. Im Hausarchiv hs. No. 69 um 1800 werden zum ersten und einzigen Mal 15 statt 13 »plat-fonds Stücke« ¹⁵ erwähnt. Zum letzten Mal wird die Deckenmalerei 1810 von Felix Joseph Lipowsky im Bayerischen Künstler-Lexikon als Werk des Salzburger Malers Johann Bocksberger beschrieben. ¹⁶ Zu diesem Zeitpunkt wurde das Lusthaus abgebrochen und der Text von Lipowsky berichtet davon, dass der Saal sich »am rechten Flügel der nun dort neu erbauten Kaserne« ¹⁷ befand. Die Decke des Saales sei laut Lipowsky von Bocksberger mit 13 Freskengemälden aus der Mythologie ausgestattet gewesen.

J.2 Erarbeitung der Forschungsgeschichte

■ 18
Otto Hartig, Eine historische Ecke im Münchner Hofgarten, in: Münchner Neueste Nachrichten 1922, Nr. 260.

■ 19
Ludwig Zottmann, Über die Gemälde der S. Michaelshofkirche, in: Münchner Jahrbuch der bildenden Kunst V. 1910, S. 75.

■ 20
Goering 1930, S. 185–280.

■ 21
Hartig 1933, S. 147–255.

■ 22
Hans Thoma, Heinrich Kreisel, Amtlicher Führer des Residenz-museums, München 1937.

■ 23
Heinrich Geissler, Zeichnung in Deutschland, deutsche Zeichner 1540–1640, Bd. 1, Stuttgart 1979; Uta Schedler, Forum fürstlicher Repräsentation [...], in: Adrian von Buttlar et al. (Hg.), Der Münchner Hofgarten. [...], München 1988, S. 38–48; Anna Bauer-Wild, Das Lusthaus Albrecht V. und seine Deckenbildausstattung, in: Michael Petzet (Hg.), Denkmäler am Münchner Hofgarten, [...], München 1988 (B. Landesamt für Denkmalpflege, Arbeitsheft 41), S. 28–44; Susanne Kaeppeler, Die Malerfamilie Bocksberger aus Salzburg: [...], Salzburg 2003.

■ 24
Bauer-Wild 1989, S. 33–48.

Festzustellen ist, dass die wissenschaftliche Behandlung der Lusthaus-Deckenbilder erst Anfang des 20. Jahrhunderts beginnt. 1922 wurden die 15 Gemälde, die sich damals im Schleißheimer Depot befanden, von Otto Hartig erneut untersucht, ¹⁸ wobei er die Gemälde mit der Beschreibung von Faßmann vergleicht, die 1910 von Ludwig Zottmann in seinem Aufsatz über die St. Michaelshofkirche zitiert wurde. ¹⁹ Die Gemälde wurden später in das Residenzmuseum überführt und tragen die Inventarnummern der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen 3775 bis 3789. In dieser Zeit entstanden auch die Schwarz-Weiß-Fotografien der einzelnen 15 Bilder.

1930 veröffentlichte Max Goering seinen Aufsatz über die Malerfamilie Bocksberger, in dem er ausführlich über den damaligen Zustand der 15 Gemälde berichtet und sie aufgrund von stilistischen Vergleichen als Werk des Melchior Bocksberger identifiziert. ²⁰ In einem späteren Aufsatz von Otto Hartig 1933 über die Kunsttätigkeit in München unter Wilhelm IV. und Albrecht V. wurde das Argument der Urheberschaft von Melchior Bocksberger aufgenommen. ²¹

Die letzte Erwähnung zu dieser Zeit befindet sich in dem 1937 publizierten Amtlichen Führer der Münchner Residenz von Heinrich Kreisel und Hans Thoma. ²² Hier wird berichtet, dass sich zwei der Gemälde, nämlich die Darstellungen des Neptun und des Lebens der Menschen nach dem Goldenen Zeitalter, am Podest der Treppe zum Schwarzen Saal in der Residenz befinden würden. Diese beiden befinden sich heute noch im Depot der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen, die übrigen sind verschollen.

In den folgenden Jahren wurden die Lusthaus-Deckenbilder kaum von der Forschung beachtet, lediglich im Kontext der Malerfamilie Bocksberger oder der Geschichte der Münchner Residenz wurden sie von einigen Autoren erwähnt. ²³ Anna Bauer-Wild hat eine Bearbeitung der Lusthaus-Deckenbilder sowie eine hypothetische Rekonstruktion der Deckenausstattung im dritten Band des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland vorgelegt. ²⁴

Aus den Quellen und der Forschungsgeschichte lässt sich herauslesen, dass Beschreibungen oder Erwähnungen der Deckenmalerei in einer Zeitspanne beginnend etwa kurz nach der Errichtung bis zur Zerstörung des Lusthauses zu finden sind. Über die genaue Deckenkonstruktion lässt sich leider keine gesicherte Aussage treffen. Betont wurde von einigen Autoren die perspektivische

Wirkung sowie die augenfällige Jupiterdarstellung und auch die Kaiserporträts wurden erwähnt. Bis um 1800 benennen alle Autoren lediglich 13 Gemälde statt der eigentlich korrekten Anzahl von 15 Gemäldeteilen, aus denen die Decke zusammengesetzt ist. Besonders zu beachten ist die Beschreibung von Faßmann, der, obwohl er 15 Bildthemen beschreibt, trotzdem von »13 Abtheilungen oder Füllungen« ²⁵ schreibt, aus denen die Decke bestehen würde.

■ 25

Faßmann 1933, S. 197.

J.3 Die Einzelgemälde nach den historischen Fotografien und ihre Ikonografie

Von den ursprünglich 15 Gemälden der Saaldecke waren sieben rechteckig und acht trapezförmig ⁰⁵.

Die Rechtecke haben ungefähr 2,4m bis 2,5m Höhe und 2,8m bis 3m Breite. Die trapezförmigen Bilder sind alle etwa 2,5m hoch, wobei die untere Grundlinie ungefähr 4,05m bis 4,09m misst. Die Maße stammen aus der Publikation des Corpusbands, die dem Inventar der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen entnommen wurden. Goering vermutet, dass die obere Grundlinie der trapezförmigen Bilder ungefähr 2m beträgt. Goering kommentierte 1930, dass in diesen Deckengemälden »helle, im allgemeinen kühle, matte Farben«

□ 05

Fotomontage aus hochauflösenden Fotos des Bildarchiv Foto Marburg.



■ 26
Goering 1930, S. 223.

mit »mattleuchtendem Grün, Blau, oder Rot und Gelb im kleineren Gebiet« ²⁶ verwendet wurden.

Die einzelnen Gemälde sind hinsichtlich ihrer Komposition sehr ähnlich gestaltet: drei von ihnen sind in absoluter Untersicht gemalt, während die anderen einen niedrigen Horizont zeigen, wobei die Schauplätze als eine schmale Fläche gedacht wurden, die dicht an den vorderen Bildrand herangerückt ist.

Wie die Bilder auf der Decke angebracht wurden, wird bei den historischen Quellen nicht erwähnt. Es ist zu vermuten, dass sämtliche Felder durch eine Stuck- oder Holzrahmung verbunden waren. Max Goering vermutete 1930, dass die Decke nur eine geringe Wölbung besessen habe. ²⁷ Anna Bauer-Wild dagegen tendiert aufgrund der Bildformate zu einer flachen Holzkassettendecke, bei der das Kassettenwerk vermutlich auch die Inschriften getragen hat, die zwischen den Mittelfeldern und auch auf dem umlaufenden Stück zwischen Deckenmitte und -seite angebracht waren. ²⁸

■ 27
Ebd., S. 222.

In seiner ausführlichen Beschreibung widmet sich Faßmann zuerst den drei mittleren Stücken mit Jupiter im Zentrum, wobei er wie Hainhofer vor allem die perspektivische Wirkung der Darstellung betont. Bei den zwei anderen Bildthemen handelt es sich um den Sturz des Phaethon und um Venus in einem Schwanenwagen, die sich zu beiden Seiten der Jupiter-Darstellung befunden haben sollen. Die drei Bilder bilden zusammen den mittleren Bereich der Decke.

Im Mittelbild ist nicht nur der auf dem Adler sitzende Jupiter ⁰⁶ mit seinen Attributen Zepter und Blitzbündel dargestellt. Er schwebt zwischen Sonne und Mond und ist umgeben von Putti, welche die vier Elemente personifizieren: Der Putto links oben, ausgestattet mit einem Flammenbündel, steht stellvertretend für das Element Feuer, der Putto rechts oben mit aufgeblasenen Backen und einem Vogel als Begleitung für die Luft, der Putto links unten mit einem Spaten und einem Fruchtweig symbolisiert das Element der Erde und der Putto rechts unten das Wasser, das er aus einem Gefäß auf einen Felsen gießt.



□ 06
Melchior Bocksberger, Jupiter auf dem Adler zwischen den vier Elementen, Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg.

Der Sturz des Phaethon 07 entspricht der typischen Darstellung dieser Zeit, die ihn in dem Moment zeigt, wie ihm die Zügel des Sonnenwagens bereits entglitten sind und er mit ausgebreiteten Armen in die Tiefe stürzt. Der Sonnenwagen wurde von vier Pferden gezogen, die den fallenden Phaethon in seinem Fall umgeben. Am linken Bildrand in den Wolken erkennt man die kleine Figur des Jupiters.



□ 07
Melchior Bocksberger, Sturz des Phaethon,
in: Corpus der barocken Deckenmalerei in
Deutschland, Bd. 3,2, Freistaat Bayern,
Regierungsbezirk Oberbayern: Stadt und
Landkreis München; 2, Profanbauten,
München 1989, S. 36 (Abb. B).

Auf der anderen Seite des Gemäldes mit Jupiter war die Göttin Venus dargestellt 08, die auf einem Wagen sitzt, der von Schwänen gezogen durch die Lüfte fährt. Vor der Göttin auf dem Wagen steht der Amorknabe und schwingt Pfeil und Bogen, während hinter ihr und in den Wolken zwei kleine Putti zu sehen sind, die brennende Fackeln tragen.



□ 08
Melchior Bocksberger, Venus im
Schwanenwagen, Bildarchiv Foto Marburg
der Philipps-Universität Marburg.

Faßmann setzte die »hin und wieder zertheilt[e]r« Inschrift der beschriebenen Gemälde zusammen: »Jupiter. – Phaeton ignarus regni predit orbem suo (!) naturam – Venus ejusque Cupidinis laeti amores varios gerunt. (dt. Übersetzung: Jupiter. – Der des Herrschens unkundige Phaethon zerstört beides, den Erdkreis und die Natur – Venus und die fröhlichen [Gefährten] ihres Cupido bringen verschiedene Arten der Liebe hervor.)« **29**

■ 29
Faßmann, Inventar 1770, f. 103v, in:
Hartig 1933, S. 197.

Als nächstes beschreibt er die erste Vierergruppe mit der Darstellung des Orpheus, Pluto und Proserpina, Neptun sowie die Opferung Iphigenies. Diese Bilder waren laut Faßmann in einer Reihe angeordnet.

Im ersten Bild sieht man Orpheus **09**, der mit seiner auf der Leier gespielten Musik verschiedene wilde Tiere anlockt.



□ 09
Melchior Bocksberger, Orpheus unter den
Tieren, Bildarchiv Foto Marburg der
Philipps-Universität Marburg.

Im zweiten Bild entführt Pluto seine Gemahlin Proserpina ¹⁰. Umhüllt von Feuer und Rauch fahren sie in einem Wagen, der von zwei Pferden gezogen wird. Unter den Hufen der sich wild aufbäumenden Pferde lodern Flammen auf. In der ausgestreckten Faust hält Pluto den Zweizack und die Zügel fest umschlungen, während Proserpina mit wehenden Gewändern und entblößter Brust an seiner Seite sitzt.



□ 10

Melchior Bocksberger, Pluto fährt mit Proserpina in den Hades, Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg.

Das dritte Bild zeigt Neptun, ähnlich wie Pluto, als Lenker eines Pferdegespanns ¹¹, wobei es sich bei den drei Pferden um Mischwesen mit flossenähnlichen Hufen handelt, die den Wagen durch die Meeresfluten ziehen. In der einen Hand hält Neptun die Zügel und mit der anderen reckt er seinen Dreizack empor.



□ 11
Melchior Bocksberger, Neptun, in: Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland, Bd. 3,2, Freistaat Bayern, Regierungsbezirk Oberbayern: Stadt und Landkreis München; 2, Profanbauten, München 1989, S. 40 (Abb. 3).

Das vierte Bild beinhaltet mehrere erzählerische Elemente. Es zeigt Agamemnon in militärischer Rüstung mit seinen Begleitern vor einem Opferaltar ¹². Alle Blicke sind gen Himmel gerichtet, wo die schwebende Göttin Diana mit seiner Tochter Iphigenie im Arm zu sehen ist.



□ 12
Melchior Bocksberger, Opfer der Iphigenie, Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg.

■ 30
Ebd.

Die Beischrift lautet: »Orpheus arguto ista trahit sono – Pluto orci Deus – Neptunus maris – Agamemnon redux constans litat.
(dt. Übersetzung: Durch seinen durchdringenden Ton zieht Orpheus jene an – Pluto, Gott des Orkus – Neptun, Gott des Meeres – Zurückgekehrt, opfert der standhafte Agamemnon.)« **30**

Als folgende Bilder benennt das Inventar die Darstellung von Erysichthon **13** und Bacchus **14**. Das erste Gemälde erzählt den Mythos nach Ovid, wie Erysichthon von Ceres, die in einem von Drachenwesen gezogenen Wagen gen Himmel fährt, für das Fällen eines heiligen Baumes bestraft wird, indem sie ihn mit einer unstillbaren Fressgier verflucht, die ihn das Leben kosten wird. Die Figuren, die sich in Erysichthons Begleitung über den reich gedeckten Tisch hermachen, verbildlichen den Fluch der Göttin und sein drohendes Schicksal. Auf dem zweiten Bild der Gruppe ist Bacchus als Knabe dargestellt, der auf einem Weinfass sitzt und von kleinen Putti umgeben ist, während eine junge Frau einen Weinkrug herantägt. Im Vordergrund sitzt Pan mit einer Ziege, während im Hintergrund eine weitere Figur zu sehen ist, die aufgrund der Gestaltung des Kopfes als Mischwesen oder Satyr zu identifizieren ist.

Die Inschrift zu dieser Gruppe lautet: »Erysichthon Cereri poenas luit – Bacchus munera sua donat. (dt. Übersetzung: Erysichthon hat wegen Ceres Strafe erlitten – Bacchus gibt seine Geschenke.)« **31**

■ 31
Ebd.



□ 13
Melchior Bocksberger, Die Beschrafung des Erysichthon, Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg.



□ 14
Melchior Bocksberger, Bacchus,
Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Uni-
versität Marburg.

Die zweite Vierergruppe zeigt die Darstellung der drei Parzen, des schwachen Lebens des Menschen, der Vergötterung des Hercules und des Schlafgottes. Das erste Bild von der Gruppe zeigt eine Szene mit drei Parzen ¹⁵. Am linken Bildrand ist im unteren Niveau ein mit Weinflasche und Früchtekorb gedeckter Tisch dargestellt. Neben dem Tisch sitzt eine junge, schön gekleidete Frau mit offener Brust, Clotho, die den Spinnrocken hält. Ein Putto, der prostend ein Glas hält, hat sich an sie gelehnt. Neben ihr sitzt Lachesis als reife Frau mit gewölbtem Bauch in der Mitte, die Faden und Spindel führt. Atropos, als alte, arm gekleidete Frau dargestellt, sitzt im rechten Bildrand und schneidet mit einer Schere den Faden ab.



□ 15
Melchior Bocksberger, Drei Parzen,
Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Uni-
versität Marburg.

Das zweite Bild von der Gruppe zeigt die mühsam arbeitenden Menschen als eine dicht gedrängte Menschenmenge. ¹⁶ Links sitzt eine mit Fell bekleidete Frau in Begleitung zweier Kinder. Hinter ihr erscheint ein Mann mit nacktem Oberkörper, der sich mit einer brennenden Fackel einem Baum nähert. Hinter dem Baum schauen ihn zwei Frauen erstaunt an. Im rechten Bildteil errichten einige Männer aus Ästen eine primitive Hütte, von denen zwei im Vordergrund den Boden mit Werkzeugen aus Holz aufbrechen, während die anderen versuchen, den Balken des Strohdachs zu befestigen.



□ 16
Melchior Bocksberger, Das harte Leben der Menschen nach dem goldenen Zeitalter, Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg.

Das nächste Bild zeigt einen zweirädrigen Wagen, der von zwei sich aufbäumenden Pferden gezogen wird und nach links oben gen Himmel fährt ¹⁷. Herkules, als muskulöse männliche Figur mit Keule und Löwenfell dargestellt, hält die Zügel der Pferde fest in seiner rechten Hand, die er über dem Kopf in die Höhe gerissen hat. Rechts oben in Wolken thront Jupiter.



□ 17
Melchior Bocksberger, Herkules fährt zum Olymp, Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg.

Das letzte Bild der Gruppe weist eine seltene Ikonographie auf und zeigt den Schlafgott Somnus ^[18], der vor einer dunklen Höhle schlafend auf einem Baumstumpf sitzt und sich an den Felsen lehnt, während er mit der Hand seinen Kopf stützt. Rechts eilt Iris mit einem Nimbus in Form eines Regenbogens heran. Um sie herum sind seine drei Söhne, die Personifikation der Träume, mit unterschiedlichen Eigenschaften dargestellt: Icelos, der sich in alle Tiere verwandeln kann, erscheint als ein Mischwesen; Morpheus, der sich in alle Menschen verwandeln kann, ist als junger Mann mit Flügeln dargestellt. Im Vordergrund erscheint Phantasos, der sich in alle lebenden Dinge verwandeln kann, als ein alter Mann, der aus dem Felsen gewachsen zu sein scheint, während aus dessen Ohr eine Quelle entspringt.



□ 18
Melchior Bocksberger, Iris bei Somnus, Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg.

Die Inschrift zu dieser Gruppe lautet: »Dant, alunt, perdunt Parcae hic vitam – Vita tenuis – Hercules fit Deus – Somnus tristia tegens refert Laeta. (dt. Übersetzung: Die Parzen geben, erhalten, vernichten hier das Leben – Das dürrtige Leben – Herkules wird Gott – der Schlaf verhüllt die traurigen Dinge, bringt die frohen wieder zurück.)« 32

Die letzte Zweiergruppe besteht aus Darstellungen der neun Musen mit ihren Instrumenten und dem Gastmahl der Ceres. Der Hintergrund des ersten Bildes 19 ist von einem Baumstamm dominiert, vor dem die neun Musen versammelt sind. Fünf von ihnen sind mit musikalischen Instrumenten wie Posaune, Laute, krummem Zink, Leier und Orgel dargestellt. Auf den Ästen des Baumes sind die Pieriden zu sehen, welche die Geschichte der Töchter des Königs Pierus andeuten: sie waren als Strafe für ihre Niederlage im Wettstreit mit den Musen in Elstern verwandelt worden.



□ 19

Melchior Bocksberger, Wettstreit der
Musen mit den Pieriden, Bildarchiv Foto
Marburg der Philipps-Universität Marburg.

Das letzte Bild dieser Gruppe ²⁰, zeigt in einem von Reben gewachsenen Garten einen runden gedeckten Tisch, um den sich mehrere Frauen versammelt haben. Links am Tisch sitzt Ceres auf einem thronähnlichen Sessel. Eine junge Frau und ein Putto halten über sie eine Draperie aus Stoff. Die anderen fünf Frauen, die am Gastmahl teilnehmen, sitzen am Tisch auf gepolsterten Bänken. Eine von ihnen hält mit ausgestreckten Armen eine große Fruchtschale, um sie den anderen zu reichen. Unter dem Tisch verbergen sich drei Knaben.

Die Inschrift zu dieser Gruppe lautet: »Musae concordiae symbolum deae – Exultae Cereris laeta (laeta?) convivia. (dt. Übersetzung: Die Musengöttinnen sind Symbol der Eintracht – Preise die glänzenden bzw. frohen Gastmähler der Ceres.)« ³³

■ 33
Ebd.



□ 20
Melchior Bocksberger, Gastmahl des
Ceres, Bildarchiv Foto Marburg der
Philipps-Universität Marburg.

J.4 Der Zustand der zwei erhaltenen Bilder im Depot der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen

Die Besichtigung des Depots der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen ^[21] ermöglichte neue Erkenntnisse über Farbgebung und stilistische Besonderheiten der Deckenmalerei. Die zwei Gemälde sind vermutlich nach der Überführung ins Depot nicht restauriert worden und an einigen Stellen ist die originale Farbgebung verloren gegangen. In den Bildern herrschen im Allgemeinen kühle, matte Farben vor. Der Hintergrund ist als ruhige Fläche in Blau und Blaugrün gemalt, die sich im Laufe der Zeit zu einer grauen Umgebung verwandelt hat. Als starker Kontrast erscheinen im Bild oft Elemente aus kräftigem Rot oder Gelb, wie z. B. die Zügel im Bild mit Neptun, das Wappen vor dem Boot im Bild mit den primitiven Menschen und der Hütte oder die Kleidung, die die alte Frau im Hintergrund trägt.



□ 21

Besuch im Depot der Alten Pinakothek am
10.7.2019, Jan Lutteroth und Matteo
Burioni standen vor den zwei Gemälden.

Männer, Frauen sowie Kinder sind als kräftige, vollplastische Figuren dargestellt. Die verstärkte Licht- und Schatten-Wirkung erzeugt bei der Darstellung der menschlichen Figuren den Eindruck von Plastizität und Volumen. Die Figuren im Hintergrund, wie Triton bei der Neptun-Darstellung und die zwei Frauen hinter dem Baum bei der Darstellung der primitiven Menschen, sind dagegen flüchtig und in vereinfachter Weise gemalt. Bei komplizierten Haltungen kommt es häufig vor, dass die Körperteile ungenau proportioniert oder in falscher perspektivischer Verkürzung dargestellt sind.

J.5 Die Rekonstruktion des Gesamtprogramms der Saaldecke

Von der Form der Gemälde ausgehend ist zu vermuten, dass die trapezförmigen Stücke um die vier Ecken der Decke angebracht waren und zwei Gemälde immer dem Neigungswinkel der Ecke entsprochen haben. Die rechteckigen Bilder waren folglich zwischen den trapezförmigen oder in der Mitte der Decke angebracht. Die Anordnung der Bilder ist anhand der Beschreibung von Faßmann gut zu rekonstruieren, da er immer die benachbarten Bilder in einer Gruppe zusammenfasst und alle Inschriften dokumentiert hat.

Das ikonographische Gesamtprogramm basiert auf einer Textstelle in Ovids *Metamorphosen*: »Als aber Saturnus in den finsternen Tartarus gestoßen war und Jupiter die Welt beherrschte, folgte das Silberne Menschengeschlecht, das weniger gut war als das Goldene, doch dem Ehernen noch überlegen.« ³⁴ Hier wird das Silberne Zeitalter thematisiert, das vor allem durch zwei Schlüssel-szenen, nämlich des herrschenden Jupiters in der Mitte und der mühsam arbeitenden Menschen, angedeutet wurde.

In der Deckenmalerei des Münchner Lusthauses wird das Thema des Silbernen Zeitalters neu interpretiert. Ausgehend vom altchristlichen Verständnis im 16. Jahrhundert, das Goldene Zeitalter mit dem Paradies zu vergleichen, lässt sich das Silberne Zeitalter mit der Vertreibung aus dem Paradies sowie dem Verlust der Unschuld gleichsetzen. So wird die Erkenntnis und die Entscheidung von Gut und Böse im Silbernen Zeitalter durch eine Reihe von Darstellungen inszeniert, die Frevel und Impietas thematisieren.

Neben Jupiter waren in der Mitte der Decke die Darstellungen von Venus und Phaethon angeordnet. Mit Venus und Cupido in prominenter Position wird die Wirkungsmacht der Liebe gelobt, während der stürzende Phaethon, durch seine beunruhigende Komposition einen Themenbereich von Frevel und Bestrafung eröffnet – eine wichtige Thematik, die auch am Hof von Mantua, besonders bei Federico II. Gonzaga im Palazzo del Te manifestiert wird, wo die Bestrafung der Sünde und die reizvolle Liebe als zwei wichtige Bildthemen gelten. ³⁵

Der Gedankengang des Frevels, Strafe und Sühne vereint sich in den Darstellungen von Phaethon, der Bestrafung des Erysichthon, dem Wettstreit der Musen mit den Pieriden sowie der Opferung der Iphigenie. Phaethon, der wegen seiner Anmaßung die gottgegebene Weltordnung bedroht, Erysichthon, der den Kult der Ceres nicht achtet und die Pierretten, die im Wettstreit mit den Musen singen, werden wegen ihrer Gottlosigkeit, ihrer impietas, bestraft. ³⁶ Die Opferung der Iphigenie als Konsequenz für die Entweihung eines Hains der Diana durch Agamemnons Tötung eines Hirsches, zeigt in diesem Kontext auch das Verhältnis zwischen Gottheit und Menschheit im Silbernen Zeitalter. ³⁷

Auf der anderen Seite werden in den Deckenbildern einige Fruchtbarkeitsgötter – Bacchus, Ceres und Proserpina – dargestellt. Bacchus, der Weingott, und Ceres, die Göttin des Feldbaus, gelten wegen ihren Gaben als wichtige Götter für die Kultivierung der Erde. ³⁸ Das Thema des Trostes der Menschen wird auch auf die Darstellung der Iris bei Somnus erweitert, was bedeutet, dass das harte Schicksal der Menschen durch die genannten Gottheiten erleichtert wird.

Als ein Vorbild der Menschheit, die im Kontext des Daseins des Silbernen Zeitalters eingebracht werden, erscheint im Bildzyklus Herkules, der zwischen

■ 34

Ovid, *Metamorphose*, I, 116–118.

■ 35

Christine Tauber, *Stilpolitik in Palazzo del Te in Mantua*, in: Dietrich Erben et al. (Hg.): *Politikstile und die Sichtbarkeit des Politischen in der Frühen Neuzeit*, Passau 2016, S. 109ff.; Egon Verheyen, *Die Malereien in der Sala di Psiche des Palazzo del Te*, S. 45ff, in: *Jahrbuch der Berliner Museen*, Bd. 14, 1972, S. 33–68.

■ 36

Bauer-Wild 1989, S. 42.

■ 37

Ebd., S. 45.

■ 38

Ebd., S. 42.

■ 39

August Buck, *Der Orpheus-Mythos in der italienischen Renaissance*, Krefeld 1961, S. 14.

Tugend und Laster stand und sich dazu entschied für Gerechtigkeit, Ordnung und Frieden zu kämpfen. In dieser Hinsicht steht er mit der anderen Darstellung des Orpheus unter den Tieren in Zusammenhang. Die Musik von Orpheus, der für die »sittigende Wirkung des Wortes« ³⁹ steht, verwandelt den rohen Naturmenschen in den gebildeten Kulturmenschen.

J.6 Die neue Rekonstruktion der Saalgeometrie

Im Seminar »Architektur der Spätrenaissance in 3D. Die digitale Rekonstruktion wir ein Werkzeug der Kunstgeschichte«, das im Sommersemester 2019 an der Ludwig-Maximilians-Universität München stattfand, wurde die Frage gestellt, wie die Gemälde ursprünglich an der Decke angebracht gewesen sein konnten. Für die Rekonstruktion der Decke gibt es außer den Gemälden selbst wenige Anhaltspunkte. Max Goering vermutete, dass die gesamte Decke vermutlich durch Stuck- oder Holzrahmungen gegliedert war. Wegen der Form der Trapeze sowie der perspektivischen Gestaltung der seitlichen Bilder ist eine große Wölbung im Saal unmöglich. Es gibt daher zwei Möglichkeiten: Entweder war der Saal mit einer geringen Wölbung und mit Stuckstichkappen ausgestattet oder mit einer flachen Decke versehen. ⁴⁰

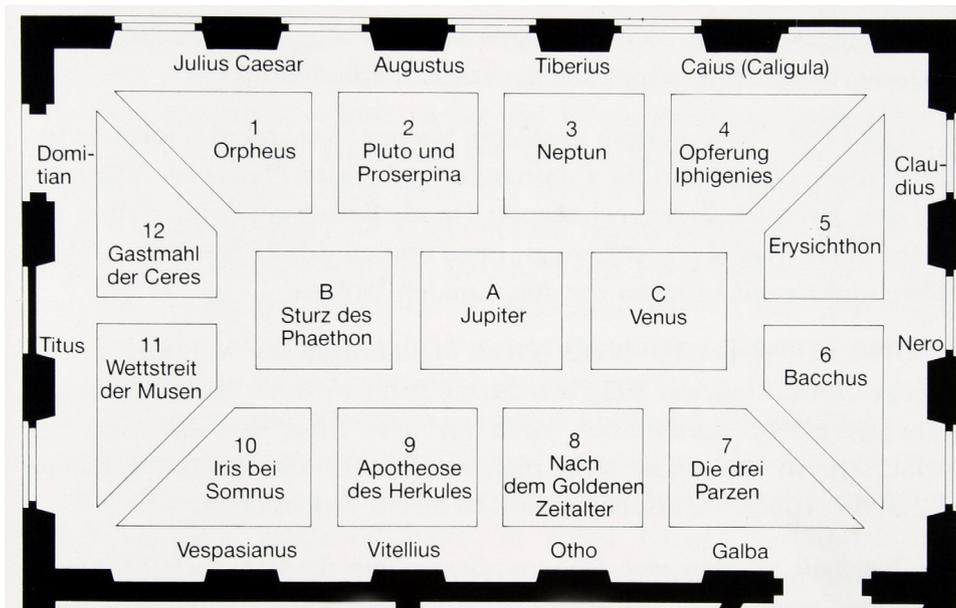
■ 40

Goering 1930, S. 222.

Die Rekonstruktion von Anna Bauer-Wild aus dem Jahr 1989 zeigt einen Grundriss mit der Verteilung der Deckenbilder ²² sowie eine Fotomontage ²³. Daraus entwickelte sich die Theorie, dass es im Lusthaus ursprünglich eine flache, kassettierte Decke gegeben hat, die regelmäßig durch Balken in kleinere Felder unterteilt war, auf denen dann die Gemälde angebracht wurden. ⁴¹ In der *Sala degli Elementi* im Palazzo Vecchio in Florenz zeigt sich eine ähnliche kassettierte Decke mit Feldern in Trapez- und Polygon-Form, die ein regelmäßiges, geschlossenes Muster bilden. Dass die Deckenmalerei des Lusthauses zu dieser Kategorie gehört, scheint aber fragwürdig zu sein.

■ 41

Bauer-Wild 1989, S. 33.



□ 22

Rekonstruktion Anna Bauer-Wild, Grundriss, in: *Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland*, Bd. 3,2, Freistaat Bayern, Regierungsbezirk Oberbayern: Stadt und Landkreis München; 2, Profanbauten, München 1989, S. 33.

:



□ 23
Rekonstruktion Anna Bauer-Wild,
Fotomontage, in: Corpus der barocken
Deckenmalerei in Deutschland, Bd. 3,2,
Freistaat Bayern, Regierungsbezirk
Oberbayern: Stadt und Landkreis
München; 2, Profanbauten, München
1989, S. 34.

Im Folgenden begründe ich meine Überlegungen zu einer neuen Rekonstruktion der Decke. Ausgangspunkt meines Rekonstruktionsvorschlags ist der Versuch, die hochauflösenden Fotografien aus dem Bildarchiv Foto Marburg der Philipps-Universität Marburg mit dem rekonstruierten Grundriss des Saals in Einklang zu bringen. Bei diesem Versuch ist aufgefallen, dass die Gemälde – insbesondere im Bereich der Ecken – sehr eng zusammengedrängt angebracht gewesen wären, beziehungsweise sich sogar überschneiden hätten. Außerdem hätten die Kanten der trapezförmigen Bilder nicht immer parallel laufen können, sondern einen spitzen Winkel gebildet. Diese Erkenntnis spricht gegen die Vermutung von Anna Bauer-Wild, dass es sich hier um eine flache Decke mit zwischen den Bildern befindlichen Balken gehandelt habe.

Wenn man die Messdaten sowie die Abbildungen bei Goering und Bauer-Wild betrachtet, ist festzustellen, dass die acht trapezförmigen Bilder fast gleichförmig sind: die Höhe beträgt 2,53m, während die untere Grundlinie 4,05m bis 4,09m misst. Die Länge der oberen Grundlinie ist nicht bekannt. Der Spitzwinkel des Trapezes misst ungefähr 50°, mit dem die obere Grundlinie ungefähr als 1,92 m zu berechnen ist. Dies entspricht der Vermutung von Max Goering, der die Gemälde vor Ort gesehen hatte und der berichtet, dass die obere Grundlinie der trapezförmigen Gemälde ungefähr 2m messe. ⁴²

■ 42
Goering 1930, S. 218.

Mein neuer Rekonstruktionsvorschlag basiert auf der oben genannten Grundlage: Es könnte sich um eine Decke in Form eines Pyramidenstumpfes mit leichter Erhöhung in der Mitte gehandelt haben, wo drei rechteckige Gemälde angebracht wurden. Der umlaufende Bildzyklus wurde um diese Erhebung herum angebracht. Mit der räumlichen Erhöhung wurde vermutlich auch eine verbindende inhaltliche Struktur gebildet, sodass die drei mittigen Bilder, die einen Blick in den Himmel zeigen, als Einheit wirken. Eine solche Struktur ermöglicht auch, dass das mittlere Feld ein optisches Zentrum darstellt. Aufgrund der zahlreichen Beschreibungen ist zu vermuten, dass die Darstellung des Jupiters in Hinsicht auf Position, Perspektive und ikonographischem Gesamtprogramm, aber auch die Deckenkonstruktion eine zentrale Stelle übernehmen sollte, damit das Gemälde – obwohl dessen Format nicht größer als die seitlichen Bilder ist – aus seinem Kontext heraussticht.

Die weitere Ausstattung, wie z. B. die Rahmen der Bilder, ist wegen fehlender Belege nicht zu rekonstruieren. Die Verteilung der Bilder wäre mit Giorgio Vasaris Sala di Giovanni dalle Bande Nere ²⁴ oder Sala di Clemente VII im Palazzo Vecchio zu vergleichen. In der Landshuter Stadtresidenz gibt es auch einige Räume, wie z. B. das Bacchuszimmer ²⁵, mit einer mittigen Erhöhung. Die Anwendung der Leinwand für die Deckenausstattung ist typisch für die venezianische Deckenmalerei, wo man wegen der Feuchtigkeit und der Bedrohung durch Wasserschäden die Decken weniger mit Fresken versehen hat, sondern auf Leinwänden gemalt hat, die auf der Decke angebracht wurden. Es lassen sich solche **quadri riportati** aber auch in Nürnberg finden, wo Georg Pencz 1534 die Decke des Hirschvogelsaals ²⁶ mit 20 bemalten Leinwänden gestaltete.



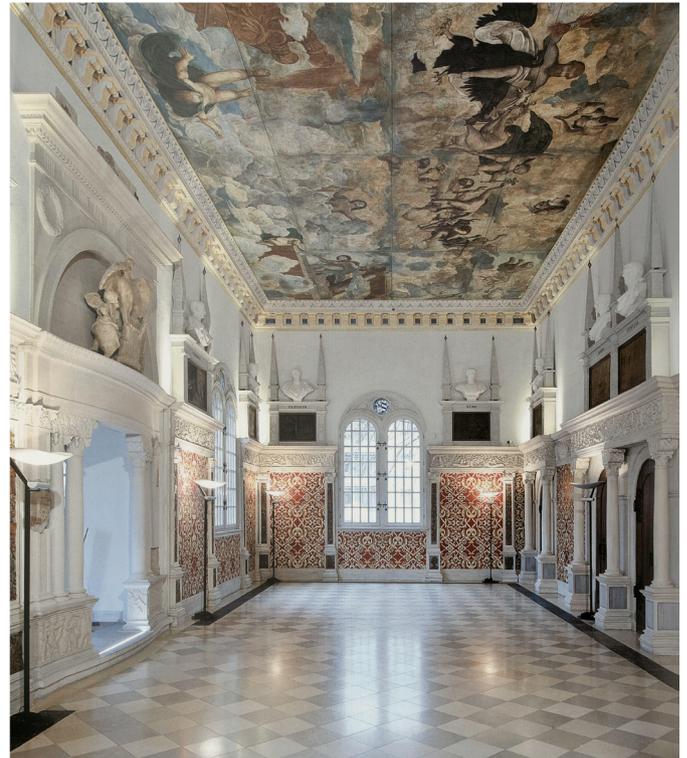
□ 24

Giorgio Vasari, Sala di Giovanni dalle Bande Nere, Palazzo Vecchio, in: Ugo Muccini, Palazzo Vecchio. Itinerario Storico-Artistico, a cura di Alessandro Cecchi, Firenze 1989, S. 71.



□ 25

Ludwig Refinger, Bacchuszimmer, Stadtresidenz Landshut, in: Ausst. Kat. Landshut, Ewig blühe Bayerns Land. Herzog Ludwig X. und die Renaissance, Stadtresidenz Landshut, 28. Mai bis 27. September 2009, 1. Aufl., Regensburg 2009, S. 141.



□ 26

Georg Pencz, Hirschvogelsaal, in: Ulrike Berninger (Hg.), Ave Caesar. Die Antiken-ausstattung des Hirschvogelsaals in Nürnberg, Petersberg 2017, Abb. 2.

J.7 Illusionistische Deckenmalerei als neuer Typus in Bayern

Die Bemühung, die drei mittleren Bilder zu betonen, geht nicht nur von einer leicht erhöhten Struktur der Decke aus. Die strenge perspektivische Komposition in absoluter Untersicht beherrscht das mittlere Bildfeld, was zudem einen beeindruckenden illusionistischen Effekt erzeugt. Durch die Deckenmalerei öffnet sich die Decke in den Himmel. Eine solche illusionistische Himmelsdarstellung mit mythologischen Figuren und Szenen steht in der Tradition der italienischen Deckenmalerei.

Die Italienrezeption ist vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen Verbindungen des Hauses Wittelsbach zu den Gonzaga nach Mantua zu sehen, denn Federico I. Gonzaga von Mantua heiratete 1463 Margarete von Bayern. Diese neu geknüpfte Verwandtschaft begünstigte einen engen wirtschaftlichen und kulturellen Austausch. Als einer der bedeutendsten Höfe für die Entwicklung von Kunst und Wissenschaft in Italien seit der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts hatten die Gonzaga mit ihren erstrangigen Künstlern und Gelehrten eine Vorreiterrolle inne und somit das Interesse der Wittelsbacher geweckt.⁴³ Insbesondere das Kunstschaffen in Mantua hatte eine starke Wirkung auf die Kunstentwicklung in Bayern. So empfahl Ludwig X. 1534 in einem Brief an Federico II. Gonzaga einen Maler, der bei ihm tätig war, damit dieser Maler die italienische Malerei vor Ort und direkt bei Giulio Romano lernen könne.⁴⁴ Die Eindrücke einer Italienreise Ludwigs X. im Jahr 1536, die durch zwei Briefe an Wilhelm IV. überliefert ist, legen die Grundlage einer einschlägigen Italienrezeption im Herzogtum Bayern.⁴⁵ Sie führte sogar zu einer Planänderung der Stadtresidenz Landshut zwischen 1536 und 1543, damit ein »italienischer Bau« entstand, in dem die Maler Herman Posthumus, Hans Bocksberger d. Ä. und Ludwig Refinger für die Ausmalung zuständig waren.⁴⁶ Diese Malergeneration, die erste Erfahrung mit dem fortgeschrittenen Stil und Technik aus Italien – vor allem aus dem damaligen Mantua – gemacht haben, verbreiteten die Grundidee der italienischen Deckenmalerei in Bayern weiter.

■ 43

Roberto Sarzi, *Neue Forschungen zur Baugeschichte der Landshuter Stadtresidenz*, in: *Verhandlungen des Historischen Vereins für Niederbayern*, Vol. 110/111 1984, S. 128ff.

■ 44

»[...] et perche il perfato mio servitore e molto desideroso di vedere et imparare el modo del depenzere italiano«, Brief von Ludwig X. an Federico Gonzaga, 11.09.1534, busta Nr. 514, zitiert von: Sarzi 1984, S. 130. Der Studienaufenthalt eines Malers deutscher Herkunft in Italien ist auch von Vasari nachgewiesen, der in seiner Schrift über die Vorbereitung für den Besuch Karls V. in Rom 1536 von einem Maler »Martino« besprochen hat, der mit »anderen jungen deutschen (war), die auch nach Rom gekommen waren, um zu lernen...« (Giorgio Vasari, *Le vite de' più eccellenti pittori, scultori e architetti*, Tomo IV, Sansoni, Firenze 1881, S. 573; zitiert von: Sarzi 1984, S. 131).

■ 45

Sarzi 1984, S. 132ff.; Kaepppele 2003, S. 64ff.

■ 46

Kaepppele 2003, S. 65ff.

■ 47

Seit Giotto war die Bestrebung nach wirklichkeitsnahem Realismus bei räumlichen Darstellungen in der italienischen Renaissance markant. Schon Paolo Uccello und Masaccio haben versucht, die Raumtiefe durch Zentralperspektive zu schaffen. Donatello, der die vielseitigen Möglichkeiten der Perspektive untersuchte, schuf eine neue Raumfassung mit illusionistischen Effekten und setzte sie in seiner Bildhauerkunst ein. In Albertis Traktat über die Malerei wurde ein wissenschaftlich-theoretisches Fundament der mathematisch konstruierbaren Perspektive geschaffen, die seit Filippo Brunelleschi bekannt war.

■ 48

Katharina Lauinger, Italienische Deckenmalerei. Die Ausgestaltung der Camera degli Sposi, Warschau 2011, S. 23ff.

Nachdem in Italien im frühen 15. Jahrhundert alle theoretischen und praktischen Voraussetzungen der perspektivischen Malerei geschaffen worden waren ⁴⁷, gelang es Andrea Mantegna in der Decke der Camera degli Sposi (1465–1474) im Herzogspalast Mantua, einen illusionistischen Blick durch einen gemalten Okulus auf den bewölkten blauen Himmel freizugeben. Der reale Raum erweiterte sich hier zum ersten Mal über seine architektonischen Grenzen hinweg weit nach oben in den Himmel. ⁴⁸ 1534 entwarf Giulio Romano die Decke der Sala di Psiche ²⁷ im Palazzo del Te ebenfalls als einen wolkgigen Himmel, der durch Stuck in kleine Felder gegliedert wurde. Nördlich der Alpen erschien eine gemalte Himmelsöffnung im Bacchuszimmer der Landshuter Stadtresidenz, deren Bemalung um 1542 zu datieren ist.



□ 27

Giulio Romano, Sala di Psiche, Decke (Detail), Palazzo del Te, in: Julian Kliemann, Michael Rohlmann, Wandmalerei in Italien. Die Zeit der Hochrenaissance und des Manierismus 1510–1600, S. 303 (Tafel 126).

■ 49

Brigitte Langer, Thomas Rainer (Hg.),
Neuburg an der Donau, Kunst &
Glauben. Ottheinrichs Prachtbibel und
die Schlosskapelle Neuburg, Schloss
Neuburg, Ausstellungskatalog,
Regensburg 2016, S. 148.

Die Münchner Deckenbilder folgen der Tradition des »illusionistischen Himmelblicks«, dessen Effekt sich weiterhin durch perspektivisch gemalte Figuren verstärkt. Als Vergleichsbeispiel kann die Darstellung der Christi Himmelfahrt herangezogen werden, die 1520/24 von Correggio in der Kuppel der Kirche San Giovanni Evangelista in Parma gemalt wurde [28]. In Froschperspektive bewegt sich Christus über dem Betrachter aufwärts in die himmlische Sphäre. Die Komposition wurde 1543 im Entwurf der Ausmalung der Schlosskapelle Neuburg an der Donau von Hans Bocksberger d. Ä. rezipiert [29]. Zum ersten Mal wird nördlich der Alpen eine Darstellung in solchem Realitätsanspruch verwirklicht, [49] die auch als mustergültig für die schwebende und bewegte Jupiter-Darstellung in der Bildmitte des Lusthauses gilt. Jupiter, der auf dem Adler sitzt und seine Blitze hinunter schleudert, fungiert auch häufig als Hauptfigur der illusionistischen Deckenmalerei in Italien. Im Palazzo del Te gestaltete Giulio Romano am Ende der Raumflucht im südlichen Ecksaal die Szene des Gigantensturzes, in der der Blitze schleudernde Jupiter durch seine Position und Haltung großes Chaos und Schrecken verursacht. Eine weitere, ebenso spektakuläre Darstellung des Gigantensturzes befindet sich im Palazzo Porto in Vicenza, wo Domenico Brusasorci in der Mitte seiner Darstellung des Gigantensturzes im Palazzo Porto einen auf dem Adler sitzenden Jupiter schuf.



□ 28

Correggio, San Giovanni Evangelista,
Kuppel, in: Rolf Toman (Hg.), Die Kunst der
italienischen Renaissance. Architektur,
Skulptur, Malerei, Zeichnung,
Köln 1994, S. 385.



