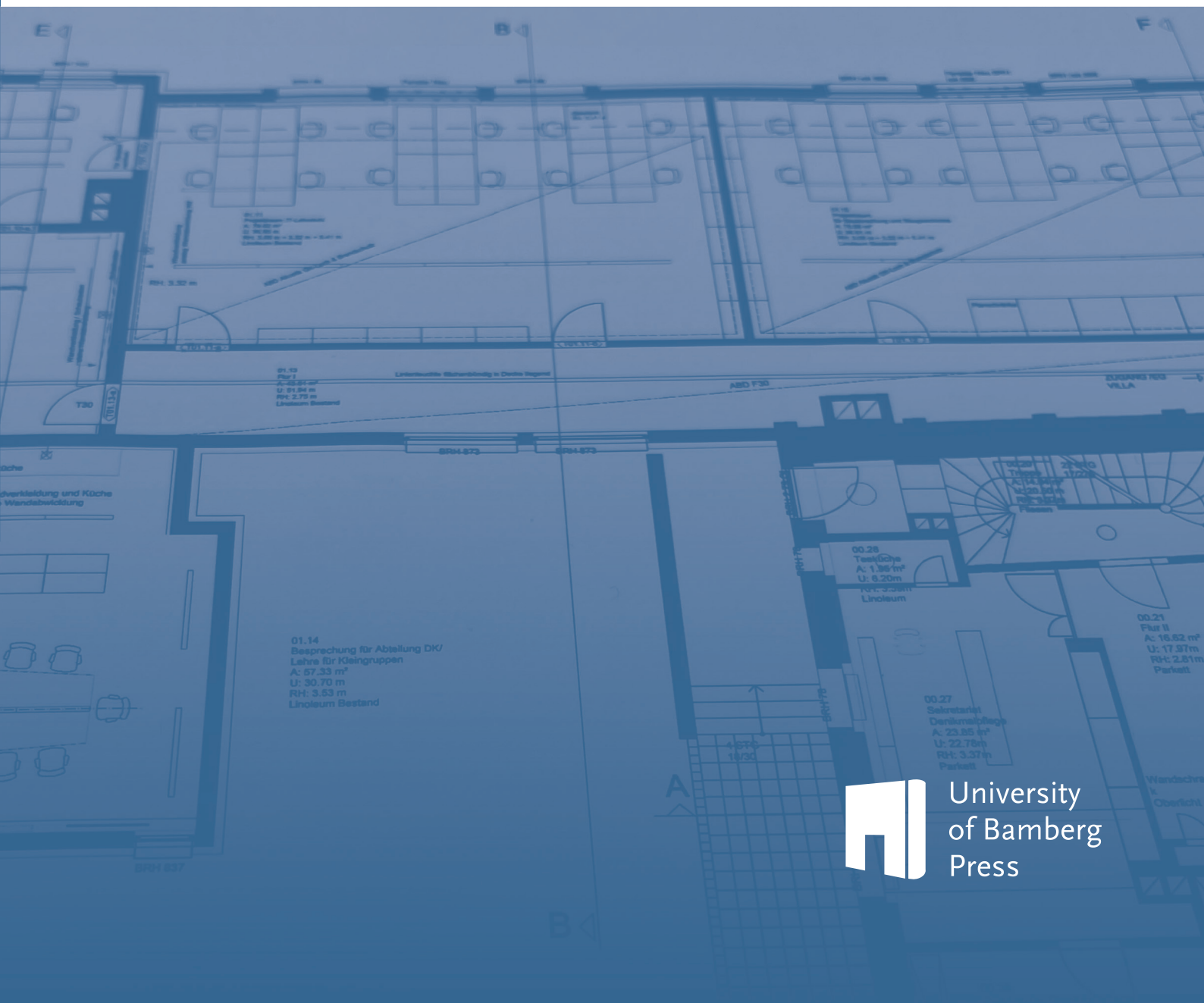


# Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien 2018 – 2020



University  
of Bamberg  
Press

## 2 Berichte des KDWT





Berichte des KDWT

hg. vom Kompetenzzentrum  
Denkmalwissenschaften und  
Denkmaltechnologien

---

# **Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien**

**2018 – 2020**

hg. von Tobias Arera-Rütenik,  
Paul Bellendorf, Stefan Breitling,  
Rainer Drewello, Mona Hess,  
Gerhard Vinken

Bibliographische 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 als freie Onlineversion über den Publikationsserver (FIS; [fis.uni-bamberg.de/](https://fis.uni-bamberg.de/)) der Universität Bamberg erreichbar. Das Werk – ausgenommen Cover, Zitate und Abbildungen – steht unter der CC-LizenzCC-BY.



Lizenzvertrag: Creative Commons Namensnennung 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Redaktion: Tobias Arera-Rütenik

Satz und Layout: Tobias Arera-Rütenik, Lisa-Marie Selitz, Max Rahrig, Melanie Mühlmeister, Volker Ehnes

Herstellung und Druck: Prime Rate, Budapest

Umschlaggestaltung: Tobias Arera-Rütenik, University of Bamberg Press

Umschlagbild: Planzeichnung des ehemaligen Fabrikgebäudes mit Fabrikantenvilla am Zwinger 4–6, heute Standort des KDWT und der Denkmalwissenschaftlichen Lehrstühle und Professuren (Planzeichnung: Staatliches Bauamt Bamberg, Nickel und Wachter Architekten 2017; Foto: Tobias Arera-Rütenik 2022)

© University of Bamberg Press, Bamberg 2022

<https://www.uni-bamberg.de/ubp/>

ISSN: 2628-7854 (Print)

ISBN: 978-3-86309-864-3 (Print)

URN: urn:nbn:de:bvb:473-irb-542701

DOI: <https://doi.org/10.20378/irb-54270>

eISSN: 2750-8269 (Online)

eISBN: 978-3-86309-865-0 (Online)

# Inhalt

VORWORT DER HERAUSGEBER .....	10
Stephan Albrecht, Stefan Breitling, Rainer Drewello	
Die Querhausportale von Notre Dame in Paris	
Perspektiven für die integrative deutsch-französische Mittelalterforschung .....	12
Paul Bellendorf, Rainer Drewello, Anna Nöbauer	
Der Grundstein im Schloss Neuschwanstein	
Fachliche und technische Unterstützung in der Baudenkmalpflege .....	16
Stefan Breitling, Tobias Arera-Rütenik, Alexander Stenzer, Nathalie-Josephine von Möllendorff	
Die Nürnberger Großkirchen	
Referenzierung fachspezifischer Kontexte .....	18
Anna Luib, Iustyna Vasilchenko	
What if we heat up the mural...?	
Aktive Thermographie zur zerstörungsfreien Untersuchung von Wandmalerei .....	24
Lorenz Korn, Anna Luib	
Das Rab'-i Rashidi in Tabriz, Iran	
Archäologische und bauhistorische Prospektionen eines mittelalterlichen Stadtteils .....	28
DENKMALPFLEGE / HERITAGE CONSERVATION .....	32
Lisa Marie Selitz	
Das Kommunale Denkmalkonzept Bayern (Koop. BLfD)	
Integrierte städtebauliche Denkmalpflege .....	36
Carmen M. Enss, Birgit Knauer, Georg-Felix Sedlmeyer	
Kriegsschadensaufnahme des Zweiten Weltkriegs in deutschen Städten	
als Heritage-Making Moment .....	40
Carmen M. Enss	
Kriegszerstörung – Kartierung – Transformation	
Nationale und internationale Forschungsvernetzung .....	44
Sophie Stackmann	
Architektur- und Planungskollektive der DDR	
Strukturen und Prozesse in der sozialistischen Architekturproduktion .....	48
Carmen M. Enss, Stephanie Herold	
Siedlungen und große Wohnanlagen der Nachkriegsjahrzehnte	
Europäische Vernetzung und Forschung im Rahmen der COST-Action 18137 .....	52
Stephanie Herold, Svenja Hönig	
Emotion und Erbe .....	54
Gerhard Vinken	
Cities and their Heritage .....	58

Carmen M. Enss	
<a href="#">Townscapes in Transition</a>	
Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period .....	60
Stephanie Herold	
<a href="#">Summer School „German Heritage in Eastern Europe“</a>	
Comparing Narratives, Finding New Perspectives .....	62
Thomas Eißing	
<a href="#">Digitalisierung des dendrochronologischen Archivs</a> .....	64
 <a href="#">DIGITALE DENKMALTECHNOLOGIEN</a> .....	 68
Maria Chizhova	
<a href="#">Orthodoxe Kirchen</a>	
Virtuelle 3D Rekonstruktion aus unvollständigen Punktwolken .....	70
Maria Chizhova	
<a href="#">Digitale Erfassung jüdischer Friedhöfe in Franken</a> .....	74
Maria Chizhova	
<a href="#">Georgische Kirchen</a>	
3D Datenfusion von Laserscanning und Photogrammetrie .....	78
Maria Chizhova	
<a href="#">VirScan3D</a>	
Virtueller Laserscanner-Simulator zur Digitalisierung der Unterrichtsumgebung .....	82
Mona Hess, Martina Ullmann, Regine Schulz	
<a href="#">Virtuelle 3D Rekonstruktion</a>	
Der Tempel Amenophis‘ III. als Teil der sakralen Landschaft Nubiens .....	86
Mona Hess	
<a href="#">International Summer School Monitoring Heritage 2018</a> .....	92
Mona Hess, Till Sonnemann	
<a href="#">International Summer School Monitoring Heritage 2019</a> .....	94
Mona Hess, Isabell Garbe	
<a href="#">International Summer School Monitoring Heritage 2020</a> .....	96
Mona Hess, Jan-Eric Lutteroth, Matteo Burioni	
<a href="#">Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD)</a>	
Kooperationsprojekt: Rittersaal von Schloss Weikersheim .....	98
 <a href="#">BAUFORSCHUNG, BAUGESCHICHTE, BAUERHALT</a> .....	 104
Jürgen Giese	
<a href="#">Bamberger Empfehlungen zur Baudokumentation</a> .....	108

Stefan Breitling, Anna Nöbauer, Christian Schalk <b>Die Kurie St. Philippus und Jakobus auf dem Bamberger Domberg</b> Bauforschung für das Großinventar „Bayerische Kunstdenkmäler“ .....	112
Stefan Breitling, Tobias Arera-Rütenik <b>Burgen und Schlösser Bayerns</b> Integrative Erfassung einer Denkmallandschaft .....	116
Claudia Eckstein <b>Spätmittelalterliche Backsteintechnik in Oberschwaben</b> Eine baukulturelle Studie zur Verwendung des gebrannten Steins .....	120
Leonhard Salzer, Anna Nöbauer, Tobias Arera-Rütenik <b>Die "Casa Humboldt" in Ecuador</b> Bauforschung und Bauerhalt im internationalen Kontext .....	124
Christian Schalk, Bernhard Bischoff <b>Fachdienst Bauforschung und Baudenkmalpflege</b> Einbindung in die Lehre und Perspektiven zur öffentlichen Nutzung .....	126
Anna Luib <b>Thermisches Infrarot in der historischen Bauforschung</b> Der Einsatz von IR-Thermographie zur Befunderfassung und -einordnung .....	130
Christian Schalk <b>Brandschutz in historischen Wohngebäuden</b> Voraussetzungen, Kriterien, Bedingungen und Anforderungen .....	134
Tobias Arera-Rütenik, Anna Nöbauer, Patrick Schalk <b>Semantische Modellbildung in der Bauforschung</b> Fachspezifische Anforderungen an virtuelle 3D-Modelle .....	140
Tobias Arera-Rütenik, Anna Nöbauer <b>Bamberger Vokabular für historische Architektur</b> Normdaten für die Erfassung von Schlüsselbefunden .....	146
Leonhard Salzer <b>Sammeln und Bewerten von Schlüsselbefunden</b> Am Beispiel von Eisentüren vom Mittelalter bis zum Barock .....	150
<b>RESTAURIERUNGSWISSENSCHAFT .....</b>	<b>154</b>
Ruth Tenschert, Rainer Drewello <b>Spurensuche am Querhaus der Notre-Dame in Paris .....</b>	<b>158</b>
Max Rahrig, Eva Basse und Rainer Drewello <b>Die „Wolkenmädchen“ von Sigiriya, Sri Lanka</b> Dokumentation und Konservierung bedrohter Wandmalereien .....	162
Alexandra Schmölder, Ruth Tenschert, Paul Bellendorf <b>Historisches Flachglas im Baudenkmal</b> Zwischen Denkmalpflege, Ressourcenschutz und Energieeffizienz .....	166

