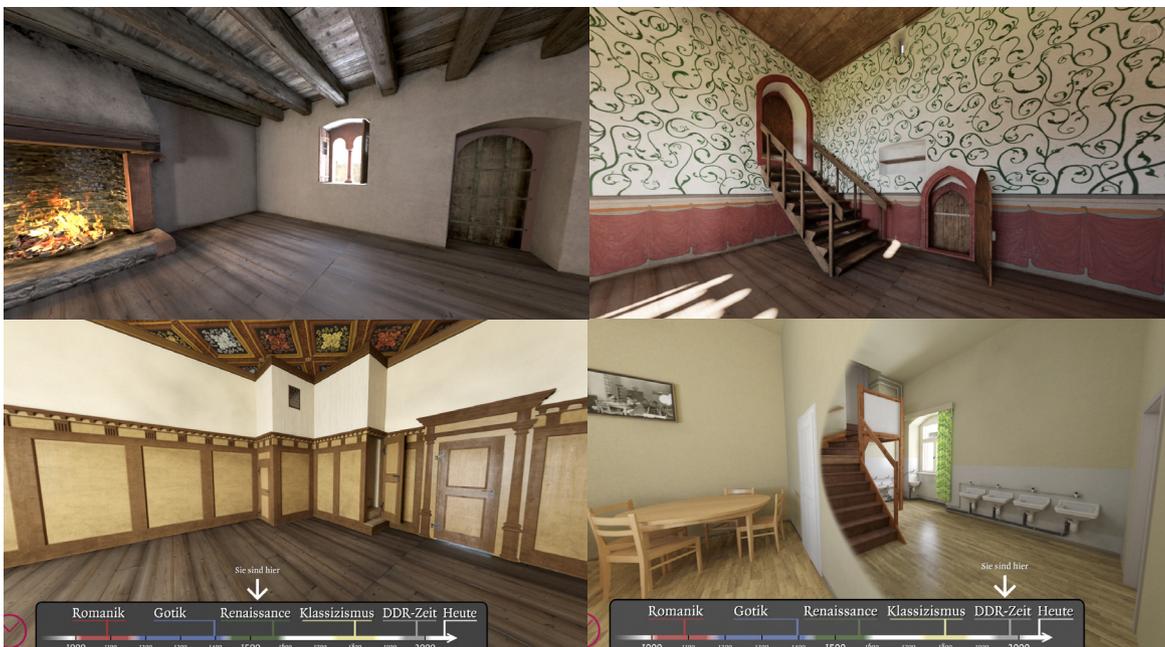


Einführung

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 Histoverly 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.

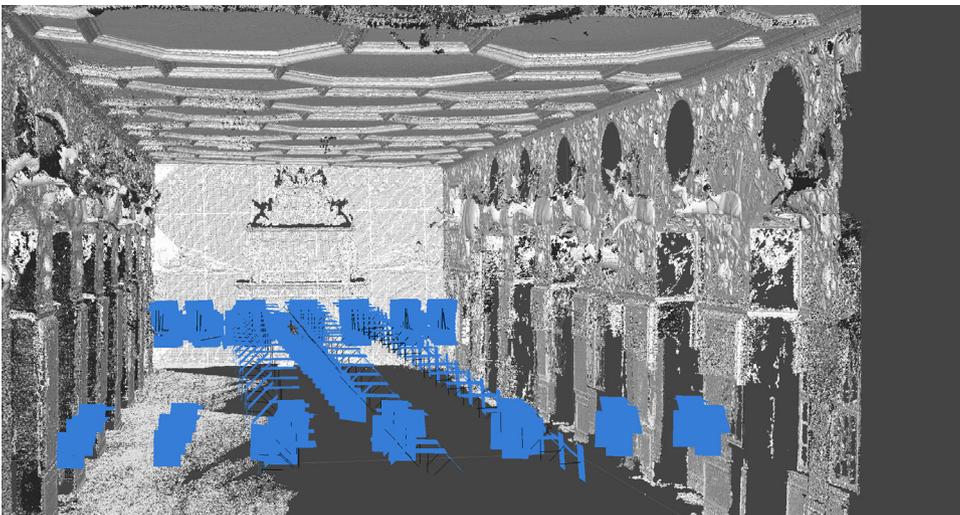
Deckenmalerei besitzt dabei immer auch einen Raumbezug. Bereits die Dokumentation setzt, wo es möglich ist, deshalb auf innovative Technologien unter Einschluss von digitalen 3D- Aufnahmen. Hinzu kommen ausgewählte und prototypische Rekonstruktionen verlorener Kunstwerke. Schon die fotografische Aufnahme 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>