□ 29
Hans Bocksberger d. Ä., Schlosskapelle Neuburg an der Donau, Decke, in: Reinhard H. Seitz, Die Schlosskapelle zu Neuburg a. d. Donau. Einer der frühesten evangelischen Kirchenräume, Weißhorn 2016.

J.8 Die Malerfamilie Bocksberger im Kontext

Die Deckengemälde des Lusthauses sind bei Westenrieder (1782), Hübner (1803) und Lipowsky (1810) als ein Werk der Malerfamilie Bocksberger identifiziert worden und wurden seit Goering (1930) Melchior Bocksberger zugeschrieben. **50** Diese vielbeschäftigte, für ihre Zeit sehr bedeutende Malerfamilie aus Salzburg hat nur spärliche Quellen hinterlassen. Der bekannteste Maler, Hans Bocksberger d.Ä., wurde von Joachim von Sandrart in der Kategorie der alten hochdeutschen Meister aufgelistet und als ein Maler »im Geistreichtum« verehrt. **51** Als er für Ottheinrich von Pfalz-Neuburg arbeitete, war er um 1543 für die Ausmalung der Hofkapelle des Schlosses Neuburg tätig. **52** Bei der Ausschmückung des »italienischen Baues« der Landshuter Stadtresidenz (1542–1543) gehörte Hans Bocksberger d. Ä. zu den drei bestbezahltesten Malern. **53** Das Verwandtschaftsverhältnis des Melchiors zu Hans Bockberger d.Ä. ist anhand der wenigen Quellen nicht näher zu bestimmen. Nachgewiesen sind nur sein Erwerb des Meisterrechts bei der Münchner Malerzunft im Jahr 1559 und Steuerzahlungen, die vorweisen können, dass er sich in der Folgezeit in München niedergelassen hat und in den Jahren 1560 bis 1573 als Hofmaler zahlreiche Aufträge erhielt, z. B. für die Ausmalung des Schlosses Dachau und des Schlosses Isareck. **54** Zahlreiche Zeichnungen, die für die Ausmalung des Rathauses in Regensburg entstanden, wurden als Werke Melchiors bestimmt. Das Leinwandbild **Elias fährt gen Himmel**, das sich im Depot der Alten Pinakothek befindet, wurde auch mit ihm in Zusammenhang gebracht. **55**

■ 50
Westenrieder 1782, S. 62; Hübner 1803, S. 354; Lipowsky 1810, S. 30; Goering 1930, S. 215f.

■ 51
TA 1675, I, Buch 3 (Malerei), S. 57.

■ 52
Erich Steingräber, Die freigelegten Deckenmalereien in Neuburg an der Donau, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege 10, 1952, S. 128ff.; Kaeppele 2003, S. 40ff.

■ 53
Zitiert von: Goering 1930, S. 196.

■ 54
Goering 1930, S. 226; Kaeppele 2003, S. 161f.

■ 55
Goering 1930, S. 226.

Anhand von übereinstimmenden stilistischen Merkmalen lässt sich erkennen, dass Melchior bei Hans Bocksberger d.Ä. gelernt hat. Wenn man die menschlichen Darstellungen bei Melchior und Hans Bocksberger vergleicht, kann man in ihren Werken immer kräftige, manchmal etwas derbe Figuren finden. Die Münchner Deckengemälde zeigen spärliche Bewegungsmotive und manchmal fehlerhafte Drehungen. Das Pferd im Leinwandbild **Elias fährt gen Himmel** wurde fast identisch wie die Pferde bei dem Sturz des Phaethons im Lusthaus-Deckengemälde gestaltet. Diese Ähnlichkeit unterstützt die Vermutung, dass er beim Entwurf verschiedene Vorlagen und Modellfiguren benutzt hat.

Nicht zu übersehen sind weiterhin viele motivische und stilistische Zusammenhänge zwischen den beiden Malern Bocksberger und der Malerschule des Giulio Romanos in Mantua. Hans Bocksberger d. Ä. schuf die Deckenfresken in der Schlosskapelle in Neuburg an der Donau mit Dekorationsformen, die sich an den Dekorationsformen der italienischen Hochrenaissance orientieren. ⁵⁶ Der sogenannte »italienische[n] Bau« der Landshuter Residenz folgt dem Gesamtkonzept des italienischen Renaissance-Palazzo und knüpft in vielerlei Hinsicht an die Malerei von Giulio Romano im Palazzo del Te an. Motivisch entspricht der Sturz des Phaethon im Lusthaus der Deckenmalerei in der **Sala delle Aquile** im Palazzo del Te: Phaethon ist an prominenter Stelle, in absoluter Untersicht und in radikaler Verkürzung dargestellt, während er an der Seite der sich aufbäumenden Pferde in die Tiefe stürzt. Die stilistischen und ikonographischen Übereinstimmungen deuten auf eine intensive Auseinandersetzung mit dem Kreis Giulio Romano hin. Es könnte entweder ein direktes Lehrer-Schüler-Verhältnis vorhanden gewesen sein, oder auf einen Studienaufenthalt hinweisen, den Hans oder auch Melchior Bocksberger genutzt haben könnte, um viele Innovationen der norditalienischen Deckenmalerei vor Ort zu studieren und zu skizzieren, die sie später in ihren eigenen Entwürfen umsetzten.

■ 56
Kaeppele 2003, S. 40ff.

J.9 Fazit

Die Einordnung der Malerei Bocksbergers in vergleichbare Werke des 16. Jahrhunderts kann dabei helfen, die Qualität und den Anspruch des verlorenen Zyklus zu verstehen. Die virtuelle Rekonstruktion ³⁰ erlaubt es, die räumliche Anordnung der Malerei wesentlich präziser zu fassen und einen Eindruck von der Kunst des Malers zu gewinnen. In einem weiteren Schritt wären die übrigen Elemente der Ausstattung zu berücksichtigen, um auf diese Weise zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit der Funktion des Raumes zu gelangen, für die die vorliegenden Ausführungen lediglich als Vorarbeit dienen können.

□ 30

Jan Lutteroth, 3D-Modell des Lusthauses,
Detail: Decke.





K. Zur Kopfhaltung bei der Betrachtung von Deckenmalerei

→ Deckenmalerei, himmelnder Blick,
Kopfhaltung, Rezeptionsästhetik,
Sant'Andrea della Valle, Vertikalsicht

In diesem Beitrag wird die Kopfhaltung bei der Betrachtung von Deckenmalerei untersucht. Zwangsläufig muss die Sicht verlagert werden, um Fresken an einer Decke zu betrachten. Diesem wesentlichen Faktor der Rezeption ist bislang kaum Beachtung geschenkt worden. Am Beispiel von Sant'Andrea della Valle zeigt dieser Aufsatz, inwieweit die Figuren des Kuppelbildes sowie der Pendentifzone die Vertikalsicht der Betrachterin anleiten. Emporschauende Bildfiguren vermitteln gleich einem »Relais« (Ganz 2003) oder als »Prologsprecher« (Brosette 2002) zwischen Kirchenraum und Bildraum und leiten an, es ihnen gleichzutun. Während sich die Haltung der Bildfiguren ikonographisch als eine Hinwendung zum Göttlichen deuten lässt, drängt sich diese Deutung über den Weg der Anleitung auch für die Betrachterinnenhaltung auf. Besucherinnen sind gewissermaßen performativ angeleitet, mit den Figuren die Schau gleich einer Verehrungshaltung zur Decke zu richten. Es ist daher anzunehmen, dass die hier besprochene Kopfhaltung als Resultat künstlerischer Entscheidungen geplantes Mittel gegenreformatorischer Bildpolitik ist.

Die Betrachtung von Deckenmalerei ist grundsätzlich mit einer unangenehmen und schwindelerregenden Untersicht verbunden. Es sei denn, wir betrachten sie durch Spiegel, die zur angenehmeren Betrachtung aufgestellt werden. Die Entscheidung, Malerei an eine Decke anzubringen, stellt die Betrachterin **01** des Bildwerks vor die Aufgabe, es in einer ungewöhnlichen Haltung wahrzunehmen. Die Verlagerung des Kopfes in den Nacken beim Aufschauen zum Deckenbild verändert die Wahrnehmung der Vertikalen und damit, wie wir die Ordnung des Raumes überhaupt wahrnehmen. Bemerkenswerterweise wird diesem Umstand in der Interpretation von Deckenmalerei kaum Rechnung getragen. Aufschauend begegnen wir in Deckenfresken oft einer Figuration, die unseren aufschauenden Gestus spiegelt und uns anleitet, es ihr gleichzutun. Im Folgenden werde ich zeigen, inwiefern die Kopfhaltung der Betrachterin für das Verstehen gegenreformatorischer Deckenmalerei von Bedeutung sein kann.

Für die Interpretation eines Deckenbildes und seine Darlegung ist man auf Medien zur Darstellung angewiesen. Dies reicht von einer fotografischen Aufnahme des Freskos bis hin zu einer phänomenal begehbaren Virtual-Reality. In jedem Fall wird man sich bemühen – sowohl für seine Schlüsse als auch für die Didaktik – die Reproduktion nur als Stütze zu gebrauchen. Einige Fragen ergeben sich oft jedoch erst aus der Betrachtung solcher Abbildungen. Bei einer flachen fotografischen Reproduktion drängen sich bestimmte Eigenschaften des Kunstwerks stärker auf als andere. Der mittelbare Zugang zu den Werken unterliegt der Norm der Zweidimensionalität. Das führt im Fall der Deckenmalerei zum Fokus auf **Sinneffekte** wie der Ikonographie. Sie lassen sich in der fotografischen Reproduktion sehr viel besser untersuchen als vor Ort, wo man unbequem den Kopf in den Nacken legen muss. Die Deckenmalerei befindet sich nicht in einem luftleeren, körperlosen Raum, sondern sie ist in einem architektonisch gestalteten Gefüge situiert. Die fotografische Reproduktion abstrahiert nicht nur von der oftmals räumlichen Kuppelform, sondern auch von den zeitlichen Bedingungen, die mit der Betrachtung von verschiedenen Standpunkten einhergehen. In der Regel nimmt man zur Betrachtung eines Deckenbildes verschiedene Standpunkte ein und unterschiedliche Haltungen. Vor Ort spielen neben **Sinneffekten** eben solche **Präsenzeffekte** **02** der Bewegung und Positionierung der Betrachterin im Raum eine besondere Rolle. Auf diesen Umstand hat die Literatur der vergangenen 20 Jahre vermehrt aufmerksam gemacht. Zentral für diese Neuausrichtung ist die Überlegung, dass der Leib **03** und damit die Bewegung der Betrachterin in der Rezeption des Kunstwerks berücksichtigt werden muss. **04** Herausragend ist in der neueren Literatur Svetlana Alpers' und Michael Baxandalls Erörterung der Fresken in der Würzburger Residenz, **Tiepolo and the Pictorial Intelligence**. **05** Sie beschreiben nicht nur die unterschiedlichen Betrachterinnenstandpunkte und Blickpunkte, von denen das Deckenbild nie vollständig erfasst werden kann, sondern berücksichtigen gar die Veränderung des Lichteinfalls je nach Jahres- und Tageszeit. In **Andrea Pozzo und die Videokunst** macht Felix Burda-Stengel auf die Wichtigkeit der Kinästhetik bezüglich der Deckenmalerei in **Sant'Ignazio** aufmerksam. Das Annähern und Entfernen vom perfekten linearperspektivisch konstruierten Augpunkt ermöglichen, so Burda-Stengel, ein Ein- und Ausschalten des Quasi-Wunders in Form der Deckenmalerei. **06** David Ganz zeichnet in **Barocke Bilderbauten** narrative Strukturen in den Bildensembles römischer Kirchen des 17. Jahrhunderts nach.

■ **01**

Ich verwende in diesem Text das generische Femininum.

■ **02**

Vgl. Hans Ulrich Gumbrecht, *Diesseits der Hermeneutik. Die Produktion von Präsenz*, Frankfurt am Main 2004. Vgl. Dieter Mersch, *Ereignis und Aura. Untersuchungen zu einer Ästhetik des Performativen*, Frankfurt am Main 2002.

■ **03**

Leib meint hier gemäß der Phänomenologie den empfundenen und gelebten Körper, nicht den Körper als Gegenstand. Zur Unterscheidung Leib/Körper: vgl. Dietmar Kamper, »Körper«, in: Karlheinz Barck u.a. (Hg.), *Ästhetische Grundbegriffe*, Stuttgart 2010, S. 426–450, insb. S. 428–430; vgl. Maurice Merleau-Ponty, *Phänomenologie der Wahrnehmung*, Berlin 1966, S. 89 ff.

■ **04**

Vgl. David Ganz, Stefan Neuner, *Mobile Eyes. Peripatetisches Sehen in den Bildkulturen der Vormoderne*, München 2013. Vgl. August von Schmarsow, »Über den Werth der Dimensionen im menschlichen Raumgebilde«, in: *Bericht über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*, 47, Leipzig 1895, S. 44–61.

■ **05**

Vgl. Svetlana Alpers, Michael Baxandall, *Tiepolo and The Pictorial Intelligence*, New Haven und London 1994.

■ **06**

Vgl. Felix Burda-Stengel, *Andrea Pozzo und die Videokunst. Neue Überlegungen zum barocken Illusionismus*, Berlin 2001, S. 22f. und S. 102.

■ 07

David Ganz, *Barocke Bilderbauten. Erzählung, Institution und Illusion in römischen Kirchen 1580–1700*, Petersberg 2003.

In seinen narratologischen Überlegungen bezieht er sich nicht nur auf die Ikonographien und ihre Vernetzung quer durch das Kirchengebäude, sondern berücksichtigt institutionelle und künstlerische Ansprüche semiotisch im Bildaufbau und seiner Vernetzung. ⁰⁷ Für Ganz ist die Bewegung und mithin Körperlichkeit als eine notwendige Bedingung interessant. Ohne sie könnten die einzelnen Bildteile in ihrer Struktur nicht sinnvoll werden. Diese drei hier kurz benannten Ansätze haben gemein, dass sie die raumzeitlichen Bedingungen der Kunst stärker in den Blick nehmen.

Die Kopfhaltung bei der Betrachtung der Deckenmalerei von **Sant'Andrea della Valle** – um die es im Folgenden gehen wird – fand in dieser Diskussion bislang hingegen kaum Erwähnung. Dabei ist gerade sie zentral für das Medium der Deckenmalerei, das sich dadurch auszeichnet, sich **über mir und nicht vor mir** zu befinden. Die längere Betrachtung der Fresken ist nicht nur schmerzhaft, sondern führt zu einem unsicheren Stand bei der Betrachtung. Von diesen **Präsenzeffekten** abstrahieren wir jedoch. Das flachgedruckte, vor mir liegende Bild, verfälscht die fast ekstatische Haltung unter der Decke und die damit einhergehende Wahrnehmung. Dass die Kopfhaltung bloß eine Nebensache bei der Gestaltung sei, wurde bereits von John Shearman angezweifelt: ⁰⁸ Besonders Künstler haben von der schmerzhaften und unbequemen Nackenstellung Kenntnis gehabt. Michelangelo klagte in einem Sonett über die Schmerzen bei der Ausmalung der **Cappella Sistina**:

»[...] La barba al cielo, e la memoria sento
in sullo scrigno, e `l petto fo d'arpia,
e `l pennel sopra `l viso tuttavia
mel fa giocciando, un ricco pavimento [...]« ⁰⁹

■ 08

Vgl. John Shearman, *Only Connect. Art and the Spectator in the Italian Renaissance*, Princeton 1992, S. 149ff.

■ 09

Gottlob Regis, *Michelangelo's Gedichte*, Berlin 1842, S. 291.

Bei der Ausmalung, die sich über Jahre hinzog, muss das Alltagsleiden auch in die Planung eingegangen sein. Wir können davon ausgehen, dass es teils eine Maßhaltung der architektonischen Proportionen und der Ausstattung sowie der daraus resultierenden Kopfhaltungen gegeben hat. Künstler haben möglicherweise versucht, eine zu starke Verrenkung der Betrachterin zu vermeiden. Hierauf verweist eine im Reisetagebuch überlieferte Aussage Berninis, der empfiehlt, die Höhe, Breite sowie die Wölbung einer Kirche so zu proportionieren, dass die Sicht nicht zu unbequem werde. ¹⁰ Weiter illustriert er dies – wie so oft – mit einer Anekdote:

»Einst sei einem Architekten eine Kirche gezeigt worden, die stark überhöht war. Aus Protest habe er seinen Mantel mitten auf dem Kirchenboden ausbreiten lassen, anders sei ihm diese Betrachtung zu unbequem.« ¹¹

■ 10

Vgl. Paul Fréart de Chantelou, *Bernini in Paris. Das Tagebuch... über den Aufenthalt Berninis am Hof Ludwig XIV.*, hrsg. v. Pablo Schneider u. Philipp Zitzlsperger, Berlin 2006, S. 29.

■ 11

Ebd.

Die Betrachtung des an der Decke angebrachten Freskos erfordert unweigerlich, dass ich meinen Kopf in den Nacken lege, die Augen nach oben wende. Mein Stand ist unsicher, taumelnd, das Sichtfeld vom Rest des Raumes abgewandt. Die etwaige Größe und Unklarheit des gesamten Freskos verlangt für eine vollständige Betrachtung, lange in dieser Stellung zu verhar-

ren. Bewege ich mich in dieser Kopfhaltung durch den Raum, bin ich geradezu orientierungslos. Mein Blick ist ausschließlich auf das Sujet gerichtet.

Die körperliche Erfahrung bei der Betrachtung von Deckenmalerei kann versuchsweise so beschrieben werden: Während ich aufschau, gerate ich in einen schwindelerregenden Zustand. Es ist kein Drehschwindel, der mich völlig überwältigt, sondern eine Art Schwankschwindel, unter dem ich nicht die Kontrolle verliere, mich aber in einer unsicheren Lage wiederfinde. Während dieses unsicheren Aufblickens empfinde ich meinen eigenen Leib anders als im Moment der Perzeption eines Tafelbildes auf Augenhöhe. Gerade oder leicht aufschauende Haltungen können als gewöhnlich bezeichnet werden. Die **Horizontalsicht** begünstigt es, ein Bildfeld konzentriert zu erfassen. Die **Vertikalsicht** hingegen beeinträchtigt die fokussierte Betrachtung und verlagert meine Aufmerksamkeit partiell auf die Propriozeption, das heißt, auf die Wahrnehmung und Empfindung des eigenen Körpers. Dass mein Leib für mich »anwesend« wird, bedeutet nicht zwangsläufig, dass ich registriere, wie er meine Wahrnehmung beeinflusst. ¹² Das heißt, ich werde auch unabhängig meiner gerichteten Betrachtung des Deckenbildes von Affekten und Empfindungen beeinflusst, die aus der Haltung resultieren. Diese Tatsache verändert meine herkömmliche Wahrnehmung oder schränkt sie gar erheblich ein. Dem Leib kommt nur dann besondere Aufmerksamkeit zu, wenn unsere Interaktion mit der Welt in irgendeiner Weise gestört ist. Die Haltung unterhalb des Freskos führt nicht nur zu einer anderen Wahrnehmung der Malerei. Sie kann zu einer anderen Aufmerksamkeit für meinen eigenen Leib führen, was wirkungsästhetisch (gerade im sakralen Kontext) interessant sein kann. Wir können in aller Regel die physische Anordnung unseres Leibes zur Welt korrekt einschätzen. Es kommt jedoch zu erheblichen Abweichungen, wenn der Kopf der Betrachterin nicht aufrecht zur Erde ausgerichtet ist. ¹³ So wundert es kaum, wie die Kunstgeschichte des vorletzten Jahrhunderts wirkungsästhetische Probleme des Barock beschrieb. Der Beschauer vergesse die »enge Begränzung seines Leibes«, seine »Selbstversetzung« lasse ihn »in weitere und weitere Bahnen« entschweben. ¹⁴

Wolfgang Schöne hat 1961 in einem Aufsatz argumentiert, dass die »unbequeme und schwindelerregende« ¹⁵ **Vertikalsicht** nur für wenige Fälle der barocken Deckenmalerei angenommen werden kann. Sie müsse in aller Regel aus der **Schrägsicht** und gerade nicht aus der **Vertikalsicht** betrachtet werden. Auch in einer exzentrischen Schrägsicht nehmen wir jedoch noch immer eine vergleichsweise ekstatische Vertikalsicht ein. Wer sich im Langhaus oder unter der Kuppel einer Kirche (oder auch in einer profanen Architektur) befindet, schaut zumindest zeitweise in der **Vertikalsicht** empor. Dies geht auch aus Schönes Analyse der Sichtpunkte bei der Betrachtung der **Chiesa Nuova** hervor ^[01]. Bei der Betrachtung nehmen wir nicht nur eine, sondern mehrere Sichtpunkte ein. ¹⁶ Anhand eines Längsschnitts zeigt uns Schöne einzelne Standpunkte der Betrachtung der Decke und mithin den Grad der Verrenkung beim Aufschauen. Solche Sichtpunktanalysen sind hilfreich, die Kinästhetik der Werke zu veranschaulichen. Wie auch Perspektivkonstruktionen geben sie Anlass, die **Schräg-** oder **Vertikalsicht** als bewusste Setzung zu begreifen.

■ 12

So beschreibt Sartre den Leib als »unsichtbar gegenwärtig«. vgl. Jean-Paul Sartre, *Das Sein und das Nichts. Versuch einer phänomenologischen Ontologie*, Hamburg 1993, S. 574.

■ 13

Vgl. Horst Mittelstaedt, *A new solution to the problem of the subjective vertical*. *Naturwissenschaften*, 70, 1983, S. 272–281.

■ 14

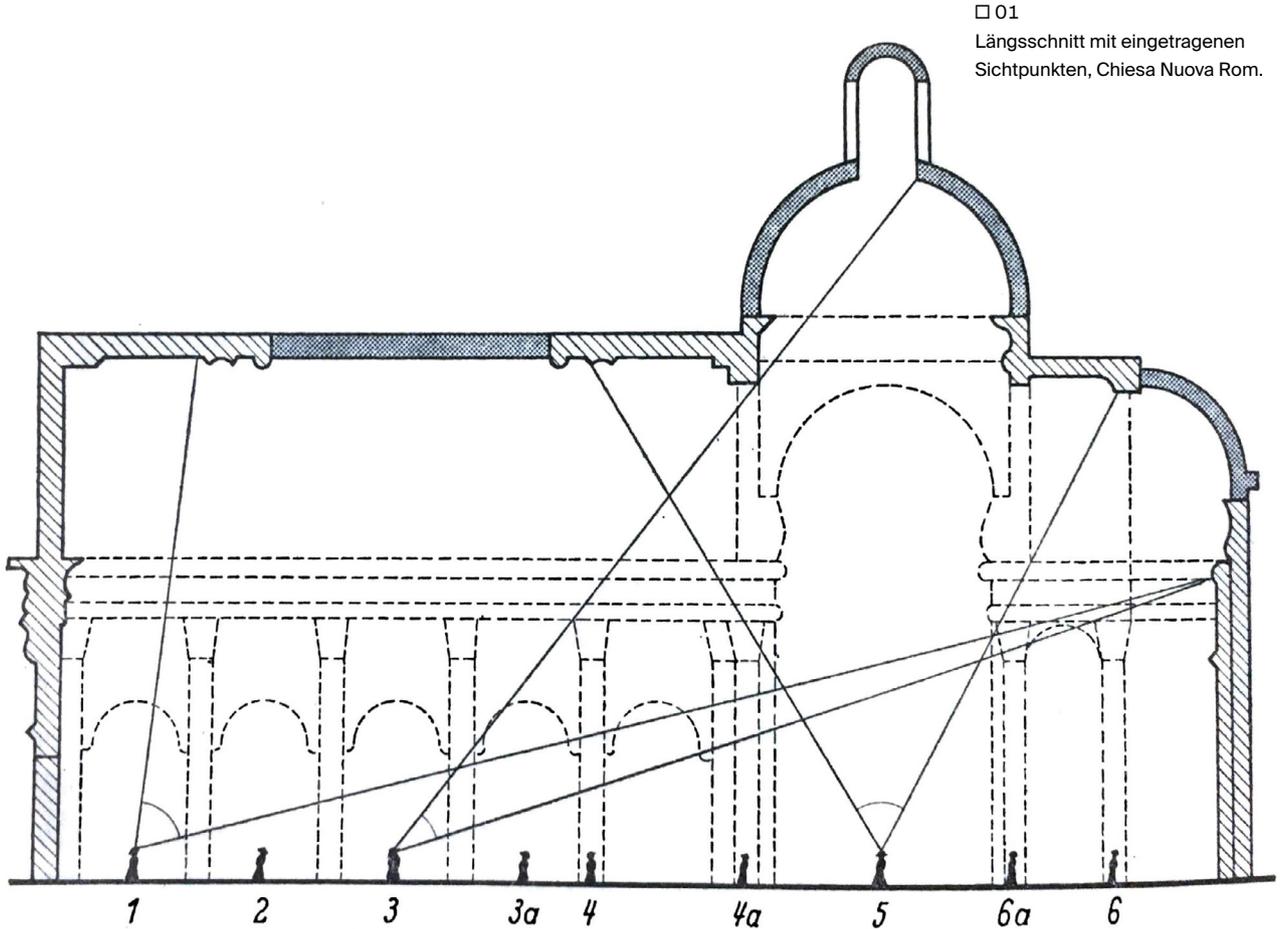
August von Schmarsow, *Barock und Rokoko. Eine kritische Auseinandersetzung über das Malerische in der Architektur*, Leipzig 1897, S. 27.

■ 15

Wolfgang Schöne, *Zur Bedeutung der Schrägsicht für die Deckenmalerei des Barock*, in: Martin Gosebruch (Hg.), *Festschrift Kurt Badt zum Siebzigsten Geburtstag*, Berlin 1961, S. 144–172, hier S. 144.

■ 16

Vgl. Schöne 1961, S. 144.



Neben phänomenologischen Überlegungen zum Leib, die alleinstehend zu allgemein für eine konkrete Interpretation bleiben, ist die Kopfhaltung rezeptionsästhetisch von Interesse. Ich werde mich der Haltung der Betrachterin über den »Umweg« der Bildfigur nähern. Denn die emporblickende Haltung ist motivisch in der Kunst des 17. Jahrhunderts auffällig häufig rezipiert worden und wird durch ihre Referentialität zur Betrachterin eine Grundlage des Verstehens. Ich konzentriere mich im Folgenden auf die Deckengestaltung von Sant'Andrea della Valle [02](#)[03](#).

□ 02

Giovanni Lanfranco, Kuppelfresko,
1621–1625, Sant'Andrea della
Valle, Rom).





□ 03
Domenichino, Andreaszyklus und
Pendentifzone, 1623–27, Blick in den
Innenraum, Sant'Andrea della Valle, Rom.

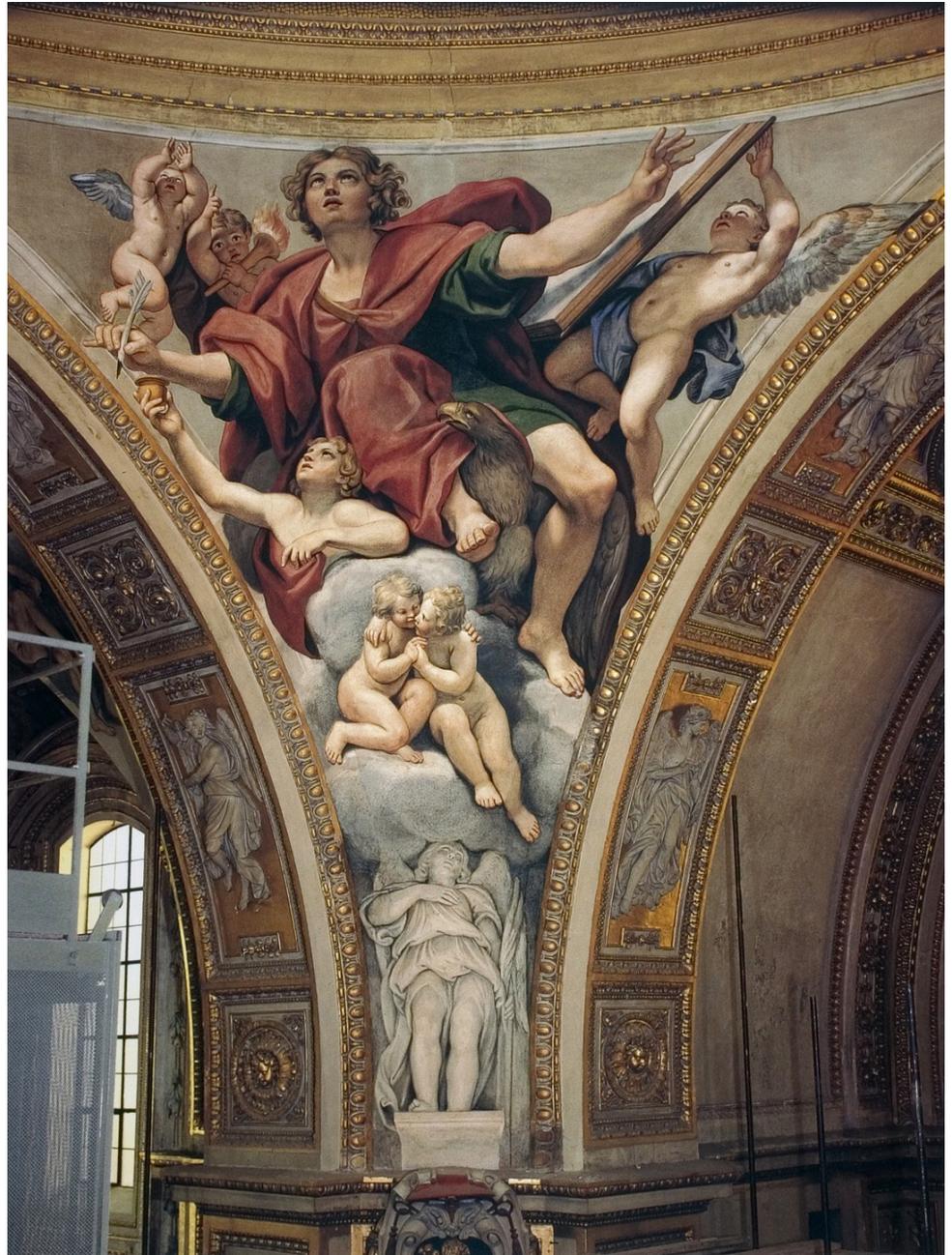
■ 17

Vgl. Ganz 2003; außerdem: Elisabeth Oy-Marra, *Innovation als kritische Revision des Alten. Lanfrancos römische Kuppelfresken*, in: Ulrich Pfisterer, Gabriele Wimböck, Novità. *Neuheitskonzepte in den Bildkünsten um 1600*, Zürich 2011, S. 263–295; Alba Costamagna, *La Cupola di Sant'Andrea della Valle*, in: Erich Schleicher (Hg.), *Giovanni Lanfranco. Un pittore barocco tra Parma, Roma e Napoli*, Milano 2001, S. 71–91; David Ganz, *Öffnungen. Visionäre Himmelsbilder und die Deckenmalerei des Barock*, in: Jörg Jochen Berns, Thomas Rahn, *Projektierte Himmel*, Wiesbaden 2019, S. 284–315.

■ 18

Vgl. Ganz 2003; Maria Grazia Bernardini, *Gli Evangelisti del Domenichino*, in: Alba Costamagna (Hg.), *Sant'Andrea della Valle*, Mailand 2003, S. 195–235.

Eine erschöpfende Analyse der Kuppelfresken ist nicht das Ziel der nachfolgenden Überlegungen, die vielmehr die Position und Haltung der Betrachterin zum Gegenstand haben. In stark geraffter und pointierter Form soll allein die Betrachterinnenposition zum Thema werden. Der dabei unvermeidlichen, eigentlich unverzeihlichen cursorischen Behandlung vieler zentraler Aspekte und Fragestellungen ist sich der Autor bewusst. **17** Die Freskierung des Innenraums der Theatinerkirche in Rom wurde in den 1620er Jahren von den Künstlern Giovanni Lanfranco und Domenichino gestaltet. Lange hat man auf die Rivalität der zwei Künstler hingewiesen. David Ganz zeigte durch die Analyse narratologischer Bezüge wie die Beschreibung von Blickkorrespondenzen, dass es sich um ein Gemeinschaftswerk handelt und die Fresken in der Kuppel und dem Kirchenraum in Beziehung zueinander stehen. Lanfranco malte die Kuppel aus, während Domenichino den Andreaszyklus im Chorraum sowie die Zwickelzone mit den vier Evangelisten ausmalte. **18**



□ 04

Domenichino, Pendentifzone Johannes der Evangelist, 1624–25, Sant'Andrea della Valle, Rom.

Bereits vom Eingang zu sehen, ist auf dem rechten Zwickel der Evangelist Johannes [03][04] dargestellt, der ekstatisch hinaufblickt. Das »jähle Aufschauen« schreibt David Ganz, erscheine

»als sei der junge Autor mitten im Eintauchen seiner Feder eines überwältigenden Anblicks in der Höhe der Vierung gewahr geworden.« [19]

■ 20
Ebd.

■ 21
Wolfgang Kemp, *Kunstwerk und Betrachter. Der rezeptionsästhetische Ansatz*, in: Hans Belting (Hg.), *Kunstgeschichte eine Einführung*, Berlin 2008, S. 247–265, hier S. 256.

■ 22
Vgl. Ursula Brosette, *Die Inszenierung des Sakralen. Das theatralische Raum- und Ausstattungsprogramm süddeutscher Barockkirchen in seinem liturgischen und zeremoniellen Kontext*, Weimar 2002.

Johannes fordert uns auf, es ihm gleichzutun und mit ihm in die hoch oben liegende Kuppel zu schauen. David Ganz beschreibt die Funktion der Figur als ein **Relais**: »Kirchenbesucher können im Schauen der Johannesfigur dabei etwas von ihrem eigenen Schauen wiederfinden.«²⁰ Wolfgang Kemp hat den Begriff des **Relais** als einen »Teil der inneren Kommunikation« definiert, der »zur Rezeptionsvorgabe funktionalisiert wird.«²¹ Die Zwickelfiguren vermitteln in **Sant'Andrea della Valle** zwischen dem Zuschauerraum und dem Bildraum. Ursula Brosette spricht von »Prologsprechern«, um die Verwandtschaft zur dramatischen Inszenierung deutlich zu machen.²² Wir sind, bereits ohne uns unter der Kuppel zu befinden, aufgefordert, den Raum zu durchschreiten und schließlich empor zu schauen. In ^[03] ist gut zu erkennen, wie sich die Kuppel oberhalb des Tambours dem Blick verschließt, während die Schau auf die Zwickelfiguren freiliegt. Der emporblickende Evangelist Johannes ist dabei Vorgabe und Identifikation, und lässt die Wirkung kenntlich werden, die bei der Betrachterin erzielt werden soll. Der Evangelist zeigt in seiner körperlichen Erschütterung gerade diese Affekte, die Vorlage der Wirkungsästhetik sein könnten und bei der Betrachtung ausgelöst werden sollen.



□ 05
Giovanni Lanfranco, Kuppelfresko, Detail, 1621–1625, Sant'Andrea della Valle, Rom.

Dabei komplettiert der unsichere Stand die Wirkung des »Wolkenvertigos«. Johannes, doch auch Figuren im Kuppelfresko selbst leiten an, mit ihnen hinauf zur emporschwebenden Madonna zu schauen [05]. Die einzelnen Figuren stellen nicht nur eine Beziehung zwischen dem Raum und seinen Bildern her, sondern halten die Betrachterin an, auf die gegebenen Figuren und Bezüge zu reagieren und ihre Position nach der Figuration zu wählen, sich also in sie »einzustellen«, mitzumachen. Die Körperhaltung des Johannes [03] steht in einem innerbildlichen Bezugssystem. Im Fall des Evangelisten ist die Kopfhaltung und die körperliche Reaktion gewissermaßen als Demonstrativpronomen oder als Deixis verwendet, die auf die Vision im Himmel zeigt und uns verdeutlicht: »dieses dort oben«. Sie weist aus der Zwickelzone in die darüberliegende Kuppel, in der die Himmelfahrt Mariens dargestellt ist sowie der sie empfangende Christus in der Laterne. Johannes hat eine doppelte Referenz, denn er bezieht sich ebenfalls auf uns. Er zeigt uns, was dort oben liegt und leitet uns zur Betrachtung an. In seinem Schauen können wir etwas von unserem Schauen wiederfinden. Als **Repoussoir** oder **Relais** ist er der Andere, der so ähnlich ist wie ich. Er wird zu einer Identifikationsfigur im Bild. Als Betrachterin bin ich weder außenstehend, objektiv, wie bei der Betrachtung eines Tafelbildes auf Augenhöhe, wo ich die Gegenstände in einem strategischen Überblick betrachte, noch bin ich tatsächlich Teil des bildlichen Sujets – wie könnte ich auch? Vielmehr partizipiere ich durch den Anderen. Meine Betrachtung oszilliert zwischen objektiver außenstehender Betrachtung und subjektiver Partizipation. Gilles Deleuze hat diese Struktur als semisubjektiv oder als **Mitsein** beschrieben. [23]

■ 23

Vgl. Gilles Deleuze, **Das Bewegungs-Bild**. Kino 1, Frankfurt am Main 2013, insbesondere S. 103–109.

Auffällig häufig findet man den aufschauenden Gestus der Figuren als Motiv in der Malerei des 17. Jahrhunderts. Figuren blicken zu Visionen und Himmelfahrtsdarstellungen empor. In einer Vorstudie von 1617 für ein Altarbild kann man Lanfrancos Interesse an der genauen Erfassung der Kopfhaltung beobachten [06]. Johannes' Kopf ist leicht zurückgelegt und seine Augen nach oben gewendet. Die vergrößerte Darstellung und eine zweite Studie bekunden das Interesse des Künstlers für den Ausdruck und die Haltung des Kopfes. Während die kleinere Studie die Kontur genauer erfasst und die Schulterpartie einschließt, sind in der größeren Mimik und Gestik ausführlicher studiert. Den ausgeführten Altarbildern und Deckenmalereien sieht man an, dass Lanfranco den himmelnden Blick sorgfältig bedacht hat. Im Pfingstwunder von 1619 zeigt Lanfranco die gesamte Figuration als eine Variation aufschauender Köpfe [07]. In einem späteren Deckenfresko in der **Certosa di San Martino** füllt Lanfranco ein gesamtes Bildfeld mit einem emporschauenden Engelschor [08].



□ 06
Giovanni Lanfranco, Zwei Studien für den
Kopf von San Giovanni der Pendentifzone
in der Kuppel Gesù in Neapel,
1634–1635, New York, The Pierpont
Morgan Library.

□ 07

Giovanni Lanfranco, Pfingsten,
1616–1617, Fermo, Pinacoteca
Comunale, vorher Hauptaltar in San
Filippo, Öl auf Leinwand (373cm × 241cm).





□ 08

Giovanni Lanfranco, Langhaus und Fresko, 1637–1638, Certosa di San Martino, Neapel.

■ 24

Vgl. Andreas Henning, Gregor J. M. Weber (Hg.), *Der himmelnde Blick. Zur Geschichte eines Bildmotivs von Raffael bis Rotari*, Dresden 1998, S. 17.

■ 25

Cesare Ripa, *Iconologia ovvero descrizione di diverse imagini [...]*, Rom 1603, S. 101.

■ 26

Gerlind Werner, *Ripa's Iconologia. Quellen – Methode – Ziele*, Utrecht 1977, S. 7.

■ 27

Erst die zweite Ausgabe von 1603 schloss auch die Abbildungen ein.

Der **himmelnde Blick** der Bildfiguren versammelt eine Vielzahl verschiedener Passionen, die das Heilige adressieren. So kann der **himmelnde Blick** Hinweis einer Vision, Inspiration oder Anbetung sein. ²⁴ Cesare Ripa beschreibt in seiner *Iconologia* den emporgerichteten Blick, »il viso rivolto al cielo« ²⁵, als ein wichtiges Element der verschiedenen Ikonographien der Anbetung ^[09]. ²⁶ Das Bildwörterbuch der *Iconologia* (1593/1603) stellt ein »unentbehrliches Hilfsmittel zum Verständnis barocker Kunst« dar. ²⁷ Ripas Werk war die primäre Quelle für Bildsetzungen im 17. Jahrhundert.



□ 09

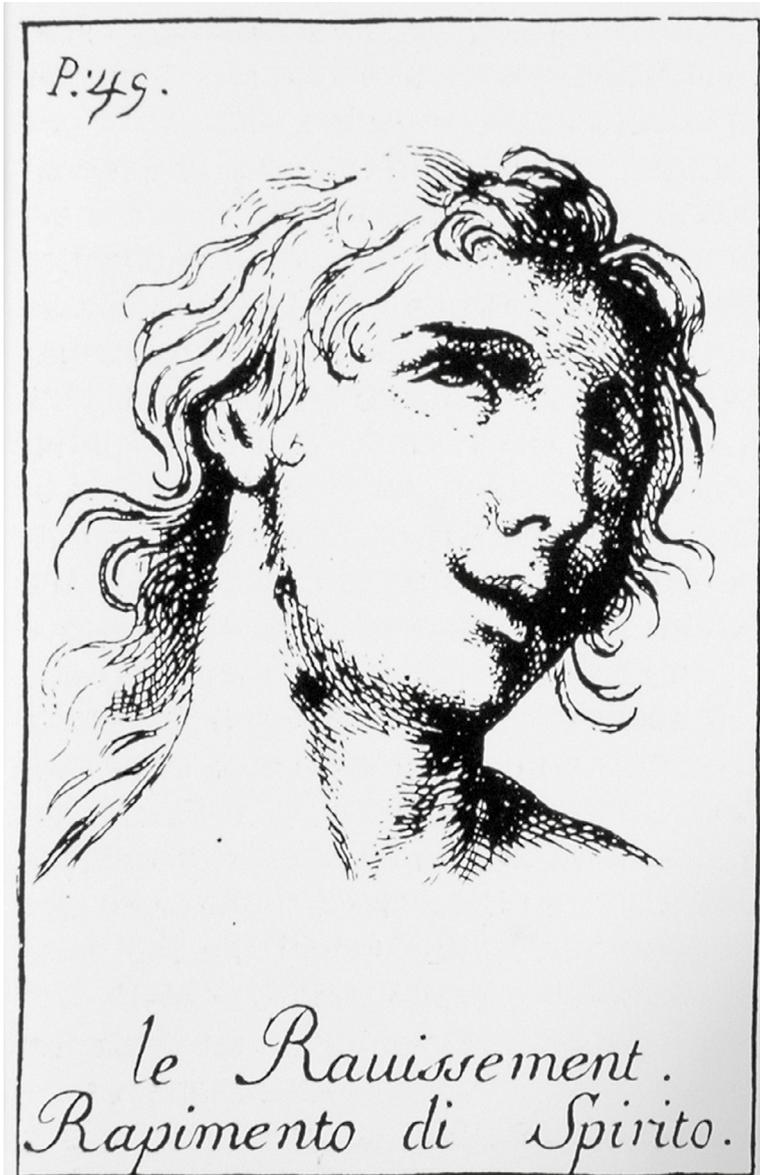
Cesare Ripa, Amore verso Iddio, 1669.

■ 28
 Cesare Ripa, *Iconologia Overo Descrittione Di Diverse Imagini cauate dall'antichità, & di propria inuentione*, Venedig 1669, S. 18.

■ 29
 Vgl. Thomas Kirchner, *L'expression des passions. Ausdruck als Darstellungsproblem in der französischen Kunst und Kunsttheorie des 17. und 18. Jahrhunderts*, Mainz 1991, S. 36.

Die *Iconologia* versammelt Allegorien und Personifikationen. Sie gibt Begriffen, Tugenden und Lastern, Elementen oder Regionen eine visuelle Gestalt und soll zur Auseinandersetzung anregen. In der ersten bebilderten Ausgabe von 1603 wird die *desiderio verso Iddio* durch einen emporschauenden Jüngling mit flammendem Herz dargestellt, begleitet von einem Hirsch, der aus einer Wasserquelle trinkt: »Wie der Hirsch lechzt nach frischem Wasser, so lechzt meine Seele, nach dir, Gott.« (Psalm 42,2) In der hier gezeigten Abbildung aus einer Ausgabe von 1669 ist die Darstellung auf die Geste konzentriert. Die Liebe zu Gott wird hier beschrieben als »Huomo che stia riverente con la faccia rivolta verso il cielo [...]« 28.

Der emporgerichtete Blick ist zudem Bestandteil einiger Passionen, die Charles Le Brun in seinen pathognomischen Studien aufführt. Während Ripa sich in erster Linie auf antike sowie zeitgenössische Bildquellen zur Darstellung der Begriffe bezog, beansprucht Le Brun Idealtypen der Affekte des Menschen zu entwickeln, die er sowohl an der Kunst als auch an den menschlichen Gesichtsmuskeln studierte. 29 Seine Arbeit stellt eine Taxonomie menschlicher Befindlichkeit dar.



□ 10
Bernard Picart. Le Ravissement, aus
Charles Le Brun, Méthode pour apprendre
à dessiner les passions, Edition von 1752.



□ 11
Bernard Picart. L'amour simple, aus
Charles Le Brun, Méthode pour apprendre
à dessiner les passions, Edition von 1752.