Max Rahrig, Paul Bellendorf Historische Glasfenster in Polen	
3D-Scans zur Evaluierung von Restaurierungsmaßnahmen	170
Laura Deglmann, Thomas Wenderoth Ornamentierte Gefacheputze im südwestlichen Oberfranken	174
Max Rahrig Die Digitalisierung eines australischen Kultwagens	
3D-Scanning als Werkzeug für virtuelle Museumspräsentationen	178
Max Rahrig 3D-Vergleiche für kunstwissenschaftliche Serienanalysen	180
Ruth Tenschert, Max Rahrig Digitalisierung früher Schriftzeugnisse in Nordmakedonien	182
Martina Pristl Malschichten in der Domklausur in Brandenburg/Havel	
Grün ist nicht gleich grün	184
Ursula Drewello Die Bamberger Kaisergewänder	188
TRANSFER, VERNETZUNG UND PUBLIKATIONEN	196
Transfer und Vernetzung	198
Erfolgreiche Drittmittelanträge, laufende Forschungsvorhaben	198
Laufende Antragsverfahren, Projekt- und Kooperationsanbahnungen	200
Ausrichtung und Unterstützung von Tagungen, Workshops und Messen	202
Wissenschaftliche Beiräte, Expertengruppen, Vorstände, Kommissionen	203
Inhaltliche, methodische und technische Unterstützung und Beratung	205
Unterstützung und Durchführung von Lehrveranstaltungen	207
Veröffentlichungen und Vorträge	210
Selbständige und unselbständige Schriften, Herausgeberschaften	210
Vorträge, Keynotes, mediale Beiträge, Podiumsdiskussionen	218
ANHANG	224
Autorenverzeichnis	224





### Vorwort der Herausgeber

#### Kleine Fächer groß gedacht

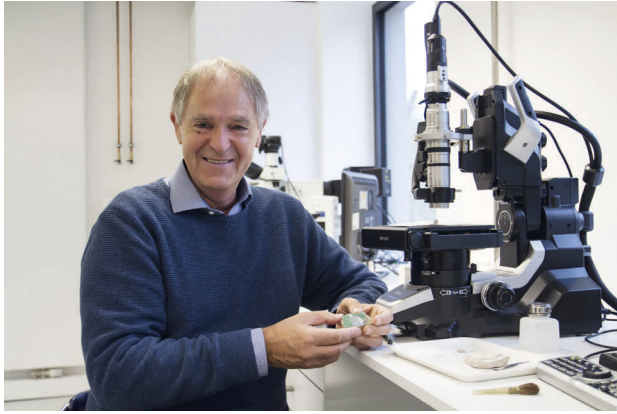
Zum 01. Januar 2016 wurde das KDWT nach einer Vorlaufzeit von vier Jahren durch eine Initiative des Freistaats Bayern als ein universitäres Kompetenzzentrum mit einer Fünfjahresperspektive gegründet. Inzwischen nähert sich dieser erste Zyklus dem Ende zu, und die erste in der Satzung des Zentrums festgelegte wissenschaftliche Evaluierung ist erfolgt. Unser Ziel muss es sein, dem Zentrum eine längerfristige Perspektive zu geben, und wir sind guten Mutes, weil wir auf fünf Jahre zurückblicken können, die unsere eigenen Erwartungen in vieler Hinsicht übertroffen haben.

Um nur die wichtigsten Eckdaten zu nennen: Nachdem zu Anfang wissenschaftliche Mitarbeiterstellen befristet aus unserem Globalhaushalt bezahlt werden mussten, hat die Bayerische Staatsregierung mit Beschluss vom 20.06.2017 die Verstetigung von 8,0 Personalstellen gewährt, die zum 01. Juli 2018 besetzt werden durften. Mittlerweile sind 21 Wissenschaftler\*Innen sowie zwei technische Laborantinnen am KDWT beschäftigt. Dieser Aufwuchs beruht nicht zuletzt auf erfolgreichen Drittmittelprojekten; insgesamt konnten in diesem Zeitraum mehr als 1,5 Millionen Euro für die Universität Bamberg eingeworben werden. Letzten Endes sollten wir uns allerdings nicht nur an der Höhe der akquirierten Drittmittel, sondern an erster Stelle an unserem wissenschaftlichen Output messen lassen.

In einem ersten Bericht, der den Zeitraum von 2016-18 abdeckt, und der online als open source in deutscher und englischer Sprache verfügbar ist (<https://fis.uni-bamberg.de/handle/uniba/45554>), haben wir bereits die am KDWT angesiedelten Forschungsprojekte, aber auch die aus unserer Gruppe hervorgegangenen Publikationen, Initiativen und Transferleistungen ausführlich vorgestellt. An diesen Bericht schließt der Ihnen hier vorliegende Bericht inhaltlich an, der den Zeitraum bis 06/2020 abdeckt und, wie wir denken, ein beredtes Zeugnis der vielfältigen Tätigkeiten und Initiativen an unserem Forschungszentrum ablegt.

Wenn man die beiden Phasen miteinander vergleicht, lassen sich darüber hinaus Entwicklungen beschreiben, die uns glauben machen, dass wir auf einem guten Weg sind, und auch, dass für die Zukunft noch weiteres Potential in diesem Kompetenzzentrum steckt. Hier möchten wir insbesondere verweisen auf:

- die Vertiefung der Zusammenarbeit der vier verschiedenen Arbeitsbereiche des KDWT: der Denkmalpflege und Bauforschung, der Restaurierungswissenschaften und Digitalen Denkmaltechnologien. Die Bereiche bilden ein breites interdisziplinäres Spektrum und decken zusammen wesentliche Bereiche des Feldes der Denkmalpflege ab. Zunehmend gelingt es uns, gemeinsame Projekte zu formulieren, eine Entwicklung, die es auszubauen gilt. Einige der wichtigsten dieser Initiativen haben wir im vorliegenden Bericht vorangestellt;
- die Ausbildung von relevanten Schwerpunkten und Profilschärfung. In allen Arbeitsbereichen ist eine Vertiefung der fachlichen Schwerpunkte zu beobachten, die zur fachlichen Profilierung der Einzeldisziplinen und einer unverwechselbaren Positionierung des Zentrums im Feld der Denkmalpflege beiträgt. Diese Schwerpunktsetzungen folgen den spezifischen Fachkenntnissen der beteiligten Wissenschaftler, sie antworten aber auch, wie in den Einleitungstexten der jeweiligen Arbeitsbereiche differenziert dargelegt ist, auf aktuelle wissenschaftliche oder praktische Problemstellungen oder gesellschaftliche Fragen;
- die breite Vernetzung in die Universität hinein, aber auch mit außeruniversitären Institutionen und vielfältigen Akteuren in der Praxis. Dabei geht es uns einerseits gezielt um eine Stärkung der lokalen und regionalen Netzwerke, andererseits ebenso um eine Internationalisierung, die durch zahlreiche Projekte und Kooperationen über Ländergrenzen hinweg erste Früchte trägt;
- die Vertiefung einer Kooperation von Forschung und Lehre. Diese zeigt sich in einer weiteren Verbreiterung der Lehrinhalte, aber auch in der Diversifizierung des Lehrangebots: dem seit 1982 bestehenden und bis heute sehr erfolgreichen Masterstudiengang Denkmalpflege, an dessen Ende einer Master of Arts verliehen wird (M.A.), wurde 2016 ein spezialisiertes Masterangebot für Digitale Denkmaltechnologien zur Seite gestellt mit dem Abschluss eines Master of Science (M.Sc.); derzeit entwickeln wir in Kooperation mit der Hochschule Coburg ein passendes BA-Angebot, das



*Prof. Dr. Rainer Drewello, Sprecher des KDWT  
bis 30. Juni 2021*



*Prof. Dr. Stefan Breitling, Sprecher des KDWT  
seit 01. Juli 2021*

sich dem Bauerhalt und der Tradierung historischer Werktechniken verschrieben hat, mit der Perspektive eines dualen, praxisorientierten Studiengangs als Antwort auf die Bedürfnisse der Zeit und den zunehmenden Wünschen der Studierenden nach einem sinnvollen Lebensentwurf jenseits eines rein industriell-ökonomistischen Bauens unter Missachtung gewachsener kulturell-sozialer Strukturen.

In den fünf Jahren seit Bestehen unseres Kompetenzzentrums wurde so, mit tatkräftiger Unterstützung der Staatsregierung wie auch der Universitätsleitung, ein durchaus belastbares und solides Fundament gelegt, auf dem wir glauben aufbauen zu können, um an der Universität Bamberg das Kompetenzzentrum für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien zu einem wissenschaftlichen Leuchtturm mit Alleinstellungsmerkmal zu verfestigen.

Im letzten Viertel des Jahres 2020 konnten wir unsere erste Evaluation abschließen. Die Gutachterin und Gutachter, des international besetzten

Expert:innengremiums, haben die seit Einrichtung des KDWT geleistete Arbeit einhellig und vorbehaltlos gewürdigt und stellten fest: „In Bamberg ist mit dem KDWT eine Forschungseinrichtung geschaffen worden, die ihresgleichen sucht. Zum einen unterstützt das KDWT die in Bayern im Bereich Kulturgütererhaltung verantwortlichen Institutionen technologisch, ingenieur- und materialwissenschaftlich sowie denkmalkundlich und denkmaltheoretisch, zum anderen wirkt es weit darüber hinaus in der Bundesrepublik und international als Leuchtturm der interdisziplinären Kulturerbeforschung.“

Diese Wertschätzung unserer Arbeit ist die Basis für die nun folgende Konsolidierung des KDWT nicht nur als Einrichtung der Universität Bamberg sondern auch als international anerkannter Partner in Fragen der Kulturerbeforschung.

Im Namen der Herausgeber  
die Sprecher des KDWT  
Rainer Drewello und Stefan Breitling  
(seit 07/2021)

## Die Querhausportale von Notre Dame in Paris

### Perspektiven für die integrative deutsch-französische Mittelalterforschung



Abb. 1: Paris, Notre Dame, Südportal [Breitling 2016].

Als der Brand der Pariser Kathedrale Notre Dame weltweit tiefe Betroffenheit auslöste, waren viele frühe Reaktionen auf die Frage nach der Wiederherstellung und nach der Konstruktion und Form des Daches ausgerichtet.

Für die Fachwelt aber begann ein noch lange nicht abgeschlossener Prozess der Orientierung und Abwägung, der Zusammenführung von verstreut vorhandenen Informationen und der Untersuchung der erhaltenen Bausubstanz, um so viel wie möglich von dem überlieferten Monument selbst retten zu können. Dazu bedarf es eines vertieften Verständnisses des vorgefundenen Zustandes ebenso wie der mittelalterlichen Konstruktion, das nur in einem integrativen und interdisziplinären Forschungsansatz gewonnen werden kann.

Viele Einzelaspekte sind relevant, von der genauen Ausführung des historischen Bauwerkes und seines Schmucks über seine Veränderungsgeschichte über die Jahrhunderte bis hin zu den bauphysikalischen Eigenschaften der verwendeten Materialien, den zu beobachtenden Verformungen oder dem Brandverhalten geklammerten Mauerwerks.

#### Ziele laufender, beschreibender und interpretierender Forschung am Baudenkmal

Der plötzliche Verlust des für das französische Identitätsbewusstsein selbstverständliche Vierungsturm der Kathedrale, der durch einen der prägenden Persönlichkeiten der Praktischen Denkmalpflege, Eugene Viollet-le-Duc in Adaption der Konstruktionsweise des mittelalterlichen Turmes gestaltet und in ähnlichen Materialien ausgeführt worden war, machte einmal mehr deutlich, wie verletzlich und veränderbar unsere bauliche Umwelt ist. Deutlich wurde auch, dass es gerade auch wegen dieser Gefährdung, aber auch um solche Katastrophen möglichst zu verhindern, nicht nur einer ständigen Pflege und Baubetreuung bedarf, sondern auch ständiger Forschung und Dokumentation. Ohne Referenzdaten älterer Erfassungen, Plandarstellungen und Photographien lässt sich der aktuelle Zustand eines Bauwerkes nicht seriös bewerten. Im Falle des Verlustes des originalen Objektes muss die Dokumentation die Tradierung des Wissens um das kulturelle Erbe leisten und wird so selbst zum Teil des Kulturerbes.

Leitung:	Prof. Dr. Stephan Albrecht
Antragsteller:	Prof. Dr. Stephan Albrecht, Prof. Dr. Stefan Breitling, Prof. Dr. Rainer Drewello
Bearbeitung:	Tobias Apfel M.A., Katharina Arnold M.A., Ulla Hansen B.A., Lena Klahr M.A., Anna Luib M.A., Dipl.-Ing. Angel Menargues M.A., Katja Schröck M.A., Magdalena Tebel M.A., Ruth Tenschert M.A.
Partner:	Direction régionale des affaires culturelles (DRAC) – Île-de-France
Laufzeit:	2016–2018
Finanzierung:	Bundesministerium für Bildung und Forschung, KDWT-Eigenmittel



### Das interdisziplinäre Forschungsprojekt

Im Rahmen eines vergleichenden interdisziplinären Forschungsprojektes zu „Mittelalterlichen Portalen als Orten der Transformation“ unter Leitung von Stephan Albrecht, Inhaber des Lehrstuhls für Kunstgeschichte, insbesondere Mittelalterliche Kunstgeschichte, Stefan Breitling, Professor für Bauforschung und Baugeschichte und Rainer Drewello, Professor für Restaurierungswissenschaften in der Baudenkmalfpflege, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung zwischen 2016 und 2018 gefördert wurde, konnten nach zwei Vorprojekten 2010 am Südquerhausportal der Kathedrale von Meaux und 2012 am Südquerhausportal der Kathedrale Notre Dame in Paris die beiden Pariser Portale im Vergleich untersucht werden. Mitten in einer für Paris sicherheitstechnisch schwierigen Zeit erlaubten die Verantwortlichen, allen voran Frau Christelle Dupas von der DRAC – ganz in der großen französischen Tradition der „raison“ – deutschen Forschern, an dem Symbolbau und Staatsmonument Notre Dame Gerüste zur eingehenden Objektanalyse aufzustellen, ein Bekenntnis zur europäischen Zusammenarbeit und zur Freiheit der Wissenschaft, das nicht hoch genug zu würdigen ist.

### Fragestellung und Forschungsansatz

Der Vergleich der beiden Querhausportale spielt in der Mittelalterforschung schon lange eine große Rolle. Hier wurde auch mit den Arbeiten von Kimpel und Suckale in den 1970er Jahren das Modell für den Einsatz der Bauforschung in der kunstgeschichtlichen Forschung entwickelt. Bei den wenigen schriftlichen und bildlichen Quellen zum Bauwesen, die aus dem Mittelalter erhalten sind, kommt der Erforschung des Baubestandes als historischer Quelle besondere Bedeutung zu. Da auf dem Sockel der Südfassade das Datum 1256 und ein Name, Jean de Chelles, genannt werden, machen sich an diesen Bauwerken ganze Datierungsketten für die Architektur und die Skulptur der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts fest. Die Forschung hat die sichtbaren Unterschiede der Nord- und Südquerhausfassade immer als stilgeschichtliche gedeutet und einen künstlerischen Fortschritt von der Nordfassade zur Südfassade konstruiert.

### Methodik

Nach den Reinigungen des 20. Jahrhunderts und der Entwicklung neuer Erfassungstechniken und Untersuchungsverfahren erwies es sich

als ergebnisreich, die beiden Portalarchitekturen noch einmal detailliert aufzunehmen und zu analysieren. Grundlage für die Untersuchungen am Objekt bildete eine tachymetrische Grundvermessung in Kombination mit einem terrestrischen Laserscan der nördlichen „Porte du Cloître“ und der südlichen „Porte St. Etienne“ und deren vermessungstechnische Anbindung durch das Querhaus mit seinen Anschlüssen an Langhaus und Chor. Aus den Scans wurden Plansätze im Zielmaßstab 1:20 generiert, die vor Ort im Handmaß korrigiert und ergänzt wurden. Kartierungen, Befundaufnahmen, Fotodokumentationen sowie geometrische Analysen und materialkundliche Erhebungen ergänzten die Befundaufnahme.

### Ergebnisse zum mittelalterlichen Planungswesen und Baubetrieb

Der detaillierte Vergleich verschiedener Aspekte und Elemente der beiden Portale zeigen, dass sie im engen zeitlichen Zusammenhang entstanden sind. Es konnte ein Grundentwurf für beide Fassaden, bestehend aus einem Grund- und einem Aufriss, nachgewiesen werden, der die wichtigsten Achsen und Maße und damit auch die Rahmenbedingungen für die skulpturale Ausstattung festlegte. Auf dieser Grundlage wurden dann offenbar von verschiedenen Personen mit unterschiedlicher Architekturauffassung zwei Ausführungspläne angefertigt, nach denen beide Portale gleichzeitig von zwei in enger Abstimmung arbeitenden Werkstattverbänden errichtet wurden. Diesen blieb aber ein beachtlicher Spielraum für unterschiedliche gestalterische, bautechnische und sogar konzeptuelle Lösungen. Auch der Einfluss spezifischer handwerklicher Herstellungsmethoden und die serielle Fertigung von Elementen für beide Fassaden konnte nachgewiesen werden.

### Mittelalterliche Architektur und Skulptur als Produkt hochstehender Baukultur

Die Ergebnisse zeigen, dass die Hauptwerke der mittelalterlichen Architektur und Skulptur deutlich stärker als bisher als Produkte eines ausdifferenzierten und komplexen Bauwesens und Baubetriebs wahrgenommen werden müssen. Konzept und Gestaltung sind Ergebnisse arbeitsteiliger und hierarchisierter Handlungsrouninen, in denen die individuellen Fähigkeiten und Besonderheiten der Beteiligten und Ausführenden in hohem Maße erhalten bleiben. Insbesondere ist die Vorstellung künstlerischer Produktion im Mittelalter zu hinterfragen. Wurde beispielsweise in den die Portalfassaden schmückenden



Abb. 4: Paris, Notre Dame, Südportal; Detailansicht der Portraitdarstellung eines Afrikaners; erhaltenes Original des 13. Jahrhunderts [Breitling 2016].

Schülerreliefs im niederen Bildregister des Sockelbereichs des Nordportals eine im Vergleich zu den anderen Portalteilen erstaunliche künstlerische Freiheit in Anspruch genommen, so gibt es gleichwohl keinen Hinweis darauf, dass die Erbauer des Querhauses von Notre Dame bereits den Anspruch gehabt hätten, sich als ‚Künstler‘ über den Handwerkerstatus zu erheben. Wie die Schwerpunktsetzungen auf den einzelnen Planungsstufen und bei der Ausführung erfolgten, dafür bietet der Vergleich der beiden Querhausportale von Paris ein sprechendes und oft überraschendes Beispiel.

## Gesellschaftliche Relevanz und Nutzung der Ergebnisse

In idealer Weise illustriert das Projekt die Wirksamkeit einer besonderen Bamberger Kompetenz. Die Zusammenarbeit eines großen mit mehreren kleinen Fächern mit hohem Spezialisierungsgrad ermöglicht die fachübergreifende Interpretation und Kontextualisierung der Forschungsergebnisse

hinsichtlich unterschiedlicher Fachkulturen und Communities. Mit der Verbindung von Kunst-, Ingenieur- und Restaurierungswissenschaften ist das Projekt zugleich Teil des Forschungsschwerpunktes „Kultur und Gesellschaft im Mittelalter“ der Otto-Friedrich-Universität Bamberg, als auch Teil des Forschungsschwerpunktes „Erschließung und Erhalt von Kulturgut“. Unter Nutzung der hervorragenden technischen Ausstattung und dem Know-How der Mitarbeiter:innen des Kompetenzzentrums Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien sowie mit Unterstützung übergeordneter Einrichtungen der Universität gelingt eine integrative und innovative Forschung und die reiche Modellierung kultureller Vielfalt und Komplexität.

Bereits durch das Forschungsprojekt konnte der Austausch zwischen der französischen und der deutschen Gotik-Forschung neu belebt werden. Dies zeigte sich auch in der Teilnahme zahlreicher französischer Kolleg:innen an der Abschlusstagung des Projektes Das Kirchenportal im Mittelalter in Bamberg 2018. Aus der Akzeptanz, die die im Projekt entwickelte Methodik des Vergleichs vertiefter Einzelstudien durch die Community bei dieser Gelegenheit erfuhr, darf man folgern, dass der Bamberger Weg der Erforschung gotischer Architektur als Standard in der europäischen Mittelalterforschung anerkannt wird.

In den gegenwärtigen französischen Unternehmungen zur fundierten Einschätzung der Lage an der zerstörten Kathedrale, zur Festlegung von relevanten Untersuchungs- und Forschungsaufgaben und zur Sicherung der erhaltenen Bauteile hat das Bamberger Projekt einen Platz gefunden. Nach dem Brand der Kathedrale im April 2019 wurden die Scandaten aus dem Projekt den für den Wiederaufbau zuständigen Stellen zur Verfügung gestellt. Stephan Albrecht ist einziges deutsches Mitglied der Chantier Notre-Dame und die Vermessungs- und Projektdaten spielen als Referenz zum unzerstörten Vorzustand eine wichtige Rolle in den Modellierungen und Planungen.

(Stephan Albrecht, Stefan Breitling, Rainer Drewello)

---

ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Die Querhausportale von Notre Dame in Paris*, Petersberg 2020.

ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Das Kirchenportal im Mittelalter*, Petersberg 2019.



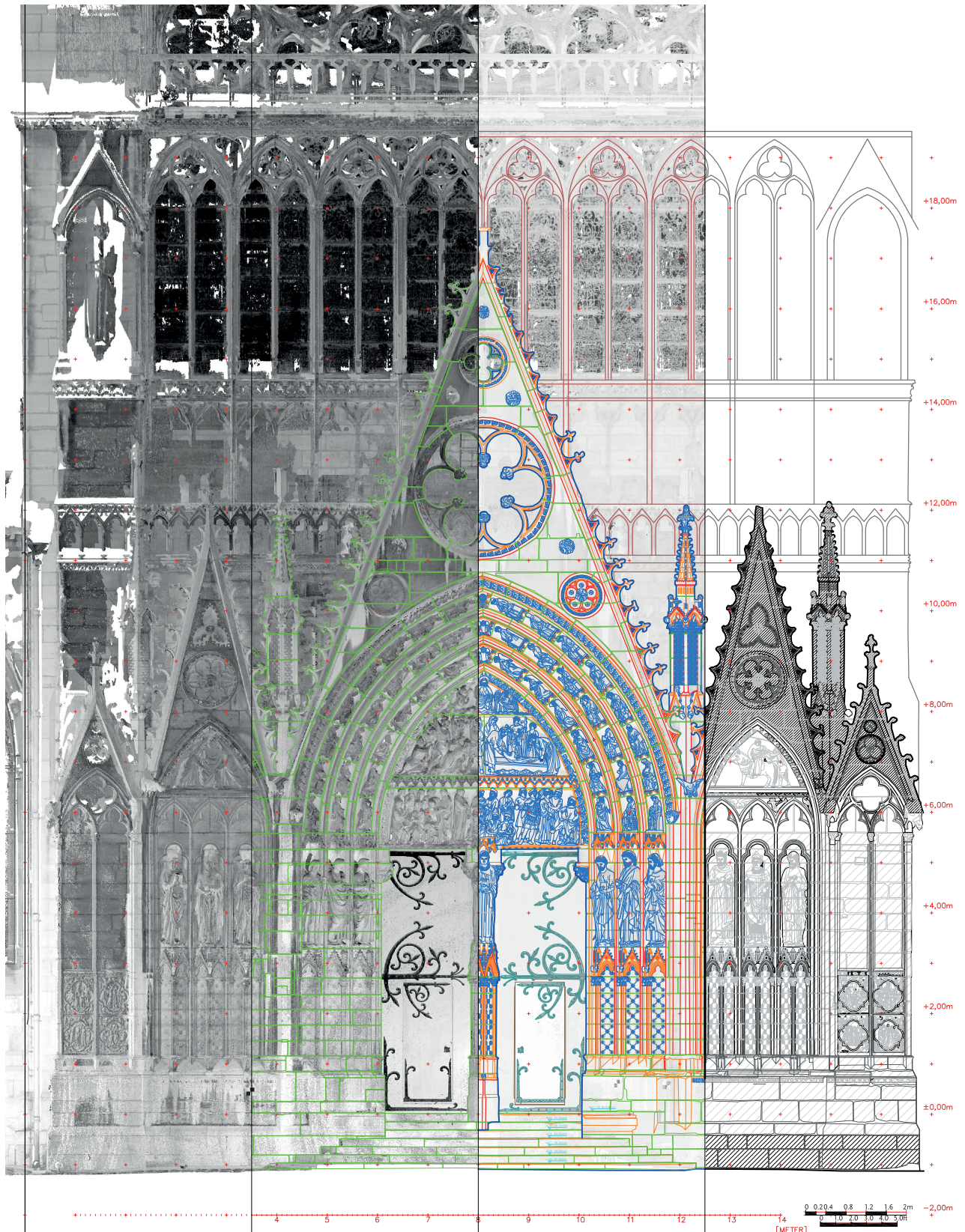


Abb. 2: Paris, Notre Dame, Südportal, Vergleich verschiedener Darstellungsformen für unterschiedliche fachliche Zugänge; rechts: Das Orthophoto des terrestrischen Laserscans dient als Zeichnungsgrundlage; Mitte rechts (grün): Die Umzeichnung des Steinschnitts stellt konstruktive Charakteristika in den Vordergrund; Mitte links (blau und rot): Die Umzeichnung des Figurenprogramms sowie der Gestaltungselemente hebt formale Charakteristika hervor; ganz rechts: Die „klassische“ Architekturzeichnung mit Bewertung durch unterschiedliche Linienstärken und Hervorhebungen durch Schraffuren und Tönungen folgt den gewohnten Darstellungskonventionen [Menargues / Luib / Tenschert 2016].



## Der Grundstein im Schloss Neuschwanstein

### Fachliche und technische Unterstützung in der Baudenkmalpflege



*Abb. 1: Schloss Neuschwanstein, Blick von der Marienbrücke auf die Südfassade des Schlosses. In der Südlichen Außenmauer des Palas befindet sich der Grundstein des Schlosses.*

<b>Leitung:</b>	Prof. Dr. Rainer Drewello, Prof. Dr. Paul Bellendorf
<b>Bearbeitung:</b>	Anna Nöbauer M.A., Dipl.-Ing. Patrick Schalk
<b>Partner:</b>	Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen; Bayerisches Landeskriminalamt
<b>Laufzeit:</b>	2019
<b>Finanzierung:</b>	Eigenmittel KDWT

Vor 150 Jahren wurde in der Gemeinde Schwangau im Ostallgäu der Grundstein für Schloss Neuschwanstein gelegt. Dass dieser Grundstein eine Metallkapsel mit einem Bauplan, Porträts des Bauherrn König Ludwig II. und Geldmünzen enthalten soll, ist aufgrund der Beschreibungen des Entwurfs zur Grundsteinlegung bekannt. Unbekannt war bisher jedoch seine genaue Position im Mauerwerk. Mit der Unterstützung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Arbeitsbereichen Restaurierungswissenschaften sowie Bauforschung und Baugeschichte konnte die Lage des Steines in den Mauern des Schlosses exakt bestimmt werden.