■ 30
Charles Le Brun, Le Bruns Méthode
pour apprendre à dessiner les
Passions, Amsterdam 1702, Nr. 14.

Es ist anzunehmen, dass ein Künstler des späten 17. und 18. Jahrhunderts mit Le Bruns **Méthode pour apprendre à dessiner les Passions** (1667/68) vertraut war. Sie ist jedoch nicht lediglich Vorgabe, sondern synthetisiert bereits bestehende Vorstellungen des 16. und 17. Jahrhunderts. In der Beschreibung der **L'Amour simple** ¹¹, die mitunter an Gott adressiert wird, neigt sich der Kopf »hin zu dem Objekt, welches unsere Liebe verursacht.« ³⁰ Le Brun zeigt zudem **Le Ravissement** ¹⁰ als eine emporschauende Geste.

»[...] der Kopf wird sich zum Herzen neigen, Augenbrauen und Pupille aber werden nach oben gerichtet sein. Durch den in der genannten Weise geneigten Kopf wird die Erniedrigung der Seele ausgedrückt. Aus dem gleichen Grund aber sind Augenbrauen und Augen nicht nach unten, sondern zum Himmel gewandt, auf den sich die Blicke heften, um das zu entdecken, was die Seele nicht erkennen kann [...]« ³¹

Beschreibung und Abbildung fallen hier auseinander. Zwar sind die Augen auch in der schriftlichen Form nach oben gewendet, doch ist der Kopf »zum Herzen geneigt«. Die Abbildung steht jedoch in der Tradition der Visionsdarstellungen des 16. und 17. Jahrhunderts und zeigt auch den Kopf emporgerichtet. Eine innerlich empfundene Unterlegenheit und Bewunderung zeigen sich durch die äußere Gebärde.

Aber nicht nur in der Kunst, sondern auch in Gebetsanweisungen wurde der **himmelnde Blick** codiert. Hier wird versucht – gewissermaßen *vice versa* – die richtige seelische Stimmung durch das Einnehmen einer bestimmten Körperhaltung zu erzielen. Sie wird nicht wie bei Le Brun abgelesen, sondern zur Bewirkung einer Vision eingenommen. In einem Werk des Heiligen Dominikus, **De Modo Orandi Corporaliter Sancti Dominici**, werden unterschiedliche Haltungen beim Gebet vorgestellt, wozu auch die Wendung zum Himmel gehört. Dominikus leitet das Gebet mithilfe bestimmter Körperhaltungen an, um so »die Ekstase der Beschauung« ³² erreichen zu können. ³³ Die bebilderte Schrift wurde im 13. Jahrhundert in Bologna veröffentlicht und war auch im 17. Jahrhundert noch verbreitet. ³⁴ Die sieben Stationen beginnen mit der Aufforderung, sich niederzuknien und gänzlich auf den Boden niederzuwerfen. Auch wenn es hier noch heißt »Ich bin nicht würdig, die Höhe des Himmels zu schauen« ³⁵, wird bei den letzten Stationen die Verbindung zum Himmel hergestellt (»die Wolken zu durchbrechen«), jedoch nicht visuell, sondern mit Hilfe einer inneren Schau, die wiederum zur Elevation führen kann. ³⁶ Das Emporblicken zum Himmel ist im christlichen Kontext so grundlegend, dass wir dazu neigen, ihm keine Beachtung mehr zu schenken. Auch in der Himmelfahrt Christi – die auch textliche Vorlage der Himmelfahrt Mariens wird – ist die Rede vom emporschauenden Blick (Apostelgeschichten 1,9–11): »Da wurde er vor ihren Augen emporgehoben, und eine Wolke nahm ihn auf und entzog ihn ihren Blicken. Während sie unverwandt ihm nach zum Himmel emporschauten [...]«.

Die Kopfhaltung bezeichnet innerhalb der bildlichen Struktur die Anbetung Gottes. Sie ist als Zeichen göttlicher Anbetung deutbar. Körperhaltungen können in Bildern etwa eine figurative Syntax bilden. ³⁷ Das ist gut zu erkennen, wenn sie im Verhältnis einer Zweiheit auftritt wie in Lanfrancos **Pfingsten** ⁰⁷. Unten sind die Apostel zu sehen, oben die Ausgießung des Heiligen Geistes. Die Haltung ist die Konjunktion beider Bildobjekte. Als Teil der Figuration ermöglicht sie die Kommunikation von oberem und unterem Register, von himmlischer und irdischer, von seelischer und körperlicher Welt. Wie wir mit Hilfe Ripas und Le Bruns sehen konnten, gibt es einen Code der Körperhaltungen, die sich als Zeichen auch in ihrer Bedeutung dechiffrieren lassen. Unabhängig davon sind wir,

■ 31
Ebd., Nr. 6. Übersetzung von Stoichita 1997 übernommen.

■ 32
Simon Tugwell, »The Nine Ways of Prayer of St. Dominic«, in: *Mediaeval Studies*, 47, 1985, S. 1–124, S. 94. Übersetzungen von Stoichita (1997) übernommen, S. 188.

■ 33
Vgl. Vgl. Victor Stoichita: *Das mystische Auge. Vision und Malerei im Spanien des goldenen Zeitalters*, München 1997, S. 85 und 97.

■ 34
Vgl. Stoichita (1997), S. 188.

■ 35
Tugwell (1985), S. 1–124, S. 95.

■ 36
Ebd. S. 85 u. S. 97.

■ 37
Vgl. Louis Marin, »The gesture of looking in classical history painting«, in: *History and Anthropology*, 1, 1984, S. 175–191.

gewissermaßen phänomenologisch, mit der Vehemenz dieser Haltungen konfrontiert, wenn sie in unserer Umwelt auftreten. Dabei geht es um so etwas wie Affektübertragung. Diese Figuren haben oftmals die Funktion, zur Empathie anzuregen. Leonardo schrieb in seinem Traktat zur Malerei:

»Die Zusammenstellung gemalter Historien sollen die Beschauer und Betrachter derselben zu Äußerungen des gleichen Affekts bringen, [...], so soll die Seele der Beschauenden und Betrachtenden deren Glieder zu Bewegung veranlassen, daß es den Anschein hat, als seien sie selbst an dem Fall beteiligt, der in der Figuration der Historien zur Vorstellung kommt.« ³⁸

■ 38

Leonardo da Vinci, *Traktat von der Malerei*, (hrsg. und übers. v. Heinrich Ludwig), Jena 1909, S. 126 (§ 246).

■ 39

Vgl. Gabriele Paleotti, *Discorso intorno alle imagini sacre e profane*, Bologna 1582, Bd. 1, Kap. XXI, S. 61 f., vgl. Christian Hecht, *Katholische Bildertheologie im Zeitalter von Gegenreformation und Barock: Studien zu Traktaten von Johannes Molanus, Gabriele Paleotti und anderen Autoren*, Berlin 1997, vgl. Leone Battista Alberti, *Kleinere kunsttheoretische Schriften* (hrsg. v. Hubert Janitschek), Wien 1877, S. 120.

Diese Überlegung ist bereits in der antiken Rhetorik tradiert. Sie ist bei Leon Battista Alberti zu finden und auch Gabriele Paleotti fordert im Zuge der Gegenreformation das Mitleiden des Betrachters zu provozieren. ³⁹

Eine Forderung nach Empathie scheint in *Sant'Andrea della Valle* nicht nur erfüllt, sondern durch die räumliche Anlage des Bildes zu einer Sympathie gesteigert worden zu sein. Zwangsläufig blicke ich empor, wie es die Figur des Johannes anleitet. Über die Referenz zur Relaisfigur wird auch die Betrachterin einschließlich ihrer Gesten auf das Bild bezogen ¹².



□ 12

Darstellung der Rezeptionssituation in Sant'Andrea della Valle.

Sie ist aufgefordert es ihr gleichzutun. Die Bildfunktion beschränkt sich also nicht auf eine Empathie, bei welcher die Betrachterin die innere »seelische« Bewegung an den äußerlichen Gebärden ablesen kann. Vielmehr kann von einem **Mitsein** gesprochen werden, welches uns die Partizipation durch die Relaisfigur nahelegt. Die Funktion der Anleitung beschränkt sich nicht auf die Figur des Johannes in der Pendentifzone. Sie ist im vielfigurigen Sujet des Kuppelfreskos angelegt. Dieses setzt sich anachronistisch aus Figuren des Alten Testaments, Aposteln des Neuen Testaments sowie Heiligen zusammen. Links in ⁰⁵ sehen wir Moses die Gesetzestafeln haltend und nach oben schauend, neben ihm eine Figur die Hände faltend und den Kopf zurückgelegt, wobei der Kehlkopf stark hervortritt. Unterhalb dieser Gruppe eine Figur die Hände ausbreitend und empor-schauend. Rechts im Ausschnitt des Freskos sehen wir ebenfalls Figuren den Kopf ekstatisch zum Himmel richtend und die Hände zum Gebet gefaltet oder in einem Empfangsgestus weit von sich gestreckt. Der Dichter Ferrante Carlo beschrieb kurz nach Fertigstellung der Malerei in **Sant'Andrea della Valle** einige der Gesten der Figuren des Deckengemäldes als »Il viso rivolta al cielo«. Carlo benennt sie also mit dem gleichen Wortlaut wie Cesare Ripa, ohne den Betrachter völlig davon auszunehmen, welcher »terribilmente ma con soavità« **disotto in sù** in die Weite der Kuppel hinaufschauet. ⁴⁰ Unten stehend, schauen wir gewissermaßen mit den anderen empor. ⁴¹ Die Disposition der Deckenmalerei stellt die Kopfhaltung der Betrachterin zwangsläufig her und macht sie in Bezug auf die Anleitungfiguren als eine Verehrungshaltung verständlich. Die Kuppel präfiguriert die Anwesenheit einer Gemeinde, die durch meine eigene Anwesenheit ergänzt wird. ⁴² Jacques Lacan hat anhand Tintoretto's Fresko der **Seeschlacht von Lepanto** auf eine Gemeinschaftsbildung und bildlich verkörperte Norm aufmerksam gemacht. »Was sieht das Volk in diesen gewaltigen Kompositionen?« fragt er »Den Blick jener Leute, die, wenn das Volk nicht da ist, in diesem Saale Rat halten. Hinter dem Bild ist ihr Blick da.« ⁴³ Diese Überlegung gilt entsprechend für das Kuppelfresko von **Sant'Andrea della Valle**. Ich habe die gleiche Körperhaltung und bekomme einen Platz zugewiesen, bei dem ich das Heilsgeschehen in den Höhen des Himmels mit den Figuren wahrzunehmen scheine. Die Betrachterin wird wie die übrigen Figuren unter das Heilsereignis subordiniert. Sie ist Teil eines Zuschauerraums, Teil einer Gruppe. Sie betrachtet das Heil an der Schwelle zur Bildfigur. Dieses »Wir« deutet emphatisch auf die transzendente Erscheinung hin und verstärkt sie gerade durch die Anwesenheit einer ganzen Gemeinde.

Die Kopfhaltung ist in diesem Zusammenhang nicht nur von wirkungsästhetischem Interesse, da sie Überwältigungseffekte hervorruft. Sie markiert auf dem Körper einen religiösen Diskurs des 17. Jahrhunderts, der sich ausgehend von Quellen und anhand der Referenz von Bildfigur und Betrachterin erschließen lässt. Die künstlerische Auseinandersetzung um **himmelnde Blicke** beschränkt sich nicht auf das gerahmte Bildfeld, sondern lässt den Körper der Betrachterin zu einem Zeichenträger werden. Ausgehend vom Bild wird die Haltung nolens volens zum Teil der bildlichen Figuration. Die Möglichkeit, die Deutung einer Figur auf die Körperhaltung einer realen Betrachterin zu übertragen, scheint ein methodisch gewagtes Unterfangen: Wie kann meine eigene Haltung eine bestimmte Bedeutung erfahren, ohne dass ich diese bewusst evoziere oder meiner unbewussten Verfassung Ausdruck verleihe? Hier wurde ein Referenzsystem dargelegt,

■ 40
Nicholas Turner, Ferrante Carlo's
descrittione della Cucpola di S. Andrea
della Valle dal Cavalier Gio: Lanfranchi,
in: *Storia dell'arte* 12, 1971, S. 297–
325, hier S. 317 ff. und S. 322.

■ 41
Siehe auch Ganz 2003, S. 35.

■ 42
Jacques Lacan, *Die vier Grundbegriffe
der Psychoanalyse*, Wien 2015, S. 120.

■ 43
Ebd.

das die innerbildlichen Bezeichnungen und Bedeutungen auf die außerbildliche Betrachterin überträgt. Die Überlegungen betreffen, um dies noch einmal zu verdeutlichen, nur die Haltung und den Platz innerhalb der Ordnung des Bildes, nicht das Subjekt und seine Kompetenz, denn über tatsächliche Empfindungen oder Frömmigkeitsgebaren lässt sich wenig sagen. Nur innerhalb der Bildordnung erfährt die Haltung der Betrachterin eben jene Bedeutung, die durch die Referenz zur Relaisfigur hergestellt wird.

An diesem hier einleitend dargelegten Beispiel kann nachvollzogen werden, wie entscheidend die Haltung der Betrachterin für das Bildverständnis ist. Neben den Strategien der Positionierung durch Perspektivkonstruktionen sind es solche der Figuration, die durch ein **Repoussoir** oder **Relais** Rezeptionsvorgaben und gar bestimmte Körperdiskurse transportieren und damit die Kopfhaltung der Betrachterin in einer Sinnstruktur verständlich werden lassen. Die räumliche Disposition eines Kunstwerks gehört zu den künstlerischen Problemen, die grundsätzlich Beachtung finden müssen. Zum einen gehen damit bestimmte Rezeptionsvorgaben einher, die unseren Leib bedingen. Zum anderen kann die räumliche Disposition in die Figuration eingehen und mithin Anleitung zur Partizipation der Betrachterin geben – wie dieser Text anhand des **himmelnden Blicks** zeigen konnte.

Neue Formen der Reproduktionsmedien, um zum Thema dieses Bandes zurückzuführen, können zwar niemals die Situation der Kirchen und Schlösser rekonstruieren, sie sind aber in der Lage, neue methodische Ansätze dahingehend zu stützen, dass das verfügbare Material die Sichtweise auf Kunstwerke nicht länger auf **Sinneffekte** beschränkt, sondern zudem **Präsenzeffekte** fokussiert. **Digitale Raumdarstellungen** können zumindest tendenziell vermeiden, die Fresken gleichsam aus ihrem »gelebten« Kontext auszuschneiden, indem sie zum Beispiel die Kopfhaltung veranschaulichen oder erlebbar werden lassen.



Thomas Scheidt

L. Digitale Fototechniken zur Rekonstruktion von räumlichen Phänomenen

→ Aufnahmetechniken, Fotomontage, Panorama, Stitching

Der folgende Beitrag möchte einen Überblick über die digitalen Fototechniken zur Rekonstruktion von räumlichen Phänomenen geben, wobei die Stitchingtechnik und ihre Verwendung im Fokus steht. Nach einer kleinen Einführung in den Anwendungsbereich dieser Technik wie der Erstellung von Fotopanoramen von Städten oder Fotomontagen bei detailreichen Gemälden wird näher auf verschiedene Aufnahmetechniken in barocken Prunkräumen eingegangen. Unterschieden wird hierbei zwischen Einzelaufnahmen bei statischem Kamerastandpunkt, dem Einsatz von Objektiven, der mobilen Kameraführung oder der Aufnahme mit nachträglicher Retusche durch die Stitchingtechnik. Die Fototechniken werden durch Abbildungen illustriert, die im Auftrag des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland entstanden sind. Anhand des Bildmaterials aus Fotokampagnen in Hannover, Oranienstein und Bamberg sollen sowohl technische Details der Kameraausstattung, Beleuchtung und Vorgehensweise vorgestellt werden als auch auf die optischen Besonderheiten der unterschiedlichen Aufnahmetechniken in den fertigen Bildmontagen und Panoramen hingewiesen werden.

Bei einem Besuch der Bamberger Residenz oder eines anderen Schlosses hat der Besucher die Möglichkeit die Deckenmalerei von verschiedenen Standpunkten aus zu betrachten und sich im Raum frei zu bewegen. Wie die digitale Fotografie mit Hilfe von Stitching-Techniken hochauflösende Panoramabilder und ganze Raumsichten erzeugen oder gar Kronleuchter verschwinden lassen kann, soll im Folgenden gezeigt werden. Dabei gehen die Ausführungen hauptsächlich auf die Aufnahmetechniken und den Anwendungsbereich solcher Verfahren ein. Das sogenannte Stitching (englisch **stitch** »nähen«, »heften«) wird als digitale Montagetechnik angewendet, um aus mehreren Teilaufnahmen ein nahtlos zusammengesetztes Gesamtbild zu erzeugen. Für die Montage kommen Bildbearbeitungswerkzeuge wie **Photomerge in Photoshop** oder spezielle Stitching- oder Panoramaprogramme wie **PTGui** zum Einsatz.

Durch die Anwendung der Stichtingtechnik können so zusammengesetzte zweidimensionale Bilder erzeugt werden, wenn Einzelaufnahmen nicht ausreichen, um einen bestimmten Bildausschnitt wiederzugeben oder eine hohe Bildauflösung gefordert ist. Im Zuge der Digitalisierung von Gemälden und Zeichnungen des Malers Hieronymus Bosch erzeugte das **Bosch Research and Conservation Project** zwischen 2010 und 2015 hochauflösendes Bildmaterial mit über 10 Terabyte Datenvolumen, das sie online zur Verfügung stellten. **01** Die Verbindung dieser zahlreichen Detailaufnahmen von Boschs Wimmelbildern erfolgte ebenfalls über Stitching.

■ 01

<http://boschproject.org/#/>.

Eine weitere Anwendung erfuhr die Stitching-Methode in der Erstellung von hochauflösenden Gigapixelbildern von Stadtansichten als detailreiche Panoramen, wie es am Beispiel von Paris ein Team von Designern um die beiden Fotografen Arnaud Frich und Martin Loyer 2009 realisierte. Sie setzten aus über 2000 Bildern das größte Digitalfoto der Welt zusammen, auf dem sogar noch Straßenschilder zu lesen waren.

Als drittes Anwendungsbeispiel kann Stitching für sogenannte virtuelle Touren durch ein Gebäude genutzt werden, bei der man mit einem Fisheye-Objektiv 360° Kugelpanoramen fotografiert und anschließend miteinander verknüpft. Sie können zusätzlich mit interaktiven Funktionen wie URL-Weiterleitungen versehen werden. Beispielsweise kann in einer virtuellen Tour die gesamte Schlossanlage Schleißheim einschließlich des barocken Schlossgartens zu unterschiedlichen Jahreszeiten bequem von Zuhause aus erkundet werden. **02**

■ 02

<http://www.schloesser-schleissheim.de/deutsch/virtuell/>.

Die beiden letztgenannten Anwendungen sind in erster Linie zur Ansicht am Bildschirm mit entsprechenden Viewern konzipiert, die ein sphärisches oder zylindrisches Panorama richtig anzeigen können. Die Projektion eines 360° Kugelpanoramas auf eine ebene Fläche ist für einen Betrachter dagegen eher irritierend, da sie nicht den menschlichen Sehgewohnheiten entspricht, wie die Darstellung des Festsaals des Galeriegebäudes Herrenhausen demonstriert **01**. Ein Screenshot desselben 360°Kugelpanoramas, das in einem Webbrowser mit Panoramaviewer angezeigt wird, macht diesen Vergleich deutlich **02**.



□ 01

Festsaal des Galeriegebäudes Herrenhausen, Blick nach Norden, 360° Kugelpanorama als zweidimensionale Projektion.

□ 02

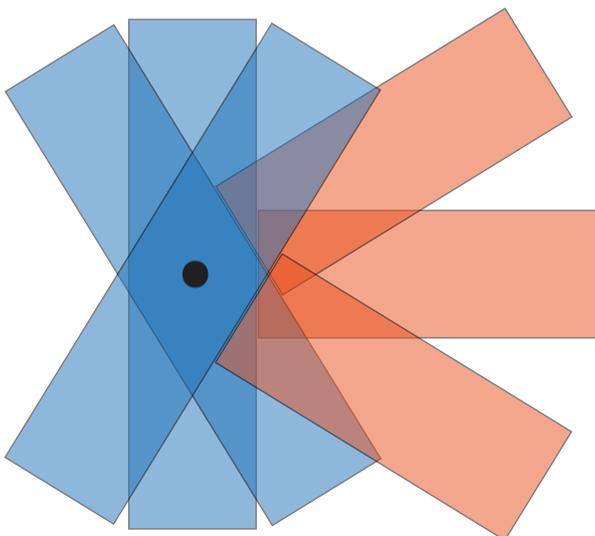
Festsaal des Galeriegebäudes Herrenhausen, Blick nach Norden, 360° Kugelpanorama als zweidimensionale Projektion.



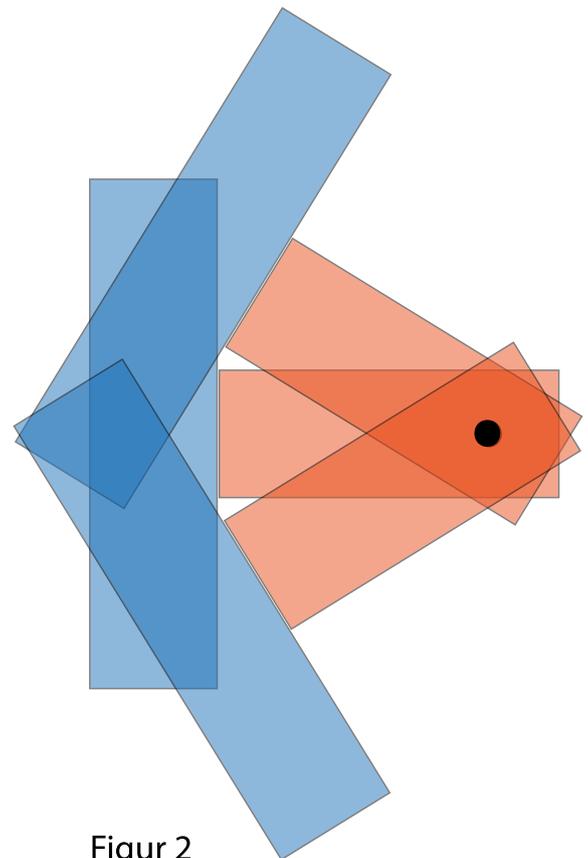
L.1 Einzelaufnahmen bei statischem Kamerastandpunkt

Bei dieser Aufnahmetechnik wird die Kamera für die Einzelaufnahmen eines Panoramas von einem festen Kamerastandpunkt aus in die entsprechenden Positionen geschwenkt. Dieses Verfahren wird vorrangig bei zylindrischen und bei Kugelpanoramen angewendet. Es können aber auch Stiches für eine konventionelle Ausgabe als Tafelbild hergestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Projektion der gewölbten Ausgangspanoramen auf eine ebene Fläche zu einer Verringerung der Bildqualität durch Interpolation der ursprünglichen Bildinformation führt. Bei einem nur leicht gewölbtem Ausgangsbild ist das kaum zu bemerken, führt aber bei stark gewölbten Panoramen zu einem unbrauchbaren Resultat (siehe oberen Bildrand in [01]). Die Teilaufnahmen sollten um mindestens 25% überlappen. So wird gewährleistet, dass genug Anschlusspunkte für eine saubere Montage vorhanden sind. Dabei ist es äußerst wichtig, dass die Kamera um den gegenstandsseitigen Nodalpunkt des Objektivs geschwenkt wird ([03] Figur 2). Wird die Kamera lediglich um das Stativgewinde der Kamera geschwenkt, hat jede Teilaufnahme einen andern Aufnahmewinkel zum Objekt ([03] Figur 1) und das nahtlose Überblenden der Teilaufnahmen wird dadurch erschwert oder unmöglich. Spezielle Stativköpfe ermöglichen es, das Objektiv im Nodalpunkt in der Drehachse des Stativs zu positionieren. Anleitungen zur visuellen Ermittlung des Nodalpunktes lassen sich im Internet finden.

□ 03
Grafik zu verschiedenen Drehpunkten
der Kamera.



Figur 1
Drehpunkt der Kamera
am Stativgewinde



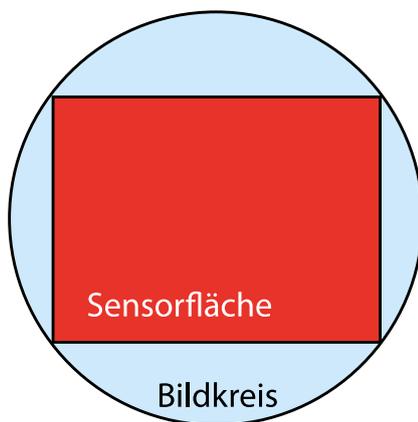
Figur 2
Drehpunkt der Kamera
am Nodalpunkt

L.2 Statischer Kamerastandpunkt unter der Verwendung von Shiftobjektiven

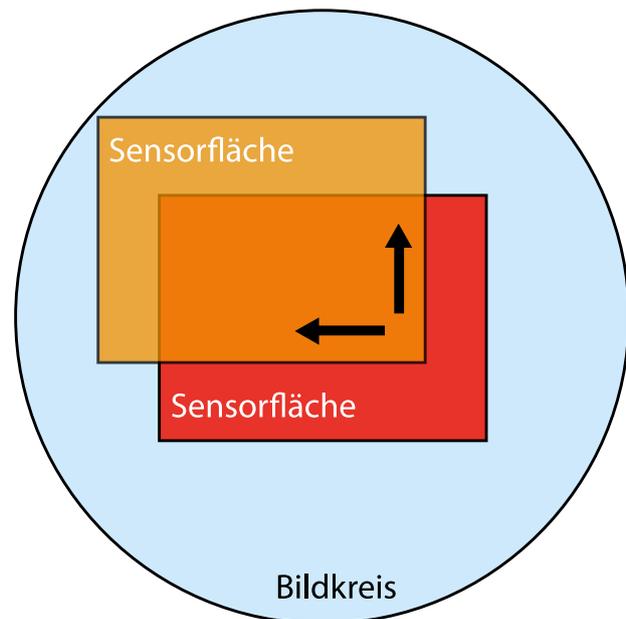
Bei gleichbleibendem Kamerastandpunkt und dem Einsatz von Objektiven mit erweitertem Bildkreis ist es möglich, durch Verschiebung des Sensors innerhalb des nutzbaren Bildkreises, eine größere Fläche in Teilbildern aufzunehmen, ohne den Aufnahmezustand zu verändern. Die Teilbilder lassen sich anschließend zu einem Gesamtbild zusammenfügen.

Shiftobjektive oder Objektive für Fach-, bzw. Plattenkameras verfügen über erweiterte Bildkreise im Vergleich zu dem kleineren Bildkreis bei einem starren Objektiv ^[04].

□ 04
Objektivbildkreise.



Bildkreis eines starren Objektiv



erweiterter Bildkreis eines Shift- oder Fachobjektivs

Hier ist zu beachten, dass die Abbildungsleistung bei jedem Objektiv von der Bildmitte zum Bildrand abnimmt. Der nutzbare Bildkreis ist also die Bildfläche, bei der das Objektiv am Bildrand noch eine brauchbare Abbildungsleistung aufweist. Ursprünglich wurden solche Objektive in der Architektur- und Sachfotografie zur Vermeidung stürzender Linien eingesetzt. Bei der Aufnahme des Deckengemäldes im Obergeschoss von Schloss Oranienstein in Diez kann die Ausnutzung des Bildkreises demonstriert werden ⁰⁵.

Es handelt sich um neun Einzelaufnahmen mit Bildkreisverschiebung bei gleichbleibendem Kamerastandpunkt für die spätere Montage ⁰⁶.

□ 05

Diez, Schloss Oranienstein, Deckenmalerei im Obergeschoss, 9 Einzelaufnahmen mit Bildkreisverschiebung bei gleichbleibendem Kamerastandpunkt.





□ 06

Diez, Schloss Oranienstein, Deckenmalerei im Obergeschoss, Bildmontage (© Bildarchiv Foto Marburg/Thomas Scheidt).

Mit diesem Verfahren lassen sich bei flächigen Objekten wie das Deckengemälde im Gartenkabinett des Schlosses Oranienstein gute Ergebnisse erzielen [07]. Da jedoch die Bildwirkung der Montage einer sehr starken Weitwinkelaufnahme entspricht – der Bildwinkel der Aufnahme wird künstlich erweitert – entstehen bei Abbildungen von räumlichen Objekten wie in der Aufnahme der Decke im Gartenkabinett Verzerrungen am Bildrand [07]. Hier deutlich erkennbar bei den verzerrten plastischen Figuren aus Stuck in den Ecken. Ursachen für dieses Phänomen sind zum einen die Bildfeldebung, also die Korrektur der Bildfeldwölbung eines Objektivs, zum anderen die besonderen Abbildungseigenschaften von Weitwinkelobjektiven und die menschliche Wahrnehmung.



□ 07
Diez, Schloss Oranienstein, Decke im
Gartenkabinett, Verzerrung am Bildrand
(© Bildarchiv Foto Marburg/
Thomas Scheidt).

Bei dem Beispiel der Decke im Gartenkabinett – eine Decke mit Hohlkehle – wurden die Einzelaufnahmen mit einem 17 mm Shiftobjektiv und 24mm × 36mm Sensorformat gemacht. Die Wahl des Objektivs und Senors für eine Gesamtdeckenansicht ist auf die geringe Raumhöhe zurückzuführen [08].



□ 08
Diez, Schloss Oranienstein, Gartenkabi-
nnett, Blick in den Raum (© Bildarchiv Foto
Marburg/ Thomas Scheidt/ Christian
Stein/ Verena Heil).

Das monokulare Gesichtsfeld des Menschen (ein unbewegtes Auge) beträgt ca. 45° bis 60°. Normalobjektive in der Fotografie haben einen ähnlichen Blickwinkel von ca. 50°. Die Proportionen der Darstellung in Bildern, die mit

Normalobjektiv aufgenommen wurden, werden von einem Betrachter daher oft als natürlich wahrgenommen. Abbildung 9 zeigt zum Vergleich eine Detailaufnahme einer Ecke mit Normalobjektiv und einem der Neigung der Hohlkehle angepassten Aufnahmewinkel 09.



□ 09

Diez, Schloss Oranienstein, Gartenkabinett, Eckfigur, Detailaufnahme mit Normalobjektiv (© Bildarchiv Foto Marburg/ Thomas Scheidt).

Das biokulare, horizontale menschliche Gesichtsfeld beider unbewegter Augen liegt bei ca. 120° (bei peripherem Sehen von beiden Augen in Bewegung ca. 180°). Ein Weitwinkelobjektiv mit 17mm Brennweite bei $24\text{mm} \times 36\text{mm}$ Sensorformat hat einen Bildwinkel von ca. 104° , der demnach innerhalb des biokularen, menschlichen Gesichtsfeldes liegt. Durch die zentralperspektivische, plane Abbildungsdarstellung werden Weitwinkelaufnahmen trotzdem als verzerrt empfunden. Objekte im Vordergrund werden zum Hintergrund relativ größer abgebildet. Die Figuren der Hohlkehle befinden sich relativ zur Kamera in einer näheren Bildebene als die Decke. Obwohl die Kamera parallel zur Decke ausgerichtet ist, weisen die Figuren in der Hohlkehle einen anderen Winkel zur Kamera auf als die Mitte der Decke und werden daher konvergierend (in stürzenden Linien) abgebildet. Der notwendige weite Bildwinkel zur Erfassung der gesamten Decke verstärkt diesen Effekt. Würde man allerdings den Betrachtungsabstand und/oder die Abbildungsgröße so wählen, dass Aufnahme- und Betrachtungswinkel gleich wären, würde man die Randverzerrungen weniger deutlich wahrnehmen.

L.3 Aufnahme bei mobiler Kameraführung

Bei der dritten Aufnahmetechnik handelt es sich um die Montage von Teilbildern, die mit unterschiedlichen Kamerastandpunkten aufgenommen werden. Die Kamera wird dabei in gleichmäßigem Abstand parallel zum Motiv verschoben. Die Abbildung 10 zeigt 12 Aufnahmen des Deckengemäldes im Kaisersaal der Bamberger Residenz mit Bildkreisverschiebung und verändertem Kamerastandpunkt ¹⁰. Jede der vier Spalten zeigt einen anderen Kamerastandpunkt, die Bilder der drei Zeilen wurden mittels Bildkreisverschiebung erstellt. Die zwölf Ausschnitte werden später in einer Bildmontage zu einer Gesamtansicht der Decke zusammengesetzt, sodass die illusionistische Deckenmalerei in ihrer ganzen Pracht und Größe auch in der digitalen Reproduktion fassbar wird ¹¹.

□ 10

Deckengemälde im Kaisersaals der Bamberger Residenz, Aufnahme mit Bildkreisverschiebung und veränderten Kamerastandpunkten.



□ 11

Deckengemälde im Kaisersaal der
Bamberger Residenz, Montage der
Einzelbilder (© Bildarchiv Foto Marburg/
Bayerische Schlösserverwaltung/ CbDD/
Thomas Scheidt).



Die drei Teilaufnahmen der Deckenmalerei im Kurfürstlichen Appartement der Neuen Residenz in Bamberg, die mit unterschiedlichen Standpunkten aufgenommen wurden, zeigen die Grenzen dieses Verfahrens, das nur bei ebenen Objekten und nicht bei solch komplexen Decken mit Hohlkehle und plastisch herausgearbeiteten Stuckaturen funktioniert ^[12]. Die Teilaufnahmen wurden mit 11 mm Brennweite bei 24 mm × 36 mm Sensorformat aufgenommen. Die ockerfarbenen Medaillons am Bildrand weisen durch die unterschiedlichen Fluchtpunkte der Einzelaufnahmen in verschiedene Richtungen und lassen sich nicht deckungsgleich zusammenfügen. Der ebene Teil der Decke in der Mitte kann dagegen dennoch als Gesamtbild genutzt werden ^[13].

□ 12

Bamberg, Neue Residenz, Kurfürstliches
Appartement, Deckenprogramm im
Prinzessinnensaal, Teilaufnahmen.



□ 13

Bamberg, Neue Residenz, Kurfürstliches
Appartement, Deckenprogramm im
Prinzessinnensaal, zusammengesetztes
Bild (© Bildarchiv Foto Marburg/
Bayerische Schlösserverwaltung/ CbDD/
Thomas Scheidt).



L.4 Retusche durch Stitching

Abschließend wird die besondere Variante beschrieben, wie mit Hilfe des Stitching auch Gegenstände aus einem Foto entfernt werden können. Diese Technik kann angewendet werden, wenn in der orthogonalen Ansicht eines Deckengemäldes z. B. ein Kronleuchter den Blick auf das Motiv versperrt und nicht abgehängt werden kann – was meistens der Fall ist ^[14].



□ 14

Bamberg, Neue Residenz, Innendekoration des Fürstbischöflichen Vorzimmers, Blick in den Raum (© Bildarchiv Foto Marburg/ Bayerische Schlösserverwaltung/ CbDD/ Thomas Scheidt).



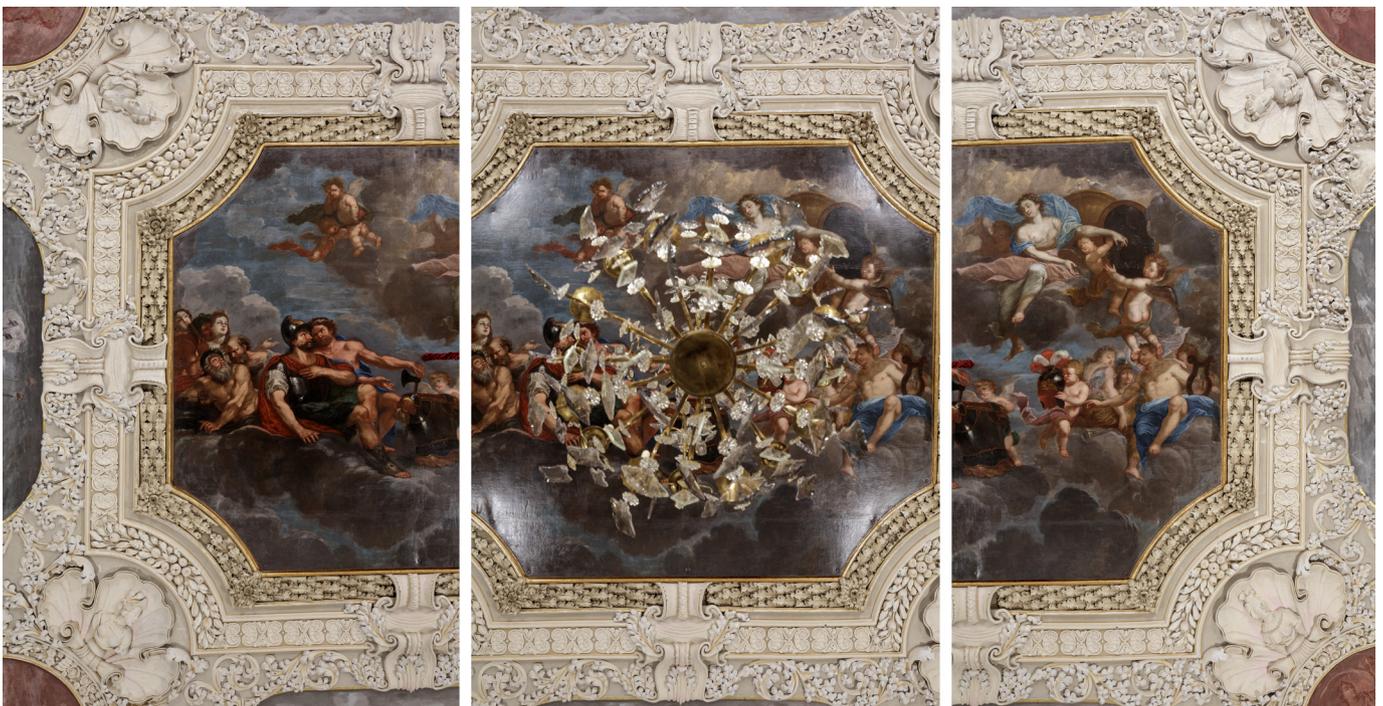
□ 15

Bamberg, Neue Residenz, Fotograf bei der Aufnahme.

Dazu müssen drei Aufnahmen gemacht werden, Abbildung 15 zeigt den Fotografen unter dem Gemälde in Aktion ^[15]. Diese Bilder, die von drei unterschiedlichen Positionen aus aufgenommen wurden, sind in Abbildung 16 zusammengestellt ^[16]: Bei dem linken Teilbild handelt es sich um eine Aufnahme mit dem Standpunkt links vom Kronleuchter, wobei am rechten Bildrand noch die Kordel des Kronleuchters zu sehen ist. In dieser Perspektive wird der linke Teil des Gemäldes aufgenommen, der sonst verdeckt wäre, stünde man direkt unter dem ausladenden Kronleuchter. Das rechte Teilbild zeigt den Aufnahme-standpunkt rechts vom Kronleuchter, die Kordel des Kronleuchters ist dabei am linken Bildrand sichtbar. Hier wird die sonst verdeckte rechte Gemäldehälfte abgebildet. Im mittleren Teilbild befindet sich der Aufnahmestandpunkt zentral unter dem Deckengemälde, dessen Motiv fast vollständig vom Kronleuchter verdeckt wird. Diese Aufnahme dient als Maßstab für das Seitenverhältnis und um mögliche Anschlussfehler manuell, mittels Retusche, zu korrigieren.

□ 16

Bamberg, Neue Residenz, Fürstbischöfliches Appartement,
Teilbilder vor der Fotomontage.



Durch den tiefhängenden Kronleuchter wurde sehr viel von dem Deckengemälde verdeckt. Die Kamerastandpunkte für die beiden seitlichen Teilaufnahmen mussten daher relativ weit auseinanderliegen. Daraus resultierte eine eigentlich zu geringe Überschneidung der beiden äußeren Teilaufnahmen für einen sauberen Stitch mit einem Panoramaprogramm, sodass die Anschlussfehler im Zuge der Nachbearbeitung manuell nachgebessert werden mussten. Die Abbildung 17 zeigt das zusammengesetzte Bild 17.

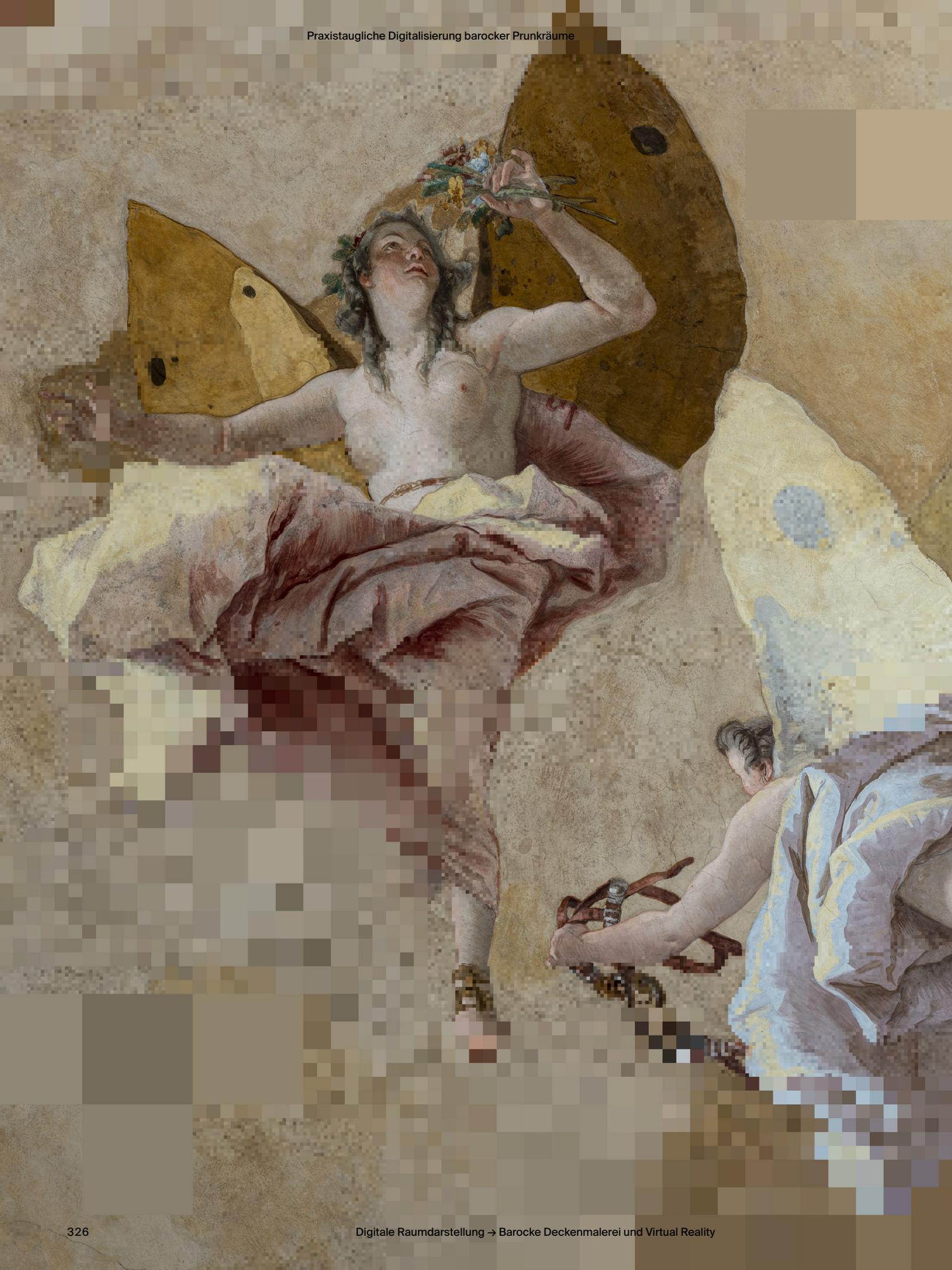
□ 17

Bamberg, Neue Residenz, Fürstbischöfliches Appartement, zusammengesetztes Bild des Deckengemäldes (© Bildarchiv Foto Marburg/ CbDD/ Thomas Scheidt).