#### Steingenaue Pläne für das unvollendete Ritterbad

Das ursprünglich nach Vorbild des Bads in der mittelalterlichen Wartburg geplante Ritterbad im Westteil des Palas sollte an das rituelle Bad der Gralsritter erinnern. Der Raum wurde allerdings nie vollendet. Heute führt eine Besuchertreppe durch den backsteinsichtigen Raum hinunter zum Ausgang. In diesem Areal hatte Dr. Uwe Schatz, Leiter der Museumsabteilung der BSV, der die Suche nach dem Grundstein vor zwei Jahren initiierte, den Fundort vermutet.

Auf Anfrage der Schlossverwaltung und der Bauabteilung der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen (BSV) wurden mithilfe eines terrestrischen 3D-Scanners steingenaue Pläne von den Innenwänden des Ritterbades erstellt und mit den bestehenden Plänen der Außenfassaden referenziert. Nach der Fertigstellung der Pläne suchten die Bamberger Wissenschaftler nach Möglichkeiten, um den Grundstein inklusive der Metallkapsel mit den Beigaben im Mauerwerk zu lokalisieren. Zur genauen Verortung des Grundsteins kamen drei verschiedene Methoden in Frage. Es wäre denkbar gewesen, mit Georadar zu arbeiten, Elektromagnetik anzuwenden oder die Mauer zu durchröntgen.

Da die Universität Bamberg mit Ausnahme eines Georadargerätes aber nicht über das erforderliche Instrumentarium verfügt, ersuchten die Bamberger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf Anraten der Kriminalpolizei Bamberg Hilfe beim Bayerischen Landeskriminalamt (BLKA) in München. Die Spezialisten der Technischen Sondergruppe (TSG) im BLKA, die in der Regel für Bombenentschärfungen zuständig sind, waren nach Genehmigung durch Innenminister Joachim Herrmann, Mdl. und den Präsidenten des BLKA, Robert Heimberger, bereit, den Sondereinsatz mit experimentellem Charakter zu übernehmen.

#### Spurensuche in den Schlossmauern

Bei einem gemeinsamen Termin Anfang August 2019 entschieden sich die Beteiligten des KDWT zusammen mit dem Team des BLKA und den Vertretern der BSV zunächst dafür, das Mauerwerk zu röntgen. Außergewöhnlich war dabei der Einsatz eines mobilen Röntgengerätes an der steilen Außenwand. Das schwierige Unterfangen wurde nur durch die Beteiligung von Kletterteams der BSV und des BLKA möglich. Sie brachten in einer



Abb. 2: In über zehn Metern Höhe – vom Boden des Ritterbades aus gezählt – brachte ein Kletterteam eine Metallplatte an, um die Mauer zu durchröntgen. [Münchener Büro für Denkmalpflege Schmickl & Umminger 2019].

Höhe von über zehn Metern oberhalb des Fußbodenniveaus im Innenraum an der Außenseite der Schlossmauer eine Metallplatte an, welche die Abbildung von Position und Dimension des Grundsteins ermöglichen sollte.

Die steingenaue, räumlich referenzierten Pläne ermöglichten es, die Platte und das Röntgengerät an den exakt gegenüberliegenden Stellen an der Fassade und im Innenraum zu positionieren. Nach dem bildgebenden Röntgenverfahren fanden weitere Detektionsmethoden Anwendung. Mithilfe eines Metalldetektors und eines Minensuchgeräts war es schließlich möglich, die Position des Grundsteins zu ermitteln. Der in Frage kommende Bereich wurde durchmustert, die genaue Lage exakt geortet und in den digitalen Plänen vermerkt.

Bei einem Festakt im Schloss Neuschwanstein anlässlich des Jubiläums „150 Jahre Grundsteinlegung“ folgte am 30. August 2019, vom Finanz- und Heimatminister Albert Füracker, MdL, schließlich die offizielle Bekanntgabe über den Fund des Grundsteins. Was genau der Inhalt der Grundstein-Kapsel ist, soll jedoch auch weiterhin ein Geheimnis bleiben. Denn im Sinne des Denkmalerhalts wird das Mauerwerk nicht geöffnet, die Kapsel bleibt unberührt.

Durch die unkonventionelle Zusammenarbeit von Spezialisten aus gänzlich unterschiedlichen Fachbereichen und die konstruktive Zusammenarbeit aller Beteiligten konnte eines der Rätsel um die

Errichtung von Schloss Neuschwanstein und die damit verbundene Grundsteinlegung gelüftet werden. Mit der Weiterentwicklung von transportablen strahlungsbasierten Untersuchungssystemen oder anderen bildgebenden, zerstörungsfreien Verfahren wird es vielleicht in Zukunft auch möglich sein, den Inhalt der Metallkapsel zumindest zu visualisieren. Der Ort, an dem man sich versuchen muss, ist nun gefunden.

(Paul Bellendorf, Rainer Drewello, Anna Nöbauer)



Abb. 3: Hinter einem der Ziegel rund um den sogenannten „Feierabendziegel“ im Ritterbad liegt der Grundstein von Schloss Neuschwanstein. [Münchener Büro für Denkmalpflege Schmickl & Umminger 2019].



## Die Nürnberger Großkirchen

### Referenzierung fachspezifischer Kontexte



Abb. 1: St. Lorenz, Nürnberg; nördlicher Chorumgang des Hallenchores, erbaut 1439–77, mit Sakramentshaus von 1493–96 [Arera-Rütenik 2008].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling, Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik
Antragsteller:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling, Prof. Dr. Rainer Drewello, Prof. Dr. Stephan Albrecht, Prof. Dr. Burkhard Freitag
Bearbeitung:	Dr. Nathalie-Josephine von Möllendorff, Anna Luib M.A., Leonhard Salzer M.A., Anna Nöbauer M.A., Dipl.-Ing. Angel Menargues M.A., Simon Schmidt BA, Anastasia Bauch BA, Ronnie Arendt BA, Dipl.-Ing. Patrick Schalk
Partner:	Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik (IFIS) der Universität Passau; Mittelalterl. Kunstgeschichte der Universität Bamberg; Architekturbüro Conn & Giersch
Laufzeit:	2018–2021
Finanzierung:	Bundesministerium für Bildung und Forschung

Mittelalterliche Großkirchen können als komplexe „Sammlungen“ einer Vielzahl von Einzelobjekten, wie Portale, Pfeiler, Bogenprofile, Wandoberflächen, Skulpturen und hochwertige Ausstattungsstücke angesehen werden, die eine ganze Bandbreite sozial-, kunst- und baugeschichtlicher aber auch konstruktiver, materieller und konservatorischer Informationen transportieren, darüber hinaus innerhalb einer differenzierten räumlichen Struktur aussagekräftig in Relation zueinander stehen und einen Bedeutungsraum bilden. Die wissenschaftliche Erforschung solcher Denkmäler, ihre Nutzung, ihr Betrieb, die langfristige Pflege und Reparatur des baulichen Gefüges sowie der Ausstattung erfordern die intensive Zusammenarbeit verschiedenster Spezialisten, Institutionen und Körperschaften sowie Unternehmen, nicht zuletzt aber auch die breite Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit. Aufgrund der fast unüberschaubaren Menge von Teilobjekten, weil die Jahrhunderte ganze Archive mit relevanter Überlieferung gefüllt haben und insbesondere wegen der zunehmenden Ausdifferenzierung von beteiligten Fachdisziplinen, die jeden Gegenstand aus einem spezifischen Blickwinkel betrachten, ist die Wahrung des Überblicks und der Synergien generierende Austausch von Informationen eine immense Herausforderung geworden. Eine wichtige Aufgabe der Denkmalfächer besteht folglich darin, mithilfe moderner datenverarbeitender Technologien in enger Zusammenarbeit mit der Informatik einen gemeinsamen Methodenkanon zu entwickeln, um zukunftsweisende, nachhaltige, praxisorientierte Lösungen dieser Herausforderung entgegenzusetzen.

Die Universität Bamberg ist durch die hier versammelte große Zahl von Disziplinen im Bereich des Kulturerbes, durch ihre Forschungsschwerpunkte „Erschließung und Erhaltung von Kulturgut“, „Kultur und Gesellschaft im Mittelalter“ sowie „Digitale Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaften“ und vor allem durch den dauerhaften Betrieb des Kompetenzzentrums für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien ein idealer Standort für die Umsetzung der genannten Aufgabe. Das KDWT spiegelt allein schon durch die Beteiligung vielfältiger Denkmalfächer diverse fachspezifische Herangehensweisen wider. Die im Zentrum aufgebaute methodische und technische Kompetenz, die Ausstattung mit Labor- und Vermessungsgeräten,

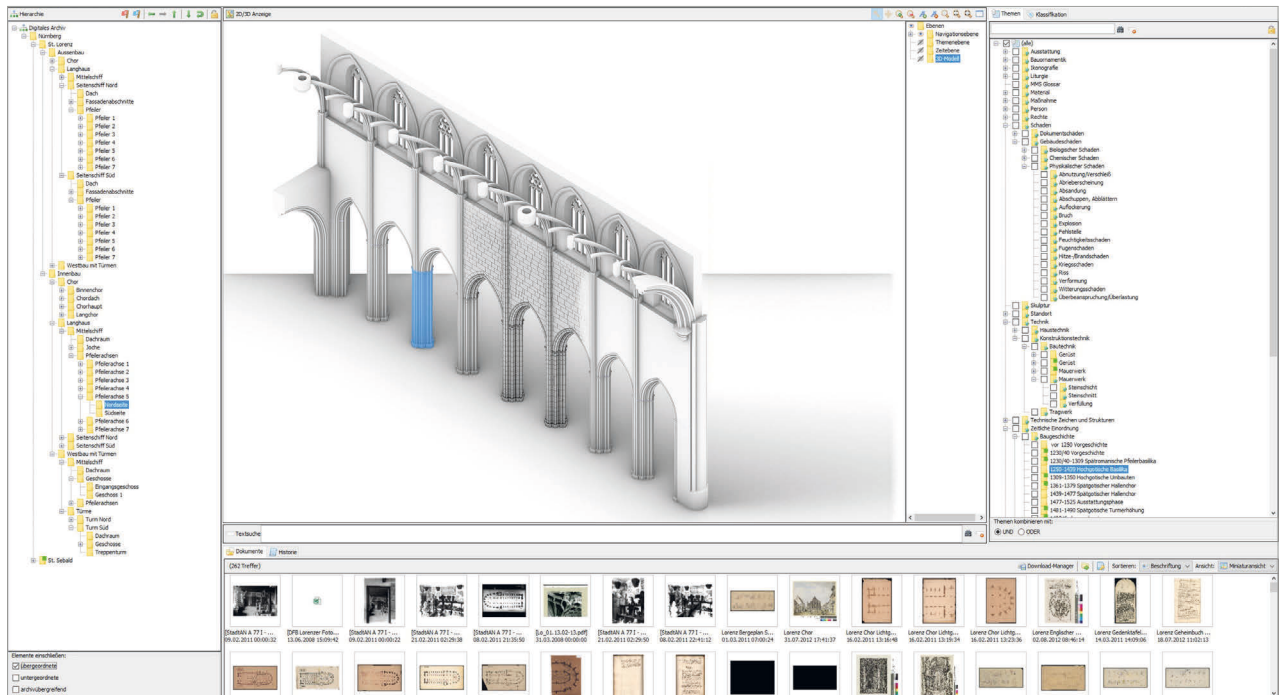


Abb. 2: In der Dokumentationsplattform MonArch sind links das topologische Ordnungssystem (virtuelle Bauwerksstruktur), rechts das thematische Ordnungssystem (kontrolliertes Vokabular) und in der Mitte das graphische Erschließungssystem des Bauwerks (hier 3D-Teilmodell) dargestellt. Durch wechselseitiges Anwählen von Begriffen und Bauwerkspartien lassen sich Informationen oder referenzierte Dokumente (unten) zielgerichtet herausfiltern [Arera-Rütenik / Stenzer / Nöbauer / Salzer / Luib / Menargues 2020].

nicht zuletzt die langfristige, erfolgreiche Kooperation der Bamberger Denkmalfächer mit dem Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik (IFIS) der Universität Passau im Bereich des Datenmanagements in der Baudenkmalfpflege bilden geeignete Grundvoraussetzungen für die Durchführung eines entsprechenden Best-Practice-Vorhabens. Sie sind ein geeigneter Anlass dafür, zukunftsweisende Technologien des Semantic Web für die Erschließung von historischem Kulturgut wirksam werden zu lassen.

Anhand der Pfarrkirche St. Lorenz als Referenzobjekt wird deshalb eine Digitalisierungsinitiative als fächerübergreifende Kooperation, finanziert durch das eHeritage-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung seit 2018 durchgeführt, die den Informationsgehalt des Objekts selbst in den Vordergrund rückt (Abb. 1). Ziel des Vorhabens ist die Erzeugung nutzerspezifischer fachrelevanter Datensätze, ihre gegenseitige Referenzierung und ihre Bereitstellung in Linked-open-Data-fähiger Form (LOD) im Semantic Web.

## Methode

Der Forschungsverbund baut für die Umsetzung der Ziele auf umfangreiche Vorarbeiten aus mehreren Jahrzehnten auf. Die Projektpart-

ner der Universität Bamberg aus den Bereichen Bauforschung, Kunstgeschichte und Restaurierungswissenschaft konnten bereits im gemeinsamen Vorhaben „Mittelalterliche Portale als Orte der Transformation“ durch Synthese der jeweils fachspezifischen Perspektiven einen Mehrwert generieren (siehe dazu die vorangehenden Projektdarstellungen). Desgleichen wurde in DFG-geförderten Vorprojekten der Verbund mit den Informatikern der Universität Passau erfolgreich erprobt. Aus letzteren steht den Projektbeteiligten als konkretes Ergebnis und als bereits vorhandener Anknüpfungspunkt das Monumentalbau-Archivsystem *MonArch* zur Verfügung. Mithilfe dieses Systems lässt sich die Vielfalt von Informationen am gebauten Erbe im Wesentlichen mittels drei verschiedener Ordnungsprinzipien erschließen (Abb. 2):

- ein *topologisches* Ordnungs- bzw. Erschließungssystem durch Modellierung einer virtuellen Gebäudestruktur in Form semantischer Graphen;
- ein *thematisches* Ordnungs- bzw. Erschließungssystem durch Modellierung eines kontrollierten Vokabulars in Form semantischer Graphen;
- ein *graphisches* Erschließungssystem durch Modellierung von Abbildungen in Form virtueller 3D-Modelle und vektorbasierter 2D-Planzeichnungen.

Die drei Ordnungs- bzw. Erschließungssysteme sind als Ansichten ein und desselben Datenmodells aufzufassen und sollen allein durch diesen Dreiklang unterschiedlichen Herangehensweisen an den vorhandenen Objektbestand entgegenkommen. Die Einzelinstanzen dieser Systeme lassen sich als Informationsträger mit den eigentlichen Realdaten qualifizieren. Im *MonArch* der Vorprojekte waren das vor allem Digitalisate von Archivalien als externe Referenzen. Um die Bedeutung des eigentlichen Sachzeugnisses als Quelle mehr in den Vordergrund zu rücken, wird im hier behandelten Vorhaben zusätzlich die Möglichkeit erarbeitet, auch ohne externe Anhänge die Objekte direkt innerhalb des Systems zu charakterisieren. Dazu zählt beispielsweise die Dokumentation und genaue Verortung von bauforscherischen, kunstgeschichtlichen und restauratorischen Befunden wie Natursteinarten, Bauformen, historische handwerkliche Bearbeitungsspuren, Farbfassungsreste, Anschlussfugen aber auch Schäden und Zustandseinschätzungen.

### Referenzierung

Die vorangehend beschriebenen Ordnungssysteme haben vor allem den Zweck, die Vielfalt der Einzelinformationen miteinander aussagekräftig in Beziehung zu setzen und so dem Gesamtkontext am Bauwerk und darüber hinaus zielgerichtet zuzuordnen. Die drei Erschließungssysteme übernehmen dabei jeweils spezifische Aufgaben und werden im Folgenden genauer dargestellt:

Die virtuelle Abbildung der komplexen Gebäudestruktur als semantischer Graph (*topologisches Ordnungssystem*) erlaubt die räumliche Aufschlüsselung von Teilbereichen bis hin zum einzelnen Werkstein und gewährleistet so die bauteilgenaue Referenzierung fachrelevanter Daten. Hier wird modelliert, dass beispielsweise der Stab eines Maßwerkfensers in einem bestimmten Joch des südlichen Seitenschiffs liegt und sowohl zum Innenraum, wie auch nach außen weist. Die diesem Objekt zugewiesenen fachwissenschaftlichen Informationen sind dann ebenso strukturell verortet. Relationen zu über- oder untergeordneten bzw. zu benachbarten Teilobjekten lassen sich entsprechend in Abfragen einbeziehen. Auf diese Weise bildet das Objekt selbst die Schnittmenge bzw. den Vermittler zwischen den beteiligten Disziplinen. Das beliebig, nach Bedarf ausdifferenzierbare Geflecht von Teilobjekten innerhalb der Repräsentation der virtuellen Bauwerksstruktur erlaubt folglich fachspezifische Tiefenschärfe und die Möglichkeit der Ausdifferenzierung von

Fragestellungen bei Datenabfragen durch einen variablen Detaillierungsgrad. Technische Hintergründe und die Funktionsweise des *topologischen Erschließungssystems* sind an anderer Stelle in dieser Publikation noch genauer formuliert (siehe dazu: *Semantische Modellbildung in der Bauforschung*, 140–145).

Das *thematische Erschließungssystem* dient der Verschlagwortung von Informationen aus der historischen Überlieferung und für die quantitativ auswertbare Beschreibung der Charakteristika von Baubefunden. Ein dazu aufgebautes umfangreiches digitales Vokabular enthält mehrere tausend Sachbegriffe zur Bezeichnung von Bauteilen, -formen, -typen, Materialien, Bearbeitungsspuren, statischen Wirkungszusammenhängen, Schadensbildern, Maßnahmen etc. Die Termini aus diesem Thesaurus werden auf die „Platzhalterobjekte“ des topologischen Ordnungssystems referenziert und qualifizieren sie auf diese Weise mit beschreibenden Inhalten. Das Vokabular enthält zu jedem Sachbegriff aber nicht nur Übersetzungen, Alternativbezeichnungen und Definitionen, sondern es werden auch Beziehungen zu über- und untergeordneten sowie verwandten Termini modelliert. Es handelt sich folglich um eine Fachonthologie, die darüber hinaus durch Referenzierung auf externe, bereits etablierte Vokabulare mit der digitalen Welt der Kulturgutforschung vernetzt wird. Genauso wie durch die virtuelle Gebäudestruktur übergeordnete Baugruppen oder subsumierte Teilobjekte angezeigt werden können, lassen sich mithilfe des Vokabulars auf der thematischen Ebene desgleichen verallgemeinernde oder spezialisierte Inhalte filtern. Der Thesaurus des thematischen Erschließungssystems wird innerhalb dieser Publikation in einem separaten Kapitel noch genauer besprochen (siehe dazu: *Bamberger Vokabular für historische Architektur*, 146–149).

Beide Ordnungssysteme liegen in LOD-fähiger Form als SKOS (Simple Knowledge Organization System) im RDF-Format (Resource Description Framework) vor und bilden durch gegenseitige Referenzierung eine dicht vernetzte „semantische Schicht“. Diese erhält schließlich durch das *graphische Erschließungssystem* ein Gesicht. Dazu wird vor allem ein für die Baugeschichtsforschung und Denkmalpflege unerlässlicher Satz von wirklichkeitsgetreuen Planzeichnungen sowie 3D-Modellen zusammengeführt. Das entstandene graphische Material wird so aufbereitet, dass es in einem offenen, plattform- und programmunabhängigen Vektorformat bzw. Objektformat zur Verfügung steht. Dabei werden Punktwolken aus



terrestrischen Laserscans ebenso genutzt, wie historische Planzeichnungen, weil so die spezifischen Qualitäten der entsprechenden Aufmaßprodukte bestmöglich für eine aussagekräftige Gesamtdokumentation ausgenutzt werden können. Die Zerlegung von Plänen und 3D-Modelle in Einzelelemente erlaubt deren Referenzierung mit der virtuellen Bauwerksstruktur. Weil letztere die Bezüge der Teilobjekte untereinander darstellt, lassen sich auch in Plänen und Modellen über- oder untergeordnete sowie benachbarte Bauelemente auswählen. Weil darüber hinaus in der „semantischen Schicht“ zusätzlich thematische Informationen integriert sind, können auch jene automatisch in die Darstellungen rückgeführt werden.

Die gegenseitige Referenzierung der topologischen, thematischen und graphischen Perspektive garantiert schließlich, dass die Informationen bis herunter zum Detail weit enger mit dem Kontext vernetzt sind, als es analoge Dokumentationen jemals vermochten. Weil diese gegenseitige Referenzierung stets in verschiedene Richtungen lesbar ist, spielt es entsprechend dem jeweiligen Nutzerszenario keine Rolle, von welchem der drei Eckpunkte der Einstieg ins Material erfolgt.

### Fachspezifische Kontexte

Kontextualisierung bedeutet in diesem Zusammenhang aber nicht, dass es nur einen einzigen universellen Bezugsrahmen gäbe. Die Einbeziehung vielfältiger Belange unterschiedlicher Nutzergruppen erfordert die Reflexion spezifischer Sichtweisen sowie Fachtraditionen auf ein und denselben Gegenstand. Aus diesem Grund existieren in den drei Erschließungssystemen jeweils unterschiedliche Ordnungsprinzipien als „Fachkontexte“ parallel zueinander (Abb. 3).

Im topologischen Erschließungssystem erfordern die verschiedenen Fachkulturen oder aber auch die Festlegungen bereits bestehender Inventarisierungen die Möglichkeit einer weitgehend automatisierten Umsortierung der Gliederung ohne Verlust von Referenzen auf Themen und Darstellungen. Dazu wird im Projekt nicht nur ein Strukturgraph modelliert, sondern mehrere nutzerspezifische Systeme sind übereinandergelagert:

- Die *bauteil-, raum- und bauelementbezogenen Kontexte* stellen größere Baugruppen wie Doppelturmfront, Langhaus und Chor, gliedernde Raumeinheiten wie Schiffe und Joche oder Einzelelemente wie Wandabschnitte, Pfeiler, Dienstbündel und Maßwerkfenster inklusive ihrer Bezüge untereinander dar. Sie können durch Hinzu- und Abschalten individuell kom-

binert bzw. gefiltert werden und lassen so unterschiedliche Vorstellungen von der Struktur des Gesamtgebäudes zu.

- Verschiedene *zeitliche Kontexte* tragen einer entwicklungsgeschichtlichen Betrachtung des Bauwerks Rechnung. Wichtige Bauzustände (um 1250, 1350, 1400 etc.) werden dazu mit- samt ihren heute nur noch fragmentiert vorhandenen, gänzlich verschwundenen oder in einen anderen Zusammenhang geratenen Bauteilen strukturell modelliert. Sie erlauben einen Blick zurück in die Vergangenheit und ermöglichen die Filterung des vorhandenen Materials bezüglich eines bestimmten Zeitpunkts für die baugeschichtliche Forschung.
- Der *Ausstattungskontext* verortet Ausstattungsstücke wie Skulpturen, Altäre oder Wandmalereien und ist vor allem für deren kunstgeschichtliche Erforschung vorgesehen.
- Der *Kartierungskontext* dient der restauratorischen Befunderfassung und Planung von Maßnahmen. Ausgangspunkt sind hier vor allem die Bauwerksoberflächen. Im Gegensatz zu den bauteil-, raum- und bauelementbezogenen Kontexten wird dabei das Gebäude zunächst in sein Äußeres und Inneres gegliedert, bevor weitere Unterteilungen erfolgen. Dieser Kontext fand bereits in den Vorprojekten Anwendung. Seine Fortführung und Integration gewährleistet die Anschlussfähigkeit der Ergebnisse.
- Schließlich ist noch der *axiale Kontext* zu nennen, der die statischen Wirkungszusammenhänge von Bauwerksachsen zusammenfasst, dadurch beispielsweise den Lastabtrag des Gewölbes in die Strebepfeiler darstellt und vor allem den Ingenieurwissenschaften als Ordnungssystem zur Verfügung steht.

Das Angebot der genannten Nutzerkontexte im virtuellen Strukturgraphen bedeutet aber nicht, dass künftige Anwender sich prinzipiell festlegen müssten. Durch Hinzu- und Abwahl lassen sich individuelle Kombinationen entsprechend der jeweiligen Aufgabe zusammenstellen. Es ist darüber hinaus möglich, weitere Kontexte im Strukturgraphen auf der Grundlage der vorhandenen Gliederung hinzuzufügen.