Die folgenden Punkte dienen als Leitfaden für Stitchaufnahmen:

- Exakte Ausrichtung der Kamera, parallel zum Objekt
- Wenn möglich starke Weitwinkelobjektive vermeiden auf Grund der Randverzerrungen durch die Bildfeldebnung (Ausnahme sind die Kugelpanoramen für virtuelle Touren, s.o.)
- Die Schärfe wird einmalig manuell eingestellt und danach nicht mehr verändert
- Eine ausreichende Überschneidung der Teilbilder von mindestens 25%
- Ist die Kamera einmal ausgerichtet, darf sie nicht mehr verstellt werden, um Anschlussfehler durch unterschiedliche Kameraneigungen zu vermeiden
- Bei Montagen, die mehrere Kamerastandpunkte erfordern, wird die Kamera entlang einer gleichbleibenden Linie möglichst parallel zum Objekt bewegt, hier hilft ein Laserentfernungsmesser zur Positionierung
- Aufnahmestandpunkte sollten nicht weiter als nötig auseinander liegen
- Montagen von flachen Objekten sind einfacher zu erzeugen, als von räumlichen, bzw. plastischen Objekten



M. Praxistaugliche Digitalisierung barocker Prunkräume

→ 3D-Laserscanning, Bamberger Kaisersaal, Photogrammetrie, Texture Mapping, Virtual Reality

Die hochauflösende dreidimensionale Vermessung historischer Objekte bietet vielseitige Möglichkeiten für ihre Dokumentation, Archivierung und Erforschung. Häufig zielt der Einsatz dieser Techniken jedoch nur auf einzelne Fragestellungen ab wie bspw. die Erstellung von Bestandsplänen oder die museale Präsentation. Am Beispiel des Kaisersaals der Neuen Residenz in Bamberg mit seinem einzigartigen Ensemble barocker Architektur und Malerei wurde ein Verfahren zur Kombination von Laserscandaten und hochauflösenden Fotografien getestet. Das Ziel liegt in der Erstellung eines einzelnen 3D-Modells, welches für eine Vielzahl verschiedener Fragestellungen genutzt werden kann. So kann der gesamte Raum virtuell begangen werden, wodurch Kunsthistoriker die Interaktion zwischen Malerei und Architektur analysieren können. Zusätzlich lassen sich aber auch detaillierte CAD-Pläne für Architekten, Bauforscher und Restauratoren erstellen. An beliebigen Stellen lassen sich CAD-Schnittlinien erzeugen. Durch die Erstellung von Orthofotos können verzeichnungsfreie Wand- und Deckenan-sichten erstellt werden.

Neben einer exakten virtuellen 3D-Abbildung des aktuellen Zustands eines Objektes lassen sich mit der verwendeten Methodik auch historische Zustände visualisieren, welche sich sonst nur aus historischen Quellen ableiten ließen. Im Falle des Bamberger Kaisersaals konnte die schrittweise Ausgestaltung des Saals rekonstruiert werden. Die Visualisierung solcher Zwischenstände kann dabei helfen, neue Aufschlüsse zur Motivation und Inspiration des Künstlers, aber auch zum Arbeitsablauf der Ausgestaltung historischer Objekte zu erarbeiten.

M.1 Einführung

■ 01

Besonderer Dank gilt Frau Victoria Spicale für die Anfertigung der 3D-Scans im Rahmen ihrer Masterarbeit und das zur Verfügung stellen ihrer Dokumentation für den vorliegenden Aufsatz. Ferner sei den beteiligten Kollegen des KDWT für ihre Unterstützung gedankt, hier besonders Rainer Drewello und Leander Pallas. Weiterer Dank gilt dem CbDD sowie der Bayerischen Schlösserverwaltung für die gelungene Kooperation.

Herkömmliche Methoden zur Dokumentation von Architektur sind stark an die jeweilige Fragestellung der Auftrag gebenden Fachdisziplin gebunden. Bauforscher, Restauratoren und Architekten bspw. benötigen maßhaltige, verformungsgerechte CAD-Pläne eines Objektes. Diese umfassen Ansichten, Grundrisse und Schnittzeichnungen. Im Falle farblich gefasster Wand- und Deckenflächen werden hierzu häufig verzeichnungsfreie Orthofotos der jeweiligen Bereiche erstellt, auf deren Grundlage Befund- und Schadenskartierungen, Maßnahmenplanungen und weitergehende Arbeiten erfolgen können. Kunsthistoriker, Museologen oder Wahrnehmungspsychologen hingegen benötigen meist eine detailreiche Erfassung des Raumgefüges einschließlich seiner Proportionen und Lichtverhältnisse, um den Raum erfahrbar zu machen. Raumansichten (Fotografien oder virtuelle Darstellungen) müssen hierzu die gesamte Komposition des Raums, das Zusammenspiel von Wand-, Decken- und Bodengestaltung sowie die Ausstattung des Raums präzise wiedergeben.

Für beide Varianten der Dokumentation wird zum Teil ein großer zeitlicher, technischer und personeller Aufwand betrieben. An herausragenden Objekten führt dies häufig zu einer doppelten oder gar dreifachen Dokumentation, um allen Fachdisziplinen gerecht zu werden. Wünschenswert wäre folglich eine ressourcensparende Dokumentationsform, die für alle Anwendungsbereiche verwendbar ist. Als Lösungsvorschlag wird im Folgenden ein möglicher Workflow über den kombinierten Einsatz von 3D-Laserscanning und hochauflösender Fotografie am Beispiel des Kaisersaals der Neuen Residenz in Bamberg vorgestellt. ⁰¹

M.2 Der Bamberger Kaisersaal im Zentrum der Forschung

■ 02

Johannes Erichsen, Die Kaiserwohnung der Bamberger Residenz – Zweckbestimmung und Bildprogramm, in: Johannes Erichsen et al., KaiserRäume – KaiserTräume – [...], Hirmer, München 2007, S. 34–53, hier S. 35.

■ 03

Erichsen 2007, S.37ff.; Ute Engel: Augentäuschung und Illusionskunst in der barocken Deckenmalerei, in: Andreas Beitin/Roger Diederer (Hg): Lust der Täuschung. [...], Kat. Ausst. München/Aachen 2018/2019, München 2018, S. 168–179, hier S. 168–173.

■ 04

Erichsen et al. 2007, S. 215ff.

Der Kaisersaal ⁰¹ ist der wohl bedeutendste Raum der Neuen Residenz in Bamberg, welche als fürstbischöfliche Oberhofhaltung ab 1695 am Domplatz errichtet wurde. Fürstbischof Lothar Franz von Schönborn, der zugleich Kurerzbischof von Mainz und Reichskanzler der deutschen Länder war, veranlasste beim Bau der Residenz die Errichtung einer Gastwohnung für Besuche des Kaisers. ⁰² Hier bildet der Kaisersaal den ersten und zugleich größten Raum in der Raumabfolge des kaiserlichen Apartments. Er wird unmittelbar von dem repräsentativen Treppenaufgang erschlossen und war im höfischen Zeremoniell von zentraler Bedeutung. ⁰³ 1707 beauftragte Lothar Franz von Schönborn den Maler Melchior Steidl mit der Ausführung eines prächtigen Deckengemäldes. In den Jahren bis 1709 folgte die Ausgestaltung der Wandflächen, ebenfalls durch Steidl. Auf den Wandflächen zwischen den Fenstern zeigt der Raum bis heute ein ungemein prächtiges Bildwerk mit Kaiserportraits aus dem Hause der Habsburger, antiken Kaiserportraits oberhalb der Fensterreihe sowie von Kaiser Heinrich II. ⁰⁴ Über der reich gestalteten Fensterzone schließt eine nicht weniger aufwändige Architekturmalerei an, die den Übergang von der Wand- zur Deckenmalerei bildet. Über einem illusionistisch auskragenden Gesims rahmt

■ 05

Vgl. Erichsen 2007, S. 41ff, Erichsen et al. 2007, S. 215ff und Christian Dümmler, **Die Neue Residenz in Bamberg – Bau- und Ausstattungsgeschichte der fürstbischöflichen Hofhaltung im Zeitalter der Renaissance und des Barock**, Degener, Neustadt/Aisch 2001, hier S. 172ff.

■ 06

Für nähere Information zum CbDD siehe bspw. <https://deckenmalerei.badw.de/das-projekt.html>.

die Architektur das zentrale Deckengemälde. In den Ecken des Raums werden die vier Weltreiche dargestellt. Eine Ecke nimmt die assyrisch-babylonische Monarchie ein, die zweite die persische Monarchie, komplementiert werden diese durch die Darstellungen des griechischen und des römischen Weltreichs. Das zentrale Deckenbild schließlich zeigt eine Allegorie der göttlichen Weisheit, einen Triumphzug der Divina Providentia als eine den Raum überspannende Szene. Die qualitätsvolle, farbenprächtige, illusionistische Malerei erzeugt durch ihre geschickt gewählten Perspektiven einen deutlich höheren Raumeindruck, als man es in einem nur sieben Meter hohen Saal vermuten würde. **05**

Dieses herausragende Objekt barocker Bildkunst ist Forschungsgegenstand des von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften geförderten Projektes **Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD)**, unter der Leitung von **Stephan Hoppe**. **06** 2015 wurde ein Pilotprojekt **Deckenmalerei und 3D** initiiert, an dem sich das Kompetenzzentrum für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien der Universität Bamberg beteiligte. Im Rahmen dessen erfolgten Studien zu verschiedenen Möglichkeiten der dreidimensionalen Dokumentationsmethoden für barocke Prunkräume.

□ 01

Kaisersaal, Inneres, Bamberg, Neue Residenz (Bildarchiv Foto Marburg/Bayerische Schlösserverwaltung/Thomas Scheidt, Christian Stein (CbDD)).



M.3 Datenaufnahme im Bamberger Kaisersaal

Die Oberflächendokumentation des Bamberger Kaisersaals erfolgte im Zuge der Abschlussarbeit von Victoria Spicale im Masterstudiengang Denkmalpflege/Heritage Conservation der Universität Bamberg. **07** Zum Einsatz kam ein terrestrischer 3D-Laserscanner (TLS) der Firma Riegl LMS (Riegl VZ400i). Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip der single-pulse, time-of-flight Messung. **08** Hierbei werden einzelne Laserimpulse vom Gerät ausgesendet. Nachdem diese von einer umgebenden Oberfläche reflektiert und zum Scanner zurückgesendet werden, können Lage und Entfernung der Oberfläche zum Gerät ermittelt und so einzelne Punkte mit 3D-Koordinaten gemessen werden. Durch die Rotation des Scanners in 360° um die eigene Achse und einem integrierten, rotierenden Spiegel können die Laserimpulse horizontal in 360° und vertikal in 100° ausgesendet werden. Hierdurch lässt sich mit dem Scanner die gesamte Umgebung in einer Distanz bis zu 800m hochpräzise mit einer Auflösung bis zu 3mm vermessen. Oberhalb der Scaneinheit des Geräts lässt sich eine digitale Spiegelreflexkamera montieren. Durch ihre Aufnahmen können die gemessenen 3D-Punkte später mit einem Farbwert verknüpft werden. **09** Systembedingt werden bei einer Scanposition die Bereiche oberhalb und unterhalb des Gerätes nicht erfasst, welche ohnehin durch das Stativ des Scanners und der aufgesetzten Kamera verdeckt sind. Mit dieser Methode kann nicht durch Objekte hindurch gemessen werden, wodurch Lücken im Scan entstehen, die durch eine Verknüpfung zusätzlicher Scanpositionen geschlossen werden müssen. Im Falle des Kaisersaals wurden insgesamt elf Scanpositionen an verschiedenen Stellen im Raum angefertigt, um Verschattungen durch die Lüster und Bestuhlung auszugleichen sowie alle Fensternischen vollständig zu erfassen. Die Vermessung des Kaisersaals erfolgte – zusammen mit weiteren Räumen – an drei Tagen im Juni 2016 tagsüber zu regulären Besuchs- und Öffnungszeiten der Neuen Residenz.

■ 07

Victoria Spicale, *Topographische Aufnahmeanalyse barocker Decken – Methodenvergleich am Beispiel von Prunkräumen der Neuen Residenz Bamberg, unveröffentlichte Abschlussarbeit im Masterstudiengang Denkmalpflege/Heritage Conservation, Universität Bamberg, Bamberg 2016.*

■ 08

Für ausführliche Informationen zur Funktionsweise von terrestrischen Laserscannern und ihrem Einsatz in der Denkmalpflege siehe Pierre Grussenmeyer, Tania Landes, Michael Doneus, José Luis Lerma, *Basics of Range-Based Modeling Techniques in Cultural Heritage 3D Recording*, in Efstratios Stylianidis, Fabio Remondino (Hg.), *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*, Whittles Publishing, Dunbeath 2016, S. 305–368.

■ 09

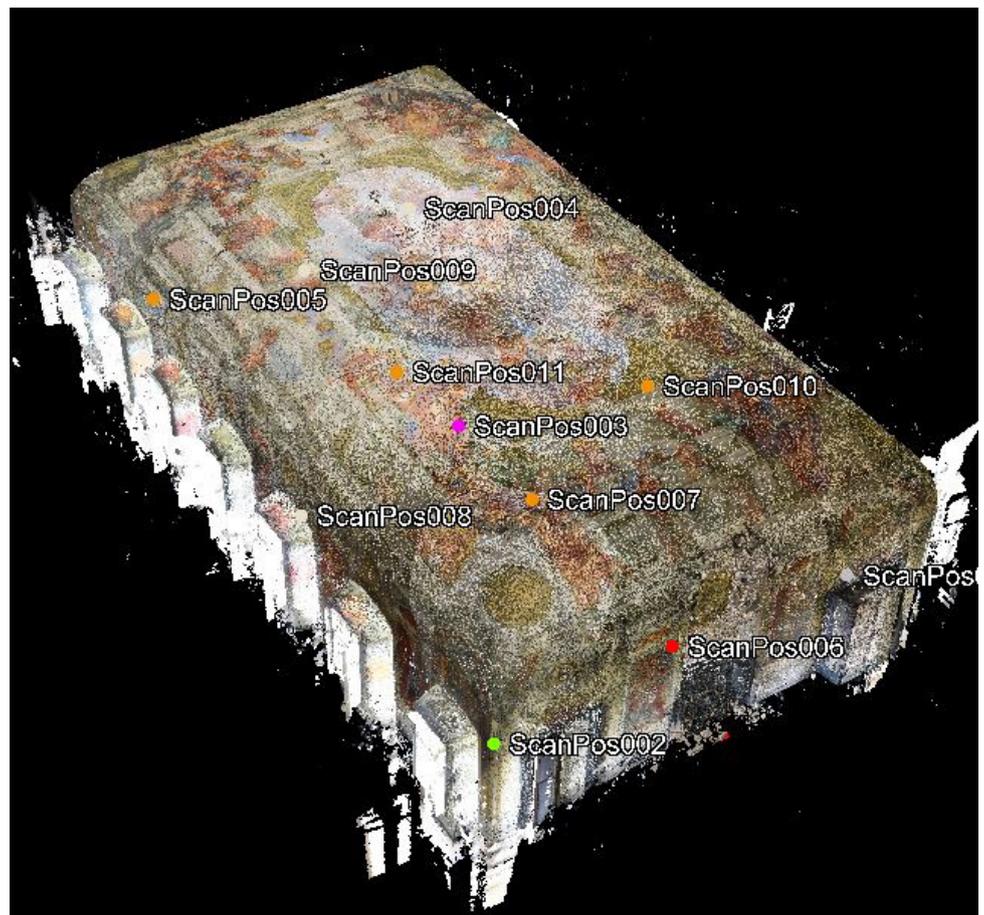
Vgl. Technisches Datenblatt, Riegl VZ400i: http://www.riegl.com/uploads/tx_pxriegl/downloads/RIEGL_VZ-400i_Datasheet_2020-10-06.pdf.

M.4 Datenverarbeitung

Die einfachste oder schnellste Möglichkeit, um die Daten auszuwerten, ist die Verwendung einer 3D-Punktwolke der Einzelscans, bei der jedem Punkt ein Farbwert, basierend auf den Fotografien des Scanners, zugeordnet wird ⁰². Der Raumeindruck lässt sich hierdurch schnell darstellen und die Punktwolken lassen sich unproblematisch in AutoCAD® oder anderen CAD-Anwendungen importieren, um dort beispielsweise verformungsgerechte Vektorzeichnungen zu erstellen. Bei einer detaillierten Betrachtung der Punktwolken jedoch erweisen sich die Lücken zwischen den einzelnen gemessenen Punkten als störend. Eine Verknüpfung der Einzelpunkte zu einem Oberflächenmodell ist daher der notwendige nächste Schritt, um die Raumstruktur gezielt analysieren zu können.

□ 02

Punktwolkenansicht des Bamberger
Kaisersaals (Max Rahrig).



M.5 Vertex Textur

Bei einem aus den Punktwolken generierten Oberflächenmodell fallen schnell Unstimmigkeiten und Fehler in der Textur auf. Zum Beispiel werden Farbwerte der im Raum hängenden Lüster auf dahinter liegende Flächen projiziert ⁰³. Diese Stellen müssen daher zunächst in den Punktwolken der Einzelscans von Hand selektiert und gelöscht werden, bevor die einzelnen Scanpositionen miteinander verknüpft werden. Im Anschluss erhält man ein bereinigtes 3D-Oberflächenmodell des Raums. Die Säuberung der Daten kann dabei bspw. in der scannereigenen Software erfolgen, die Verknüpfung der Einzelscans zu einem Oberflächenmodell – die Triangulation – anschließend bspw. über MeshLab ¹⁰ oder Geomagic Wrap[®].



□ 03

Kronleuchter auf Wand projiziert.
Texturfehler vor der Optimierung der
Vertex Textur (Victoria Spicale).

■ 10

Paolo Cignoni, Marco Callieri,
Massimiliano Corsini, Mateo Dellepiane,
Fabio Ganovelli, Guido Ranzuglia,
MeshLab: an Open-Source Mesh
Processing Tool, in: Sixth Eurographics
Italian Chapter Conference, Salerno
2008, S. 129-136.

■ 11

Diego Cantor, Brandon Jones, WebGL
Beginner's Guide, Packt Publishing,
Birmingham 2012, S. 51.

Das hieraus resultierende 3D-Modell spiegelt die Geometrie des Raums und die Farbigkeit der Oberflächen wider. Bei einer detaillierten Betrachtung wird jedoch schnell ersichtlich, dass der Farbeindruck nur sehr grob und unbefriedigend für die detaillierte Betrachtung ist ⁰⁴. Es fehlen jegliche Details, welche für eine Dokumentation der Malerei oder die Bestands- und Zustandskartierungen nötig sind. Der Grund hierfür ist die verwendete Methode für die Berechnung der Textur: Bei der sogenannten Vertex-Kolorierung wird bei der Triangulation, der Verknüpfung der gemessenen 3D-Punkte zu einem Oberflächenmodell, der jeweilige Farbwert der Punkte für die Einfärbung der Dreiecke genutzt, sodass jeder einzelnen Dreiecksfläche ein Farbwert zugewiesen wird. ¹¹ Dabei wird der Farbwert gegebenenfalls sogar gemittelt, sofern die drei Punkte unterschied-

liche Werte aufweisen. Somit wird die Auflösung der Textur maximal so hoch wie es das zugrunde liegende Oberflächenmodell zulässt. Bei einem Oberflächenmodell eines Raums wie dem Kaisersaal liegt die Auflösung etwa bei 1 cm. Die Qualität der Darstellung mag für eine Präsentation im Internet ausreichen, für eine Vermittlung oder wissenschaftliche Bearbeitung/Auswertung der historischen Oberflächen genügt dies aber bei Weitem nicht. Für die detaillierte Betrachtung und Bewertung des Bestandes ist eine deutlich höhere Texturqualität notwendig. Abhilfe bietet ein sogenanntes Texture Mapping, welches im Folgenden näher beschrieben wird.

□ 04

Detailansicht der finalen Vertex Textur. Die Unschärfe ergibt sich aus der Zuweisung eines einzelnen Farbwertes pro Dreiecksfläche des 3D-Modells. (Victoria Spicale).



M.6 Texture Mapping

■ 12

Vgl. José Luis Lerma et al., *Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study*, in: *Journal of Archaeological Science* 37, Elsevier, 2010, S. 499–507, DOI: [10.1016/j.jas.2009.10.011](https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.10.011), José Luis Lerma et al., *Integration of Laser Scanning and Imagery for Photorealistic 3D Architectural Documentation*, in: Chau-Chang Wang (Hg.): *Laser Scanning, Theory and Applications*, Rijeka 2011, S. 413–430, DOI: [10.5772/14534](https://doi.org/10.5772/14534), Fabio Remondino, *Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning*, in: *Remote Sensing*, 2011 (3), S. 1104–1138, DOI: [10.3390/rs3061104](https://doi.org/10.3390/rs3061104), Sharaf Al-kheder et al., *Developing a documentation system for desert palaces in Jordan using 3D laser scanning and digital photogrammetry*, in: *Journal of Archaeological Sciences* 36, Elsevier, 2009, S. 537–546, DOI: [10.1016/j.jas.2008.10.009](https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.10.009). Sehr frühe Workflows zur Kombination von Scandaten und hochauflösenden Fotografien sind zu finden bei Jean-Angelo Beraldin et al., *Virtualizing a Byzantine Crypt by Combining High-resolution Textures with Laser Scanner 3D Data*, in: *Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, 2002, S. 3–14 und Sabry El-Hakim et al., *Effective 3D Modeling of Heritage Sites*, in: *The 4th International Conference of 3D Imaging and Modeling*, 2003, S. 302–309, DOI: [10.1109/IM.2003.1240263](https://doi.org/10.1109/IM.2003.1240263).

■ 13

So können zusätzlich Scandaten von Z+F sowie Daten der PT-M Scanner von Polymetric, für dessen Daten die Software eigentlich entwickelt wurde, eingelesen und verarbeitet werden.

■ 14

Vgl. ISRA VISION Polymetric GmbH, *Quick Reference Guide – QTSculptor V 6.0. 11.12.2017 v1.1*, S. 16.

■ 15

Vgl. Polymetric 2017, S. 22.

■ 16

Vgl. Polymetric 2017, S. 16, 22.

Beim Texture Mapping ist die Textur von der Geometrie getrennt.

Nach Erstellung des Oberflächenmodells werden die Fotografien wie eine dünne Haut über das 3D-Modell gelegt. Dies geschieht unabhängig von der zugrundeliegenden Größe und Oberflächenauflösung des 3D-Modells, wodurch es möglich ist, eine deutlich höhere Detailgenauigkeit und Auflösung in der Farbinformation wiederzugeben. Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten, um ein 3D-Modell mit Texture Mapping zu erstellen. ¹² Im Falle des Bamberger Kaisersaals erfolgte zunächst die Erstellung eines detailreichen Oberflächenmodells mit der Software QTSculptor® (QTS). Neben Riegl-Scandaten können hier auch Daten anderer Scannerhersteller eingelesen werden. ¹³

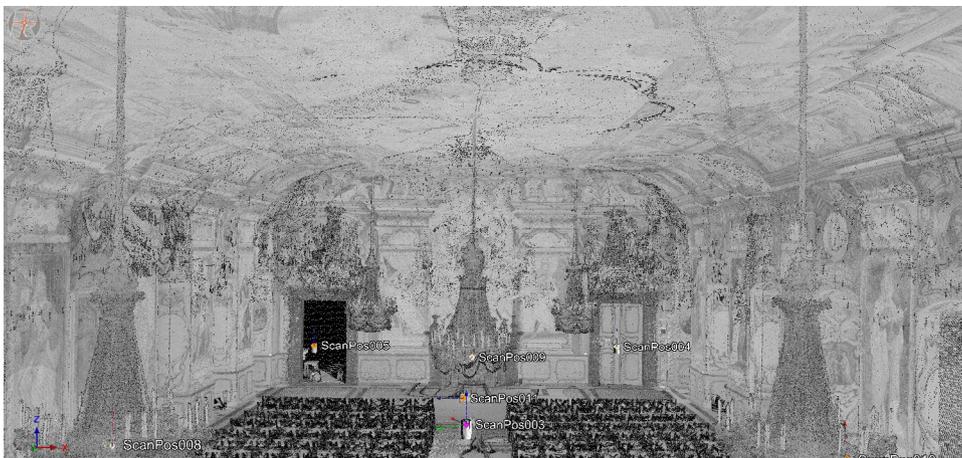
Beim Importieren der Riegl-Daten werden die Scanpositionen mit ihren einzelnen Dateien gespeichert. Es stehen somit sowohl die 3D-Punktwolken als auch die jeweiligen hochauflösenden Fotografien zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung. Der Vorteil an dem Verfahren mit dieser Software liegt in der vergleichsweise einfachen und automatisierten Optimierung der Scandaten.

Bedingt durch die verwendete Technik entstehen beim Scannen zahlreiche ungewollte Messpunkte: Trifft der Laserstrahl bspw. auf eine Kante oder eine spiegelnde Oberfläche, wird der Laserstrahl aufgefächert und mehrfach reflektiert. Diese zusätzlich gemessenen Punkte werden als Streupunkte oder Rauschen bezeichnet ⁰⁵. Diese Messfehler sollten vor der weiteren Bearbeitung herausgefiltert werden. In QTS geschieht dies durch den Befehl »Detect Jump Edges«, wobei zuvor die Filterparameter über die Optionen angepasst werden können. ¹⁴

Nachdem die einzelnen Scans gefiltert wurden, kann die Orientierung der Scans weiter optimiert werden. Hierzu stehen Best-Fit-Prozesse zur Verfügung, mit denen die Punktwolken der einzelnen Scans anhand der Geometrie der Gesamtheit der gemessenen Punkte bestmöglich zueinander ausgerichtet werden. Durch die Angabe der maximalen Abweichung und der durchschnittlichen Standardabweichung kann das Ergebnis zusätzlich zu einer optischen Begutachtung überprüft werden. ¹⁵

Die Vielzahl der einzelnen Scanpositionen ist notwendig, um den Raum möglichst lückenlos zu dokumentieren. Da der Scanner jedoch in der Regel einen kompletten 360°-Scan erstellt, werden diverse Oberflächen mehrfach von verschiedenen Positionen erfasst und vermessen. Zwar bilden diese redundanten Daten die Grundlage für die Best-Fit-Ausrichtung der Scans zueinander, doch sind sie für die weitere Bearbeitung unerwünscht, da sie nur unnötig das Dateivolumen vergrößern. Durch den Befehl »Redundancies« können die redundanten Daten herausgefiltert werden. Dabei berücksichtigt die Software bei der Anwendung des Filters auch die Qualität der Daten: So werden vorzugsweise Scanpunkte behalten, die möglichst orthogonal vom Scanner gemessen wurden, um mögliche Messfehler durch ein Auffächern des Laserstrahls zu reduzieren. Ebenso werden Punkte bevorzugt, die von einem Standpunkt näher zur Oberfläche oder in einem engeren Punktabstand und damit in einer höheren Auflösung erfasst wurden. ¹⁶

Im weiteren Verlauf der Datenverarbeitung werden gegebenenfalls weitere unerwünschte Bereiche manuell maskiert und ausgeblendet. Der Kaisersaal musste bspw. bei vollständiger Bestuhlung vermessen werden. Die Klappstühle sollen dagegen im Endmodell nicht enthalten sein. Auch die kristallinen Kronleuchter wurden herausgefiltert. Nachdem alle Messfehler, redundanten Daten und unerwünschten Bereiche maskiert und herausgefiltert wurden, folgt die Berechnung des Oberflächenmodells durch eine Verknüpfung der einzelnen Punkte zu Dreiecksflächen. Die Software interpoliert hierbei automatisch mögliche Löcher und Fehlstellen im 3D-Modell. Einzelne Lücken treten bspw. im Bereich der Kamine mit ihren vergleichsweise sehr plastischen Oberflächen auf. In anderen Programmen erfolgt diese Arbeit meist durch manuelles, semi-automatisches Löcher-Füllen, was sehr zeit- und damit auch kostenintensiv ist. Am Ende dieser Prozesskette mit QTS entsteht ein lückenloses hochauflösendes 3D-Modell des Raums, bisher jedoch noch ohne Farbinformation [06].



□ 05

Deutlich sind Messfehler entlang der Kronleuchter zu sehen (Max Rahrig).



□ 06

Das bereinigte 3D-Oberflächenmodell, ohne Farbinformation (Max Rahrig).

M.7 Variante 1

Um das eigentliche Texture Mapping zu berechnen, sollen im Folgenden zwei Vorgehensweisen beschrieben werden. Die erste Variante dient der Texturierung mit einzelnen Fotografien, die zweite greift auf Bildserien zurück. Wenn nur Teilbereiche eines 3D-Modells texturiert werden sollen oder nur einzelne Fotos zur Verfügung stehen, kann mittels QTS in wenigen Schritten ein hochwertiges Ergebnis berechnet werden. Es lassen sich beliebige Fotografien in QTS importieren, sie können im Zuge des Scansvorganges, aber auch zu einem anderen Zeitpunkt mit einer Digitalkamera aufgenommen werden. Die Fotografien müssen nach dem Importieren zum 3D-Modell orientiert werden. Hierzu wird eine Ansicht des 3D-Modells generiert, die möglichst identisch den Bereich der zu orientierenden Fotografie abbildet. Anschließend können zwischen Fotografie und 3D-Ansicht Tie-Points gesetzt werden ^[07]: sogenannte natürliche Passpunkte oder homologe Punkte, die in beiden Ansichten eindeutig zu identifizieren sind. Je nach Komplexität und Größe des Ausschnitts sollten 6 bis 15 Punktpaare für die Orientierung gesetzt werden. Innerhalb der Fotografie werden anschließend Kanten in die Geometrie des 3D-Modells eingeblendet, wodurch die Orientierung des Fotos einfach zu überprüfen ist.



□ 07

Tie-Points zur Verortung der Fotos auf dem 3D-Modell (Max Rahrig).

Auf diese Weise werden schrittweise alle Fotografien mit dem 3D-Modell verknüpft. Anschließend sollten überlappende Bereiche, die in mehreren Fotografien sichtbar sind, maskiert und auf einen möglichst kleinen Überlappungsbereich reduziert werden, um mögliche Dopplungsfehler aufgrund minimaler Abweichungen zwischen den Bildorientierungen zu reduzieren [08]. Im Falle des Riegl-Scanners lassen sich die Fotografien – aufgrund der vorkalibrierten Kameraposition auf dem Scanner – direkt orientiert zu den 3D-Daten importieren, sodass unmittelbar mit der Maskierung begonnen werden kann. Im Arbeitsprozess kann das Ergebnis immer wieder durch eine schnelle Berechnung der Textur in einer geringen Qualität überprüft und anschließend gegebenenfalls Abweichungen nachjustiert werden. Sollten hierbei Farbabweichungen zwischen den Fotografien erkannt werden, lassen sich diese einfach in Bildbearbeitungsprogrammen wie Adobe Photoshop® oder GIMP [17] ausgleichen. Hierbei ist darauf zu achten, dass Anzahl und Seitenverhältnis der Pixel nicht verändert werden und die Fotografie unter dem identischen Dateinamen abgespeichert wird. Die angepasste Fotografie kann anschließend als unkomprimierte JPG-Datei wieder importiert werden, wobei bei diesem Vorgang das fehlerhafte Foto automatisch ersetzt wird.

■ 17

Siehe: <https://www.gimp.org>
(CC BY-SA 4.0).

Nachdem die Fotografien angepasst worden sind, kann eine hochauflösende Textur berechnet werden. Hierzu wird die Auflösung auf den Maximalwert von 16.384 Pixeln Kantenlänge gesetzt und der Befehl »Compute Texture« gestartet. Das Ergebnis kann als OBJ oder VRML exportiert werden. Der große Vorteil dieser Variante besteht darin, dass auch einzelne Fotografien, aus denen kein zusammenhängender Bildverband (s.u.) gerechnet werden kann, für die Texturierung genutzt werden können.

□ 08

Gelb maskierte Bereiche der Fotografie werden für die Berechnung der Textur nicht verwendet (Max Rahrig).



M.8 Variante 2

Die zweite Möglichkeit, ein hochauflösendes Texture Mapping zu generieren, erfolgt mittels Image-Based-Modelling oder Structure-from-Motion. Diese Verfahren dienen eigentlich der Generierung von 3D-Modellen unmittelbar aus Bildserien, ohne dass ein terrestrischer Scan angefertigt werden muss. Da die hochwertige illusionistische Architekturmalerei im Bamberger Kaisersaal jedoch zu fehlerhaften 3D-Modellen führen kann – die Software berechnet Geometrie aus der Malerei heraus – soll der Bildverband für dieses Beispiel nur zur Texturierung des 3D-Modells vom Scanner dienen. ¹⁸ Im Falle des Kaisersaals wurde daher die vom Riegl-Scanner angefertigte Fotoserie zusammen mit einzelnen Fotografien des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland in das Programm Photoscan[®]/Metashape[®] der Firma Agisoft importiert.

Bei einem solchen Verfahren erfolgt die Orientierung und Ausrichtung der Einzelbilder zueinander standardmäßig mittels »Alignment«: Anhand starker Überschneidungen zwischen den Fotos werden automatisch identische Bereiche ermittelt und so die einzelnen Aufnahmepositionen der Fotografien zueinander berechnet ^[09]. Hierbei unterscheidet die Software in der Skalierung des Objekts zunächst nicht, ob es sich um Makroaufnahmen eines Fingerhuts oder die Bildserie eines Bergmassivs handelt. Um eine korrekte Skalierung der Daten zu erhalten, braucht es die Angabe von Maßen des Objekts. ¹⁹ Zudem soll der Bildverband zum vorhandenen 3D-Modell des Scanners ausgerichtet sein. Hierzu werden markante Bereiche gewählt, die sowohl in den Fotografien, als auch in den 3D-Modellen sichtbar sind. Dies können bspw. Passpunkte des Scanners, aber auch Kanten von Profilen oder markante Bereiche der Wandmalerei sein. In der Scanner-Software können die 3D-Koordinaten diese Punkte abgelesen und als Referenzpunkte in Photoscan[®]/Metashape[®] übertragen werden ^[10]. Wenn die Referenzpunkte in mindestens drei Fotografien markiert sind, werden sie in den verbleibenden Fotos automatisch detektiert. Im Falle des Kaisersaals erfolgte die Berechnung der Textur aus ca. 130 einzelnen Aufnahmen.

Nachdem die Skalierung und Ausrichtung des Bildverbandes über die Passpunkte prozessiert ist, kann das untexturierte 3D-Modell des Laserscans importiert werden. Es sollte nun deckungsgleich mit dem Bildverband ausgerichtet sein. Je nach Qualität der Einzelfotos kann nun unmittelbar die Textur berechnet werden. Im Bamberger Kaisersaal wurden die Fotografien tagsüber aufgenommen. Hierdurch mussten unterschiedliche Belichtungszeiten angesetzt werden, um sowohl die Farbigkeit des gesamten Raums als auch die Malereien in den deutlich helleren Fensterlaibungen einheitlich wiederzugeben. Deshalb war es notwendig, die einzelnen Aufnahmen in Photoscan[®]/Metashape[®] zu maskieren, um zu helle oder zu dunkle Bereiche bei der Berechnung der Textur auszugrenzen. Auf diesem Wege konnten auch die Kronleuchter und die Bestuhlung maskiert und herausgefiltert werden. Im Gegensatz zur oben beschriebenen Variante 1 können einheitliche ausgeleuchtete Fotos identische Bereiche für die Textur aufweisen, sodass der Aufwand zum Maskieren und Filtern auch bei größeren Bildserien überschaubar bleibt.

Zur Berechnung des Texture Mappings gibt es auch in Photoscan[®]/Metashape[®] die Möglichkeit, zunächst ein schnelles Ergebnis mit geringer Qualität zu berechnen, das Ergebnis zu überprüfen und ggf. anzupassen. Wenn alle

■ 18

Patrick Lackner, Qualitativer Vergleich des 3D-Laserscannings mit dem »Structure from Motion« – Verfahren. Unveröffentlichte Abschlussarbeit im Masterstudiengang Denkmalpflege/Heritage Conservation, Universität Bamberg, Bamberg 2017, S. 66.

■ 19

Für ausführliche Informationen siehe auch Efstratios Stylianidis, Andreas Georgopoulos, Fabio Remondino, Basics of Image-Based Modeling Techniques in Cultural Heritage 3D Recording, in: Efstratios Stylianidis, Fabio Remondino (Hg.), 3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage, Whittles Publishing, Dunbeath 2016, S.253–304.

■ 20

Jeffrey Warda (Hg.), *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*, second edition, American Institute for Conservation, Washington 2011, S. 42ff.

■ 21

Für detaillierte Informationen zur Aufnahme von Fotoserien für Image-Based Modeling siehe Geert Verhoeven, *Basics of Photography for Cultural Heritage Imaging*, in: Efstratios Stylianidis, Fabio Remondino (Hg.), *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*, Whittles Publishing, Dunbeath 2016, S. 127-251 und Stylianidis et al. 2016.

■ 22

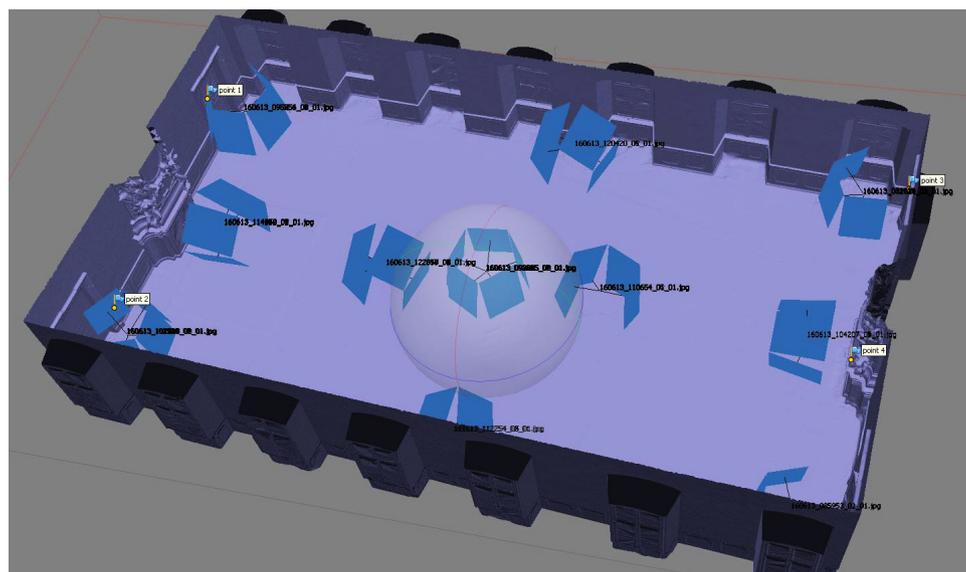
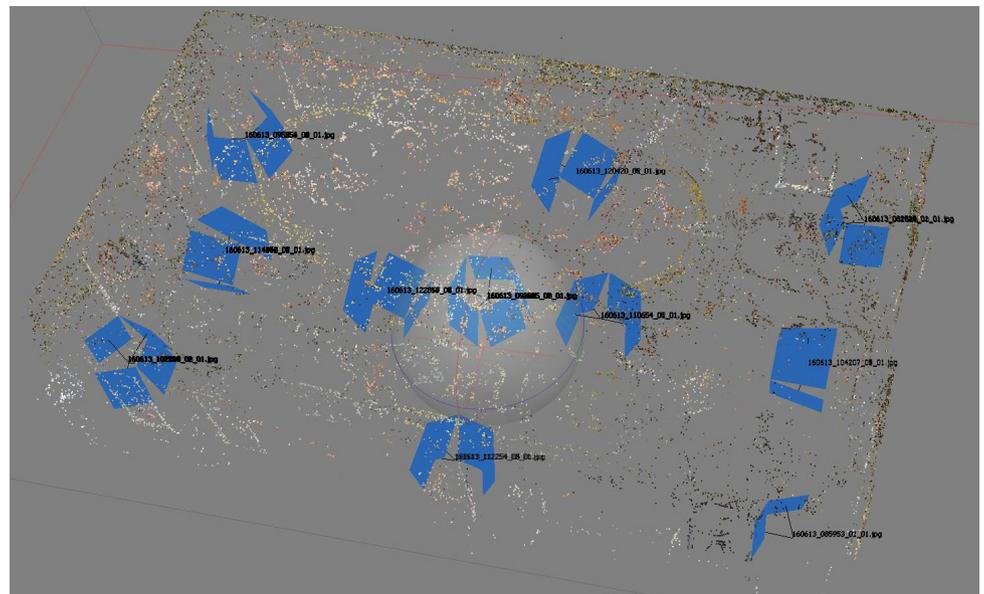
In einer weiteren Kooperation zwischen dem CbDD und dem KDWT konnte eine Dokumentationskampagne in Schloss Arnstorf (Niederbayern) durchgeführt werden, bei der auch eine optimierte Bildserie für den dortigen Kaisersaal aufgenommen wurde.

Anpassungen erfolgt sind, kann ein finales hochauflösendes Texture Mapping berechnet werden. Analog zu QTS kann das Ergebnis als OBJ oder VRML exportiert werden.

Um das zeitaufwändige Maskieren und Filtern der Fotografien zu optimieren, ist es ratsam, die Fotos generell mit einer einheitlichen Ausleuchtung, bei gleichen Kameraeinstellungen und mit einem Color Control Patch wie beispielsweise dem X-Rite ColorChecker aufzunehmen. **20** So können in der Nachbearbeitung der Fotos die korrekten Farbwerte ermittelt werden und das Ergebnis ist somit deutlich farbechter. **21** Im Falle des Bamberger Kaisersaals war dieser Prozess bisher nicht möglich. **22**

□ 09

Bildverband berechnet in Photoscan®/Metashape®. Blaue Flächen stellen die einzelnen Fotoaufnahmen dar (Max Rahrig).



□ 10

Bildverband ausgerichtet zum 3D-Modell. Kontrollpunkte (Fähnchen) dienen zur Orientierung und Skalierung des Bildverbandes (Max Rahrig).

M.9 Ergebnisse

■ 23

Eduardo Zalama, Jaime Gómez-García-Bermejo, José Llamas, Roberto Medina, An effective texture mapping approach for 3D models obtained from laser scanner data to building documentation, in: *Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 26, 2011, S. 381–392, DOI: [10.1111/j.1467-8667.2010.00699.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2010.00699.x).

■ 24

Max Rahrig, Wohin mit all den Scans? Über die dauerhafte Archivierung von 3D-Daten bedeutender Kulturgüter am Beispiel des Bamberger Kaisergrabs, in: Birgit Franz, Gerhard Vinken (Hg.), *Das Digitale und die Denkmalpflege. Bestandserfassung – Denkmalvermittlung – Datenarchivierung – Rekonstruktion verloreener Objekte (= Veröffentlichung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Band 26)*, Holzminde 2017, S. 130–139, DOI: [10.11588/arthistoricum.263.348](https://doi.org/10.11588/arthistoricum.263.348), hier S. 137.

Die fertigen 3D-Modelle beider Varianten stehen anschließend zur Auswertung für diverse Fragestellungen zur Verfügung. ²³ OBJ und VRML können in jede gängige 3D-Software importiert werden. ²⁴ So ist es möglich, bspw. in MeshLab oder Aspect3D[®] mit wenigen Klicks verzeichnungsfreie Orthoansichten der Wand- und Deckenflächen ¹¹ zu berechnen und diese in AutoCAD[®] zu einem vollwertigen Plansatz weiter zu verarbeiten. Dabei können Schnittlinien an jeder beliebigen Stelle und in jedem Winkel generiert und ebenfalls in CAD überführt werden, ohne dass die einzelne Schnittlinie aufwändig von Hand nachgezeichnet werden muss. Durch die im Vergleich zur Vertex Textur deutlich höher auflösende Oberflächendarstellung ¹² dienen solche Pläne als ausgezeichnete Planungsgrundlage z. B. für Befund- und Schadenskartierungen.

□ 11

Orthografische Ansicht des Deckengemäldes im Bamberger Kaisersaal, generiert aus dem 3D-Modell (Max Rahrig).



□ 12

Detailansicht des Texture Mappings. Ein Vergleich mit □04 offenbart eine deutlich erhöhte Auflösungsfähigkeit der Textur, welche durch das Texture Mapping erreicht werden kann. (Max Rahrig).



Die gleichen Modelle lassen sich auch in VR-Anwendungen importieren und anschließend mit VR-Brillen erkunden. Wissenschaftler können die Räume auf diese Weise digital aus jeder nur erdenklichen Perspektive betrachten und die Malereien analysieren. Dies birgt besondere Vorteile bei der Betrachtung und Analyse von nur schwer zugänglichen Objekten. Auch für die Vermittlung an Touristen und interessierte Besucher lassen sich die Räume auf diese Weise virtuell erlebbar machen. Für eine Präsentation im Museum oder im Internet können in Programmen wie 3DStudiomax®, Blender ²⁵ oder Cinema4D® zudem virtuelle Rundgänge animiert und Videos generiert werden ¹³.

■ 25

Siehe: <https://www.blender.org> (GNU General Public License).

□ 13

Ansicht des 3D-Modells des Bamberger Kaisersaals (Max Rahrig).

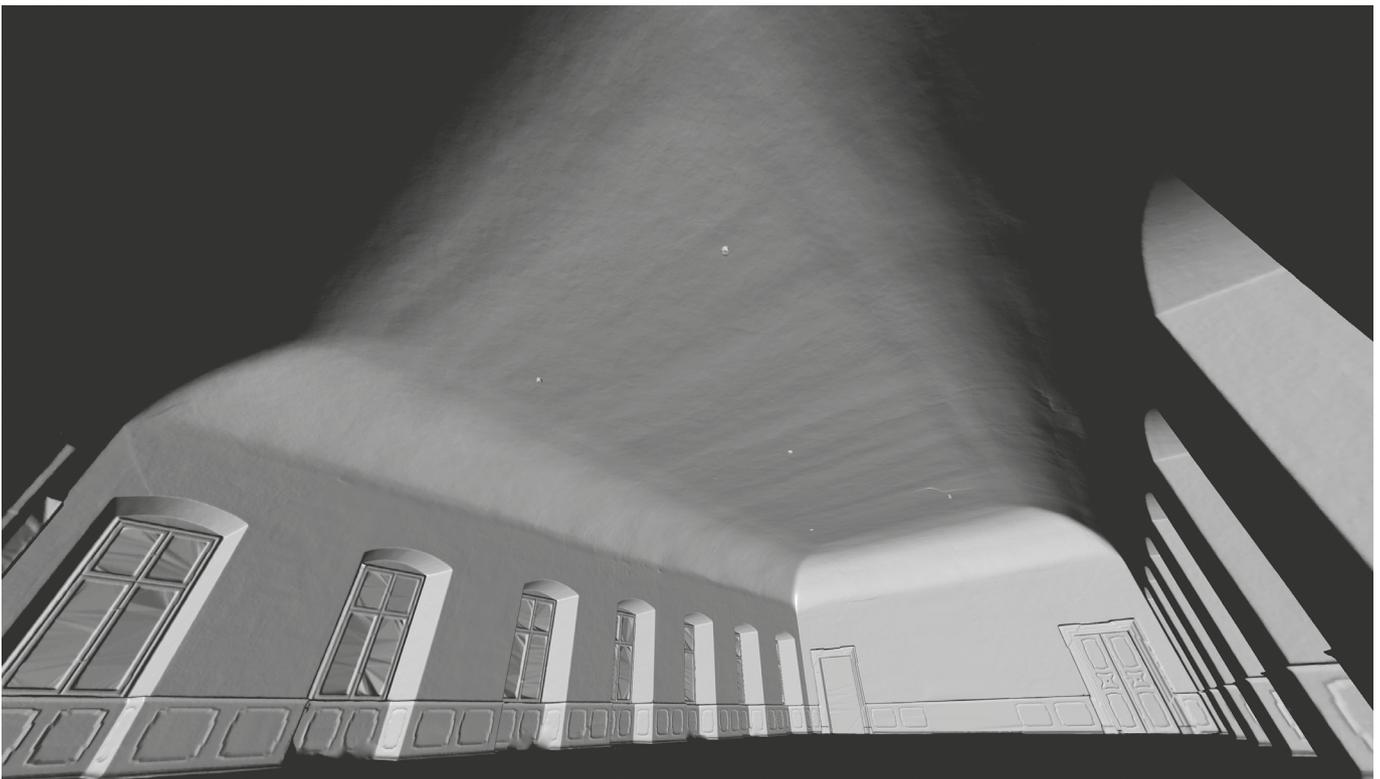


Zusätzlich zur Darstellung des farbigen Oberflächenmodells kann zudem die Textur ausgeblendet werden, sodass im 3D-Modell die reine Oberflächen-topografie angezeigt wird ¹⁴. Diese Darstellung spiegelt im Falle des Bamberger Kaisersaals den Zustand des Saals vor 1707 wider, bevor Melchior Steidl mit der Ausmalung begann. ²⁶ Für eine möglichst authentische Darstellung dieses Vorzustands wurden die beiden Kamine aus dem 3D-Modell entfernt, da auch diese erst nach 1707 errichtet wurden. ²⁷ Zudem werden in dieser Ansicht weitere Informationen sichtbar gemacht, die sonst unter der ausgeführten Malerei verborgen bleiben wie der Verlauf der Deckenbalken oder der Gewölbeansatz im Übergang von Wand- zu Deckenflächen. Beides sind wichtige konstruktive Details, die bei einer Betrachtung des realen Raums nicht oder nur schwer wahrzunehmen sind.

■ 26
Erichsen et al. 2007, S. 215ff.

■ 27
Vgl. Dümler 2001, S. 175f und Erichsen 2007, S. 36.

□ 14
Ansicht des 3D-Modells des Bamberger Kaisersaals im Zustand bevor mit der Ausmalung der Decke begonnen wurde, vor 1707 (Max Rahrig).



■ 28

Auch in diesem Modell wurden zur Steigerung der Authentizität die beiden Kamine aus dem 3D-Modell entfernt. Vgl. Dümler 2001, S. 175f und Erichsen 2007, S. 36.

■ 29

Erichsen et al. 2007, S. 215ff.

In einem zweiten Modell wurde lediglich die Decke des Kaisersaals texturiert ^[15]. ²⁸ Dieses Modell spiegelt den Zustand um 1707 wider, als Steidl die Ausmalung der Decke abgeschlossen, jedoch noch nicht den Auftrag für die Ausmalung der Wandflächen übernommen hatte. ²⁹ Die vergleichende Betrachtung der unterschiedlich texturierten 3D-Modelle mittels Virtual Reality ermöglicht den Wissenschaftlern nun erstmals, den Eindruck des Kaisersaals vor Beginn der Wandausmalung und in den Zwischenstadien zu untersuchen. Auf diese Weise können neue Erkenntnisse über die Planungsphase der Malereien oder den Arbeitsablauf des Malers Steidl bei der Ausgestaltung des Kaisersaals gewonnen werden.



□ 15

Ansicht des 3D-Modells im Zustand nach Fertigstellung des Deckengemäldes um 1707/08 (Max Rahrig).

M.10 Arbeitsaufwand

Die Datenaufnahme erfolgte im Juni 2016 innerhalb von drei Tagen. In dieser Zeit wurden nicht nur der Kaisersaal, sondern noch weitere Räume der Neuen Residenz in Bamberg dreidimensional dokumentiert ^[16]. Die Dokumentation umfasste zusätzlich das Audienzzimmer im 2. Obergeschoss, welches ebenfalls zum kaiserlichen Appartement zählte, zudem wurde das kurfürstliche Schlafzimmer aufgenommen. Im 1. Obergeschoss wurden darüber hinaus der äußere und innere Vorsaal sowie der Speisesaal als zusammenhängende Raumabfolge des fürstbischöflichen Appartements erfasst. ³⁰

■ 30

Vgl. Spicale 2016.

Das Erstellen des hochauflösenden Oberflächenmodells des Kaisersaals dauerte etwa 2,5 Tage, wobei die automatisierten Rechenprozesse die meiste Zeit in Anspruch nahm. Die aktive Arbeitszeit für die Triangulation, das Schließen von Löchern, Entfernen der Bestuhlung und die generelle Optimierung des 3D-

Modells lag bei etwa 8 Stunden. Das Ausrichten und Maskieren von Einzelbildern für die Berechnung des Texture Mappings in Variante 1 dauerte durchschnittlich etwa 30 Minuten pro Aufnahme, sofern ausreichend markante Bereiche für die Ausrichtung vorhanden waren. Im Falle des Kaisersaals dauerte dieser Arbeitsschritt jedoch deutlich länger, da in dem vollständig ausgemalten Raum außer den Fensternischen und Kaminen kaum eindeutig dreidimensional zu identifizierende Bereiche in der Geometrie fassbar waren, was die Ausrichtung der Fotografien für die Deckenbereiche deutlich erschwerte. Räume mit Wandvertäfelungen und Stuckdecken weisen dagegen eine deutlich plastischere Oberflächentopografie auf, wodurch die Orientierung der Fotos wesentlich schneller erfolgen kann. Die Vorausrichtung der Einzelaufnahmen durch die Scanner-Software half jedoch, diese Zeit deutlich zu reduzieren. Die Berechnung der Textur erfolgte anschließend mit einer Auswahl von etwa 20 Fotografien.

In Variante 2 dauerte die Ausrichtung der verwendeten 130 Einzelbilder ca. zwei Stunden. Aufgrund von deutlichen Farbunterschieden zwischen den Fotografien, die durch die Aufnahmesituation bei Tageslicht bedingt waren, mussten jedoch auch hier die Einzelbilder nach der Ausrichtung maskiert und selektiert werden. Beide Varianten hatten folglich einen vergleichbaren Zeitaufwand von ca. 24 Stunden.

Durchschnittlich kann ein Zeitbedarf von etwa fünf Arbeitstagen für die Aufnahme und Aufbereitung bis zum vollständig texturierten 3D-Oberflächenmodell eines Raums postuliert werden. Stark verwinkelte Räume wie bspw. Treppenaufgänge oder Arkadengänge, aber auch äußere Faktoren wie Mobiliar, Lichtverhältnisse, Zugänglichkeit des Raums und die Erfahrung des Bearbeiters können den benötigten Zeitaufwand deutlich beeinflussen.



□ 16
Überblick der bisher vom KDWT digitalisierten Räume der Neuen Residenz in Bamberg (Max Rahrig).

M.11 Ausblick

■ 31

Erica Nocerino, Dirk H. Rieke-Zapp, Elisabeth Trinkl, Ralph Rosenbauer, Elisa Mariarosaria Farella, Daniele Morabito, Fabio Remondino, Mapping VIS and UVL Imagery on 3D Geometry for Non-Invasive, Non-Contact Analysis of a Vase, in: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2, 2018, S. 773–780, Max Rahrig, Rainer Drewello, Andrea Lazzeri, *Opto-Technical Monitoring – A Standardized Methodology to Assess the Treatment of Historical Stone Surfaces*, in: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2, 2018, S. 945–952; Talal Akasheh, José Luis Lerma, Miriam Cabrelles, Naif Adel Haddad, *The multispectral and 3D study of the Obelisk Tomb in Petra, Jordan*, in: *Marinos Ioannides, Dieter Fellner, Andreas Georgopoulos, Diofantos Hadjimitsis (Hg.), 3rd International Conference dedicated on Digital Heritage. Short Papers, Limassol, Cyprus, 2010*, S. 35–40, Miriam Cabrelles, S. Galcerá, Santiago Navarro, José Luis Lerma, Talal Akasheh, Naif Haddad, *Integration of 3D laser scanning, photogrammetry and thermography to record architectural monuments*, in: *22nd CIPA Symposium, Kyoto, 11–15 October, Japan, 2009* und *Zalama et al. 2011*.

Über eine farbgetreue, hochauflösende Oberflächendokumentation hinaus bieten die beschriebenen Varianten des Texture Mappings noch weitere Möglichkeiten zur umfassenden Analyse historischer Räume. So lassen sich neben den verwendeten Farbfotos auch UV-, IR- oder Thermografie-Bilder für die Texturierung eines 3D-Modells – oder einzelner Teilbereiche – heranziehen. Diese multispektralen 3D-Modelle würden eine zusätzliche Informationstiefe für Oberflächenanalysen, Befund- und Schadenskartierungen sowie die Untersuchung von Konstruktion und Statik liefern. **31**

M.12 Fazit

Mit vergleichsweise geringem Aufwand lassen sich mit der oben beschriebenen Methode 3D-Modelle erstellen ^[17], die sowohl von Architekten und Restauratoren als Arbeitsgrundlage verwendet, aber auch von Kunsthistorikern, Wahrnehmungspsychologen oder von Museumspädagogen zur Erkundung, Vermittlung und Analyse von Räumen oder ganzen Raumabfolgen genutzt werden können. Es kann jedoch nicht pauschal gesagt werden, welche Variante zur Erstellung eines texturierten 3D-Modells die »richtige« ist. Wie eingangs erläutert, gibt es neben den beschriebenen Varianten noch weitaus mehr Möglichkeiten, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Die beiden beschriebenen Varianten können demnach als – in der Praxis bewährte – Vorschläge für die Erstellung hochauflösender Texture Mappings dienen, basierend auf einzelnen Fotos (Variante 1) oder ganzen Bildserien (Variante 2). Welche Methode zur Erstellung der 3D-Dokumentation letztlich verwendet werden soll, ist von diversen

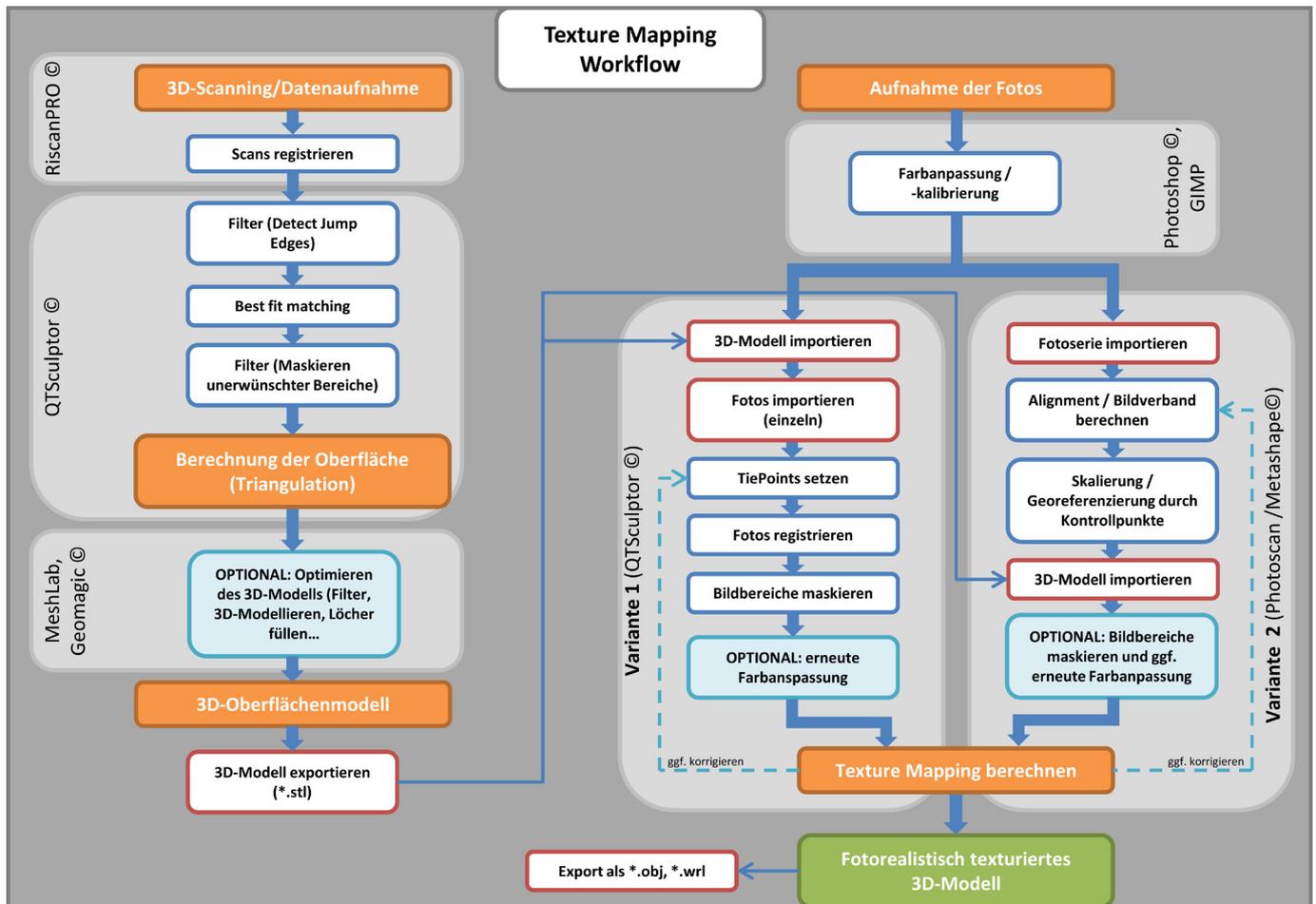
Parametern abhängig. Hierunter fallen die Fragestellungen und Anforderungen an das Ergebnis, aber auch die Beschaffenheit des zu dokumentierenden Objektes oder Raums an sich. Soll oder muss der Raum bspw. mit seinem gesamten Mobiliar und sonstiger beweglicher Ausstattung erfasst werden und dieses auch im 3D-Model dargestellt werden oder kann der Raum vorab ausgeräumt werden, um lediglich die Raumhülle dokumentieren zu können? Vor Beginn der Dokumentation sollte demnach exakt geplant werden, welche Ergebnisse erzielt werden sollen und welche äußeren Faktoren auf die Datenaufnahme einwirken können, um die richtige Herangehensweise zu wählen. 32

■ 32

Fabio Menna, Erica Nocerino, Fabio Remondino, Matteo Dellepiane, Marco Callieri, Roberto Scopigno, 3D Digitization of an Heritage Masterpiece – A Critical Analysis on Quality Assessment, in: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B5, 2016, S. 675–683; Fabio Remondino, Alessandro Rizzi, Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites – techniques, problems, and examples, in: *Appl Geomat* 2010 (2), S. 85–100.

□ 17

Schematische Darstellung des Workflows zur Erstellung eines Texture Mappings.





N. Mixed Reality und Digitale Raumgestaltung

→ 3D, Augmented Reality, Datenaufbereitung, Digitalisierung, Mixed Reality, Virtual Reality

Unter dem Begriff Mixed Reality (MR) wird eine Menge von Systemen zusammengefasst, die reale Elemente mit computergenerierten Inhalten verbindet. Derartige Ansätze kommen auch in der Forschung zum Einsatz und unterstützen Forscher*Innen bei der Visualisierung, Betrachtung oder Analyse ihrer Daten.

Auch im Bereich der Kunstgeschichte finden diese Technologien Anwendung, z. B. bei der Visualisierung von Räumen oder Objekten. Oft ist die Zielsetzung, dass reale Vorbilder digitalisiert und möglichst realitätsnah dargestellt werden. Dabei tritt die Fragestellung auf, welche Verfahren für die Erstellung von virtuellen Zwillingen eingesetzt werden können und welche Vor- und Nachteile berücksichtigt werden müssen.

Wir stellen anhand von zwei aktuellen Digitalisierungsprojekten verschiedene Verfahren vor und diskutieren deren Vor- und Nachteile. Im Anschluss beschreiben wir, welche Schritte für die Aufbereitung der Daten notwendig sind, sodass diese mit modernen Ausgabegeräten in MR dargestellt werden können.

Darüber hinaus geben wir einen Überblick, in welchen Anwendungsbereichen die Technologie Mixed Reality ihre Stärken besonders ausspielen und welchen Nutzen man daraus ziehen kann.

N.1 Einleitung

Unter dem Begriff Mixed Reality (gemischte Realität; MR) wird eine Menge von Systemen zusammengefasst, die reale Elemente mit computergenerierten Inhalten verbindet. Je nachdem ob reale oder virtuelle Inhalte überwiegen, spricht man von Augmented Reality (erweiterte Realität; AR) oder Virtual Reality (virtuelle Realität; VR). **01** Bei AR überwiegt der reale Anteil, während bei VR dem Betrachter eine primär virtuelle Welt präsentiert wird.

Aufgrund technologischer Fortschritte ist in den letzten Jahren eine Vielzahl von Geräten und Anwendungsfällen entstanden, die VR und AR von komplexen Nischenprodukten zur Massentauglichkeit übergeleitet hat. Das Spektrum an Geräten und Anwendungsszenarien ist sehr weitreichend und mit der Entwicklung der Hardware sind auch große Fortschritte im Bereich der Software einhergegangen.

Die Einsatzszenarien in der Wissenschaft stehen der Vielfalt der Use-Cases in anderen Bereichen nicht nach: ob eine naturgetreue Darstellung von Räumen, detaillierter Objekte oder digitaler Rekonstruktionen, die Technologie MR erlaubt eine dreidimensionale Darstellung und natürliche Navigation sowie Interaktion.

Mit der Verfügbarkeit und Einsteigerfreundlichkeit dieser Geräte verschiebt sich der Fokus zunehmend auf die Erstellung von Inhalten: Wie können Räume und Objekte erfasst werden? Wie müssen die Daten für eine Darstellung mit MR aufbereitet werden, um eine realitätsnahe Wiedergabe zu ermöglichen? Welche Einsatzszenarien bieten die Technologien und wer kann davon profitieren?

■ 01

Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino, Augmented Reality, A class of displays on the reality-virtuality continuum, in: Telemanipulator and Telepresence Technologies, 2351, 1994, S. 282-292.

N.2 Aufnahme und Erfassung der Daten

Um virtuelle Zwillinge von realen Objekten oder Räumen zu rekonstruieren, gibt es unterschiedliche Ansätze, die je nach Einsatzszenario Vorteile, aber auch Nachteile mit sich bringen. Vor der Wahl der Technologie müssen daher die Anforderungen definiert werden: Wie groß ist das abzubildende Objekt, Raum oder Gebäude? Wie komplex der Aufbau und wie detailgetreu muss die Wiedergabe sein?

Bei der Photogrammetrie wird eine hohe Anzahl von Fotoaufnahmen kombiniert, um daraus mittels Software ein 3D-Modell zu berechnen. **02** Die Fotografien werden zusammengesetzt und daraus Punkte im Raum für das 3D-Modell ermittelt. Es ist wichtig das Original aus möglichst vielen Blickwinkeln zu fotografieren, denn fehlende Information führt zu Bereichen, in denen keine Geometrie erzeugt werden kann. Ein großer Vorteil der Photogrammetrie stellt die zeitgleiche Generierung der Textur dar. Außerdem erzielt diese Methode auch bei der Verwendung herkömmlicher Digitalkameras sehr gute Ergebnisse, was sie zu einer kostengünstigen Lösung macht. **03** Je nach Weiträumigkeit des Raumes kann der Photogrammetrie-Ansatz sehr zeitaufwändig sein.

Als 3D-Laserscanning wird der Vorgang bezeichnet, bei dem mit Hilfe eines Laserstrahls Objekte oder Räume erfasst und vermessen werden. Das digitale Abbild wird auch hier automatisch generiert. Die Punkte des 3D-Objektes werden jedoch vom Laserscanner erzeugt und nicht nachträglich errechnet. **04** Um einen hochwertigen Scan zu erhalten, ist es auch hier notwendig, das Original von möglichst vielen Seiten aufzunehmen. Bei der Digitalisierung großflächiger Anlagen oder komplexer Strukturen bietet das Laserscanning einige Vorteile gegenüber der Photogrammetrie: Ein geringerer zeitlicher Aufwand der Erfassung, aber auch eine detailgetreuere Rekonstruktion sind besonders hervorzuheben.

Objekte und Räume können auch auf der Grundlage von Bauplänen oder Grundrissen mit einem 3D-Modellierungsprogramm manuell entwickelt werden. Die Voraussetzung von Fachwissen in der Handhabung der Software sowie der Pipeline zur Aufnahme und Optimierung der Texturen machen diesen Ansatz für viele Zielsetzungen ineffizient. Ein entscheidender Vorteil gegenüber den vorherigen Ansätzen ergibt sich jedoch für Projekte, die viele interaktive Elemente mit dem virtuellen Gegenstand oder Raum planen. Eine Kombination mit Photogrammetrie oder 3D-Laserscanning bietet sich in vielen Fällen an. Unabhängig von der Wahl des Ansatzes zur Erfassung des Raumes oder Objekts und der Generierung des virtuellen Abbildes, ist eine gute Vorbereitung der zu erfassenden Szene fundamental. Des Weiteren kann die Qualität der 3D-Rekonstruktion durch eine Aufbereitung der aufgenommenen Bilder stark verbessert werden. **05**

■ 02

Simón Peña-Villasenín, Mariluz Gil-Docampo, Juan Ortiz-Sanz, Desktop vs cloud computing software for 3D measurement of building façades: The monastery of San Martín Pinario, in: *Measurement*, 149, 2020.

■ 03

Philip Sapirstein, Accurate measurement with photogrammetry at large sites, in: *Journal of Archaeological Science*, 66, 2016, S. 137-145.

■ 04

Emmanuel P. Baltasvias, A comparison between photogrammetry and laser scanning, in: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 1999, S. 83-94.

■ 05

Marco Gaiani, Fabio Remondino, Fabrizio Ivan Apollonio, Andrea Ballabeni, An Advanced Pre-Processing Pipeline to Improve Automated Photogrammetric Reconstructions of Architectural Scenes, in: *Remote Sensing* 8, 2016, S. 1-27.

Im Anschluss soll anhand von zwei Fallbeispielen die Erfassung und Aufbereitung von 3D-Modellen skizziert werden: dem Kaisersaal in der Neuen Residenz Bamberg und der Kammerkapelle der Kurfürstin Therese Kunigunde im Neuen Schloss Schleißheim.

Der Kaisersaal in der Neuen Residenz Bamberg wurde von **Bernhard Strackenbrock** mithilfe von Photogrammetrie erfasst. Das resultierende 3D-Modell war detailliert und die Texturen hochauflösend. Dennoch war vielerorts eine manuelle Überarbeitung notwendig, um Unzulänglichkeiten des Rekonstruktionsverfahrens auszugleichen: Beispielsweise wurden Glas- und Fensterscheiben in soliden, opaken Flächen dargestellt und Texturen wiesen eine markante Farbverschiebung auf. Das Ergebnis ist in 01 dargestellt.



□ 01
Überarbeitetes 3D-Modell
des Kaisersaals.

Als Datengrundlage für die Überarbeitung des Photogrammetrie-Modells wurden vom Deutschen Dokumentationszentrums für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg hochqualitative Fotos zur Verfügung gestellt.

Mit Hilfe einer 3D-Modellierungssoftware wurden aus dem Fensterglas resultierende opake Flächen manuell entfernt. Die Fensterrahmen wurden zur Verbesserung der Qualität anhand von Referenzfotos nachmodelliert.

Der Vergleich der Referenzfotos mit den Texturen des 3D-Modells offenbarte eine Farbverschiebung, die stark von der realen Farbgebung des Raumes abwich. In manchen Bereichen des Bodens fehlte die Texturinformation vollständig. Für die Korrektur wurde der Boden vom Rest des 3D-Modells getrennt sowie die dazugehörige Textur neu erstellt. Die Texturbilder wurden mit einer Bildbearbeitungssoftware farbkorrigiert und fehlende Informationen mit Hilfe des Referenz-Bildmaterials ergänzt. [02](#) zeigt einen Vergleich des 3D-Modells des Kaisersaals vor (links) und nach (rechts) der Überarbeitung.

□ 02

Vergleich 3D-Modell des Kaisersaals vor (links) und nach (rechts) der Überarbeitung.



Im Gegensatz zum Kaisersaal wurde die Kammerkapelle der Kurfürstin Therese Kunigunde komplett manuell rekonstruiert. Initial als studentisches Projekt in Kooperation mit der Ludwig-Maximilians-Universität München modelliert, wurde der Datensatz von Mitarbeiter*Innen des Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ergänzt und verfeinert. In mehreren Iterationen wurde der Raum anhand von Referenzfotos detailgetreu nachgebildet. Die Modelle wurden anschließend mit Hilfe von möglichst neutral beleuchteten Fotografien texturiert.  zeigt ein Rendering des resultierenden 3D-Modells.

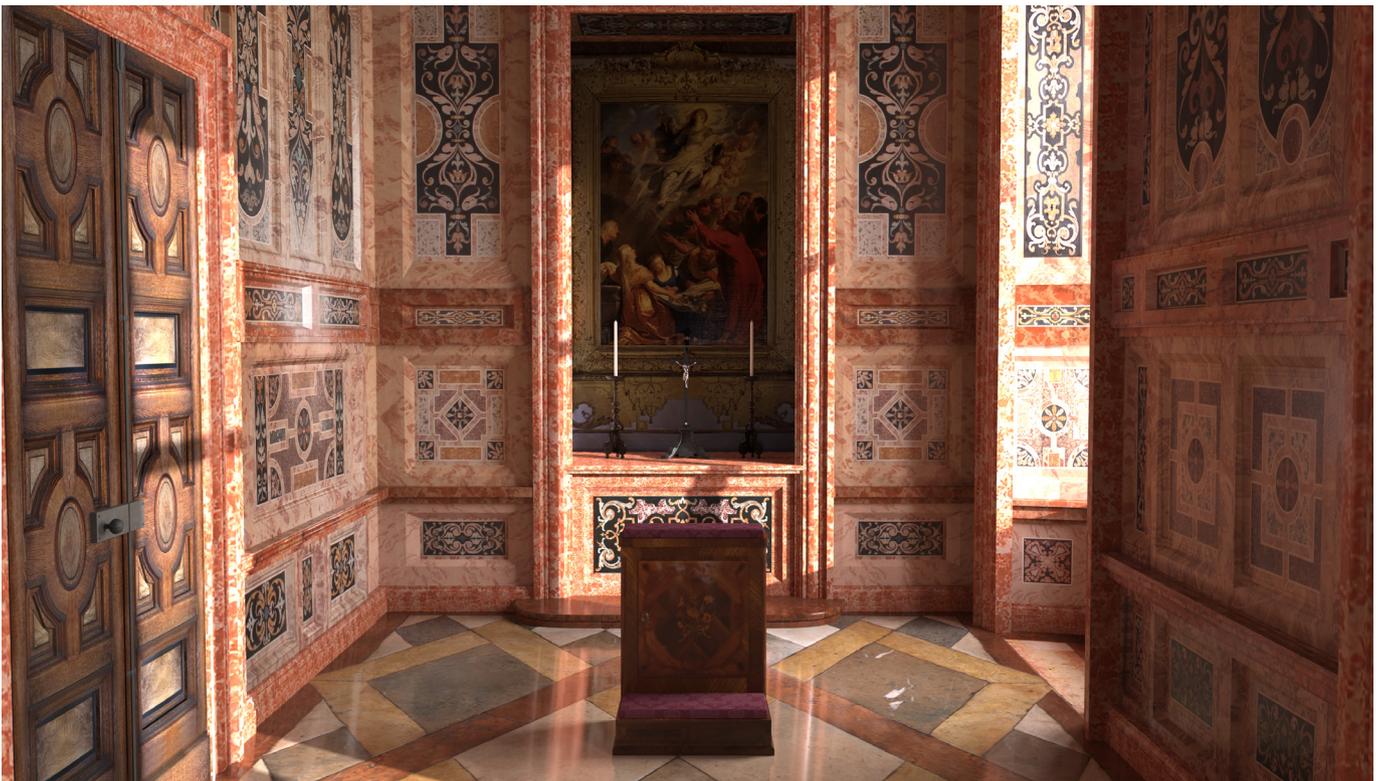
Besonders der aufwändige Stuck, der den Bereich der Decke und Laterne ziert, stellte eine Herausforderung für die Modellierung dar. Während die allgemeine Geometrie des Raums aus einfachen Formen besteht, welche sich leicht digital nachbilden lassen, erfordern die feinen Strukturen des Stucks eine wesentlich komplexere Geometrie. Es musste ein Kompromiss zwischen möglichst realitätsgetreuer Nachbildung, der verwendeten Geometriedichte und dem Arbeitsaufwand gefunden werden.

Auch die Statuen am Rand der Laterne wurden nachgebildet, um die Szene zu vervollständigen. Da die Laterne besonders schwer zugänglich und die Raumstruktur mit Säulen und großen dreidimensionalen Figuren relativ komplex ist, wurde die manuelle Rekonstruktion gegenüber 3D-Laserscanning oder Photogrammetrie bevorzugt.

□ 03

Kammerkapelle

im Neuen Schloss Schleisheim.



N.3 Aufbereitung für VR

Nach der Bearbeitung des 3D-Modells war der nächste Schritt, die Räume für den Einsatz in VR vorzubereiten. Ein Schwerpunkt lag auf der Immersion **06** im virtuellen Raum: Betrachter und Forscher sollen in der VR-Anwendung das Gefühl haben, als wären sie tatsächlich in den barocken Räumen. Dafür wurde der Fokus auf eine realistische Darstellung des Raumes gesetzt. Mit der **Unreal Engine** wurde eine Software eingesetzt, die in der Spiele-Industrie weit verbreitet ist und den Prozess von 3D-Modell zu VR-Anwendung effizienter gestaltet. Derartige Game Engines bieten Entwicklern eine Reihe an hilfreichen Funktionen an, die sonst primär im Unterhaltungsbereich genutzt werden wie Material-Bearbeitung, dynamisches Licht und Aufbereitung für verschiedene VR-Ausgabegeräte.

Im Falle des Kaisersaals war eine Korrektur der Skalierung notwendig: Um dem Betrachter einen möglichst realitätsnahen Eindruck des Kaisersaals zu vermitteln, wurden die Maße des echten Saals in Bamberg auf den virtuellen Zwilling übertragen. In VR ist es dadurch möglich, dass Besucher die Größe des Saals realistisch wahrnehmen können.

Außerdem wurden die Elemente des Kaisersaals anhand der vorhandenen Bilder auf ihre Konsistenz untersucht, um die unterschiedliche Materialität darstellen zu können: Es wurde ein wesentlicher Unterschied zwischen dem gekachelten, spiegelnden Boden und den matten Materialien der Wände und Decke festgestellt. Aus diesen Analysen wurde beim Bodenmaterial neben der Textur auch ein leicht reflektierendes Material eingesetzt, sodass die Lichtspiegelung wiedergegeben wird. Die Sonneneinstrahlung im virtuellen Raum wird anhand der geografischen Lage des realen Saals berechnet. In der VR-Applikation wird der Saal von der niedrigen Abendsonne beleuchtet. Der niedrige Sonnenstand leuchtet den gesamten Raum aus und man kann die Malerei mit guten Lichtverhältnissen betrachten. Die VR-Präsentation soll die Aufmerksamkeit auf den Kaisersaal lenken. Daher wurde auf eine Modellierung der Umgebung außerhalb der Fenster verzichtet und die Umgebung besteht nur aus dem Himmel.

Neben der Darstellung ist es wichtig, dass Besucher sich in der VR-Anwendung durch die Modelle bewegen und alle Details aus der Nähe betrachten können. Die für die Applikation gewählte Navigationsmethode erlaubt es dem Betrachter sich völlig frei im Raum zu bewegen – der Nutzer ist auch nicht an den Boden gebunden und kann im Raum fliegen. **07** Diese Methode eignet sich besonders zur Betrachtung und Untersuchung von Details an Decke oder Wänden, denn der Betrachter kann auf Wunsch direkt zur Decke des virtuellen Raumes schweben.

Dank Einsatz von Game Engines ist die Applikation mit verschiedensten VR-Ausgabegeräten nutzbar: in professionellen Installationen wie der CAVE im Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung am LRZ **08**, wo Besucher die Installation betreten und von dem virtuellen Raum umgeben sind, aber auch in HMDs, welche an verschiedenen Orten eingesetzt werden können, vom Heimbereich über Präsentation oder Lehre bis hin zu Konferenzen und Ausstellungen.

■ 06

Mel Slater, Martin Usoh, Anthony Steed, *Depth of Presence in Immersive Virtual Environments*, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press 3(2), 1994, S. 130–144.

■ 07

Doug Bowman, David Koller, Larry F. Hodges, *Travel in Immersive Virtual Environments: An Evaluation of Viewpoint Motion Control Techniques*, in: *Proceedings of the 1997 Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS 97)*, 1997, S. 45–52.

■ 08

Leibniz-Rechenzentrum, *Installationen des V2C*, <https://doku.lrz.de/display/PUBLIC/Installationen>.

N.4 Einsatzmöglichkeiten

■ 09

Marc Levoy, Kari Pulli, Brian Curless et al., *The digital Michelangelo project: 3D scanning of large statues*, *Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '00)*, (2000), S. 1-14.

■ 10

Chris Evans, *Il Divino: Michelangelo's Sistine ceiling in VR*, *ACM SIGGRAPH 2019 Virtual, Augmented, and Mixed Reality (SIGGRAPH '19)*, Association for Computing Machinery, New York, 11, 2019, S. 1-1.

■ 11

Marcello Carrozzino, Massimo Bergamasco, *Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in museums*, *Journal of Cultural Heritage* 11, 4 (2010), S. 452-458.

Die Erstellung von sehr hochauflösenden und möglichst realitätsnahen 3D-Modellen zur digitalen Dokumentation findet schon seit mehreren Jahrzehnten statt (vgl. »The Digital Michelangelo Project« ⁰⁹). Mit dem Einsatz von MR ergeben sich in den letzten Jahren allerdings völlig neue Wege, um die virtuellen Zwillinge zu präsentieren. Nicht zuletzt kann damit der breiten Masse der Zugang zu historischen Räumen, Gebäuden oder Objekten ermöglicht werden (vgl. auch die VR Darstellung der Sixtinischen Kapelle ¹⁰).

Auch in anderen Bereichen kann die MR-Technologie Anwendung finden. Museen können sich die Technologie für Ausstellungen zunutze machen. ¹¹ Ein Berühren von Artefakten wird in diesem Kontext im Normalfall unterbunden, sodass das Fehlen einer haptischen Komponente in VR oder AR keine Auswirkung hat. Darüber hinaus können Gegenstände so für Wissenschaftler oder Besucher zugänglich gemacht werden, die besonders schützenswert sind oder durch menschliche Einwirkung beschädigt würden.

Ein weiterer Ansatz beschäftigt sich nicht nur mit der digitalen Erhaltung bzw. Dokumentation, sondern auch mit der digitalen Rekonstruktion. Am 3D-Modell können beispielsweise Fresken gefahrlos und mit verhältnismäßig einfachen Methoden digital rekonstruiert werden. VR und AR Anwendungen erlauben die gleichzeitige Darstellung des Originals und der Rekonstruktion und ermöglichen den Vergleich oder Korrekturen.

Bei Einsatz von VR in der Raumgestaltung ist auch die interaktive Anpassung von Lichtquellen und Lichtverhältnissen hervorzuheben. Moderne Game Engines berechnen die Darstellung in Echtzeit. Lichtquellen können beliebig positioniert, die Tageszeit und der Sonnenstand nach Belieben angepasst werden. So kann die Umgebung auf Knopfdruck bei verschiedensten Lichtverhältnissen erlebt werden.

Die AR-Technologie beschäftigt sich nicht nur mit der Darstellung von 3D-Modellen, sondern behandelt auch die Interaktion mit der realen Welt: Objekte oder Bilder werden erkannt und können mit Objekten überlagert oder Informationen annotiert werden. Die Einsatzszenarien reichen damit von der Unterstützung von Wissenschaftlern oder Besuchern mit Zusatzinformationen bis hin zum Vergleich der realen Welt mit digitalen Rekonstruktionen oder Modellen.

N.5 Fazit und Ausblick

Während VR und AR als Technologien schon seit Jahrzehnten erforscht werden, haben technologische Fortschritte der letzten Jahre vor allem im VR-Bereich eine neue Generation an Ausgabegeräten und Einsatzbereichen ermöglicht. AR-Geräte sind noch nicht so weit entwickelt wie ihre VR-Gegenstücke, das Potenzial der Technologie ist aber auch hier erkennbar. Die Einsatzszenarien im Massenmarkt beschränken sich aktuell primär auf die Unterhaltungsindustrie. Dabei birgt die Technologie auch für den Einsatz im wissenschaftlichen Bereich massives Potenzial.

Aktuell kann eher der Mangel an Datensätzen als einschränkender Faktor identifiziert werden. Moderne Softwaretechnologien und Ausgabegeräte würden eine virtuelle, interaktive Begehung von großen Gebäuden oder ganzen Schlössern erlauben. Gleichzeitig können virtuelle Zwillinge benutzt werden, um originale Artefakte zu schützen und sie den Besuchern zugänglich zu machen. Diese Technologien können für die Forschung aber auch für virtuelle Museen ein großer Vorteil sein.

N.6 Danksagungen

- Corpus der barocken Deckenmalerei Deutschlands
- Bayerische Akademie der Wissenschaften
- Bayerische Schlösserverwaltung
- Deutsches Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg
- Kaisersaal (Bernhard Strackenbrock, illustrated architecture), Kammerkapelle (Ute Engel, Karin Guminski sowie Studierende der Studienrichtungen Kunstgeschichte und Kunst und Multimedia)



O. Nachhaltige 3D-Modelle aus Messbildern

→ 3D-Cloud Factory, 3D-Punktegenerator, Messbildarchiv, Messbildtechnik, Photogrammetrie, Virtualisierung, Visualisierung

Bis ein mit Scannern erfasster barocker Prunksaal in einem virtuellen 3D-Modell mithilfe von 3D-Brillen, Endgeräten wie Handys oder Tablets über Visualisierungsplattformen erkundet werden kann, sind viele und teilweise sehr aufwändige Bearbeitungsschritte nötig. 2016 entstand im Auftrag des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland unter der Leitung von Prof. Dr. Ute Engel ein 3D-Modell des Kaisersaals der Neuen Residenz in Bamberg. Im Folgenden soll dieser Entstehungsprozess von der photogrammetrischen Aufnahme des Raumes über die digitalen Messbilder bis hin zum fertigen virtuellen 3D-Modell dargestellt werden. Im Zentrum der Dokumentation stehen die technischen Instrumente und Verfahren, die sich sowohl bei der Datenerfassung oder Virtualisierung als auch bei der Auswertung, Berechnung und Visualisierung von 3D-Modellen im Laufe des Projekts bewährt haben. Ebenfalls thematisiert wird die Datenspeicherung und Archivierung von 3D-Modellen. Angesichts der Schnelligkeit der Technologie stellt dies eine der großen Aufgaben für die nachhaltige Arbeit mit digitalen 3D-Daten dar.

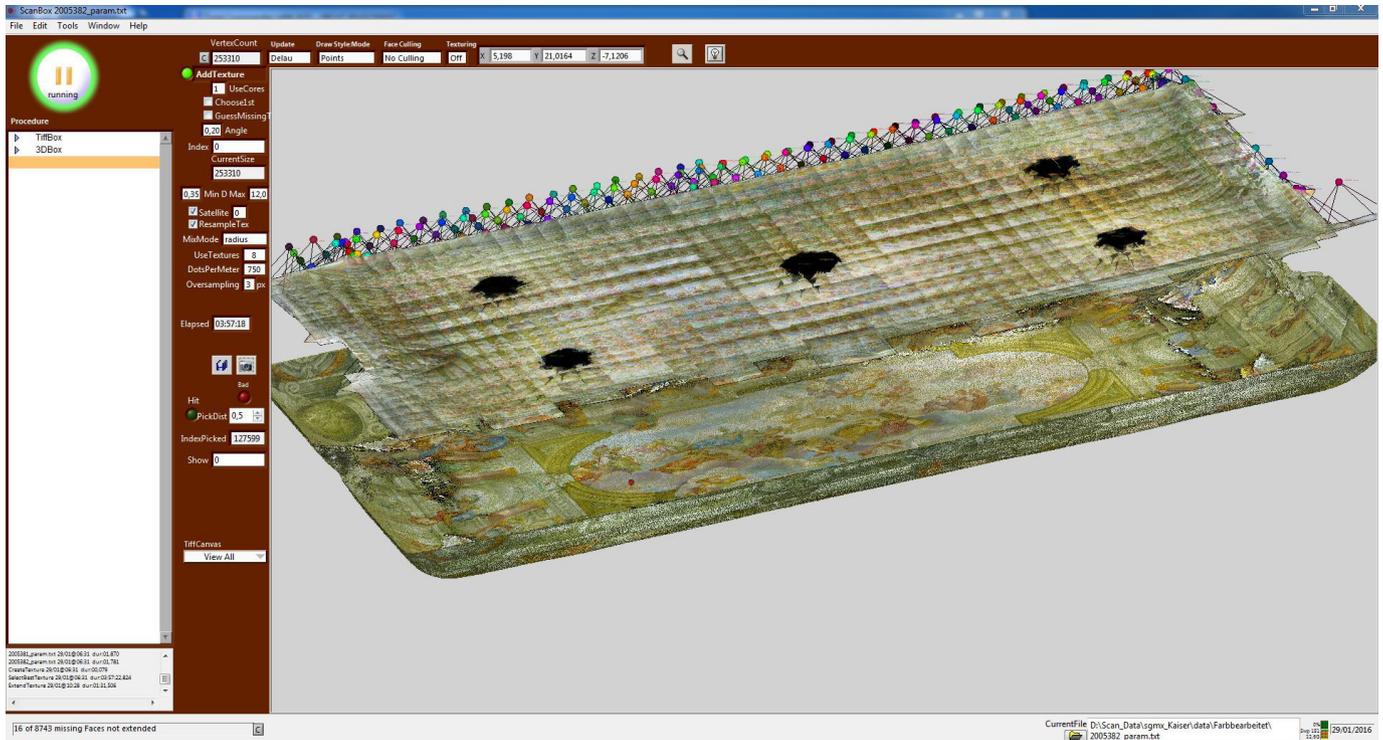
O.1 Ausgangssituation

Seit geraumer Zeit kommen jährlich immer modernere 3D-Scanner und Scanverfahren auf den Markt. Die 3D-Scanner und die verarbeitende Software, die vor wenigen Jahren die Spitze der Technologie darstellten, sind heute vielfach schon veraltet, da die Software nicht aktualisiert wird und ihre Datenformate oft nicht mehr lesbar sind. Die rasante Entwicklung in der Scan-Technologie hat zudem zur Folge, dass sich der »Wert« von 3D-Digitalisaten schon nach wenigen Jahren halbiert hat. Eine regelmäßige Wiederholung einer 3D-Digitalisierung, wie sie beispielsweise bei Google Earth über den großen Metropolen durchgeführt wird, ist bei Kunst- und Kulturobjekten sowie Monumenten aus konservatorischen und finanziellen Gründen nicht möglich. Die Arbeit mit Kunst- und Kulturgütern hat ihren Fokus auf Erforschung und Erhalt und nicht auf einer perfekten Präsentation der Objekte. Da Restaurierungszyklen langfristig angelegt sind – normalerweise sollte nur alle 50 bis 70 Jahre eine große Restaurierungsmaßnahme erfolgen – sollten 3D-Digitalisate von heute in der Lage sein, die künftigen Fragestellungen der nächsten oder übernächsten Restaurierung zu beantworten. Daraus ergibt sich eine minimale Nutzungsdauer der 3D-Digitalisate von 100 bis 150 Jahren.