Desgleichen berücksichtigt auch die thematische Erschließung die Belange unterschiedlicher Disziplinen. Mitunter widersprüchliche Begriffserklärungen einzelner Termini stehen wertungsfrei parallel nebeneinander und ermöglichen auf diese Weise Transparenz bezüglich fachspezifischer Schwerpunktsetzungen. Weil die im Thesaurus

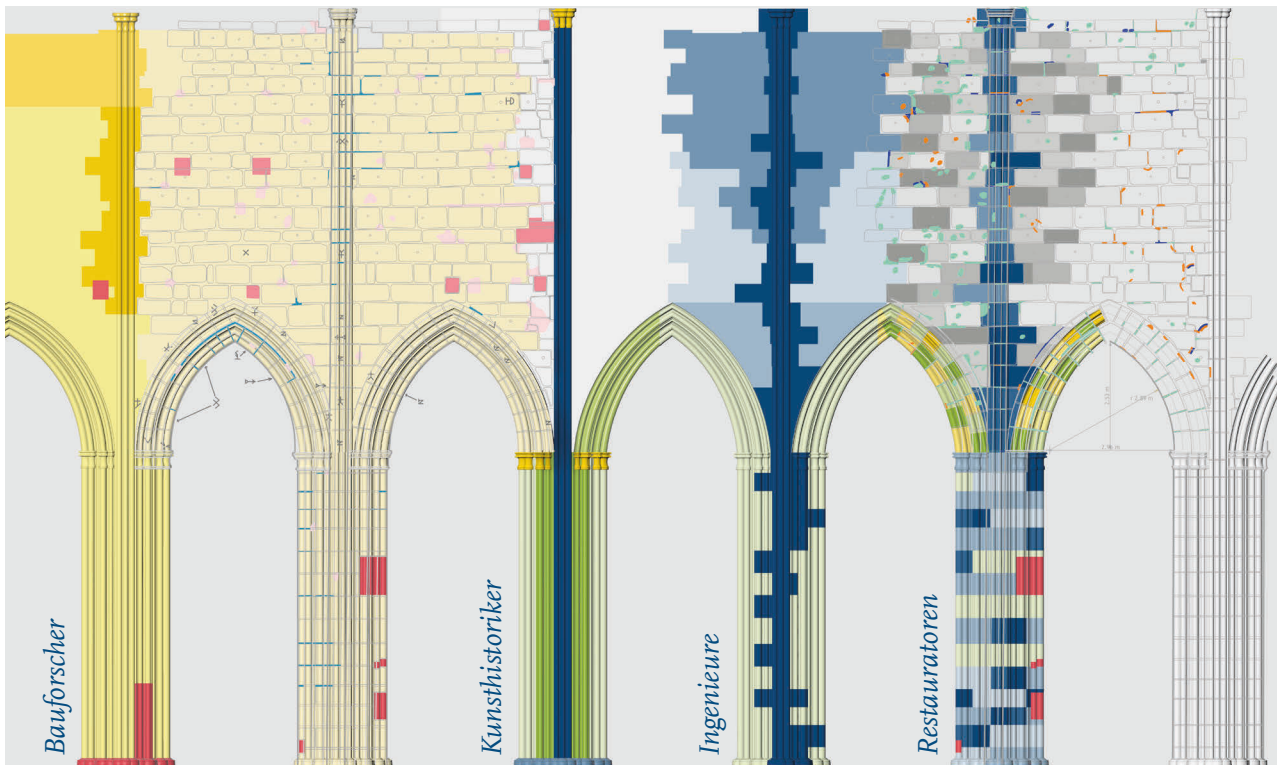


Abb. 3: Die Überlagerung verschiedener Nutzerperspektiven im Datenmodell und der 2D- sowie 3D-Modellierung führt Fachinformation mit hohem Detaillierungsgrad am Objekt selbst zusammen; Darstellung unterschiedlicher Kontexte und ebenso verschiedener Modellseparationen anhand einer Mittelschiffsarkade (Pfeiler von links nach rechts): 1./2. Bauforschung und Baugeschichte mit zeitlichem Kontext sowie Kartierungskontext und zeitlicher sowie steingenauer Separation zur Darstellung von Bauphasen, Bauabschnitten und den entsprechenden Befunden (hier Gerüstlöcher, historischer Steinaustausch und Steinmetzzeichen); 3. Kunstgeschichte mit bauteil-, raum- und bauelementbezogenem Kontext sowie struktureller Separation zur Darstellung der gestalterischen Konzeption als Zerlegung in formale Bauglieder (Dienstbündel, Kapitelle, Wandabschnitte); 4. Ingenieurwesen mit bauelementbezogenem Kontext sowie steingenauer und struktureller Separation zur Darstellung der statischen Wirkungszusammenhänge (hier werksteinbezogener Lastabtrag); 4./5. Restaurierungswissenschaften mit bauelementbezogenem Kontext und Kartierungskontext sowie steingenauer Separation zur Darstellung von Schadensbildern und geplanten Maßnahmen (hier: Werksteintypen, Natursteiner Ergänzung, partielle Festigung und Mörtelsicherung) [Nöbauer / Salzer / Luib / Menargues / Schalk 2020].

zusammengeführten analogen oder halb-analogen Quellvokabulare dem Kontext verschiedener Fachkulturen entstammen, spiegelt hier die Hinterlegung der Ressource den Bezug zum jeweiligen Anwenderszenario wider. Inhalte lassen sich nicht nur mithilfe der Überbegriffe wie „Bauelement“, „Naturstein“, „Austattung“ etc. den Fächern Bauforschung/Baugeschichte, Restaurierungswissenschaft und Kunstgeschichte zuordnen. Es ist genauso möglich durch Auswahl einer bestimmten Quelle beispielsweise ein im jeweiligen Fach etabliertes Vokabular allein anzuzeigen, um jeweils relevante Themen aus der Vielfalt der Begriffe herauszufiltern.

Schließlich beinhaltet auch das graphische Erschließungssystem die fachlichen Belange spezifischer Nutzer szenarien. Weil sowohl 2D-Planzeichnungen als auch 3D-Modelle zur Verfügung

stehen sind verschiedene Anwenderkontexte einbezogen. Die Planzeichnungen berücksichtigen sämtliche Verformungen, stellen Merkmale in der Oberfläche einzelner Werksteine und selbst die Breite der Fugen dar. Mit vertretbarem Aufwand können solche Pläne aber nur von besonders aussagekräftigen ausgewählten Grundriss-, Schnitt- und Ansichtsebenen erstellt werden. Demgegenüber sind 3D-Modelle allansichtig, lassen aber nur eine reduzierte Genauigkeit bezüglich der Verformungen zu. Jedes Darstellungsmittel erfüllt dementsprechend spezifische Aufgaben. Weil die graphische Umsetzung darüber hinaus eng mit dem topologischen Erschließungssystem verknüpft wird, ist es notwendig, vor allem die 3D-Modelle in Entsprechung zu den Einheiten des virtuellen Strukturgraphen zu separieren. Es existieren drei Ebenen parallel zueinander (Abb. 3):

- Die *strukturelle Separation* zerlegt die Baugometrie in Einzelelemente wie Pfeiler, Bogenprofile, Wandabschnitte, Dienstbündel etc. ungeachtet des Steinschnittes und dient vor allem der bau- und kunstgeschichtlichen Dokumentation und Forschung;
- Die *zeitliche Separation* berücksichtigt den Entstehungszeitpunkt der Bauteile und erlaubt die entwicklungsgeschichtliche Analyse verschiedener Bauzustände;
- Die *steingenaue Separation* gliedert das Modell in einzelne Werksteine ungeachtet ihrer miteinander wechselseitigen Zugehörigkeit zu einzelnen Baugliedern. Diese Zerlegung ist vor allem für Oberflächenkartierungen der Bauwerksrestauration, für baukonstruktive Analysen oder für die Maßnahmenplanung vorgesehen.

Die Modellseparationen erlauben in Verknüpfung mit den Kontexten des Strukturgraphen auch auf der geometrischen Darstellungsebene die adäquate Visualisierung der semantischen Schicht. Im Zusammenhang entsteht ein differenziertes Bauwerksinformationssystem mit hohem analytisches Potential, das die fachliche Ausdifferenzierung im Bereich Erschließung und Erhalt von Kulturgut bezogen auf komplexe Baudenkmäler umfassend berücksichtigt.

Die Anwendung semantischer Technologien gewährleistet bei alledem auch, dass die im Projekt entstehenden Ergebnisse keine Dateninsel bleiben, sondern durch Linked-Open-Data mit dem Kontext der digitalen Kulturgutdokumentation eng in Beziehung stehen. Auf diese Weise wird nicht nur die Nachhaltigkeit der Datenaufnahme gewahrt, sondern es entsteht zugleich ein Mehrwert für die Architekturgeschichtsforschung im Allgemeinen über St. Lorenz hinaus. Und weil dafür mehrsprachige kontrollierte Vokabulare genutzt werden, sind die Informationen auch der internationalen Fachcommunity und modernen digitalen Methoden, wie das viel erwähnte ‚Big Data‘ verfügbar.

(Stefan Breitling, Tobias Arera-Rütenik, Alexander Stenzer, Nathalie-Josephine von Möllendorff)

---

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Die Nürnberger Großkirchen. Vernetzung und Beteiligung auf der Denkmalbaustelle*, in: ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien*. 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 68–69.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Von der Integrität des Digitalisats in den Fachwissenschaften*, NIKE-Bulletin 2020/2, Kulturerbe im digitalen Zeitalter, 2020, 8–13.

NÖBAUER, Anna / STENZER, Alexander: *Das MonArch-System – ein Werkzeug für semantische 3D-Modelle*, in: Konferenzband EVA Berlin 2019, Elektronische Medien & Kunst, Kultur und Historie 6. Berliner Veranstaltung der internationalen EVA-Serie Electronic Media and Visual Arts, Berlin 2019, S. 98–99.

NÖBAUER, Anna / STENZER, Alexander: *Modellierung komplexer Gebäudestrukturen als digitaler Sammlungsraum*, in: Konferenzband EVA Berlin 2019, Elektronische Medien & Kunst, Kultur und Historie 6. Berliner Veranstaltung der internationalen EVA-Serie Electronic Media and Visual Arts, Berlin 2019, S. 68–88.

---

ARERA-RÜTENIK, Tobias / SALZER, Leonhard / NÖBAUER, Anna / LUIB, Anna / MÖLLENDORFF, Nathalie-Josephine von: *Die Nürnberger Großkirchen. Projektvorstellung*, Das MonArch System – Grundlagen, Erfahrungen, Weiterentwicklung, Universität Passau 18.03.2019.

NÖBAUER, Anna / SALZER, Leonhard / MÖLLENDORFF, Nathalie-Josephine von: *Die Nürnberger Großkirchen. St. Lorenz als digitaler Sammlungsraum*, #arthistoCamp zum XXXV. Deutschen Kunsthistorikertag 2019 zum Thema „Digitale Forschung zu den Dingen“, Göttingen 26.03.2019.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Die Nürnberger Großkirchen. Ein semantisch annotierter Planansatz*, Das MonArch-System – ein Werkzeug für semantische Technologien, Universität Passau 10.10.2019.

NÖBAUER, Anna / SALZER, Leonhard / STENZER, Alexander: *Die Nürnberger Großkirchen – Best Practice für die digitale Erfassung komplexer Baudenkmale – Ein semantisch annotierter Plansatz*. Postersession zur 26. EVA Konferenz. BASED ON TRUST! Kulturerbe in Virtual Environments, Berlin 07.11.2019.

NÖBAUER, Anna / STENZER, Alexander: *Modellierung komplexer Gebäudestrukturen als digitaler Sammlungsraum*, 26. EVA Konferenz. BASED ON TRUST! Kulturerbe in Virtual Environments, Berlin 07.11.2019.



## What if we heat up the mural...?

### Aktive Thermographie zur zerstörungsfreien Untersuchung von Wandmalerei



Abb. 1: Messaufbau für aktive Thermographie: IR-Detektor (Spektralbereich 2.0 ... 5.7µm, filterlos) und Anregungsquellen (Halogenstrahler 500W) [Tenschert 2019].

Bearbeitung:	Anna Luib M.A., Dr. Iustyna Vasilchenko
Arbeitsbereiche:	Bauforschung, Restaurierungswissenschaft
Partner:	Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen; Dombauhütte Wien
Laufzeit:	2018–2020
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Als Kompetenzzentrum für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien forschen wir fachübergreifend an der Adaption naturwissenschaftlich-technischer Untersuchungsmethoden für Fragestellungen der Kulturerbeforschung. Von besonderem Interesse sind dabei die zerstörungsfreien Prüfverfahren (non-destructive testing NDT). NDT-Techniken stellen aufgrund ihres nicht oder nur geringfügig zerstörenden Charakters, ihrer Übertragbarkeit, beliebigen Wiederholbarkeit, Genauigkeit und Empfindlichkeit gegenüber spezifischen Materialeigenschaften einen erheblichen Vorteil gegenüber der zerstörenden analytischen Prüfung dar. Der Einsatz von NDT-Methoden in der Kulturgutforschung erfordert dabei sowohl umfassendes Wissen über Materialeigenschaften und deren Veränderungsmechanismen als auch ein vertieftes Verständnis der physikalischen Messprinzipien und der Anwendbarkeit der NDT-Technik.

Ein Forschungsschwerpunkt am KDWT liegt im Bereich der wärmeinduzierten Infrarot-Thermographie (IRT). Als kontaktloses, bildgebendes Untersuchungsverfahren spielt diese besonders in der historischen Bauforschung und den Restaurierungswissenschaften eine Rolle. In Abgrenzung zur IR-Photographie und Reflektographie bezieht sich die Thermographie überwiegend auf den mittel- und langwelligen infraroten Spektralbereich von 3-5µm (MWIR) und 8-15µm (LWIR). Das langwellige Spektrum (LWIR, 8-15µm) kommt vor allem in der historischen Bauforschung zum Einsatz (siehe dazu: *Thermisches Infrarot in der historischen Bauforschung*, 130–133).