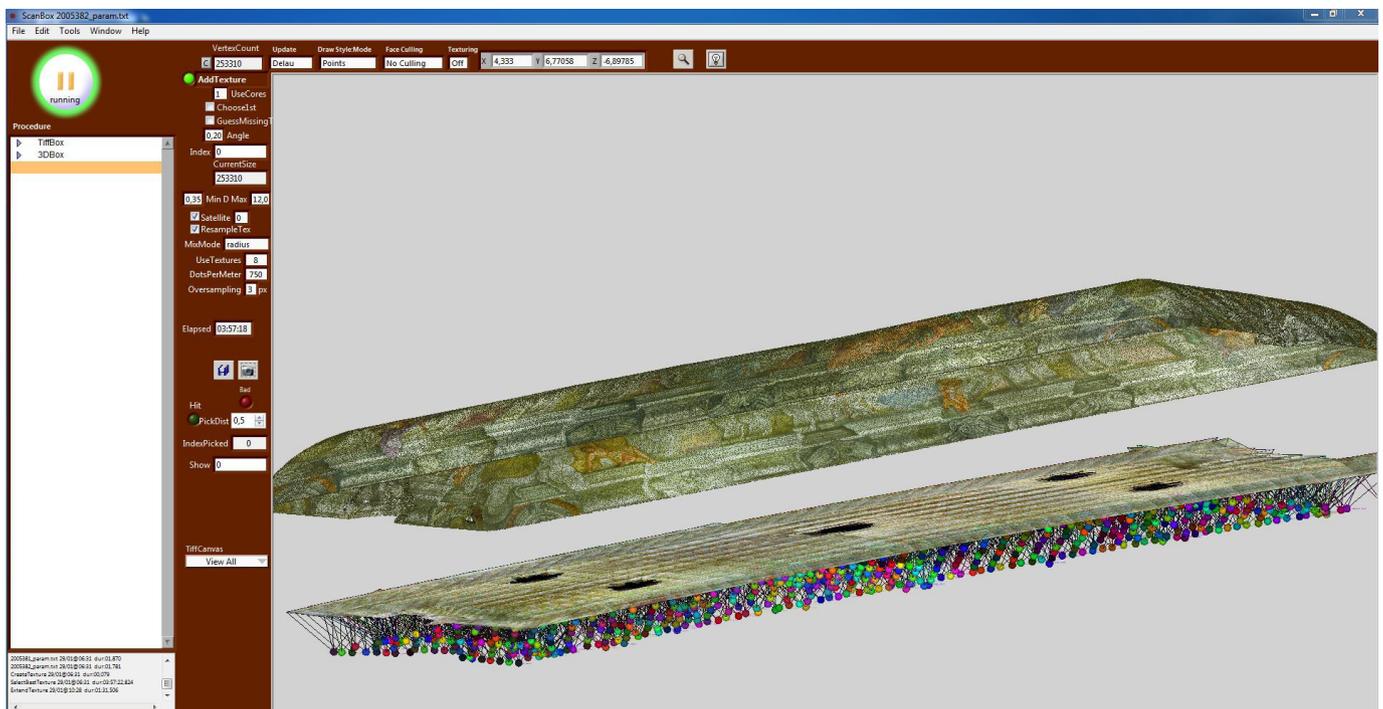
Google ist vor zwölf Jahren entstanden und 3D-VR-Welten gibt es außerhalb von Forschungslaboren vielleicht seit drei Jahren. Die Spezifizierung von TCP (Transmission Control Protocol) im Jahre 1981 kann als die Geburtsstunde des Internets zählen. Heute sprechen wir von Web 3.0 oder gar 4.0. Wenn sich bereits eine Generation des Internets über 10 Jahre erstreckt, so entspricht der zu überblickende Zeitraum von 150 Jahren 15 Generationen, womit es sich um einen unvorhersagbaren Zeitraum handelt. Neben diesem Nachhaltigkeitsproblem gibt es mit zunehmender Zeitachse auch ein Authentizitätsproblem von 3D-Digitalisaten. Jede höhere Schnittstelle zur Reorganisation von 3D-Daten zwischen verschiedenen Softwareumgebungen kann zu Veränderungen des Inhalts von 3D-Datensätzen führen. Dies ist ein Problem, das heute bei der Arbeit mit inhomogenen 3D-Planungsumgebungen nur zu gut bekannt ist. Neben dieser schleichenden Veränderung werden 3D-Modelle für Präsentations- und Entwurfszwecke aber auch gezielt verändert. Die Gefahr eines Totalverlustes von 3D-Digitalisaten durch nicht mehr unterstützte Datenformate, kann nur durch die Sicherstellung und Authentifizierung virtueller 3D-Modelle gewährleistet werden. Dies stellt eine der primären Herausforderungen für das neue Medium dar.

0.2 Lösungsansatz

Die Virtualisierung von Kunstwerken und Monumenten, die für deren Erhalt, Erforschung und Präsentation unternommen wurde, ist nicht erst im heutigen Hype um VR- und AR-Welten entstanden. Bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden erste Versuche unternommen, Monumente durch Fotos zu virtualisieren. Daraus entstand die **Messbildtechnik** oder **Photogrammetrie**. Die wohl bemerkenswerteste Institution dieser ersten Virtualisierungsphase war die **Königliche-Messbild-Anstalt**, die 1881 in Berlin gegründet wurde. Sie hatte die Aufgabe, die bedeutendsten Monumente im damaligen Deutschland, sowie in Teilen Europas metrisch zu dokumentieren und auf diese Weise **Daten** für den Erhalt, Erforschung und Dokumentation zu gewinnen. Als Datenträger wurden photographische Glasplatten eingesetzt und metrische Kameras als Aufnahmesysteme. Bis in die 20er Jahre des letzten Jahrhunderts entstanden einige 100.000 solcher Datenträger, die zu 90% den Zweiten Weltkrieg überstanden haben. Nach der Wende wurden viele dieser virtuellen Konserven bedeutender Kulturdenkmäler in den neuen Ländern mit modernen Verfahren ausgewertet und in 2D-Baupläne und 3D-Modelle umgesetzt, die die Grundlage für die Restaurierung dieser Bauten bieten. Auch nach über 100 Jahren können diese virtuellen Konserven eines Objektes genutzt werden und mit aktuellen technologischen Verfahren zur Beantwortung neuer Fragestellungen ausgewertet werden. Infolgedessen verbucht die Methode der Photogrammetrie und ihre Messbilder gegenwärtig immer noch verlässliche, »anpassungsfähige« Datensätze. Gegenüber den neueren aktiven 3D-Scannern benötigt die Photogrammetrie jedoch bei vergleichbarer Qualität erheblich mehr Rechenzeit. Durch die rasante Entwicklung bei den GPU-Rechnern ist dieser Nachteil jedoch weitestgehend aufgehoben. Zudem kann in der Cloud praktisch beliebig viel Rechenzeit für die Auswertung von Messbildern und Speicherplatz für die Archivierung zur Verfügung gestellt werden. Für die Erstellung professioneller 3D-Digitalisate von Kunstwerken und Monumenten ist prinzipiell nur eine metrische Kamera und ein Internetanschluss erforderlich. Die Messbilder können direkt zu einem entsprechenden Rechenserver übertragen und dort online ausgewertet werden.



□ 01
Berechnung der Messbilder
zum Bamberger Kaisersaal zu
exakten Orthobildern.



□ 02
Berechnung der Messbilder
zum Bamberger Kaisersaal zu
exakten Orthobildern.

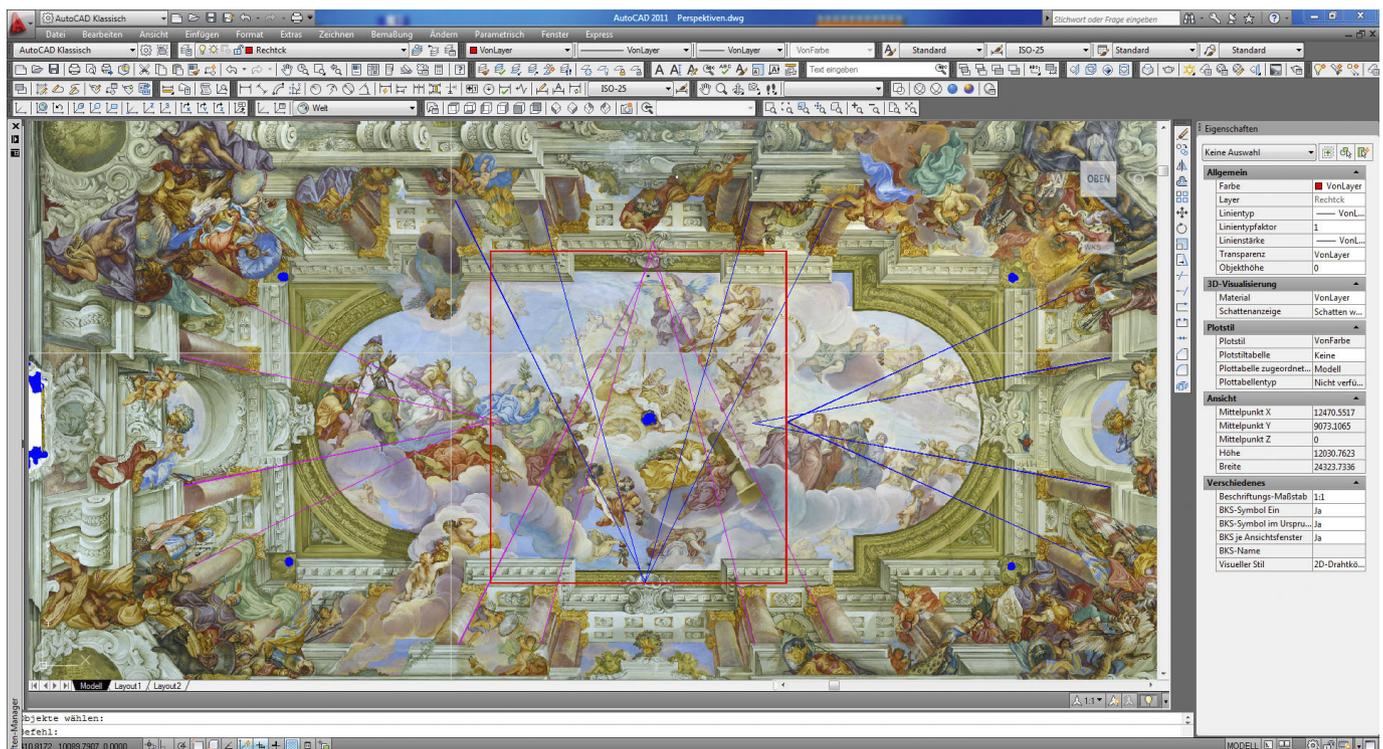
Als »metrische Kamera« können viele digitale Systemkameras mit entsprechenden Objektiven eingesetzt werden und im Notfall reicht sogar eine Handykamera der neuesten Generation aus. In der Praxis müssen viele Objekte vor Ort, sozusagen auf Expedition, bearbeitet werden. Jedoch ist ein schneller und stabiler Internetzugang, den man für solche Anwendungen benötigt, an vielen Forschungsinstituten und Museen in Deutschland nicht immer gewährleistet. Die Erfahrung aus einer Vielzahl von 3D-Virtualisierungs-Projekten hat gezeigt, dass sich eine 3D-Cloud Factory für Monumente und Kunstobjekte am besten eignet, die um den im Forschungsprojekt MuSe Bayreuth **01** entwickelten 3D-Servicekoffer für Expeditionen und Orte mit Schmalband-Internetzugang ergänzt wird. In der 3D-Cloud Factory werden alle Software-Engines, die zur Erstellung, Erforschung und Präsentation komplexer 3D-Modelle erforderlich sind, zu einem Workflow zusammengefasst und um ein Messbild- und 3D-Objektarchiv sowie die erforderlichen Kommunikationsstrukturen ergänzt.

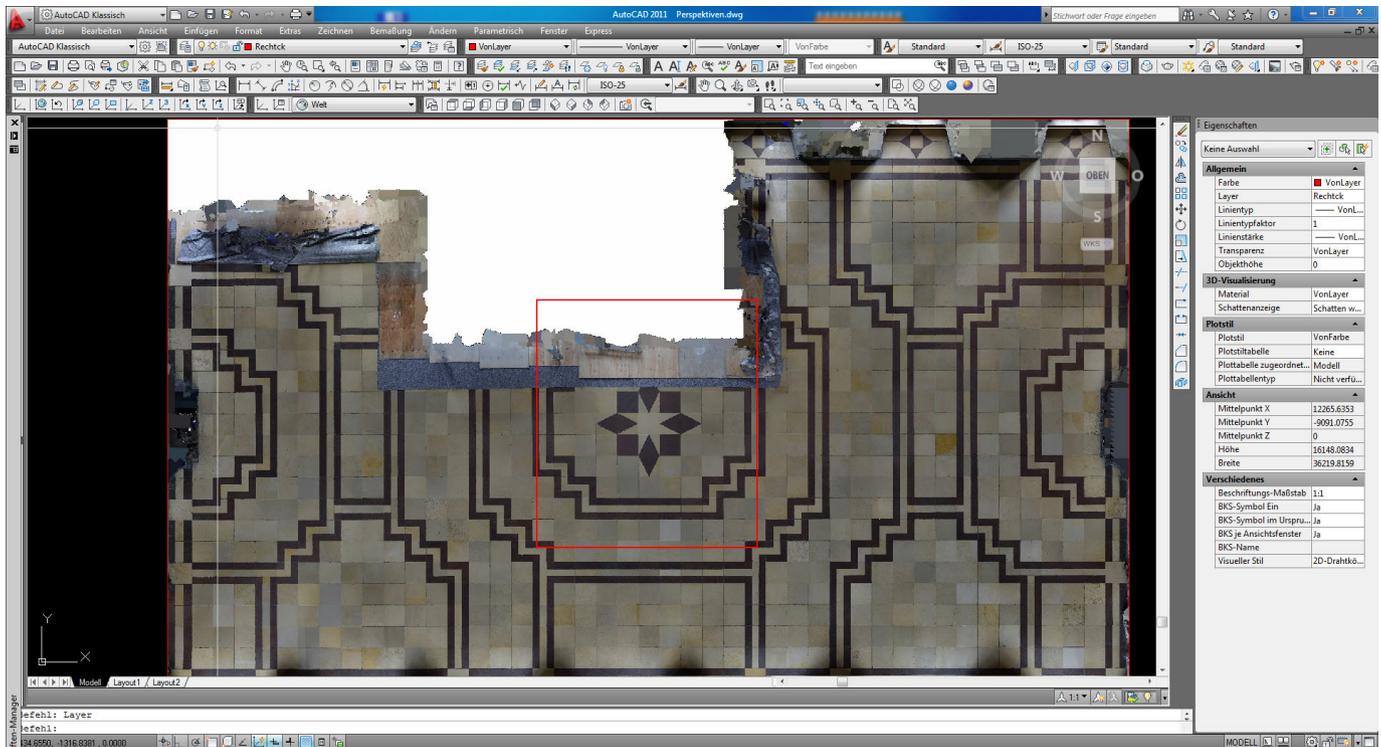
■ 01

Das Forschungsprojekt entwickelte ein zweistufiges MultiSensorielles (MuSe) Verfahren zur Erstellung hochauflösender virtueller 3D-Modelle von barocken Prunkräumen und wurde 2014 in Bayreuth vorgestellt. Vgl. <https://www.forschungstiftung.de/index.php/Projekte/Details/MuSe-Bayreuth.html>.

□ 03

Nachbearbeitung der Orthobilder, Decke des Bamberger Kaisersaals.





□ 04

Nachbearbeitung der Orthobilder, Boden
des Bamberger Kaisersaals.

0.3 3D-Cloud Factory für Monumente und Kunstobjekte

Für die Erstellung und Präsentation von 3D-Digitalisaten mit Messbildern müssen mehrere Ebenen durchlaufen werden: die Bildaufnahme oder Virtualisierungsebene, eventuell eine Low Level 3D-Auswertung vor Ort während der Erfassung, die Messbildarchivierung und den 3D-Punktegenerator, an den sich verschiedene aktive Arbeitsebenen und Workshops anschließen. In einer Publikumsebene werden die Ergebnisse der Arbeitsebene im Internet dargestellt. In vielen Fällen wird diese Publikumsebene nur von wenigen Spezialisten für den Erhalt und die Erforschung der Objekte genutzt, kann aber auch einem anspruchsvollen Fachpublikum oder einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

0.4 Datenerfassungs- oder Virtualisierungsebene

Auf der Sensorebene können drei Typen von Kameras – je nach Komplexität des Objektes – eingesetzt werden. Alle Kameras und Objektive müssen mechanisch so stabil sein, dass man sie als metrische Kameras betrachten kann. Für die 3D-Auswertung sind RAW-Bilder mit minimal 10 Bit Farbtiefe erforderlich. Zudem ist für große Objekte mit einigen 1000 Bildern eine Navigation des

Sensors sinnvoll, z. B. mittels GPS oder einem Indoor Navigationssystem, um Näherungswerte der Aufnahmestandpunkte zu generieren. Ein 3D-Servicekoffer kann alle erforderlichen Funktionen, die zur Kontrolle einer 3D-Digitalisierung und für eine Low Level 3D-Auswertung erforderlich sind, vor Ort zur Verfügung stellen, wenn keine schnelle Internetverbindung vorhanden ist. Sobald ein schneller Internetzugang gewährleistet ist, können die Inhalte des 3D-Servicekoffers mit der Factory synchronisiert werden. Mit der Softwarekollektion aus dem 3D-Servicekoffer können auch einfache 3D-Maschenmodelle für Standard-VR-Visualisierungen erstellt werden, aus denen bereits gute synthetische Fotografien oder Filme produziert werden können.

0.5 Die Factory

Das Kernstück der Factory ist das Messbildarchiv. Hier liegen alle mit metrischen Kameras erfassten Objekte als photogrammetrische Konserve, sozusagen die »Virtuellen Originale«. Diese Konserven können immer wieder mit den jeweils neuesten Methoden ausgewertet werden. Da man theoretisch unendlich viele Bilder benötigt, um ein Objekt vollständig dreidimensional zu erfassen, ist mit entsprechend umfangreichen Daten zu rechnen. Das Bildarchiv sollte daher als RAW-Datenarchiv aufgebaut werden, wobei eine zusätzliche Reduktion der RAW-Daten sowohl den Zugang zur Factory über das Internet beschleunigen als auch alle Wege in der Factory vereinfachen kann. Als Besonderheit enthält das Bildarchiv auch einen Bereich für T3C-Daten. Hier werden die Daten aus der Low Level 3D-Auswertung zwischengelagert, um gegebenenfalls die High Level-Auswertung zu beschleunigen. Gleichzeitig können hier Daten von terrestrischen Laserscannern, ebenfalls im T3C-Format, gelagert werden.

□ 05

Punktwolke des Bamberger Kaisersaals.



■ 02

Da GPU-Kosten viel geringer sind als Personalkosten, gehen die Rechenkosten nur marginal in ein Projekt ein. Bei einem Objekt mit ca. 2.000 36-MP-Bildern würden ca. 40€ CPU-Kosten für die Low Level 3D-Auswertung anfallen und ca. 800€ für die High Level 3D-Auswertung. Bei der Low CPU Cost-Auswertung entstehen allerdings 3D-Maschenmodelle, die für eine gute Qualität immer einen großen manuellen Aufwand erfordern, wohingegen bei der High Level 3D-Auswertung weitestgehend automatisch 3D-Punktwolkenmodelle entstehen.

Der 3D-Punktegenerator ist im Wesentlichen identisch zum Punktegenerator im 3D-Servicekoffer. Allerdings erfolgt die 3D-Auswertung von Low Level und High Level auf leistungsfähigen GPU-Karten. Ist das Projekt mit dem 3D-Servicekoffer generiert worden, kann direkt in die High Level 3D-Auswertung eingestiegen werden, wobei die High Level 3D-Auswertung ca. 20 bis 80-mal so viel CPU-Zeit benötigt wie die Low Level 3D-Anwendung. Mittels GPU kann die Renderzeit allerdings um den Faktor 5 bis 10 beschleunigt werden. 02

0.6 3D-Workshop oder Arbeitsebene



□ 06

Generierte Abbildung der Decke des Bamberger Kaisersaals.

Der 3D-Workshop und die Arbeitsebene dienen der Weiterverarbeitung und Analyse von Daten aus dem 3D-Punktegenerator. Durch die Einführung eines Zwischenspeichers im T3C-Datenformat, können in diese Ebene auch Daten von einem Laserscanner eingelesen werden und die Daten in 3D-Workshops weiterverarbeitet und zur Anwendung gebracht werden: In einem High Level VR-Workshop kann beispielsweise der Zugriff auf die volle Geometrieauflösung verbessert werden. Ein 3D-Punkte-Workshop soll die erforderlichen Werkzeuge zur Erstellung, Speicherung, Analyse und Veröffentlichung von 3D-Voxelwolken zur Verfügung stellen. 3D-Voxelmodelle können für die Planung herangezogen werden, dienen aber auch der weitergehenden Analyse, z. B. als Veränderungs-



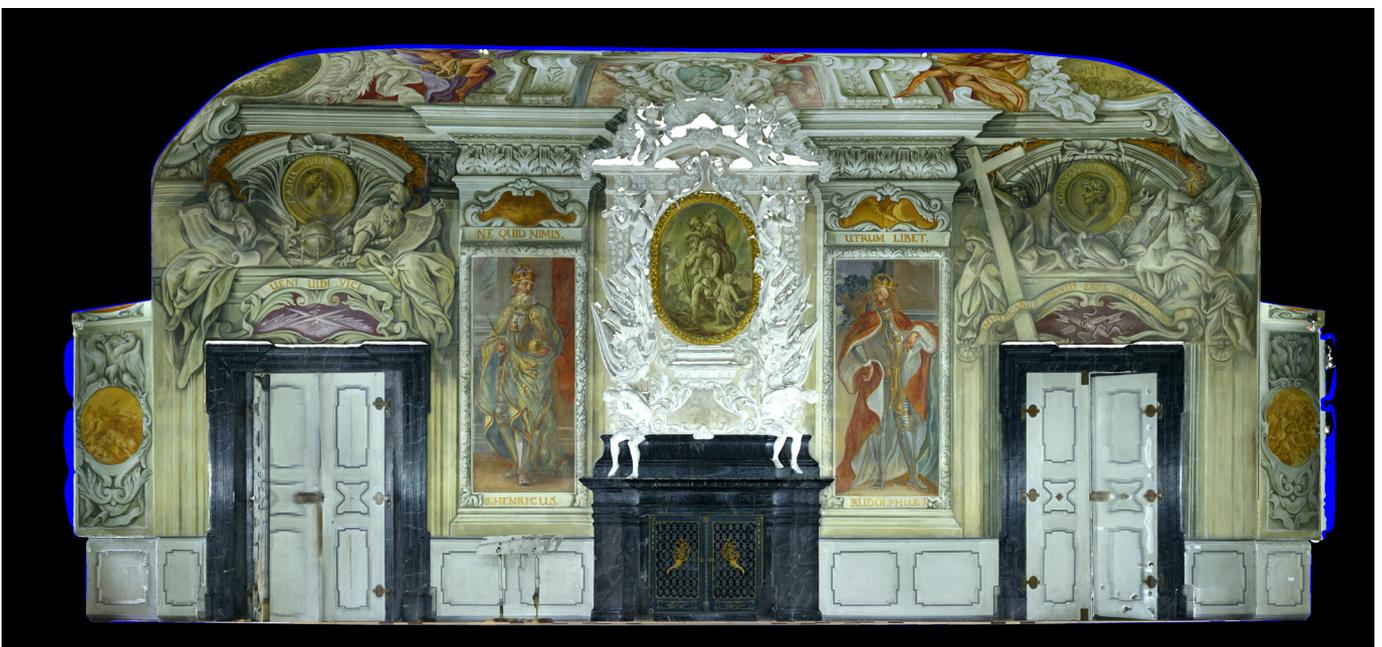
□ 07

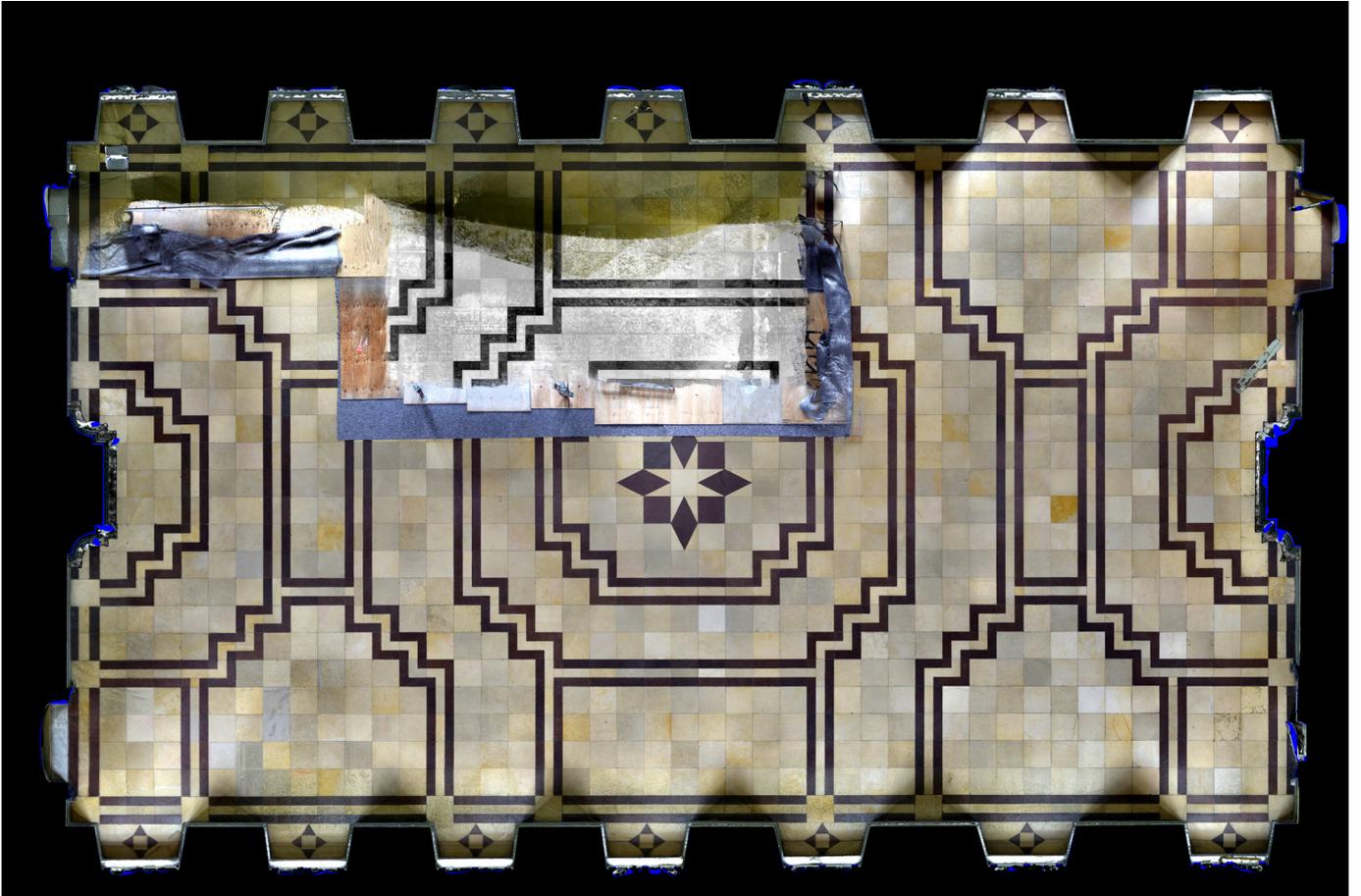
Generiertes Abbild der Langseite des
Bamberger Kaisersaals.

Diese Modelle können automatisch in beliebiger Größenordnung erzeugt werden und virtuell erfahrbar gemacht werden, wobei jedes internetfähige Endgerät, wie ein Handy oder Tablet, eingesetzt werden kann. Dies eröffnet die Möglichkeit für ein »3D-Google«. Im Baubereich können diese beispielsweise für eine schnelle Einweisung von Feuerwehr- und Rettungskräften eingesetzt werden. Ein Workshop für Bauaufmaß richtet sich an Architekten, Statiker und Restauratoren, die sich mit dem Erhalt von Monumenten befassen. Hier können traditionelle verformungsgerechte Pläne für das Bauen im Bestand und Orthophotokarten für die Schadenskartierung erstellt werden.

□ 08

Generiertes Abbild der Schmalseite des
Bamberger Kaisersaals.





□ 09
Generiertes Abbild des Bodens im
Bamberger Kaisersaal.

0.7 3D-Arbeiten für das Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland

Zur Digitalisierung, Berechnung und Visualisierung von 3D-Raummodellen barocker Prunkräume wurden für das Forschungsprojekt des Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD) verschiedene Sensoren, Lichtsituationen, Berechnungsmodelle und Visualisierungsstrategien untersucht.

■ 03

Das CbDD kooperiert mit dem Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien (KDWT) der Universität Bamberg, <https://www.uni-bamberg.de/kdwt/>.

Dabei konnte eine Vorgehensweise erarbeitet werden, die es in Zukunft erlaubt, mit Standard-Hard- und Software (Systemkamera, Laptop mit Gamesoftware) in Kombination mit Laserscannern, wie sie an jeder Hochschule vorhanden sind, derartige 3D-Modelle zu erstellen und im Internet zu präsentieren. Tiefgreifende photogrammetrische Kenntnisse sind dabei nicht mehr erforderlich. Allerdings wird man auf eine Schulung im Rahmen eines Seminars oder eines Workshops nicht verzichten können.

Sensoren und Lichtsituation: Grundsätzlich wurden die Räume photogrammetrisch aufgenommen, wofür eine PCO Edge Kamera mit 5Hz bis 25Hz und eine Nikon D800E 36 MP Spiegelreflexkamera zum Einsatz kamen. Für die Beschaffung von GCPs (Ground Control Points) konnte auf den Faro Laserscanner der Universität Bamberg zurückgegriffen werden, der im Schwarzweiß-Modus eingesetzt wurde. **03** Ebenfalls wurde die Sony Kamera des Corpus in Verbindung mit dem Faro Laserscanner erfolgreich erprobt. Für die Beleuchtung wurden ein LED-Kopflicht der Kamera und eine LED-Grundausleuchtung in verschiedenen Varianten mit und ohne Tageslicht verwendet. Für weitere Arbeiten ist der Einsatz von digitalen Systemkameras mit 36 und mehr MP in Kombination mit qualitativ hochwertigen Objektiven von 16mm bis 24mm Brennweite zu empfehlen. Kameras und Objektive müssen für Messzwecke hinreichend stabil sein. Als Lichtsituation sollte homogenes Tageslicht in Verbindung mit einer LED-Grundbeleuchtung und einem Kamerakopflicht eingesetzt werden.

0.8 Auswertungs- und Berechnungsstrategien

Die gesamte Auswertung der Laserscans erfolgt mit dem Faro-Programmpaket Scene, das die Scans ausrichtet und deren GCPs misst. Für die photogrammetrische Auswertung können drei verschiedene Programme verwendet werden, wobei es sich bei der zweiten und dritten Möglichkeit um allgemein verfügbare Standardsoftware handelt.

0.9 Auswertung 1 (DLR-Softwarepaket):

Die Orientierung erfolgt über Näherungswerte aller Bilder mit dem SFM-Verfahren und über Passpunkte aus der Laservermessung. Die abschließende Bündelausgleichung wird mit dem DLR-Tool SIL erzeugt und mittels SGM(X) vom DLR OP je Bild eine dichte Punktwolke errechnet. Die Punktwolken werden als Mesh notiert und zu einem gemeinsamen Mesh-Objekt für einen Raum fusioniert. Dabei entsteht ein Basis-Mesh mit ca. 40.000.000 Dreiecken pro Raum, das vor der Weiterverarbeitung allerdings entsprechend ausgedünnt werden muss. Der Rechenaufwand dafür beträgt mehrere 100 CPU-Stunden. Diese Vorgehensweise wurde bereits bei dem ersten Treffen des Corpus-Teams in Marburg als zu aufwendig für das Projekt verworfen.

O.10 Auswertung 2 (Agisoft):

Orientierung: Näherungswerte werden aus allen Bildern und Passpunkten der Laservermessung erzeugt. Die abschließende Bündelausgleichung, die Berechnung einer mitteldichten Punktwolke und eines Meshes wird mit der Software Agisoft durchgeführt. Dabei können mit überschaubarer Rechenzeit von ca. 10 Tagen 3D-Raumobjekte mit bis zu 4.000.000 Dreiecken erzeugt werden. Diese Raumobjekte sind relativ unpräzise, können aber durch eine Aufteilung in Wände und Decken verfeinert werden, wobei dann allerdings kein übergreifender Farbausgleich mehr möglich ist.

O.11 Auswertung 3 (Reality Capture):

Als dritte Möglichkeit wurden die Bilder (Winter 2016) nochmals mit dem neuen Programmpaket Reality Capture ausgewertet, das eine gemeinsame Orientierung aller Bilder und Laserscans erlaubt. Reality Capture ist ein photogrammetrisches Auswertungsprogramm der neuesten Generation und richtet sich eigentlich an den Markt für Computerspiele, kann aber auch hervorragend für Kunstobjekte eingesetzt werden. Voraussetzung für den Einsatz sind leistungsfähige Cuda-Karten (bis zu drei Karten je Bord), ordentliche Massenspeicher und genügend CPU-Leistung. Kriterien, die alle neueren Notebooks mit Nvidia-Grafikkarten erfüllen. Auf dieser Basis können Raummodelle mit bis zu 2.500 Bildern und Laserscans in ca. 36 Stunden auf dem Notebook als Basismodell mit 100.000.000 Dreiecken berechnet werden. Aus dem Basismodell können dann, je nach Visualisierungssoftware, unterschiedlich ausgedünnte Maschenmodelle erstellt werden, die mit verschiedenen großen Texturatlant versehen werden können. Auch hier hängt die konkrete Größe der möglichen Textur von der Visualisierungssoftware ab. **04**

■ 04

Ein 3D-Studio kann Modelle mit 50.000.000 Maschen und 64 Texturen zu 16.000×16.000 Pixeln verarbeiten, bei WebGL können die meisten Endgeräte, die nicht älter als vier Jahre sind, bis zu 2.000.000 Dreiecke und zwei Texturen zu 16.000×16.000 Pixeln verarbeiten. Bei neueren Geräten wird die doppelte Datenmenge unterstützt, wobei eine entsprechend schnelle Internetverbindung vorausgesetzt werden muss.

0.12 Visualisierung

Eine Visualisierung von Capture Reality-Modellen mit speziellen Programmen, wie 3D Studio, Unreal oder Unity ist unproblematisch, wenn man über das entsprechende professionelle Equipment und Fachwissen verfügt. Die Daten werden direkt in das Format FBX übertragen, das von den genannten Programmen gelesen werden kann. Die Datendichte hängt dabei vom Zweck der Visualisierung ab. Für die Erstellung eines Films wird man mehr Daten generieren können als für ein Echtzeit-Stereomodel, wobei auch die Projektionshardware zu berücksichtigen ist.

Eine Visualisierung im Internet kann als Punktwolke oder als Mesh erfolgen. Punktwolken sind grundsätzlich nicht auf eine bestimmte Menge an Punkten begrenzt, sie sind jedoch auch nicht echtzeitfähig. Dieser Weg wurde gemeinsam mit dem Hasso-Plattner-Institut (HPI) für Computergrafische Systeme in Potsdam erkundet und weiterentwickelt. **05** Die Punktwolken finden allerdings eher Anwendung im Bereich der Ingenieurwissenschaften, wo mehr Wert auf den metrischen statt auf den bildlichen Inhalt gelegt wird.

■ 05

<https://hpi.de/forschung/fachgebiete/computergrafische-systeme.html>.

□ 10

Virtuelles Modell des Bamberger Kaisersaals.





□ 11

Virtuelles Modell
des Bamberger Kaisersaals.

Für eine einfache Visualisierung im Umfeld von WebGL wurde die Internetplattform SketchFab herangezogen, die ähnlich wie YouTube für Videos als eine Plattform für 3D-Modelle verstanden werden kann. Modelle können im OBJ-Format erzeugt und direkt auf die Plattform hochgeladen werden, wo sie mit einem einfachen Beleuchtungsmodus ausgestattet werden können. Sketchfab übernimmt dann die Aufgabe der Navigation im Modell und das Ansteuern verschiedener Endgeräte wie Computer, Tablets, Handys und unterschiedlicher VR-Brillensysteme. Ebenfalls stellt die Plattform Werkzeuge für die Annotierung der Modelle bereit. Mit Werkzeugen wie Shadow Play oder Open Broadcast Studio können folglich Video-Rundgänge in den Modellen erstellt werden, die man mit einer Open Broadcaster Software (OBS) auch direkt kommentieren und wiederum auf einer geeigneten Plattform als Livestream verbreiten kann.



□ 12
Virtuelles Modell
des Bamberger Kaisersaals.



P. Jenseits des Joysticks. Zur Bedeutung der Betrachterperspektive bei einer neuen 3D-App zur Festung Hohentwiel

→ Baden-Württemberg, Hohentwiel, Kulturliegenschaften, Schlösserverwaltung, Virtual Reality

Für die lange Geschichte der Rekonstruktion von Architektur über Modelle bedeuteten die frühen computergestützten virtuellen Modelle wie z. B. Cluny einen Neuanfang. Die mit den 3D-Modellen aufkommende Interaktivität weist natürliche Schnittmengen zu den Virtuellen Welten von Computerspielen auf.

Im Videospiel wird die Betrachterperspektive – ähnlich wie bei einer VR-Präsentation – in eine virtuelle Welt verlegt. Der Bezug zum realen Raum wird ausgeblendet. Und bei einer Präsentation verlorener Bauzustände von Architekturdenkmälern über Augmented Reality werden Geräte wie Smartphone oder Tablet zugleich als Aufnahme- und Wiedergabeinstrument genutzt, um Signale über eine Bilderkennungssoftware zur Steuerung der visuellen Erlebniswelt umzusetzen. Die Wahrnehmung über das Gerät bleibt umständlich und hängt von den Bedingungen des Gebrauchs ab.

Bei einer App für die Festung Hohentwiel bei Singen werden im Rahmen des Leuchtturmprojekts »Virtuelle Rekonstruktion von Kulturdenkmälern« des Landes Baden-Württemberg georeferenzierte Modelle eingesetzt. Sie bieten dem Betrachter die Möglichkeit, das gesamte Gelände der Festung in der Ego-Perspektive zu durchwandern und dabei die Rekonstruktion der Anlage in einer 1:1 Gegenüberstellung zum realen Raum in Echtzeit wahrzunehmen. Besucher werden über GPS verortet und ihre Position in der weitläufigen Anlage dem jeweiligen Modellausschnitt genau angepasst. So können Betrachter den ganzen Raum im Vergleich zwischen Medium und Realität erfahren. Diese neuartige Darstellung bringt eine Veränderung in der Betrachterperspektive mit sich. Das Smartphone wird wie ein ausgelagertes Sehorgan zur vergleichenden Wahrnehmung genutzt. Der Besuch des Monuments wird zum visuellen Erlebnis, das Körperlichkeit und Bewegung integriert. Die Wahrnehmung der Umgebung bekommt dabei auch einen spielähnlichen Charakter.

»Eine virtuelle Welt wird als plausibel angesehen, wenn die Interaktion in ihr logisch und stimmig ist«, ⁰¹

■ 01

https://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelle_Realität.

Unerwähnt bleibt, dass sich damit eine Betrachtung verbindet, die losgelöst und isoliert vom Bezug zum realen Raum bleibt. Die visuelle Wahrnehmung virtueller Welten ist bislang meist unabhängig vom Ort des Betrachters und bleibt somit in ihrer Ganzheit artifiziell. Virtuelle 3D-Welten werden in erster Linie für die Spielindustrie modelliert. Es handelt sich um Raumgebilde, die über einen Screen, eine VR-Brille oder ein anderes Medium visualisiert werden und Usern besonders im Fall der VR-Brille ein Gefühl des »Im-Raum-Seins« suggerieren. Der reale Standort und seine Umgebung spielen bei den Interaktionen zwischen Engine und User hier keine Rolle, ja sie werden in der virtuellen Realität als störender Faktor überlagert bzw. ausgeblendet. Waren die Räume der frühen Spiele wie etwa beim Gameboy noch zweidimensional, so entstanden mit Ego-shootern wie Counterstrike kurz vor der Jahrtausendwende interaktive 3D-Räume. Frühe 3D-Konstruktionsspiele wie z. B. Minecraft lassen die Spieler aktiv ihre Umgebung gestalten – man konstruiert sich eine Umgebung, die durch den Bildschirm wahrgenommen und gesteuert wird.

Die Modellierung von Architekturmodellen im kulturellen Kontext über CAAD-Systeme hat ihre eigene Geschichte. Sie ist mit der jahrhundertealten Tradition der Holz-, Kork- oder Papiermodelle verbunden. 1989 staunte die kulturinteressierte Öffentlichkeit über ein frühes Beispiel einer Virtuellen Rekonstruktion, das 3D-Modell der Klosterkirche Cluny, mit der Manfred Koob und sein Team einen Neuanfang in der Geschichte der Rekonstruktionen eröffneten. Virtuelle Rekonstruktionen gehören heute fast zum Usus kulturgeschichtlicher Visualisierungsstrategien und ihr Markt boomt. Museen vermitteln Teile ihrer Sammlungen mit Hilfe interaktiver Raumgeometrien (National Gallery, <https://hiddenfloreance.org>) und staatliche wie auch private Institutionen beauftragen Agenturen mit der Rekonstruktion verloren gegangener Bauten u. Bauzustände einzelner Monumente. Großprojekte wie Time Machine (Venedig ab 2012) nutzen 3D-Modelle und verbinden sie mit digitalisierten historischen Daten als virtuelle Forschungsumgebung. 3D-Modelle sind interaktiv und waren es von Anbeginn. Unter den verschiedenen Möglichkeiten dies zu nutzen, wird nur im Bereich der Augmented Reality ein Bezug zum realen Umgebungsraum vorgekommen und damit die Perspektive des Betrachters berücksichtigt. Die Schnittstelle zum realen Raum wird dabei über Beacons, QR-Codes oder über eine Bilderkennungssoftware hergestellt.

In einem Pilotprojekt des Leuchtturmprojekts **Virtuelle Rekonstruktion von Kulturliegenschaften** ⁰² des Landes Baden-Württemberg wurde ein anderer Weg gewählt, um den rekonstruierten 3D-Raum für Besucher interaktiv nutzbar zu machen (⁰¹–¹¹). Das digitale Modell der im Jahr 1800 geschleiften großen Festungsanlage Hohentwiel ist zentraler Bestandteil einer App und dient dort zur Orientierung in der Vogelperspektive und in der Draufsicht. Über das georeferenzierte 3D-Modell können Besucherinnen und Besucher unterschiedliche Tourmodi wählen und sich die sie interessierenden Punkte und Aspekte selbst zusammenstellen. Für Nutzer wird das 3D-Modell auf dieser ersten Ebene zum Steuerungs- und Orientierungsinstrument. Für die klassische Guided Tour ist ein Ablauf verschiedener Stationen im Modell vorgesehen. Zusätzliche Informationen

■ 02

Virtuelle Rekonstruktion von Kulturliegenschaften,

→ **Gesamtleitung:**

Dr. Frithjof Schwartz

→ **Texte:** Maren Volk u. **Dr. Urs Bracht-häuser;**

→ **Virtuelle Rekonstruktion:** apl. Prof. Dr. Julian Hanschke;

→ **Recherche:** Dr. Roland Kessinger, Jörg Wöllper;

→ **Entwicklung der App:** Micromovie Media GmbH,

→ **Projektleitung:** Lukas Krähn, Monique Riedel;

→ **Datenmodellierung:** Torsten Büchner, Fabian Fromm, Daniel Krüger;

→ **Design:** Niels Rumpf;

→ **Modellbearbeitung:** Martin Lindner

lassen sich über eine Lexikonfunktion abrufen. Die bauliche Entwicklung der Anlage wird in verschiedenen Zeitschnitten als Aufeinanderfolge von Gesamtmodellen dokumentiert. Inhaltlich werden Themen zur Festung, ihren Gebäuden, Funktionen, zur Sozialgeschichte, über Personen, zu Aussichtspunkten, zu erhaltenen künstlerischen Ansichten, zu Flora und Fauna und auch Dokumente zum Verständnis der Rekonstruktion angeboten.

Gesamtmodell, animierte Teilmodelle, Zeitschnitte und alle Inhalte sind unabhängig vom Standort online verfügbar. Beim Besuch der Festung werden die ortsgebundenen Elemente aktiviert, die Besucherinnen und Besucher in das Modell integrieren. Die Verortung der Individuen im Gelände ist GPS-gesteuert und durch einen beweglichen Punkt im Modell markiert. Neben der Vogelperspektive und Draufsicht auf die rekonstruierte Festung können Besucher auch die Ego-Perspektive wählen, die ihnen die Rekonstruktion der gesamten Anlage als begehbare Modell aus einer angenommenen Augenhöhe von ca. 180cm über den Screen ihres Mobilgeräts in Echtzeit präsentiert. Anders als bei Augmented Reality Präsentationen entfällt hier ein Anvisieren bestimmter Punkte im Gelände oder die Nähe zu einem Beacon als Zwischenschritt. Das Mobilgerät präsentiert im Ego Modus Besuchern wie bei einem Videospiele das gesamte Gelände (400m×400m) und die Rekonstruktion der Festung in Echtzeit und simuliert auf diese Weise ein Raumgefühl, das die Wahrnehmung des realen Umgebungsraums ergänzt. Zur Umsetzung wurde das Gesamtmodell in einzelne Bereiche aufgeteilt, neu gruppiert und begehbare Flächen wie Wege, wurden definiert. Die Genauigkeit in der Rekonstruktionsarbeit des Gesamtmodells und seiner einzelnen Gebäude und die Einbindung in das Geodatennetz des Landes sind dabei grundlegende Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der satellitengesteuerten Navigation und Simulation, denn GPS Koordinaten können bis zu 5m von der tatsächlichen Raumposition abweichen. Der Unterschied zu bisherigen AR-Anwendungen besteht in der Direktheit der visuellen Darstellung und Wahrnehmung des Georaums über das Mobilgerät. Zwischenschritte wie das Ausrichten des Smartphones, die Datenaufnahme und Verarbeitung durch Bilderkennungssoftware, eine Projektion über das Kamerabild – diese Schritte entfallen und Smartphone oder Tablet übernehmen viel eher die Rolle eines ausgelagerten Sehorgans. Auf diese Weise tritt die reale Umgebung mit dem virtuellen Raum in eine engere, eine 1:1 Beziehung – wichtige Strukturelemente aus dem Videospielebereich werden mit der Realität verbunden und es entsteht ein Bild, das die Wahrnehmung von Gegenwart und Vergangenheit in der Bewegung verknüpft. Zwischengeschaltete Gerätschaften, wie im Videospielebereich der Joystick, entfallen. Betrachtet man diesen Effekt unter seiner räumlichen und medialen Bedeutung, so kann man bei der Anwendung solcher Raum-Zeit-Simulationen auch von einer Exteriorisierung und Medialisierung von Wahrnehmungsabläufen sprechen. Der französische Prähistoriker André Leroi Gourhan untersucht in seinem Buch »Le geste e la parole« (dt. Hand u. Wort) von 1965 die frühe Entwicklungsgeschichte des Menschen und stellt die Zusammenhänge zwischen evolutionärer Entwicklung und der Entstehung von Sprache und Schrift dar. Bei seinen Analysen behandelt der Autor auch die Bedeutung des Raums für das Wahrnehmungs- und Handlungsvermögen. So gibt es nach Leroi-Gourhan in der evolutionären Entwicklung verschiedene Phasen einer Auslagerung von Wahrnehmung, Bewegung und Handlung,

die eine fortschreitende Sozialisierung des Körpers kennzeichnen. Videospiele und Raumszenarien virtueller Welten sind ein Kennzeichen visuell basierter Handlungen unserer sozialen Umgebung. Die Übertragung in den realen Raum und die Notwendigkeit, sich vor Ort im Raum von Ruine und Modell zu bewegen, ist dabei ein interessanter Schritt.



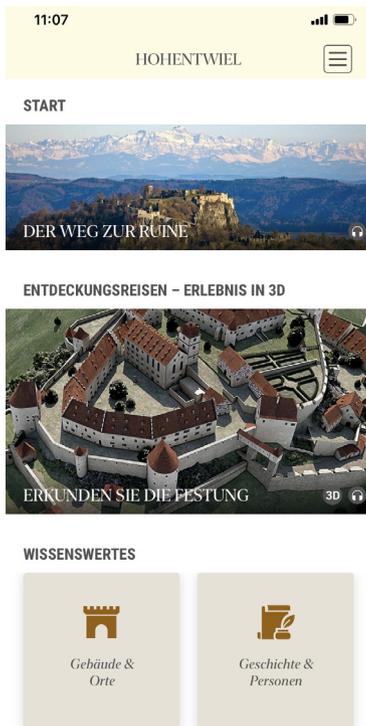
□ 01
Festungsrueine Hohentwiel, Obere Festung
mit Rondell Augusta (Foto T. Tempel).



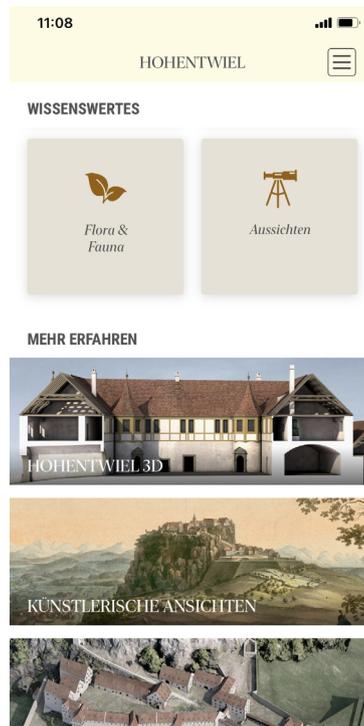
□ 02
Hohentwiel, Virtuelles Modell der Festung
von Westen (Modell J. Hanschke).



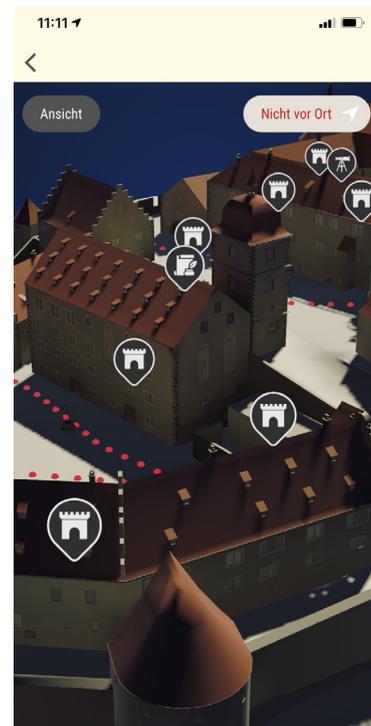
□ 03
Gesamtmodell des Zustand von 1796
(Modell J. Hanschke).



□ 04
3D-App Hohentwiel, Homescreen (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, Micromovie).



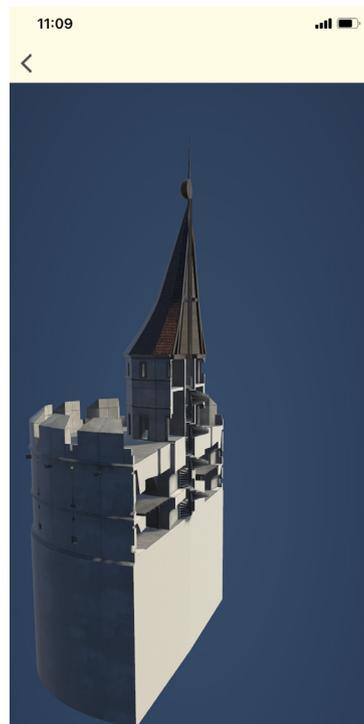
□ 05
3D-App Hohentwiel, Homescreen (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, Micromovie).



□ 06
3D-App Hohentwiel, Gesamtmodell zur Orientierung (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, Micromovie).



□ 07
3D-App Hohentwiel, Auswahl der interaktiven Modelle (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, Micromovie).



□ 08
3D-App Hohentwiel, Interaktives Teilmodell Rondell Augusta (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, J. Hanschke, Micromovie).



□ 09
3D-App Hohentwiel, Interaktives Teilmodell Räderwerk der Horizontalmühle (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, J. Hanschke, Micromovie).

□ 10

3D-App Hohentwiel, Unterwegs in der Ego-Perspektive; oben: Untere Festung; unten: Brücke und Festungsgraben (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, J. Hanschke, Micromovie).



□ 11

3D-App Hohentwiel, Unterwegs in der Ego-Perspektive, oben: Obere Festung mit Langem Bau; unten: Blick von der Oberen- auf die Untere Festung (Staatl. Schlösser u. Gärten Baden-Württemberg, J. Hanschke, Micromovie).







Schlagworte

123

3D → 349
 3D-Cloud Factory → 359
 3D-Digitalisierung → 183
 3D-Druck → 215
 3D-Laserscanning → 327
 3D-Punktegenerator → 359
 3D-Rekonstruktion → 133

A

architectural paint research → 079
 Architekturgeschichte → 023
 Aufnahmetechniken → 309
 Augmented Reality → 059, 349
 Augustusbrunnen Augsburg → 215

B

Baden-Württemberg → 375
 Balthasar Ableithner → 215
 Bamberger Kaisersaal → 327
 Barock → 059
 Baroque → 059
 Bauform → 101
 Bauforschung → 101
 Baugeschichte → 101
 Berliner Schloss → 159

C

CAD-Modell → 023
 Ceiling Paiting → 059
 CIDOC CRM → 225
 Computerspiel → 059

D

Datenaufbereitung → 349
 Deckenmalerei → 059, 257, 289

Denkmalpflege → 101
 Digital Humanities → 059, 133
 digitale Erfassung → 225
 digitale Infrastruktur → 183
 digitale Kunstgeschichte → 023, 059
 digitale Lehre → 101
 digitale Modelle → 101
 digitale Rekonstruktion → 101, 159
 digitales Modell → 159
 digitales Projekt → 225
 Digitalisierung → 349
 Dresdner Residenzschloss → 159

E

eighteenth-century decorative scheme → 079

F

FAIR-Prinzipien → 023
 Forschungsdaten → 023
 Fotomontage → 309
 Frühe Neuzeit → 059

G

Giovanni Pellegrini → 079
 Graf Wolfgang II. von Hohenlohe → 133

H

Heidelberger Schloss → 101
 himmelnder Blick → 289
 Hohentwiel → 375

I

implizites Wissen → 225
 Innenräume → 159
 Interface → 159

K

Kopfhaltung → 289
 Kulturliegenschaften → 375
 Kulturtourismus → 183
 Kuratierung → 183

M

Mauritshuis → 079
 Melchior Bocksberger → 257
 Messbildarchiv → 359
 Messbildtechnik → 359
 Mixed Reality → 349
 Mozilla Hubs → 059
 Münchner Residenz → 257

O

original appearance → 079

P

Panorama → 309
 Perspektive → 059
 Photogrammetrie → 059, 327, 359
 Plafond → 059

R

Rapid Prototyping → 159
 Rekonstruktion → 215
 Renaissancearchitektur → 257
 Rezeptionsästhetik → 289

S

Sant'Andrea della Valle → 289
 Schloss Weikersheim → 133
 Schlösserverwaltung → 375
 Semantic Web → 225
 semantische Datenmodellierung → 225
 Spätrenaissance → 133
 Stitching → 309

T

Texture Mapping → 327
 Theatinerkirche München → 215

V

Vermessungstechniken → 215
 Vernetzung → 183
 Vertikalsicht → 289

Virtual Reality → 327, 349, 375
 virtual reconstruction → 079
 Virtualisierung → 359
 Virtuelle Rekonstruktion → 257
 Visualisierung → 359

W

Wissenschaftsgeschichte → 023
 Wissensrepräsentation → 183

Bibliografie

Alle Webseiten wurden am 27.11.2020 abgerufen.

A

Talal Akasheh, José Lerma, Miriam Cabrelles, Naif Haddad, **The multispectral and 3D study of the Obelisk Tomb in Petra, Jordan**, in: Marinos Ioannides, Dieter Fellner, Andreas Georgopoulos, Diofantos Hadjimitsis (Hg.), 3rd International Conference dedicated on Digital Heritage. Short Papers, Limassol, Cyprus 2010, S. 35–40.

Leon Battista Alberti, **Kleinere kunsttheoretische Schriften** (hrsg. v. Hubert Janitschek), Wien 1877.

Sharaf Alkheder, Yahya Alshawabkeh, Norbert Haala, **Developing a documentation system for desert palaces in Jordan using 3D laser scanning and digital photogrammetry**, in: Journal of Archaeological Science, 36 2009, S. 537–546.

Schloss Albrechtsburg von Histoverly, https://www.schloesserland-sachsen.de/de/news-presse/pressemitteilungen/?tx_news_pi1%5Bnews%5D=1387&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=000dec1a18a4813f0792c5da9bb387a1.

Svetlana Alpers, Michael Baxandall, **Tiepolo and the pictorial intelligence**, New Haven, London 1994.

Sabine Ammon, Inge Hinterwaldner (Hg.), **Bildlichkeit im Zeitalter der Modellierung. Operative Artefakte in Entwurfsprozessen der Architektur und des Ingenieurwesens**, Paderborn 2017.

Kurt Andermann, **Weikersheim**, in: Werner Paravicini, Jan Hirschbiegel, Jörg Wettlaufer (Hg.), **Höfe und Residenzen im spätmittelalterlichen Reich. Grafen und Herren**, (Residenzenforschung, Bd. 15. IV, Teilband 1), Ostfildern 2012, S. 619–621.

Chris Anderson, **The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete**, in: Wired Magazine 2008, <https://www.wired.com/2008/06/pb-theory/>.

Peter Andorfer, **Forschungsdaten in den (digitalen) Geisteswissenschaften. Versuch einer Konkretisierung** (DARIAH- DE working papers, 14), Göttingen 2015.

Christoph Anthes, **Virtuelle Realität und ihre Anwendung in den digitalen Geisteswissenschaften**, in: Restauro, 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.

Christoph Anthes, Rubén Garcia, Markus Wiedemann, Dieter Kranzlmüller, **State of the Art of Virtual Reality Technologies**, Proceedings of the IEEE Aerospace Conference, Big Sky, Montana, USA 2016.

Virtual Archaeology. Methods and benefits, Proceedings of the Second International Conference held at the State Hermitage Museum 1–3 June 2015, Saint Petersburg 2015.

Arbeitsgruppe Digitale 3D-Rekonstruktion, <https://digitale-rekonstruktion.info/>.

B

Emmanuel P. Baltsavias, **A comparison between photogrammetry and laser scanning**, in: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54 (2) 1999, S. 83–94, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271699000143>.

Bamberger Kaisersaal, <https://www.schloesser.bayern.de/deutsch/service/bayern3d/index.html>.

Bamberger Kaisersaal bei Mozilla Hubs, <https://hub.link/3Z36ASH>.

Hermann Bauer, **Rokokomalerei. Sechs Studien**, München 1980.

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

Anna Bauer-Wild, **Das Lusthaus Albrecht V. und seine Deckenbildausstattung**, in: Michael Petzet (Hg.), **Denkmäler am Münchner Hofgarten**, Forschungen und Berichte zur Planungsgeschichte und historischem Baubestand (Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Arbeitsheft 41), München 1988, S. 28–44.

Anna Bauer-Wild, **Lusthaus im nachmaligen Hofgarten**, in: **Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland**, Bd. 3, 2, München 1989, S. 33–48.

Julius Baum, **Der Saalbau des Weikersheimer Schlosses**, in: Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang LVII (VII bis IX) 1907, S. 467–488.

Julius Baum, **Forschungen über die Hauptwerke des Baumeisters Heinrich Schickardt in Freudenstadt, Mömpelgard und Stuttgart**,

sowie über die Schlösser in Weikersheim und Aschaffenburg, Studien zur Deutschen Kunstgeschichte, 185. Heft, Straßburg 1916.

Suzanne Bäuml, Michael Henker, Evamaria Brockhoff (Hg.), **Von Kaisers Gnaden. 500 Jahre Pfalz-Neuburg**, Ausstellungskatalog, Neuburg an der Donau 2005.

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**, Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing (CSCW '14), ACM, New York 2014, S. 1388–1399.

Jean-Angelo Beraldin et. al., **Virtualizing a Byzantine Crypt by Combining High-resolution Textures with Laser Scanner 3D Data**, in: Proceedings of the 8th international Conference on Virtual Systems and Multimedia, 2002, S. 3–14.

J. A. Beraldin, M. Picard, Sabry El-Hakim, G. Godin, V. Valzano, Adriana Bandiera, D. Latouche, **Virtualizing a Byzantine Crypt by Combining High-resolution Textures with Laser Scanner 3D Data**, Proceedings of 8th International Conference on Virtual Systems and MultiMedia, Gyeongju, Corea 25–27.9.2002, 2020, S. 3–14.

Maria Grazia Bernardini, **Gli Evangelisti del Domenichino**, in: Alba Costamagna (Hg.), Sant'Andrea della Valle, Mailand 2003, S. 195–235.

Tim Berners-Lee et al., **Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax**. RFC 3986, 2005, <https://tools.ietf.org/html/rfc3986#section-1.1>.

Tim Berners-Lee, **Linked Data. Version 18.06.2009**, 2009, <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.

- Tim Berners-Lee, **5 * Open Data**, 2012, <https://5stardata.info/en/>.
- Andreas Beyer, **Der Himmel der Kunstgeschichte**, in: Andreas Beyer (Hg.), *Die Lesbarkeit der Kunst. Zur Geistes-Gegenwart der Ikonologie* (Kleine Kulturwissenschaftliche Bibliothek, Bd. 37), Berlin 1992, S. 84–94.
- Das digitale Bild, <https://www.digitalesbild.gwi.uni-muenchen.de>.
- Bildindex der Kunst & Architektur, <https://www.bildindex.de/cms/homepage/entdecken/corpus-der-barocken-deckenmalerei-in-deutschland/>.
- Blind, Ein Gang mit Hrn. Prof. Dr. Schumacher und Hrn. Prof. Dr. Schwenkel durch Hofgarten und Schloßanlage von Weikersheim, in: *Fränkische Chronik, Blätter für Heimatgeschichte und Volkskunde*, Beilage zur Tauber-Zeitung 6 (6. Juni 1930), S. 21–22.
- Boschproject, <http://boschproject.org/#/>.
- Ina Blümel, **Das Technologietransferprojekt PROBADO. Werkzeuge für digitale Bibliotheken**, in: *B.I.T.online*, 2 2011, S. 207–208.
- Ina Blümel, **Metadatenbasierte Kontextualisierung architektonischer 3D-Modelle**, zugl. Diss. Humboldt-Universität zu Berlin 2013, <https://doi.org/10.18452/16868>.
- David J. Bodenhamer, John Corrigan, Trevor M. Harris, **The Spatial Humanities. GIS and the Future of Humanities Scholarship**, Indiana 2010.
- Johann Josef Böker, Anne-Christine Brehm, Julian Hanschke, Jean-Sébastien Sauvé, **Architektur der Gotik. Ulm und Donauraum**, Salzburg 2011.
- Johann Josef Böker, Anne-Christine Brehm, Julian Hanschke, Jean-Sébastien Sauvé, **Architektur der Gotik. Rheinlande**, Salzburg 2013.
- Christine L. Borgman, **Big data, little data, no data. Scholarship in the networked world**, Cambridge, Massachusetts 2015.
- Doug A. Bowman, David Koller, Larry F. Hodges, **Travel in immersive virtual environments: an evaluation of viewpoint motion control techniques**, in: *Proceedings of IEEE 1997 Annual International Symposium on Virtual Reality*, 1997, S. 45–52.
- Christian Bracht, **Unmaßgebliche Vorschläge, wie man seine Sammlung am besten anstellen soll. Von historischen Bildnissammlungen zum Digitalen Portraitindex**, in: Eva-Bettina Krems, Sigrid Ruby (Hg.), *Das Porträt als kulturelle Praxis*, Berlin, München 2016, S. 300–317.
- Walter M. Brod, **Fischfang und Wasserjagd zu Anfang des 17. Jahrhunderts. Malerische Darstellung auf der Kassettendecke im Rittersaal des Schlosses Weikersheim**, in: *Mainfränkisches Jahrbuch für Geschichte und Kunst* 21, *Archiv des Historischen Vereins für Unterfranken und Aschaffenburg*, Bd. 92, Würzburg 1969, S. 353–366.
- Ursula Brosette, **Die Inszenierung des Sakralen. Das theatralische Raum- und Ausstattungsprogramm süddeutscher Barockkirchen in seinem liturgischen und zeremoniellen Kontext**, Weimar 2002.
- Robert Bruck, **Die Dresdner Schloßmodelle**, in: *Mitteilungen aus den königlich-sächsischen Kunstsammlungen*, Bd. 6, Dresden 1915.
- Kai-Christian Bruhn, Fredie Kern, Frithjof Schwartz, **Spatial Humanities – Eine neue Forschungsdisziplin**, in: *gis.Business*, 1 2014, S. 53–55.
- Charles Le Brun, **Méthode pour apprendre à dessiner les passions, proposée dans la Conférence sur l'Expression Générale et Particulière**, Amsterdam 1702.
- Karl Brunner, **Der Schatz und die Motten**, in: Elisabeth Vavra (Hg.), *Vom Umgang mit Schätzen. Internationaler Kongress in Krems an der Donau 28–30.10.2004*, Veröffentlichungen des Instituts für Realienkunde des Mittelalters und der Frühen Neuzeit 20, Wien 2007, S. 21–34.

Max Brunner, **Passau. Mythos und Geschichte**, Ausstellungskatalog, Passau 2007.

August Buck, **Der Orpheus-Mythos in der italienischen Renaissance**, Krefeld 1961.

Felix Burda-Stengel, **Andrea Pozzo und die Videokunst. Neue Überlegungen zum barocken Illusionismus**, Berlin 2001.

Daniel Burger, **Burg Rattenberg in Tirol und ihr »Oberes Schloss«**, in: Zwinger und Vorbefestigung, Tagung 10.–12. November 2016 auf Schloss Neuenburg bei Freyburg (Unstrut), Langweißbach 2007, S. 141–151.

Stefan Bürger, **Der Freiburger Dom. Architektur als Sprache und Raumkunst als Geschichte**, Döbel 2018.

Frank Büttner, **Die Sonne Frankens. Ikonographie des Freskos im Treppenhaus der Würzburger Residenz**, in: Münchner Jahrbuch der bildenden Kunst, 30 1979, S. 159–186.

Frank Büttner, **Rhetorik und barocke Deckenmalerei. Überlegungen am Beispiel der Fresken Johann Zicks in Bruchsal**, in: Zeitschrift des deutschen Vereins für Kunstwissenschaft, 43 (1) 1989, S. 49–72.

Frank Büttner, **Die ästhetische Illusion und ihre Ziele. Überlegungen zur historischen Rezeption barocker Deckenmalerei in Deutschland**, in: Das Münster, 54 (2) 2001, S. 108–127.

Frank Büttner, **Zur Typologie der Deckenmalerei in Süddeutschland**, in: Janez Höfler, Frank Büttner (Hg.), **Bayern und Slowenien im Zeitalter des Barock. Architektur, Skulptur, Malerei**, Zweites slowenisch-bayerisches kunstgeschichtliches Kolloquium, Regensburg 2006.

Quinten Buvelot, **Mauritshuis. The Building**, Zwolle 2014.

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

C

Miriam Cabrelles, S. Galcerá, Santiago Navarro, José Lerma, Talal Akasheh, Naif Haddad, **Integration of 3D laser scanning, photogrammetry and thermography to record architectural monuments**, 22nd CIPA Symposium, Kyoto 11.–15.10.2009.

Diego Cantor, Brandon Jones, **WebGL Beginner's Guide**, Packt Publishing, Birmingham 2012.

Marcello Carrozzino, Massimo Bergamasco, **Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums**, in: *Journal of Cultural Heritage*, 11 (4) 2010, S. 452–458.

E. Casanova, J. G. García-Bermejo, J. L. Fernández, Roberto Medina, **An Effective Texture Mapping Approach for 3D Models Obtained from Laser Scanner Data to Building Documentation**, in: *Comput. Aided Civ. Infrastructure Eng.*, 26 2011, S. 381–392.

Paul Fréart de Chantelou, **Bernini in Paris. Das Tagebuch... über den Aufenthalt Berninis am Hof Ludwig XIV.**, in: Pablo Schneider, Philipp Zitzlsperger (Hg.), Berlin 2006.

CIDOC-CRM ICOM, <http://www.cidoc-crm.org/>.

CIDOC-CRM ICOM, <http://www.cidoc-crm.org/Entity/E84-Information-Carrier/Version-6.2.2>.

CIDOC-CRM ICOM, <http://www.cidoc-crm.org/Issue/ID-340-classes-without-properties>.

CIDOC-CRM ICOM, <http://www.cidoc-crm.org/Version/version-6.2.2>.

CIDOC-CRM ICOM, <http://www.cidoc-crm.org/Version/version-7.0>.

ICOM/CIDOC Documentation Standards Group/CRM Special Interest Group, **Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model. Version 7.0.** Bearbeitungsstand: 23.06.2020, http://www.cidoc-crm.org/sites/default/files/CIDOC%20CRM_v.7.0_%2020-6-2020.pdf.

Paolo Cignoni, Marco Callieri, Massimiliano Corsini, Matteo Dellepiane, Fabio Ganovelli, Guido Ranzuglia, **MeshLab: an Open-Source Mesh Processing Tool**, Sixth Eurographics Italian Chapter Conference 2008, S. 129–136.

Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland, <https://deckenmalerei.badw.de/projektgeschichte/3-d-modelle-cave-2016.html>.

Alba Costamagna, **La Cupola di Sant'Andrea della Valle**, in: Erich Schleichter (Hg.), Giovanni Lanfranco. Un pittore barocco tra Parma, Roma e Napoli, Milano 2001, S. 71–91.

Horst Cramer, Manfred Koob (Hg.), **Cluny. Architektur als Vision**, Heidelberg 1993.

Michael Cramer-Fürtig, Georg Stauber, **Der Burghauser Schatz der Reichen Herzöge**, in: Verhandlungen des Historischen Vereins für Niederbayern, 114/ 115, Landshut 1988–1989, S. 5–27.

Cyark, <http://cyark.org/projects/>.

D

Scientific Data, <https://www.nature.com/articles/sdata201618>.

Georg Dehio, **Handbuch der Deutschen Kunstdenkmäler, Bd. III, Süddeutschland**, Berlin 1908.

Gilles Deleuze, **Das Bewegungs-Bild. Kino 1**, Frankfurt 2013.

Otto Demus, **Byzantine Mosaic Decoration. Aspects of Monumental Art in Byzantium**, London 1953.

Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien (KDWT) Universität Bamberg, <https://www.uni-bamberg.de/kdwt/>.

Roman Deutinger, Christof Paulus, **Das Reich zu Gast in Landshut. Die erzählenden Quellen zur Fürstenhochzeit des Jahres 1475**, Ostfildern 2017.

Deutsche Burgenvereinigung e.V. (Hg.), **Alltag auf Burgen im Mittelalter**, Reihe B /10, Braubach 2006, S. 74–82.

DFG, »Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Kodex« der DFG vom September 2019, <https://www.dfg.de/foerderung/grundlagen-rahmenbedingungen/gwp/>.

Martin Doerr, **The CIDOC CRM – an Ontological Approach to Semantic Interoperability of Metadata**, in: AI Magazine, 24 (3) 2003, S. 75–92.

LRZ Dokumentationsplattform, Installationen des V2C, <https://doku.lrz.de/display/PUBLIC/Installationen>.

Johann Dorner, **Herzogin Hedwig und ihr Hofstaat**, Burghauser Geschichtsblätter, 53, Burghausen 2002.

Harald Drös, **Die Inschriften des ehemaligen Landkreises Mergentheim**, Die Deutschen Inschriften, Bd. 54 (Heidelberger Reihe, Bd. 14), Wiesbaden 2002.

Ludger Drost, **Kößlarn. Manifestation eines Wallfahrtsortes**, in: Klemens Unger (Hg.), **Brücke zum Wunderbaren: Von Wallfahrten und Glaubensbildern. Ausdrucksformen der Frömmigkeit in Ostbayern**, Begleitband zur Ausstellung im Historischen Museum der Stadt Regensburg 15. April bis 06. Juli 2014, Regensburg 2014, S. 163–169.

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, Anko Börner, Eva Emenlauber-Blömers, James Hemsley (Hg.), Konferenzband EVA, Berlin 2016, Elektronische Medien & Kunst, Kultur und Historie, Heidelberg 2017, S. 104–115.

Christian Dümler, **Die Neue Residenz in Bamberg – Bau- und Ausstattungsgeschichte der fürstbischöflichen Hofhaltung im Zeitalter der Renaissance und des Barock**, Neustadt, Aisch 2001.

Saskia Durian-Ress, Sebastian Bock (Hg.), **Gold, Perlen und Edel-Gestein ...**, Reliquienkult und Klosterarbeiten im deutschen Südwesten, Augustinermuseum Freiburg im Breisgau, Ausstellungskatalog, München 1995.

Josef Durm, **Handbuch der Architektur**, Darmstadt 1881.

Daniel Dworak, Oliver Hauck, Piotr Kuroczyński, **3D Models on Triple Paths. New Pathways for Documenting and Visualising Virtual Reconstructions**, in: Sander Münster, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński, Marinos Ioannides (Hg.), Springer International Publishing LNCS Series 2016, S. 149–172.

E

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.

Maria Effinger, **Online first! Exzellente Forschung sichtbar machen mit »Heidelberg University Publishing«**, 2017, S. 1–33.

Maria Effinger, Katja Leiskau, Annika-Valeska Walzel, **All-In-One – arthistoricum.net auf dem Weg zum Fachinformationsdienst**, in: Bibliothek, 38 (1) 2014, S. 83–92.

EFGAMP, <http://www.efgamp.eu>.

Joseph von Egle, **Baustil- und Bauformenlehre in Abbildungen mit Texterläuterungen. Drei Bände systematischer Abbildungen nebst kurzer Erläuterungen als Stoff für den Unterricht und für Übungen an technischen Schulen sowie zum Selbststudium**, Hannover 1995/96.

Renate Eikelmann, **Gemälde nach einer verlorenen Goldemailplastik mit der Gottesmutter (»Die Gnad«)**, in: Reinhold Baumstark (Hg.), Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400, Bayerisches Nationalmuseum, Ausstellungskatalog, München 1995, Kat. Nr. 2, S. 208–212.

Renate Eikelmann, **Gemälde nach einer verlorenen Goldemailplastik mit heiligem Michael**, in: Reinhold Baumstark (Hg.), Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400, Bayerisches Nationalmuseum, Ausstellungskatalog, München 1995, Kat. Nr. 3, S. 213–216.

Renate Eikelmann, **Zur Geschichte des Marienbildes, genannt Goldenes Rößl**, Bayerisches Nationalmuseum, in: Reinhold Baumstark (Hg.), Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400, Bayerisches Nationalmuseum, Ausstellungskatalog, München 1995, S. 52–57.

Renate Eikelmann, **Image de Notre-Dame, dite Goldenes Rössl (»Cheval d'or«)**, Louvre, in: Elisabeth Taburet-Delahaye (Hg.), Paris 1400. Les arts sous Charles VI., Ausstellungskatalog, Paris 2004, S. 174ff.

Sabry El-Hakim, J. A. Beraldin, M. Picard, Antonio Vettore, **Effective 3D modeling of heritage sites**, The 4th International Conference of 3D Imaging and Modeling, 2003, S. 302–309, <https://doi.org/10.1109/IM.2003.1240263>.

Alfons Eifgang, Rosemarie Münzenmayer, **Der Schlossgarten zu Weikersheim**, Heidelberg 1999.

Ute Engel, **Augentäuschung und Illusionskunst in der barocken Deckenmalerei**, in: Andreas Beitin, Roger Diederer (Hg.), **Die Lust der Täuschung**, München 2018, S. 168–179.

Lisa Erdmann, Stefan Hartmann, Joerg Maxzin, Technische Hochschule Deggendorf (Hg.), **Lukas aus der Asche – Auferstandenes Kulturerbe aus dem 3D-Labor**, Lindenberg 2016.

Johannes Erichsen, **Die Kaiserwohnung der Bamberger Residenz. Zweckbestimmung und Bildprogramm**, in: Johannes Erichsen, Katharina Heinemann, Katrin Janis (Hg.), **KaiserRäume – KaiserTräume. Forschen und Restaurieren in der Bamberger Residenz**, München 2007, S. 34–53.

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

Erlangen CRM/OWL,
<http://erlangen-crm.org>.

Erlangen CRM/OWL,
<http://erlangen-crm.org/170309/>.

Erlangen CRM/OWL,
<http://erlangen-crm.org/current-version>.

Christopher Evans, **Experience the Sistine Chapel in VR**, Siggraph Conferences, <https://blog.siggraph.org/2019/07/siggraph-2019-exclusive-experience-the-sistine-chapel-in-vr.html/>.

Christopher Evans, **Il divino: Michelangelo's Sistine ceiling in VR**, ACM SIGGRAPH 2019 Virtual, Augmented, and Mixed Reality, Los Angeles, California 2019, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA 2019, Article 11, <https://doi.org/10.1145/3306449.3328817>.

F

Carla Fandrey, **Schloss Weikersheim** (Kunstverlag-Führer), München 2010.

Benedikt Faßmann, **Catalogus über die in der Churfürstl. Residence zu München befindliche Gemaelde. Manuskript in der Bayerischen Verwaltung der Staatlichen Schlösser, Gärten und Seen**, in: **Münchner Jahrbuch der bildenden Kunst. N.F. X. 1933**, S. 147–246.

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.

Peter Finke, **Citizen Science. Das unterschätzte Wissen der Laien**, München 2014.

Adolf Friedrich Fischer, **Geschichte des Hauses Hohenlohe. Zunächst als Leitfaden beim Unterricht, hohem Auftrag entworfen und den Prinzen und Prinzessinnen des durchlauchtigen Gesamthauses gewidmet, II. Theil, Erste Hälfte**, s.l., Stuttgart 1868.

Sebastian Fitzner, **Architekturzeichnungen der deutschen Renaissance. Funktion und Bildlichkeit zeichnerischer Produktion 1500–1650**, Köln 2015.

Walther-Gerhard Fleck, **Das Schloss Weikersheim. Seine Baugeschichte und seine Stellung innerhalb der Schlossbaukunst des 16. und frühen 17. Jahrhunderts**, zugleich Diss., Tübingen 1952.

Walther-Gerd Fleck, **Schloß Weikersheim und die hohenlohischen Schlösser der Renaissance**, Kunsthistorisches Institut, Tübingen 1954.

Walther-Gerhard Fleck, **Burgen und Schlösser in Nordwürttemberg**, München 1979.

Walther-Gerd Fleck, **Die Württembergischen Herzogsschlösser der Renaissance**, Bd. 1, Text (Veröffentlichungen der Deutschen Burgenvereinigung, Reihe A, Bd. 8), Koblenz 2003.

Walther-Gerd Fleck, **Die Württembergischen Herzogsschlösser der Renaissance**, Bd. 2 Bilder und Pläne, Veröffentlichungen der Deutschen Burgenvereinigung, Reihe A, Bd. 8, Koblenz 2003.

Forschungsdaten.info, <https://www.forschungsdaten.info/praxis-kompakt/glossar/#c269824>.

Nationale Forschungsdateninfrastruktur, <https://www.nfdi.de/>.

Maurizio Forte, Alberto Siliotti (Hg.), **Virtual archaeology. Re-creating ancient worlds**, New York 1997.

Max Hermann von Freeden, **Schloß Weikersheim**, Kunstverlag Führer, München 1948.

Marcus Frings (Hg.), **Der Modelle Tugend. CAD und die neuen Räume der Kunstgeschichte** (Visual intelligence. Kulturtechniken der Sichtbarkeit 2), Weimar 2001.

Bernard Frischer, Anastasia Dakouri-Hild (Hg.), **Beyond illustration. 2d and 3d digital technologies as tools for discovery in archaeology**, Oxford 2008.

Johann Michael Fritz, **Goldschmiedekunst der Gotik in Mitteleuropa**, München 1982.

Sabine Frommel (Hg.), **Les maquettes d'architecture. fonction et évolution d'un instrument de conception et de réalisation**, Paris 2015.

Christian Fuhrmeister, Stephan Kligen, Iris Lauterbach, Ralf Peters (Hg.), »**Führerauftrag Monumentalmalerei**«. Eine Fotokampagne 1943–1945, Köln 2006.

G

Marco Gaiani, Fabio Remondino, Fabrizio Apollonio, Andrea Ballabeni, **An Advanced Pre-Processing Pipeline to Improve Automated Photogrammetric Reconstructions of Architectural Scenes**, in: Remote Sensing, 8 2018.

Galerie des Glaces, <http://www.galeriedesglaces-versailles.fr/html/11/accueil/index.html>.

David Ganz, **Barocke Bilderbauten. Erzählung, Institution und Illusion in römischen Kirchen 1580–1700**, Petersberg 2003.

David Ganz, **Öffnungen, Visionäre Himmelsbilder und die Deckenmalerei des Barock**, in: Jörg Jochen Berns, Thomas Rahn (Hg.), **Projektierte Himmel**, Wiesbaden 2019, S. 283–316.

David Ganz, Stefan Neuner, **Mobile Eyes. Peripatetisches Sehen in den Bildkulturen der Vormoderne**, München 2013.

Heinrich Geissler, **Zeichnung in Deutschland, deutsche Zeichner 1540–1640**, Bd. 1, Stuttgart 1979.

ISRA VISION Polymetric GmbH, **Quick Reference Guide - QTSculptor v 6.0. 11.12.2017 v1.1**, 2017.

GoFair, <https://www.go-fair.org/fair-principles/>.

Marc Gallert, **Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur**, Bielefeld 2007.

Sean Gillies, Tom Elliott, **Technical introduction to Places, Pleiades: A Gazetteer of Past Places**, 2015, <https://pleiades-stoa.org/help/technical-intro-places>.

Günther Görz, **WissKI: Semantische Annotation, Wissensverarbeitung und Wissenschaftskommunikation in einer virtuellen Forschungsumgebung**, in: Kunstgeschichte. Open Peer Reviewed Journal, 2011, urn:nbn:de:bvb:355-kuge-167-7.

- Günther Görz, Laura Albers, **Representing place in space and time-methodological aspects in modelling the provenance of cultural heritage knowledge**, CIDOC Annual Conference, Heraklion (Greece) 2018, http://network.icom.museum/fileadmin/user_upload/minisites/cidoc/ConferencePapers/2018/CIDOC2018_paper_166.pdf.
- Wilhelm Gradmann, **Burgen und Schlösser in Hohenlohe**, Stuttgart 1982.
- Carlheinz Gräter, Jörg Luisin, **Schlösser in Hohenlohe. Geschichte und Geschichten**, Tübingen 2005.
- Oliver Grau, **Virtuelle Kunst in Geschichte und Gegenwart. Visuelle Strategien**, Berlin 2000.
- 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.
- Oliver Grau, **The Complex and Multifarious Expression of Digital Art & Its Impact on Archives and Humanities**, in: Christiane Paul (Hg.), *A Companion to Digital Art*, New York 2016, S. 23–45.
- Oliver Grau (Hg.), **Museum and Archive on the Move. Changing Cultural Institutions in the Digital Era**, München 2017.
- Johannes Grave, **Architekturen des Sehens. Bauten in Bildern des Quattrocento**, Paderborn 2015.
- Marc Grellert, **Potentiale digitaler Technologien für das Erinnern zerstörter Architektur**, Bielefeld 2007.
- Marc Grellert, **The Reconstruction – Argumentation Method**, Synagogen, Darmstadt 2016, S. 39–50.
- Marc Grellert, Franziska Haas, **Sharpness Versus Uncertainty in »Complete Models«. Virtual Reconstructions of the Dresden Castle in 1678**, in: Stephan Hoppe, Stefan Breitling (Hg.): *Virtual Palaces, Part II, Lost Palaces and their Afterlife*, Virtual Reconstruction between Science and Media, München 2016, S. 119–148.
- Marc Grellert, Manfred Koob, **Synagogen in Deutschland. Eine virtuelle Rekonstruktion**, Basel 2004.
- Ulrich Großmann, **Beobachtungen zur Bau- und Kunstgeschichte des Schlosses Weikersheim**, in: Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg (Hg.), *Schloss Weikersheim. Im Spiegel seiner Geschichte*, Mainz 2019, S. 119–135.
- Ulrich Großmann, **Die Burg als Nucleus des Residenzschlosses. Zur Kontinuität mittelalterlicher Wehrarchitektur im fürstlichen Repräsentationsbau**, in: Joachim Zeune (Hg.), *Von der Burg zur Residenz* (Veröffentlichungen der Deutschen Burgenvereinigung e.V., Reihe B: Schriften, Bd. 1,1), Brauchbach 2009, S. 119–128.
- E. Grünwald, **Schriftenreihe. Hohenlohe. Städte – Burgen – Schlösser. 16. – 19. Jahrhundert. Ausstellung in Neuenstein Mai – Juni 1949**, Hohenlohe-Sammlungen Neuenstein, H. 3, Ausstellungskatalog.
- Pierre Grussenmeyer, Tania Landes, M. Doneus, J.-L. Lerma, **Basics of Range-Based Modeling Techniques in Cultural Heritage 3D Recording**, in: Efstratios Stylianidis, Fabio Remondino (Hg.), *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*, Dunbeath 2016, S. 305–368.
- Hans Ulrich Gumbrecht, **Diesseits der Hermeneutik. Die Produktion von Präsenz**, Frankfurt 2004.
- Hubertus Günther, **Das Studium der antiken Architektur in den Zeichnungen der Hochrenaissance**, Veröffentlichungen der Bibliotheca Hertziana (Max-Planck-Institut) in Rom, Tübingen 1988.

H

Georg Hager, Berthold Riehl, Gustav von Bezold, **Die Kunstdenkmale des Königreichs Bayern. Die Kunstdenkmale des Regierungsbezirks Oberbayern**, Bd. 8 Bezirksamt Altötting, München 1905.

Philipp Hainhofer, **Die Reise des Augsburgers Philipp Hainhofer nach Eichstädt, München und Regensburg in den Jahren 1611, 1612 und 1613**, herausgegeben und erläutert von Christian Häutle, in: Zeitschrift des Historischen Vereins für Schwaben und Neuburg, 8 1881, S. 80, https://periodika.digitale-sammlungen.de/schwaben/Band_bsb00010254.html.

Julian Hanschke, **Neue Forschungen zur Baugeschichte des Heidelberger Schlosses**. Vorabauszug aus dem für 2015 geplanten Abschlussband zu dem am Institut für Baugeschichte (KIT) 2010–2013 durchgeführten Forschungsprojekt. Online-Ressource UB Heidelberg, 41 S. PDF.

Julian Hanschke, **Schloss Heidelberg. Architektur und Baugeschichte**, Heidelberg 2016.

Otto Hartig, **Eine historische Ecke im Münchner Hofgarten**, in: Münchner Neueste Nachrichten Nr. 260 vom 23.6.1922.

Wilfried Hartleb, **Die Neuburg. Adelssitz und Künstlerschloss am Inn: Illustrierte Geschichte eines Baudenkmals**, Passau 2016.

Hasso-Plattner-Institut für Computergrafische Systeme in Potsdam (HPI), <https://hpi.de/forschung/fachgebiete/computergrafische-systeme.html>.

Oliver Hauck, Piotr Kuroczyński, Jan-Eric Lutteroth, Carsten Neumann, Torsten Veit, **Schloss Friedrichstein und das Projekt »Virtuelle Rekonstruktionen in transnationalen Forschungsumgebungen. Das Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen«**, in: Kilian Heck, Christian Thielemann (Hg.), Friedrichstein. Das Schloss der Grafen von Dönhoff in Ostpreußen, München, Berlin 2006.

Christian Hecht, **Katholische Bildertheologie im Zeitalter von Gegenreformation und Barock: Studien zu Traktaten von Johannes Molanus, Gabriele Paleotti und anderen Autoren**, Berlin 1997.

Kilian Heck, **Die Architektur von Friedrichstein im deutschen und europäischen Kontext**, in: Kilian Heck, Christian Thielemann (Hg.), Friedrichstein. Das Schloss der Grafen von Dönhoff in Ostpreußen, München, Berlin 2006, S. 98–135.

Martin Heidegger, **Sein und Zeit**, Tübingen 1953.

Schloss Heidelberg, **Die bauliche Entwicklung, Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg**, <https://www.youtube.com/watch?v=QkBWJSRclcs>.

Katja Heine, Klaus Rheidt, Frank Henze, Alexander Riedel (Hg.), **Von Handaufmaß bis High Tech III. Erfassen, Modellieren, Visualisieren**, Mainz 2011.

Johannes Helmuth, Ulrich Muhlack, Gerrit Walther (Hg.), **Diffusion des Humanismus: Studien zur nationalen Geschichtsschreibung europäischer Humanisten**, Göttingen 2002.

Andreas Henning, Gregor J. M. Weber (Hg.), **Der himmelnde Blick. Zur Geschichte eines Bildmotivs von Raffael bis Rotari**, Dresden 1998.

Thomas Hensel, **Mobile Augen. Pfade zu einer Geschichte des sich bewegenden Betrachters**, in: Bodo von Dewitz, Werner Nekes (Hg.), Ich sehe was, was du nicht siehst, Göttingen 2002, S. 54–65.

Michael Hermann, **Schloss Weikersheim**. Marstall, 2006–08 (unveröffentlichte Bauuntersuchungen).

Hermann Heuß, **Hohenloher Barock und Zopf. Schloß- und Stadtbaugeschichte der ehemals hohenlohischen Residenzen vornehmlich nach dem dreißigjährigen Kriege**, Öhringen 1937.