Die Infrarot-Thermographie kann in jeder Phase der Objektinspektion eingesetzt werden: für Voruntersuchungen, zur Beurteilung des Zustands vor der Restaurierung oder auch als Monitoring-Maßnahme während und nach den Restaurierungs- und Konservierungsarbeiten, um deren Niveau und Qualität zu analysieren.

Auch die Infrarot-Thermographie im mittleren Wellenlängenbereich (MWIR, 3-5µm) wird zur Analyse von Materialeigenschaften und Visualisierung verdeckter Strukturen verwendet. Dieser Abschnitt des elektromagnetischen Spektrums wird vor allem für die Untersuchung von Malschichten, Wandmalereien und Tafelbildern genutzt (Abb. 3).

Für die Anwendung von Infrarot-Thermographie gibt es zwei Herangehensweisen: die aktive IRT, die die gebräuchlichere ist und bei der die Probe künstlich erwärmt wird sowie die passive IRT, bei der keine externen Stimulationsquellen benötigt werden.

Die aktive Infrarot-Thermographie ist ein Bildgebungsverfahren, dessen Arbeitsprinzip auf der gleichzeitigen Erzeugung optisch induzierter thermischer Wellen auf der Probenoberfläche und der Überwachung aller Bildpunkte durch thermographische und Lock-In-Techniken beruht (Abb. 4).

In unserer Arbeit möchten wir den Einsatz der aktiven MWIR-Thermographie für drei Fallstudien an unterschiedlichen Wand- und Deckenmalereien zeigen. Untersucht wurden das Gemälde „Gahmurets Einzug in die Mohrenstadt Patelamunt“ vor dem Sängersaal im Schloss Neuschwanstein (Abb. 5), die Wandmalereifragmente am Bischofsfor im Dom St. Stephan in Wien (Abb. 2, 7 und 8) sowie verschiedene Ausschnitte der Deckenmalereien in der neuen Residenz in Bamberg (Abb. 6).

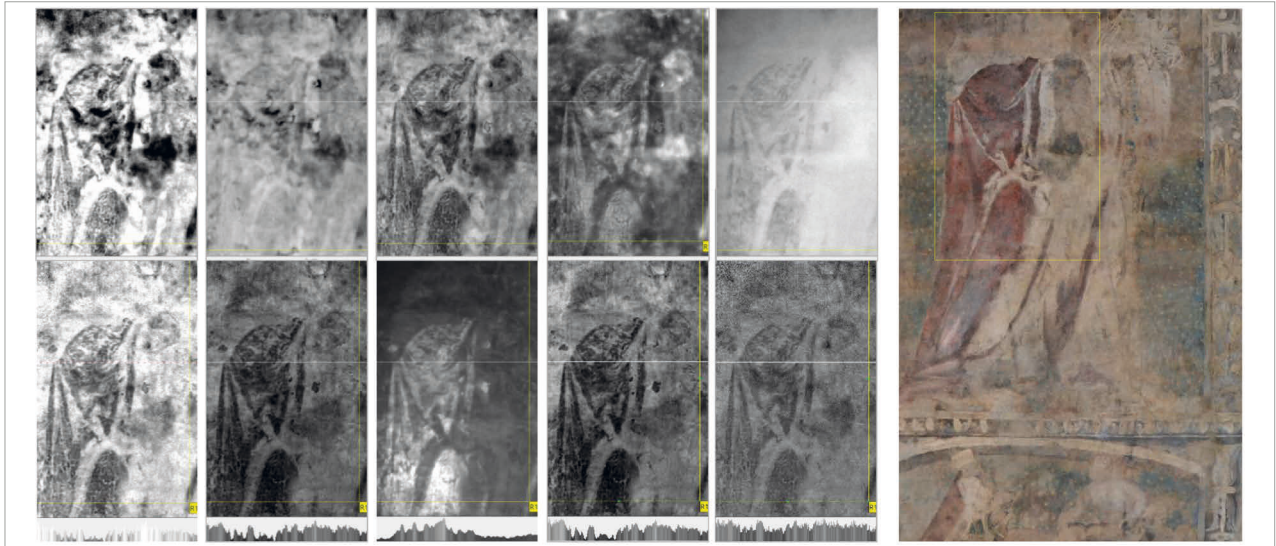


Abb. 2: Infrarot-Thermographieaufnahmen von polychromen Wandmalereifragmenten zur Unterstützung restauratorischer Untersuchungen. Die Auswertung der wärmeinduzierten Lock-In-Thermographie erfolgte in verschiedenen Bild-Sampling-Varianten [Luib / Vasilchenko 2019].

Alle drei Objekte wurden mittels aktiver IRT im Lock-In-Modus untersucht. Das Grundprinzip der Lock-In-Thermografie (LIT) besteht darin, periodisch modulierte Wärme in ein Objekt einzubringen und die phasenbezogene periodische Modulation der Oberflächentemperatur sequentiell zu überwachen.

Folglich wird die Oberflächentemperatur über eine Infrarotkamera gemessen und die Informationen jedes Bildpunktes des Bildes werden so verarbeitet, als ob sie in einen Lock-In-Verstärker eingespeist würden. In unserer Versuchsanordnung wurde die Wärme in Form von periodischen thermischen Wellen durch zwei symmetrisch aufgestellte Halogenlampen (je 500W) erzeugt und an die

Objektoberfläche abgegeben. Das Infrarot-Thermographiesystem wurde kohärent mit der Wärmequelle gekoppelt, so dass eine sinusförmige Temperaturmodulation entstand. Diese Modulation ergab sich aus einem nichtlinearen elektrischen Signal, das durch das Lock-In-System erzeugt wurde und auch eine Frequenzvariation erlaubt. Wenn sich die thermische Welle innerhalb des Materials oder der Struktur ausbreitet und reflektiert wird, bedeutet dies, dass sie in inhomogene Bereiche gelangt, in denen sich die Wärmeausbreitungsparameter ändern. Die reflektierte Welle interferiert mit der Oberflächenwelle, wodurch ein oszillierendes Interferenzmuster entsteht, das als Amplitude oder Phase gemessen werden kann, was einem Ampli-

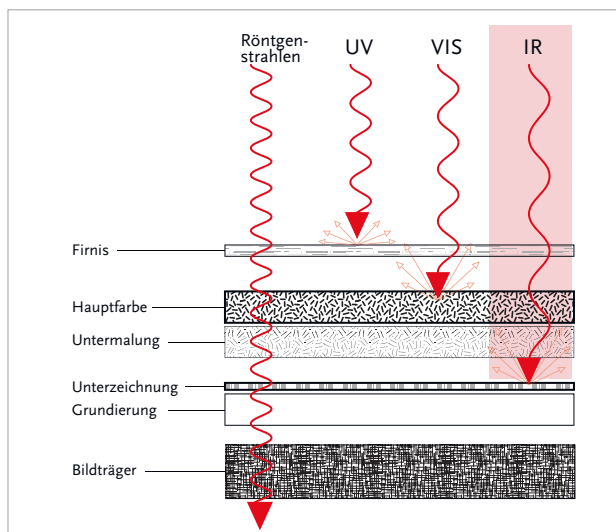


Abb. 3: Die verschiedenen Möglichkeiten von Strahlenuntersuchung an mehrlagigen Malschichtaufbauten, unterschieden nach Wellenlängen [Luib 2019].

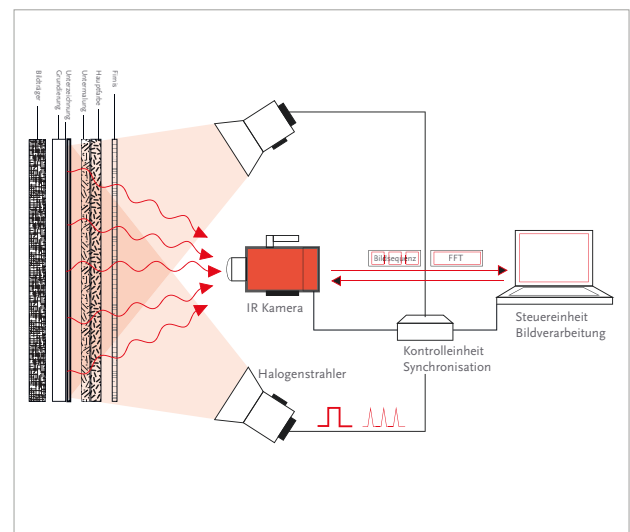


Abb. 4: Prinzip der aktiven Thermographie mit Lock-In-Anregung durch parallel zur IR-Kamera angeordnete Halogenstrahler [Luib 2019].



tuden- bzw. Phasenbild entspricht. Die emittierte Infrarotstrahlung wird von einer Infrarotkamera erfasst und die Temperatur der Oberfläche wird auf der Grundlage des Stefan-Boltzmann-Gesetzes berechnet, das in Gleichung (1) dargestellt ist:

$$(1) \quad q/A = \varepsilon \sigma T^4, \text{ wo}$$

$q$  - die Rate der Energieemission (W),

$A$  - die Fläche der emittierenden Oberfläche ( $\text{m}^2$ ),

$T$  - die absolute Temperatur (K),

$\sigma = 5,676 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$  - die Stefan-Boltzmann-Konstante und

$\varepsilon$  - der Emissionsgrad der emittierenden Oberfläche für eine feste Wellenlänge und absolute Temperatur  $T$ ; Der Emissionsgrad ist die Einheit für einen perfekten Schwarzkörper.



Abb. 5: „Gahmurets Einzug“ vor dem Sängersaal, Schloss Neuschwanstein; IR-Visualisierung der ursprünglichen, flächigen Malerei mit floralen Rapport-Ornamenten [Luib / Rahrig 2018].

Während jeder thermographischen Messung wurde eine Folge von 500-2000 Wärmebildern erzeugt. Die Analyse der erhaltenen Sequenz basiert auf der Diskreten Fourier-Transformation (DFT), die die Auswertung des Ausgangs als Kombination von Phase und Amplitude erlaubt. Ein Algorithmus, der die Fourier-Transformation jedes Pixels in der Thermogrammsequenz anwendet, kann auf folgende Weise geschrieben werden:

$$(2) \quad F_n = \sum_{k=0}^{N-1} T(k) e^{-\frac{j2\pi n k}{N}} = \text{Re}_n + j \text{Im}_n$$

$n$  - das Frequenzinkrement,

$\text{Re}$  - der eigentliche Teil der Fourier-Transformation.

$\text{Im}$  - der Imaginärteil der Fourier-Transformation.

Die Amplitude ( $A_n$ ) und Phase ( $\Phi_n$ ) werden wie folgt berechnet:

$$(3) \quad A_n = \sqrt{\text{Re}_n^2 + \text{Im}_n^2}$$

$$\Phi_n = \arctan \frac{\text{Im}_n}{\text{Re}_n}$$

Der für die Untersuchung verwendete Versuchsaufbau umfasst eine Anregungsquelle, ein Detektionsgerät sowie elektronische und rechnergestützte Instrumente zur Überwachung (Abb. 1, 4). Die homogene Wärmeabgabe wurde durch

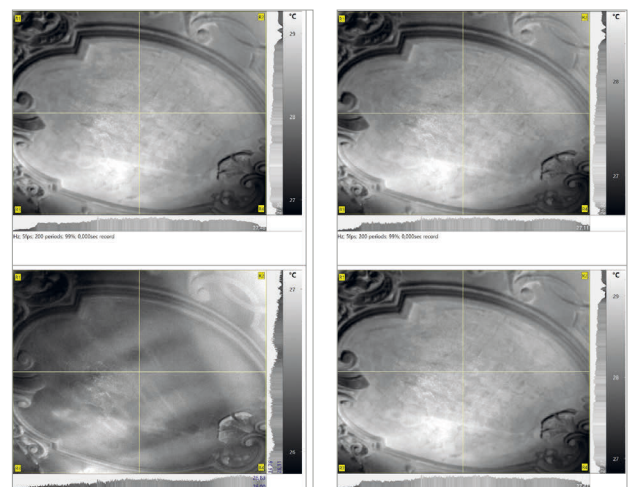


Abb. 6: Ergebnisse der aktiven Thermographie mit wärmeinduzierter Lock-In-Anregung an Deckenmaleireifragmente in der fürstbischöflichen Residenz Bamberg [Luib / Vasilchenko 2019].