- Inge Hinterwaldner, **Vom Sprung ins Detail und zurück: zur Rolle der Montage im generativen Medium der Computersimulation**, in: Thorsten Bothe, Robert Suter (Hg.), *Prekäre Bilder*, Paderborn 2010, S. 277–295.
- Inge Hinterwaldner, **Das systemische Bild. Ikonizität im Rahmen computerbasierter Echtzeitsimulationen (Eikones)**, München 2010.
- Hermann Hipp, **Die »Nachgotik« in Deutschland – kein Stil ohne Stil**, in: Stephan Hoppe et al. (Hg.), *Stil als Bedeutung in der nordalpinen Renaissance. Wiederentdeckung einer methodischen Nachbarschaft*, Regensburg 2008, S. 14–46.
- History, **<https://history.com/nos-realizations/>**.
- Friedrich Hoffstadt, **Gothisches ABC-Buch. Das ist: Grundregeln des gothischen Stils für Künstler und Werkleute, mit zwei und vierzig Vorlegeblättern (worunter einige, zum Theil ausgeführte, Entwürfe) und einer Abhandlung über Geschichte und Restauration der deutschen Baukunst, nebst einem Wortverzeichnis über deren Kunst- und Handwerks-Ausdrücke**, Frankfurt 1840.
- Georg Hohmann, **Die Anwendung von Ontologien zur Wissensrepräsentation und -kommunikation im Bereich des kulturellen Erbes**, in: Silke Schomburg, Claus Leggewie, Henning Lobin, Cornelius Puschmann (Hg.), *Digitale Wissenschaft. Stand und Entwicklung digital vernetzter Forschung in Deutschland*, Köln 2011, S. 33–39, **<https://www.infodatedepot.de/volltext/DigiWis/13456.pdf>**.
- Wolfgang Holler, **Jacopo Amigonis Frühwerk in Süddeutschland**, Studien zur Kunstgeschichte, Bd. 30, Hildesheim, Zürich, New York 1986.
- Gerhard Holst, Bernd Strackenbrock, **Präzise 3D-Messung im Vorübergehen. Portable Kamerasysteme in Kombination mit Laserscannern helfen bei der Restaurierung historischer Gebäude**, in: *Optik & Photonik*, 1 2014, S. 44–47.
- Stephan Hoppe, **Die Architektur des Heidelberger Schlosses in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Neue Datierungen und Interpretationen**, in: Volker Rödel (Hg.), *Mittelalter. Schloss Heidelberg und die Pfalzgrafschaft bei Rhein bis zur Reformationszeit. Schätze aus unseren Schlössern*, Bd. 7, Regensburg 2002, S. 183–189.
- Stephan Hoppe, **Baumeister von Adel. Ulrich Pesnitzer und Hans Jakob von Ettlingen als Vertreter einer neuartigen Berufskonstellation im späten 15. Jahrhundert**, in: Astrid Lang, Julian Jachmann (Hg.), *Aufmaß und Diskurs. Festschrift für Norbert Nußbaum zum 60. Geburtstag*, Berlin 2013, S. 151–186.
- 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.
- Josef Huber, **Baugeschichte der Wallfahrts- und Pfarrkirche Kößlarn**, Sonderdruck, in: *Ostbairische Grenzmarken*, 8-11 1930.
- Joseph Huber, **Die gotische Silbermadonna zu Kößlarn, das Werk eines Passauer Künstlers**, in: *Ostbairische Grenzmarken*, 19 1930, S. 110–112.
- Lorenz Hübner, **Beschreibung der kurbaierischen Haupt- und Residenzstadt München und ihrer Umgebung, verbunden mit ihrer Geschichte. Erste Abtheilung: Topographie**, Bd. 2, München 1803, S. 354, urn: nbn:de:bvb:12-bsb10805981-3.
- I**
- International Journal for Digital Art History, **Disruptions and Genealogies of the Digital in Architecture**, 3 2018.

Marinos Ioannides, Eleanor Fink, Rafaella Brumana, Petros Patias, Anastasios Doulamis, João Martins, Manolis Wallace, **Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection**, Heidelberg, Berlin 2016.

Marinos Ioannides, Eleanor Fink, Antonia Moropoulou, Monika Hagedorn-Saupe, Antonella Fresa, Gunnar Liestøl, Vlatka Rajcic, Pierre Grussenmeyer (Hg.), **Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection**, Heidelberg, Berlin 2016.

J

Fotis Jannidis, Hubertus Kohle, Malte Rehbein, **Digital Humanities. Eine Einführung**, Stuttgart 2017.

K

Susanne Kaeppele, **Die Malerfamilie Bocksbberger aus Salzburg: Malerei zwischen Reformation und italienischer Renaissance**, Salzburg 2003.

Rainer Kahsnitz, **Kleinod und Andachtsbild. Zum Bildprogramm des Goldenen Rößls**, in: Reinhold Baumstark (Hg.), **Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400**, Bayerisches Nationalmuseum, Ausstellungskatalog, München 1995, S. 58–89.

Angela Kailus, Regine Stein, **Besser vernetzt: Über den Mehrwert von Standards und Normdaten zur Bilderschließung**, *Computing in Art and Architecture*, in: *Computing Art Reader: Einführung in die digitale Kunstgeschichte*, Bd. 1 2018, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.413.c5772>.

Sebastian Kaiser, **Die Wallfahrt Kößlarn. Volkskundliche Untersuchung des religiösen Lebens einer Gnadenstätte zwischen Spätmittelalter und Gegenwart**, *Passauer Studien zur Volkskunde*, Bd. 1, Passau 1989.

Dietmar Kamper, **Körper**, in: Karlheinz Barck u.a. (Hg.), **Ästhetische Grundbegriffe**, Stuttgart 2010, S. 426–450.

Frédéric Kaplan, Isabella di Lenardo, **The Advent of the 4D Mirror World**, in: *Urban Planning*, 5 (2) 2020, S. 307–310, <http://dx.doi.org/10.17645/up.v5i2.3133>.

Wolfgang Kemp, **Kunstwerk und Betrachter. Der rezeptionsästhetische Ansatz**, in: Hans Belting (Hg.), *Kunstgeschichte. Eine Einführung*, Berlin 2008.

Thomas Kirchner, **L'expression des passions. Ausdruck als Darstellungsproblem in der französischen Kunst und Kunsttheorie des 17. Und 18. Jahrhunderts**, Mainz 1991.

Harald Klinke, **Immersives User Interface mittels 3D-Grafik, Head-Tracking und Touch-Input**, München 2015.

Jens Klump, Robert Huber, **20 Years of Persistent Identifiers – Which Systems are Here to Stay?**, in: *Data Science Journal*, 16 2017, <http://doi.org/10.5334/dsj-2017-009>.

Julius Koch, Fritz Seitz, **Das Heidelberger Schloss**, Darmstadt 1891.

Hubertus Kohle, **Digitale Bildwissenschaft**, Glückstadt 2013.

Hubertus Kohle, **Präsentieren / Rekonstruieren**, in: Ders. (Hg.), *Digitale Bildwissenschaft*, Glückstadt 2013, S. 161–167.

Hubertus Kohle, **The Museum Goes Collaborative: On the Digital Escapades of an Analogue Medium**, in: Melania Savino, Eva-Maria Troelenberg (Hg.), *Images of the Art Museum. Connecting Gaze and Discourse in the History of Museology*, Berlin, Boston 2017, S. 317–332.

Hubertus Kohle, **Museen digital. Eine Gedächtnisinstitution sucht den Anschluss an die Zukunft**, Heidelberg 2020.

Angela Maria König, **Weihegaben an U.L. Frau von Altötting**, Bd. 2, München 1940.

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.

Kölner Dom 360 Grad,
<https://dom360.wdr.de>.

Eva Bettina Krems, **Die pronteza des Kardinalnepoten und Guercinos Aurora und Fama. Das Casino Ludowisi in Rom**, in: Zeitschrift für Kunstgeschichte, 65 2002, S. 180–220.

Till Kreuzer, **Open Content – Ein Praxisleitfaden zur Nutzung von Creative-Commons-Lizenzen**, in: 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.

Hanno-Walter Kruft, **Geschichte der Architekturtheorie**, München 1985.

Piotr Kuroczyński, **Neuer Forschungsraum für die Kunstgeschichte: virtuelle Forschungsumgebungen für digitale 3D-Rekonstruktionen**, in: Piotr Kuroczyński, Peter Bell, Lisa Dieckmann (Hg.), **Computing Art Reader. Einführung in die digitale Kunstgeschichte**, Heidelberg 2018, S. 161–181.

Piotr Kuroczyński, Peter Bell, Lisa Dieckmann, **Computing Art Reader. Einführung in die digitale Kunstgeschichte**, Heidelberg 2018.

Piotr Kuroczyński, Oliver Hauck, Daniel Dworak, **3D Models on Triple Paths. New Pathways for Documenting and Visualising Virtual Reconstructions**, in: Sander Münster, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński, Marinos Ioannides (Hg.), **3D Research Challenges in Cultural Heritage II. How to manage data and knowledge related to interpretative digital 3D reconstructions of Cultural Heritage**, Springer International Publishing LNCS Series 2016, S. 149–172.

Piotr Kuroczyński, Oliver Hauck, Daniel Dworak, Jan Lutteroth, **Virtual museum of destroyed cultural heritage. 3D documentation, reconstruction and visualization in the semantic Web**, in: The State Hermitage Virtual Archaeology. Proceedings of the second international Conference on Virtual Archeology, St. Petersburg 2015, S. 54–61, http://www.virtualarchaeology.ru/pdf/281_virtualarchaeology2015.pdf.

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, Bd. 2), arthistoricum.net, Heidelberg 2019, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.515>.

L

Jacques Lacan, **Die vier Grundbegriffe der Psychoanalyse**, Wien 2015.

Patrick Lackner, **Qualitativer Vergleich des 3D-Laserscannings mit dem »Structure from Motion«-Verfahren**, Universität Bamberg, Unveröffentlichte Abschlussarbeit im Masterstudiengang Denkmalpflege/Heritage Conservation, Bamberg 2017.

Karl-Heinz Lampe, Siegfried Krause, Martin Doerr, **Definition des CIDOC Conceptual Reference Model. Version 5.0.1 autorisiert durch die CIDOC CRM Special Interest Group (SIG) 2010**, S. 22, http://www.cidoc-crm.org/sites/default/files/cidoccrm_end.pdf.

Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (Hg.), **Das Residenzschloss zu Dresden, Bd. 1, Von der mittelalterlichen Burg zur Schlossanlage der Spätgotik und Frührenaissance**, Petersberg 2013.

Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (Hg.), **Das Residenzschloss zu Dresden, Bd.2, Die Schlossanlage und ihre frühbarocke Um- und Ausgestaltung**, Petersberg 2019.

- Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (Hg.), **Das Residenzschloss zu Dresden, Bd. 3, Von barocker Prachtentfaltung bis zum großen Schlossumbau im 19. Jahrhundert**, Petersberg 2020.
- Felix Lange, Martin Unold, **Semantisch angereicherte 3D-Messdaten von Kirchenräumen als Quellen für die geschichtswissenschaftliche Forschung**, in: Constanze Baum, Thomas Stäcker (Hg.), *Möglichkeiten und Grenzen der Digital Humanities*, Zeitschrift für Digital Humanities, Sonderband, 1 2015, <http://dx.doi.org/10.17175/sb01>.
- Brigitte Langer, Thomas Rainer (Hg.), **Neuburg an der Donau**, Kunst & Glauben. Ottheinrichs Prachtbibel und die Schlosskapelle Neuburg, Schloss Neuburg, Ausstellungskatalog, Regensburg 2016.
- Katharina Lauinger, **Italienische Deckenmalerei. Die Ausgestaltung der Camera degli Sposi**, Warschau 2011.
- Wolfgang Lefèvre (Hg.), **Picturing machines 1400–1700**, Cambridge 2004.
- Dominik Lengyel, Catherine Toulouse, **Darstellung von unscharfem Wissen in der Rekonstruktion historischer Bauten**, in: Katja Heine, Klaus Rheidt, Frank Henze, Alexandra Riedel (Hg.), *Von Handaufmaß bis High Tech III. Erfassen, Modellieren, Visualisieren*, Mainz 2011, S. 182–188.
- Dominik Lengyel, Barbara Schock-Werner, Catherine Toulouse, **Die Bauphase des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten**, Köln 2011.
- Sabina Leonelli, **Bio-Ontologies as Tools for Integration in Biology**, in: *Biological Theory*, 3 (1) 2008, S. 8–11.
- Andres Lepik, **Das Architekturmodell in Italien 1335–1550**, Worms 1994.
- José Luis Lerma, Santiago Navarro, Miriam Cabrelles, Ana Elena Seguí, Naif Haddad, Talal Akasheh, **Integration of Laser Scanning and Imagery for Photorealistic 3D Architectural Documentation**, in: Chau-Chang Wang (Hg.), *Laser Scanning, Theory and Applications*, 2011, S. 413–430, <https://doi.org/10.5772/14534>.
- José Luis Lerma, Santiago Navarro, Miriam Cabrelles, Valentín Villaverde, **Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study**, in: *Journal of Archaeological Science*, 37 (3) 2010, S. 499–507, <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.10.011>.
- Marc Levoy, Kari Pulli, Brian Curless, Szymon Rusinkiewicz, David Koller, Lucas Pereira, Matt Ginzton, Sean Anderson, James Davis, Jeremy Ginsberg, Jonathan Shade, Duane Fulk, **The digital Michelangelo project: 3D scanning of large statues**, Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 2000, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., S. 131–144, <https://doi.org/10.1145/344779.344849>.
- Bernd Wolfgang Lindemann, **Bilder vom Himmel. Studien zur Deckenmalerei des 17. und 18. Jahrhunderts**, Worms 1994.
- Aleksandra Lipinska, **»Suptill Welven und Muren zu machen, wijme im Nederland gebrouckelich ist.« Gilles Cardon, ein Baumeister und Bildhauer aus Douai im Dienst Herzogs Adolf I. von Schleswig-Hollstein-Gottorf**, in: Kirsten Baumann, Constanze Köster, Uta Kuhl (Hg.), *Wissenstransfer und Kulturimport in der Frühen Neuzeit. Die Niederlande und Schleswig-Holstein*, [erscheint voraussichtlich 2020].
- Felix Joseph Lipowsky, **Bayerisches Künstler-Lexikon**, Bd. 1, München 1810, S. 30, urn:nbn:de:bvb:12-bsb00000273-8.

- 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, S. 265–280.
- Hubert Locher, **Kunsthistorische Bildsammlungen. Archivierte Fotopositive im Blick der kunsthistorischen Forschung**, in: Rundbrief Fotografie, 18 2011, S. 5–7.
- 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.
- Hubert Locher, Rolf Sachsse, **Architektur Fotografie: Darstellung – Verwendung – Gestaltung**, Berlin 2016.
- Richard Loibl, Reinhard Stauber, Gerhard Tausche, **Niederbayerns Reiche Herzöge**, Hefte zur bayerischen Geschichte und Kultur, Bd. 38, Augsburg 2009.
- Jens Ludwig, Heike Neuroth, Jens Klump, Achim Oßwald, Regine Scheffel, Stefan Strathmann, **Langzeitarchivierung von Forschungsdaten. Eine Bestandsaufnahme**, Hülbusch 2012.
- Jan-Eric Lutteroth, Stephan Hoppe, **Schloss Friedrichstein 2.0 – Von digitalen 3D-Modellen und dem Spinnen eines semantischen Graphen**, in: Piotr Kuroczyński, Peter Bell, Lisa Dieckmann (Hg.), *Computing Art Reader. Einführung in die digitale Kunstgeschichte (Computing in Art and Architecture, Bd. 1)*, 2018, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.413>.
- M**
- Louis Marin, **The gesture of looking in classical history painting**, Bd. 1, 1984, S. 175–191.
- Pieter Martens, **Virtual Palaces, Part I. Digitizing and Modelling Palaces**, Löwen 2016.
- Claudia Märkl, **Das Goldene Rößl**, in: Katharina Weigand, Jörg Zedler (Hg.), *Ein Museum der bayerischen Geschichte*, München 2015, S. 173–192.
- Matterport, <https://my.matterport.com/show/?m=ow9p1wTtDta&sr=2.59&ss=16>.
- Mauritshuis, <https://www.mauritshuis.nl/nl-nl/ontdek/mauritshuis/>.
- Fabio Menna, Erica Nocerino, Fabio Remondino, Matteo Dellepiane, Marco Callieri, Roberto Scopigno, **3D digitization of an heritage masterpiece – a critical analysis on quality assessment**, in: ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B5 2016, S. 675–683.
- Dieter Mersch, **Ereignis und Aura. Untersuchungen zu einer Ästhetik des Performativen**, Frankfurt am Main 2002.
- Klaus Merten, **Schloss Weikersheim**, Kunstverlag Führer, München 1996.
- Heike Messemer, **The Beginnings of Digital Visualization of Historical Architecture in the Academic Field**, in: Stephan Hoppe, Stefan Breitling (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.
- Heike Messemer, **Digitale 3D-Modelle historischer Architektur. Entwicklung, Potenziale und Analyse eines neuen Bildmediums aus kunsthistorischer Perspektive**, *Computing in Art and Architecture*, Bd. 3, Heidelberg 2020, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.516>.
- Klaus Metzl (Hg.), **Handbuch des Bistums Passau**, Passau 2010.
- Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino, **Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum**, in: *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351 1994, S. 282–292.

Peter N. Miller, François Louis, **Antiquarianism and Intellectual Life in Europe and China, 1500–1800**, Ann Arbor, MI, USA 2012.

Henry A. Millon, **The triumph of the baroque architecture in Europe 1600–1750**, New York 1999.

Mitteilungen zur Geschichte des Heidelberger Schlosses III, Heidelberg 1896.

Mittelalterliche Wandmalereien, <http://va.gnm.de/roma>.

Horst Mittelstaedt, **A new solution to the problem of the subjective vertical**, in: *Naturwissenschaften*, 70 (6) 1983, S. 272–281.

Ulrich Muhlack, **Renaissance und Humanismus**, Berlin, Boston 2017.

Sander Münster, **Interdisziplinäre Kooperation bei der Erstellung virtueller geschichtswissenschaftlicher 3D-Rekonstruktionen**, Wiesbaden 2016.

Forschungsprojekt MuSe Bayreuth, <https://www.forschungsstiftung.de/index.php/Projekte/Details/MuSe-Bayreuth.html>.

Musei Vaticani, <http://www.museivaticani.va/content/museivaticani/de/collezioni/musei/stanze-di-raffaello/tour-virtuale.html>.

Musei Vaticani, Basilika St. Peter, https://www.vatican.va/various/basiliche/san_pietro/vr_tour/index-en.html.

N

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

NFDI4Culture, <https://nfdi4culture.de/>.

Franco Niccolucci (Hg.), **Virtual archaeology**, Proceedings of the VAST Euroconference, Arezzo 24–25 November 2000, Oxford 2002.

Franz Niehoff (Hg.), **Das goldene Jahrhundert der reichen Herzöge**, Publikation zur Ausstellung der Museen der Stadt Landshut in der Spitalkirche Heiliggeist vom 13. November 2014 bis zum 1. März 2015, Museen der Stadt Landshut (Hg.), Schriften aus den Museen der Stadt Landshut, 34, Landshut 2014.

Erica Nocerino, D. Rieke-Zapp, Elisabeth Trinkl, Ralph Rosenbauer, Elisa Farella, Daniele Morabito, Fabio Remondino, **Mapping vis and uvl imagery on 3D geometry for non-invasive, non-contact analysis of a vase**, in: *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2 2018, S. 773–780.

O

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.

Konrad Ottenheim, **Travelling Architects from the Low Countries and their Patrons**, in: Konrad Ottenheim, Krista De Jonge (Hg.), **The Low Countries at the Crossroads. Netherlandish Architecture as an Export Product in Early Modern Europe (1480–1680)**, *Architectura Moderna*, Bd. 8, 2013, S. 54–88.

Elisabeth Oy-Marra, **Innovation als kritische Revision des Alten. Lanfrancos römische Kuppelfresken**, in: Ulrich Pfisterer, Gabriele Wimböck (Hg.), **Novità. Neuheitskonzepte in den Bildkünsten um 1600**, Zürich 2011, S. 263–295.

P

Pier Nicola Pagliara, **Der Vatikanische Palast**, in: Bundeskunsthalle: Hochrenaissance im Vatikan: Kunst und Kultur im Rom der Päpste 1503–1534, Bonn 1999, S. 207–226.

Gabriele Paleotti, **Discorso intorno alle imagini sacre e profane**, Bologna 1582.

Simón Peña-Villasenín, Mariluz Gil-Docampo, Juan Ortiz-Sanz, **Desktop vs cloud computing software for 3D measurement of building façades: The monastery of San Martín Pinario**, in: Measurement, 149 2020, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224119308504>.

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: Proposal for a Minimum Standards of Documentation in the Context of Virtual Reconstructions**, in: Marinos Ioannides, Eleanor Fink, Rafaella Brumana, Petros Patias, Anastasios Doulamis, João Martins, Manolis Wallace (Hg.), Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection, Heidelberg, Berlin 2016, S. 39–50.

Ulrich Pfisterer, **Big Bang Art History**, in: Merkur, 71 (816) 2017, S. 95–101.

Baldassare Pistorini, **Descrittione compendiosa del palagio sede de' serenissimi di Baviera (1644)**, Hrsg. und kommentiert von Lucia Longo-Endres. Dt. Übers. von Jürgen Zimmer, München 2006.

PLEIADES, <https://pleiades.stoa.org/help/technical-intro-places>.

Roland Pongratz, **Eine Burg wird zum Museum**, in: Herbert W. Wurster, Richard Loibl (Hg.), Ritterburg und Fürstenschloss, Bd. 1, Ausstellungskatalog, Passau 1995, S. 150–152.

Hasso von Poser, **Die Deckenbilder im Festsaal von Schloß Weikersheim. Ein Katastrophenfall**, in: Denkmalpflege in Baden-Württemberg, 9 (4) 1980, Stuttgart 1980, S. 160–164.

Carol Pottasch, Sabrina Meloni, Ivo Hoekstra, Margriet van Eikema Hopmmes, Ralph Haswell, **Vivid colours in the Golden Room: An educated but tentative reconstruction of an ensemble by Pellegrini in the Mauritshuis**, in: Rhiannon Clarricoates, Helen Dowding, Alexandra Gent (Hg.), Colour Change in Paintings, Postprints of the ICON conference Appearance and Reality: Examining Colour Change in Paintings, London 09.10.2015, London 2016.

Carol Pottasch, Susan Smelt, Ralph Haswell, **Breaking new ground: investigating Pellegrini's use of ground in the Golden Room of the Mauritshuis**, in: Helen Evans, Kimberley Muir (Hg.), Studying 18th-Century Paintings and Works of Art on Paper, London 2015, S. 16–29.

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

Protégé, <https://protege.stanford.edu/>.

R

Max Rahrig, **Wohin mit all den Scans? Über die dauerhafte Archivierung von 3D-Daten bedeutender Kulturgüter am Beispiel des Bamberger Kaisergrabs**, in: Birgit Franz, Gerhard Vinken (Hg.), Das Digitale und die Denkmalpflege. Bestandserfassung – Denkmalvermittlung – Datenarchivierung – Rekonstruktion verlorener Objekte, Veröffentlichung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Bd. 26, Holzminden 2017, S. 130–139, <https://doi.org/10.11588/arthistoricum.263.348>.

- Max Rahrig, Rainer Drewello, Andrea Lazzeri, **Opto-technical monitoring – a standardized methodology to assess the treatment of historical stone surfaces**, in: ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2 2018, S. 945–952, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-945-2018>.
- Rat für Informationsinfrastrukturen, **Datenschutz und Forschungsdaten. Aktuelle Empfehlungen**, Göttingen 2017, <http://www.rfii.de/?p=2253>.
- Rat für Informationsinfrastrukturen, **Entwicklung von Forschungsdateninfrastrukturen im internationalen Vergleich. Bericht und Anregungen**, Göttingen 2017, <http://www.rfii.de/?p=2346>.
- Gottlob Regis, **Michelangelo's Gedichte**, Berlin 1842.
- Malte Rehbein, **Ontologien**, in: Fotis Jannidis, Hubertus Kohle, Malte Rehbein (Hg.), *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017, S. 162–176.
- Ulrich Rehm, **Isabeau de Bavière, Königin Frankreichs**, in: Reinhold Baumstark (Hg.), *Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400*, Bayerisches Nationalmuseum, Ausstellungskatalog, München 1995, S. 13–35.
- Paul Reilly, Paul Rahtz, **Archaeology and the information age. A global perspective**, London 1992.
- Fabio Remondino, **Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning**, in: *Remote Sensing*, 3 2011, S. 1104–1138, <https://doi.org/10.3390/rs3061104>.
- Fabio Remondino, Alessandro Rizzi, **Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites—techniques, problems, and examples**, in: *Applied Geomatics*, 2 (3) 2010, S. 85–100, <https://doi.org/10.1007/s12518-010-0025-x>.
- Hans Reuther, Ekhart Berckenhagen, **Deutsche Architekturmodelle. Projekthilfe zwischen 1500 und 1900**, Berlin 1994.
- RI XIV,2 n. 5611, *Regesta Imperii Online*, http://www.regesta-imperii.de/id/1497-12-13_2_0_14_2_0_1951_5611.
- RI XIV,2 n. 4634, *Regesta Imperii Online*, http://www.regesta-imperii.de/id/1497-01-20_1_0_14_2_0_973_4634.
- RI XIV,4,1 n. 18399, *Regesta Imperii Online*, http://www.regesta-imperii.de/id/1504-03-16_3_0_14_4_0_2675_18399.
- Nicole Riegel-Satzinger, **Ein neue fatzon. Schloß Neuburg am Inn um 1530**, *Zeitschrift des Deutschen Vereins für Kunstwissenschaft*, 66, München 2014, S. 102–205.
- Nicole Riegel-Satzinger, **Hospitality and Splendour: The Case of Schloss Neuburg am Inn, c.1530**, in: Stephan Hoppe, Stefan Breitling, Christa De Jonge (Hg.), *The Interior as an Embodiment of Power. The Image of the Princely Patron and its Spatial Setting (1400–1700)*, *Palatium*, 5, Heidelberg 2018, S. 79–100.
- Cesare Ripa, **Iconologia overo descrizione di diverse imagini...**, Rom 1603.
- Bernd Roeck, Dorothea Diemer, Kerstin Brendel, Martin Mach, Michael Kühenthal (Hg.), **Der Augustusbrunnen in Augsburg**, Messerschmitt Stiftung, *Berichte zur Denkmalpflege*, München 2004.
- Marc Rohrmüller, **Architektur- und Ingenieurzeichnungen der deutschen Renaissance. Ein neues Drittmittelprojekt und eine internationale Tagung**, in: *BIS. Das Magazin der Bibliotheken in Sachsen*, 2 (3) 2009, S. 174–175.
- Marc Rosenberg, **Quellen zur Geschichte des Heidelberger Schlosses**, Heidelberg 1882.

S

San Pedro Apóstolo de Andahuaylillas,

<https://www.wmf.org/project/san-pedro-apostol-de-andahuaylillas-church>.

Robert Sanderson, **RDF: Resource Description Failures and Linked Data Letdowns**, in: Journal of Digital Humanities, 2 (3) 2013,

<http://journalofdigitalhumanities.org/2-3/rdf-resource-description-failures-and-linked-data-letdowns/>.

Philip Sapirstein, **Accurate measurement with photogrammetry at large sites**, in: Journal of Archaeological Science, 66 2016, S. 137–145.

Jean-Paul Sartre, **Das Sein und das Nichts. Versuch einer phänomenologischen Ontologie**, Hamburg 1993.

Roberto Sarzi, **Neue Forschungen zur Baugeschichte der Landshuter Stadtresidenz**, in: Verhandlungen des Historischen Vereins für Niederbayern, 110/111 1984, S. 121–163.

Uta Schedler, **Forum fürstlicher Repräsentation – Skulptur und Malerei im Hofgarten**, in: Adrian von Buttlar, Traudl Bierler-Rolly (Hg.), **Der Münchner Hofgarten. Beiträge zur Spurensicherung**, München 1988, S. 38–48.

Schlossanlage Schleißheim, <http://www.schloesser-schleissheim.de/deutsch/virtuell/>.

Heidelberger Schloßverein (Hg.), **Mitteilungen zur Geschichte des Heidelberger Schloss III**, Heidelberg 1896.

August von Schmarsow, **Über den Werth der Dimensionen im menschlichen Raumgebilde**, in: Bericht über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Bd. 47, Leipzig 1895, S. 44–61.

August von Schmarsow, **Barock und Rokoko. Eine kritische Auseinandersetzung über das Malerische in der Architektur**, Leipzig 1897.

Wolfgang Maria Schmid, **Aus ostbayerischen Ortsmuseen 1**, in: Monatsschrift für die ostbayrischen Grenzmarken, 10 1921, S. 43–46.

Alain Schnapp, **Die Entdeckung der Vergangenheit**, Stuttgart 2011.

Wolfgang Schöne, **Zur Bedeutung der Schrägsicht für die Deckenmalerei des Barock**, in: Martin Gosebruch, Werner Gross (Hg.), **Festschrift Kurt Badt zum Siebzigsten Geburtstag**, Berlin 1961, S. 144–172.

Torsten Schrade, **Im Datenozean**, in: FAZ online (02.12.2018), https://www.faz.net/aktuell/karriere-hochschule/chancen-der-nationalen-forschungsdatensammlung-15914287.html?printPagedArticle=true#pageIndex_2.

Gunter Schweikhart, **Die Anfänge des Hofgartens und eine überraschende Wiederentdeckung**, in: Andrian von Buttlar, Traudl Bierler-Rolly (Hg.), **Der Münchner Hofgarten. Beiträge zur Spurensicherung**, München, 1988, S. 8–20.

Lorenz Seelig, Egidius Roidl, Franz Schrott, **Beschreibung und Technologie des Goldenen Rößls**, in: Reinhold Baumstark (Hg.), **Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400**, Bayerisches Nationalmuseum, Ausstellungskatalog, München 1995, S. 273–305.

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

Sebastiano Serlio, **Tutte l'opere d'architettura di Sebastiano Serlio Bolognese**, Venedig 1584, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/serlio>.

John Shearman, **Only Connect. Art and the Spectator in the Italian Renaissance**, Princeton 1992.

Steffen Siegel, **Die größte Fotomontage der Welt. Ästhetische Ordnungen in »Google Street View«**, N.F., in: Rundbrief Fotografie, 25 (100) 2018, S. 9–20.

- Lambertus Simis, **Grondig Onderwys in de Schilder- en Verw-kunst ... 2 vols., Bd. 1**, Amsterdam 1801/1807, S. 258–260.
- Ingrid Sjöstrom, **Quadratura. Studies in Italian Ceiling Painting**, Stockholm 1978.
- Mel Slater, Martin Usoh, Anthony Steed, **Depth of Presence in Virtual Environments**, in: *Presence*, 3 1994, S. 130–144.
- Jeffrey Chipps Smith, **Die Silbermadonna mit Kind von Kößlarn: Ein Meisterwerk der Spätgotik**, in: *Kunstreich, wehrhaft, gnadenvoll. Wallfahrtsgeschichte und Sakralkunst in der Kirchenburg Kößlarn. Kultur im Landkreis Passau*, Bd. 14, Passau 2009, S. 67–72.
- Victoria Spicale, **Topographische Aufnahmeanalyse barocker Decken. Methodenvergleich am Beispiel von Prunkräumen der Neuen Residenz Bamberg**, Universität Bamberg, Unveröffentlichte Abschlussarbeit im Masterstudiengang Denkmalpflege/Heritage Conservation, 2016.
- Georg Spitzelberger, **Das Herzogtum Bayern-Landshut und seine Residenzstadt 1392–1503**, Stadt- und Kreismuseum Landshut, Ausstellungskatalog, Landshut 1993, S. 27–28.
- Pauline Stafford, **Queens and Treasure in the Early Middle Ages**, in: Elisabeth Tyler (Hg.), *Treasure in the Medieval West*, Woodbridge 2000, S. 61–82.
- Erich Steingräber, **Die freigelegten Deckenmalereien in Neuburg an der Donau**, in: *Deutsche Kunst und Denkmalpflege*, 10 1952, S. 127–133.
- Victor Stoichita, **Das mystische Auge. Vision und Malerei im Spanien des goldenen Zeitalters**, München 1997.
- Jenny Stratford, **Das Goldene Rößl und die Sammlungen des französischen Königshofs**, in: Reinhold Baumstark (Hg.), *Das Goldene Rößl. Ein Meisterwerk der Pariser Hofkunst um 1400*, Bayerisches Nationalmuseum, Ausstellungskatalog, München 1995, S. 36–51.
- Jenny Stratford, **Les Étrennes à l'époque de Charles VI et d'Isabeau de Bavière**, in: Andreas Braehm, Pierre Alain Mariaux (Hg.), *À ses bons commandements... La commande artistique en France au XVe siècle*, Neuchâtel 2014, S. 121–133.
- Efstratios Stylianidis, Andreas Georgopoulos, Fabio Remondino, **Basics of Image-Based Modeling Techniques in Cultural Heritage 3D Recording**, in: Efstratios Stylianidis, Fabio Remondino (Hg.), *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*, Dunbeath 2016, S. 253–304.
- Dirk Syndram, Martina Minning (Hg.), **Die kurfürstlich-sächsische Kunstkammer in Dresden. Geschichte einer Sammlung**, Dresden 2012.
- T**
- Christine Tauber, **Stilpolitik in Palazzo del Te in Mantua**, in: Dietrich Erben, Christine Tauber (Hg.), *Politikstile und die Sichtbarkeit des Politischen in der Frühen Neuzeit*, Passau 2016, S. 93–127.
- Technisches Datenblatt, Riegl VZ400i: http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/RIEGL_VZ-400i_Datasheet_2020-10-06.pdf.
- Thomas Thiemeyer, **Das Depot als Versprechen. Warum unsere Museen die Lagerräume ihrer Dinge wiederentdecken**, Köln, Weimar, Wien 2018.
- Hans Thoma, Heinrich Kreisel, **Amtlicher Führer des Residenzmuseums**, München 1937.
- Simon Tugwell, **The Nine Ways of Prayer of St. Dominic**, in: *Mediaeval Studies*, 47 1985, S. 1–124.
- Nicholas Turner, **Ferrante Carlo's descrittione della Cucpola di S. Andrea della Valle dal Cavalier Gio: Lanfranchi**, in: *Storia dell'arte*, 12 1971, S. 297–325.

U

Stefan Uhl, **Die mittelalterliche Vorgängeranlage des Weikersheimer Schlosses**, in: Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg (Hg.), Schloss Weikersheim. Im Spiegel seiner Geschichte, Mainz 2019, S. 42–63.

V

Magriet van Eikema Hommes, **From isolation to coherence. A technical, visual and historical study of 17th and 18th century Dutch painting ensembles**, Project by the Netherlands Organisation for Scientific Research NOW and housed at Delft University of Technology, <http://www.fromisolationtocoherence.nl/english>.

Margriet van Eikema Hommes, Katrien Keune, Ruth Jongma, Carrol Pottasch, **Determining the early 18th-century colour scheme of the Golden Room in the Mauritshuis. The Hague: interpretation issues caused by changes to paint chemistry**, in: Kirsten Travers Moffitt, Mary A. Jablonski (Hg.), *Macro to Micro: Examining Architectural Finishes*. Postprints of the 6th International Architectural Paint Research Conference, New York March 15-17 2017, London 2018, S. 49–58.

Giorgio Vasari, **Le vite de' più eccellenti pittori, scultori e architetti**, Tomo IV, Firenze 1881.

Egon Verheyen, **Die Malereien in der Sala di Psiche des Palazzo del Te**, in: Jahrbuch der Berliner Museen, Bd. 14, 1972, S. 33–68.

Geert Verhoeven, **Basics of photography for cultural heritage imaging**, in: Efstratios Stylianidis, Fabio Remondino (Hg.), *3D Recording, Documentation and Management of Cultural Heritage*, Dunbeath 2016, S. 127–251.

Versailles 3D, <http://www.versailles3d.com/en> und <https://artsandculture.google.com/project/versailles-never-seen-before>.

Leonardo da Vinci, **Traktat von der Malerei**, hrsg. und übers. v. Heinrich Ludwig, Jena 1909.

Virtuelle Realität, https://wikipedia.org/wiki/Virtuelle_Realität.

Dirk von Gehlen, **Mashup. Lob der Kopie**, Frankfurt 2011.

W

Jeffrey Warda, **The AIC Guido to Digital Photography and Conservation Documentation**, American Institute for Conservation, second edition, Washington 2011.

Schloss Weikersheim, Restaurierungsbericht, <https://www.bauforschung-bw.de/objekt/id/131220389273/marstall-in-87990-weikersheim/>.

Jean-Marie Welter, »The Zinc Content of Brass: A Chronological Indicator?«, in: *Technè: La science au service de L'histoire de l'art et des civilisations*, Bd. 18, 2003, S. 27–36.

Michael Wening, **Historico-Topographica Descriptio. Das Rentamt München, München 1701**, <http://daten.digital-sammlungen.de/~db/0006/bsb00063022/images>.

Gerlind Werner, **Ripa's Iconologia. Quellen – Methoden – Ziele**, Utrecht 1977.

Lorenz Westenrieder, **Beschreibung der Haupt- und Residenzstadt München (im gegenwärtigen Zustande) vom Professor Westenrieder**, München 1782, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10721774-1>.

Jost Weyer, **Fürstbischof Julius Echter von Mespelbrunn und Graf Wolfgang II. von Hohenlohe. Ihre Korrespondenz und ihre Stellung zur Alchemie**, in: *Würzburger Medizinhistorische Mitteilungen*, Bd. 13, 1995, S. 253–266.

Jost Weyer, **Der Stuttgarter Baumeister Georg Stegle (ca. 1548–1598) und Schloss Weikersheim**, in: *Württembergisch-Franken*, Bd. 101, 2017, S. 37–67.

Thomas Weyh, **Landshuter Stadtgeschichte**, Bd. 3, Reiche Herzöge, Landshuter Hochzeit 1475, Erbfolgekrieg, Landshut 2006.

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.

WissKI, <http://wiss-ki.eu/>.

Z

Eduardo Zalama, Jaime Gómez-García-Bermejo, Jose Llamas, Roberto Medina, **An Effective Texture Mapping Approach for 3D Models Obtained from Laser Scanner Data to Building Documentation**, in: Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering, 26 2011, S. 381–392.

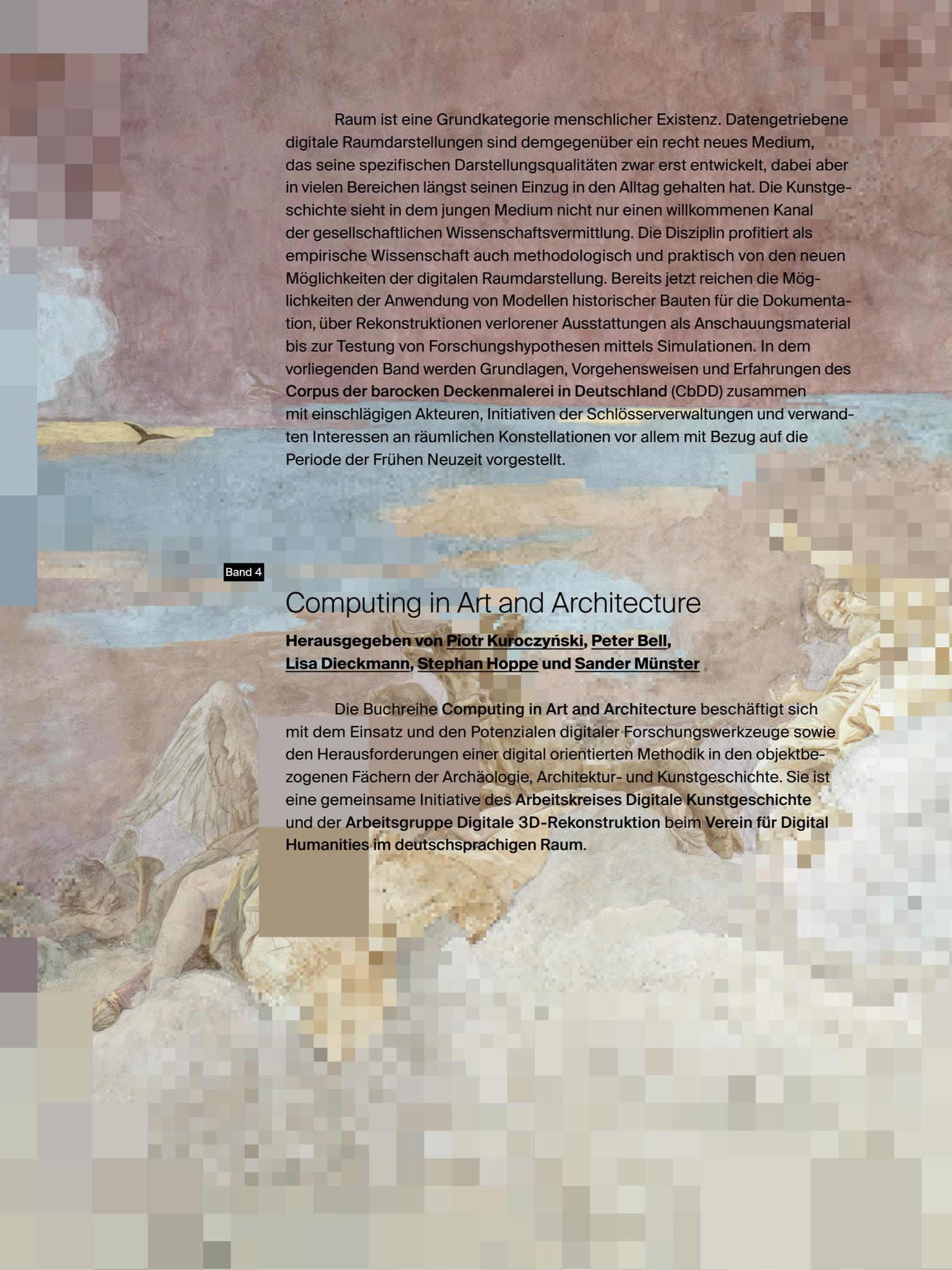
Joachim Zeune, **Die Schatzkammer der Burg Burghausen: Gedanken zu einem Forschungsdesiderat**, in: Deutsche Burgenvereinigung e.V. (Hg.), **Alltag auf Burgen im Mittelalter**, B/10, Braubach 2006, S. 74–82.

Nikolai Ziegler, **Zwischen Form und Konstruktion. Das Neue Lusthaus zu Stuttgart**, Ostfildern 2016.

Nikolai Ziegler, **Die Kellerräume von Schloss Weikersheim. Langenburger Bau und Hauptbau**, Leinfelden-Echterdingen 2017 [Exposé im Auftrag der Staatlichen Schlösser und Gärten Baden-Württemberg, unveröffentlicht].

Nikolai Ziegler, **Idealplan gescheitert? Der Renaissancebau von Schloss Weikersheim 1586 bis 1605**, in: Staatliche Schlösser und Gärten Baden-Württemberg (Hg.), **Schloss Weikersheim. Im Spiegel seiner Geschichte**, Mainz 2019, S. 136–159.

Ludwig Zottmann, **Über die Gemälde der S. Michaelshofkirche**, in: **Münchner Jahrbuch der bildenden Kunst**, V 1910, S. 71–93.



Raum ist eine Grundkategorie menschlicher Existenz. Datengetriebene digitale Raumdarstellungen sind demgegenüber ein recht neues Medium, das seine spezifischen Darstellungsqualitäten zwar erst entwickelt, dabei aber in vielen Bereichen längst seinen Einzug in den Alltag gehalten hat. Die Kunstgeschichte sieht in dem jungen Medium nicht nur einen willkommenen Kanal der gesellschaftlichen Wissenschaftsvermittlung. Die Disziplin profitiert als empirische Wissenschaft auch methodologisch und praktisch von den neuen Möglichkeiten der digitalen Raumdarstellung. Bereits jetzt reichen die Möglichkeiten der Anwendung von Modellen historischer Bauten für die Dokumentation, über Rekonstruktionen verlorener Ausstattungen als Anschauungsmaterial bis zur Testung von Forschungshypothesen mittels Simulationen. In dem vorliegenden Band werden Grundlagen, Vorgehensweisen und Erfahrungen des **Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD)** zusammen mit einschlägigen Akteuren, Initiativen der **Schlösserverwaltungen** und verwandten Interessen an räumlichen Konstellationen vor allem mit Bezug auf die Periode der Frühen Neuzeit vorgestellt.

Band 4

Computing in Art and Architecture

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

Die Buchreihe **Computing in Art and Architecture** beschäftigt sich mit dem Einsatz und den Potenzialen digitaler Forschungswerkzeuge sowie den Herausforderungen einer digital orientierten Methodik in den objektbezogenen Fächern der Archäologie, Architektur- und Kunstgeschichte. Sie ist eine gemeinsame Initiative des **Arbeitskreises Digitale Kunstgeschichte** und der **Arbeitsgruppe Digitale 3D-Rekonstruktion** beim **Verein für Digital Humanities im deutschsprachigen Raum**.