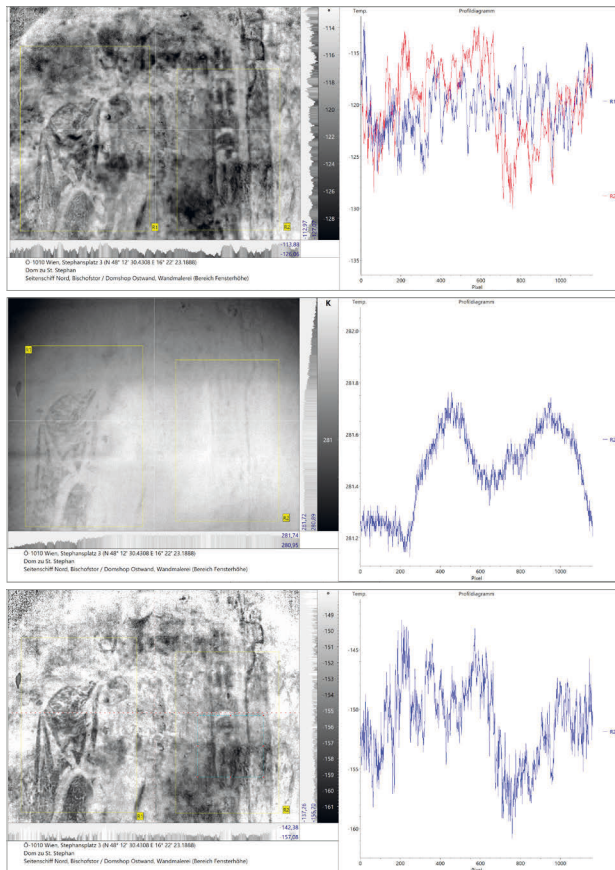


Abb. 7: Sampling der verschiedenen Lock-In-Aufnahmesequenzen. Die Auswertung erfolgt über eine diskrete Fourier-Transformation und verschiedene Sampling-Modulationen [Luib / Vasilchenko 2019].

zwei Halogenlampen (2 x 500W) erreicht. Das Detektionssystem besteht aus einer mittelwelligen Infrarotkamera (MWIR) ImageIR 8380S (Infra-tec GmbH), die synchron mit den Halogenlampen gekoppelt ist (640 x 512 Pixel, 2.0 ... 5.7 µm Spektralbereich, Stirling-Kühler, f/3.0 oder f/2.0 Apertur, -40 ... 70 °C Betriebstemperatur, 0.6 ... 20.000 µs Integrationszeit, ± 1 °C oder ± 1 % Messgenauigkeit). Die Messdaten können in Echtzeit visualisiert und über einen Computer aufgezeichnet werden.

Die Anwendung der Lock-In-Thermographie war in allen drei Fallstudien eingebunden in einen restauratorischen Untersuchungskontext. Im Fall von „Gahmurets Einzug“ in Neuschwanstein konnte damit die durch die Untersuchung mikroskopischer Farbschichtproben vermutete vollflächige Untermauerung des Gemäldes belegt werden. Am Wiener Bischofstor tragen die radiometrischen Daten zur interdisziplinären Analyse der Wandmalereifragmente und ihrer Schichtenabfolge bei. Darüber hinaus spielen sie auch in der Diskussion um abgegangene oder übermalte Fassungen eine Rolle. Die Aufnahmen in der Bamberger Residenz



Abb. 8: Entzerrung der über verschiedene Modulationen ausgewerteten Aufnahmesamplings; Überlagerung von visuellen photographischen Aufnahmen und IR-Visualisierungen [Luib / Vasilchenko 2019].

konnten zwar neben den Befundöffnungen keine eindeutig erkennbaren Untermauerungen darstellen, zumindest aber den Putzträger der darüber liegenden Decke lokalisieren.

Diese Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten der aktiven Thermographie verdeutlicht einmal mehr den Vorteil interdisziplinären Arbeitens am KDWT und den Mehrwert aus der fachübergreifenden Kooperationen von Restaurierungs-, Material- und Naturwissenschaftlern im Kontext einer fundierten Kulturgutforschung. (Anna Luib, Iustyna Vasilchenko)

LUIB, Anna: *Infrarot-Thermographie in der Bau-forschung und Bauwerksdokumentation - Aktuelle Projekte und Untersuchungsergebnisse*, Werkstattgespräch des IADK, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.02.2019.

LUIB, Anna: *Ergebnisse der aktiven Thermographie am Bischofstor*, Arbeitsgespräch zur Frage der Autorschaft des Wandbildes, Dombau St. Stephan, Online-Meeting 15.05.2020.



## Das Rab'-i Rashidi in Tabriz, Iran

Archäologische und bauhistorische Prospektionen eines mittelalterlichen Stadtteils

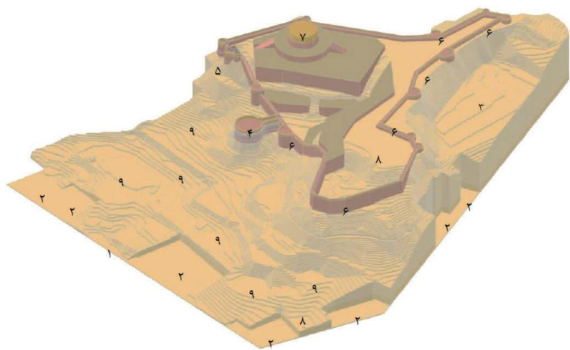


Abb. 1: Geländeaufnahme und Rekonstruktion der spätesten, safavidischen Nutzungsphase [ICHHTO].

Leitung:	Prof. Dr. Lorenz Korn
Arbeitsbereiche:	Islamische Kunstgeschichte und Archäologie, Bauforschung
Bearbeitung:	Prof. Dr. Lorenz Korn, Prof. Dr. Birgitt Hoffmann, Dipl.-Ing. Christian Fuchs M. Sc., Dr. Thomas Lorain, Anna Luib M.A., Maryam Moeini M.A.
Partner:	Deutsches Archäologisches Institut, Eurasien-Abteilung Aussenstelle Teheran; Iranische Behörde für Kulturelles Erbe (ICHHTO) der Provinz Ost-Azerbaidjan; Tabriz Islamic Art University (TabrizIAU)
Laufzeit:	2017-2020
Finanzierung:	Gerda-Henkel-Stiftung

Das Forschungsprojekt zum Rab'-i Rashidi ist eine deutsch-iranische Kooperation, deren archäologische und bauhistorische Untersuchungen von der Professur für Islamische Kunstgeschichte und Archäologie der Universität Bamberg durchgeführt werden. Der Arbeitsbereich Bauforschung des KDWTs unterstützt dabei die Vermessung und Dokumentation von der Gesamtanlage bis hin zu einzelnen Grabungsdetails.

Rab'-i Rashidi war eine mittelalterliche Vorstadt des alten Tabriz, deren Kern eine wohlthätige Stiftung bildete. Heute liegt das Gelände eingebettet

in den Nordostteil der modernen Stadt. Geplant und verwirklicht wurde der Komplex im frühen 14. Jahrhundert n. Chr. von Rashid ad-Din Fadlallah, einem Staatsmann und leitenden Wesir im Reich der mongolisch-stämmigen Ilchane, die im 13.-14. Jahrhundert über Iran herrschten. Das Gründungsdokument, datiert auf August 1309, mit erheblichen Addenda im Jahr 1316, gibt ein sehr detailliertes Bild über Bauteile, Gliederung und Funktionen des Ensembles (vgl. Hoffmann 2000). Es umfasste neben dem Mausoleum des Stifters und einer Moschee Institutionen religiöser und medizinischer Bildung und Gelehrsamkeit (Koranschule; Madrasa). Nachweislich war es außerdem ein Ort intensiver Buchproduktion. Um den eigentlichen Stiftungskomplex gruppierten sich noch weitläufige Vorstädte, die ebenfalls neu angelegt wurden und die teils als Wohnviertel für Bedienstete der Stiftung, teils für die Versorgung (etwa mit Gartenprodukten) genutzt wurden. Spätere Um- und Neubauten veränderten ab der Mitte des 14. Jh. das ursprüngliche Ensemble stark. Schließlich nutzte Shah Abbas I. (1571-1629 n. Chr.) das Areal für die Anlage einer Festung zur Abwehr der osmanischen Bedrohung. Hierzu gehören fast alle heute obertägig sichtbaren Baureste.

### Inhalt und Ziele

Die auf einem natürlichen Hügel liegenden Reste wurden von der iranischen Antikenbehörde unter Schutz gestellt, die angrenzenden Flächen des historischen Gebietes sind dagegen zum Teil modern überbaut. Zwar konnten iranische Grabungen bereits Mauer- und Fundamentreste freilegen (vgl. Ruhangiz 2011). Jedoch sind die einzelnen Elemente des Rab'-i Rashidi unter den späteren Festungsbauten bis heute nicht eindeutig lokalisiert.

Das Kooperationsprojekt zielt darauf, innerhalb der Stadt Tabriz an ausgewählten Orten archäologische und bauhistorische Prospektionen durchzuführen, die später in einen umfassenden Katalog ilkhani-discher Spuren in Nord-West-Iran einfließen sollen. Ziel der ersten Kampagnen ist ein besseres Verständnis der historischen Nutzungen des Rab'-i Rashidi-Areals und die topographische Verortung einzelner Funktionen der Stiftung Rashid ad-Dins. Dabei sollen sowohl die frühen Nutzungsphasen sichtbar gemacht werden als auch die Stratigraphie des Areals aus den Epochen nach dem Ende der Stiftung erfasst werden.



Abb. 2: Das Rab'-i Rashidi Areal mit Überresten der frühneuzeitlichen Befestigungsanlagen. Blickrichtung Südost, südlich anschließend die kleinteilige Umgebungsbebauung und im Hintergrund das moderne Tabriz [Korn 2019].

### Methode

In enger Kooperation zwischen Archäologen, Bauforschern, Historikern und Iranistinnen wurden in der ersten Projektphase grundlegende Recherchearbeiten zur Quellen- und Literaturlage durchgeführt. Parallel dazu wurden erste bauforscherische Untersuchungen auf dem Areal des Rab'-i Rashidi vorgenommen, die sowohl auf die archäologische Erkundung als auch auf die Vorbereitung von Konservierungsmaßnahmen an erhaltenen (überwiegend safavidenzeitlichen) Resten abzielten. Hierzu gehören die systematische Registrierung von im Untersuchungsgebiet verbliebener Bausubstanz, Bauteilen und Spolien ebenso wie die Analyse der historischen Baustoffe. Diese wurden zeichnerisch in verschiedenen

Detaillierungsgraden dokumentiert und in einem photographisch aufbereiteten Befundbuch festgehalten (Fuchs 2018). Erste archäologische Sondagen wurden 2018 im Anschluss an die erhaltenen Baureste gegraben. Sie ergaben erste, vorläufige Aufschlüsse über Anlage und Veränderung der Befestigungsmauern sowie über Installationen zur Wasserversorgung (Fuchs und Heidenreich 2019).

Eine geophysikalische Kartierung der höher gelegenen Teile des Areals zeigte signifikante Strukturen. Daraus wurde die Position neuer Grabungsschnitte für die archäologische Ausgrabung 2019 abgeleitet. Die Feldkampagne 2019 ermöglichte erstmals, an mindestens zwei Stellen in die Gründungsphase des Rab'-i Rashidi vorzustoßen.



Abb. 3: Lageplan Rab'-i Rashidi mit überlagertem Satellitenbild und den Ergebnissen der geophysikalischen Prospektion durch Fa. Eastern Atlas [Luib 2019].

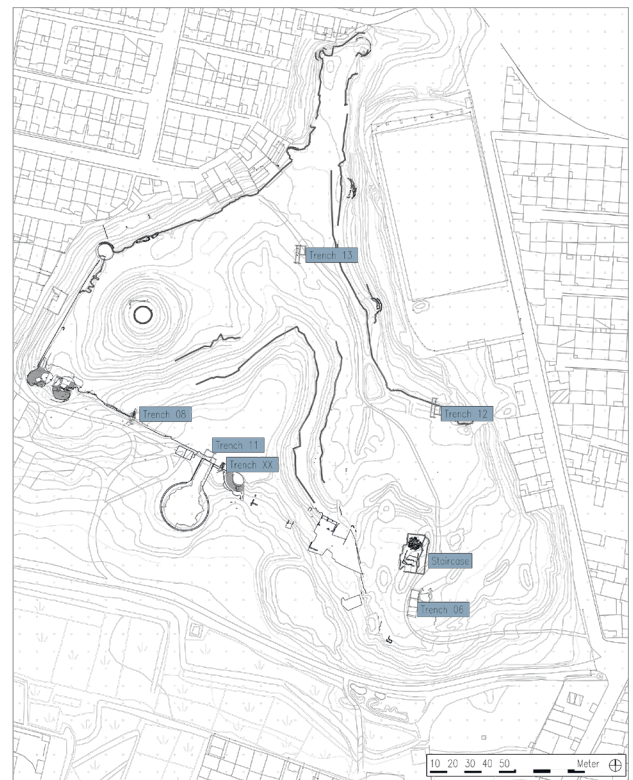


Abb. 4: Lageplan Rab'-i Rashidi mit überlagertem Kataster und Höhenlinienmodell. Verortung der Grabungsschnitte von 2018 und 2019 [Luib 2019].



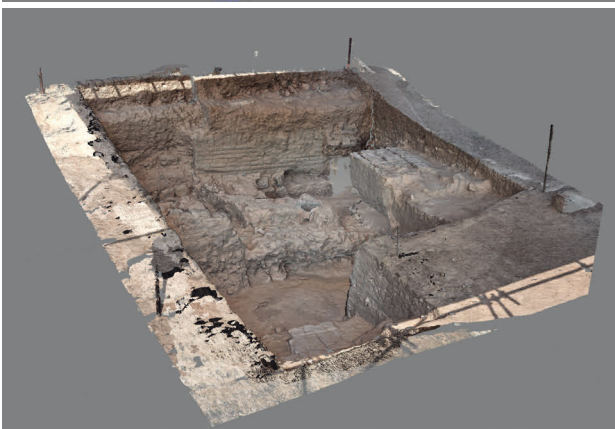
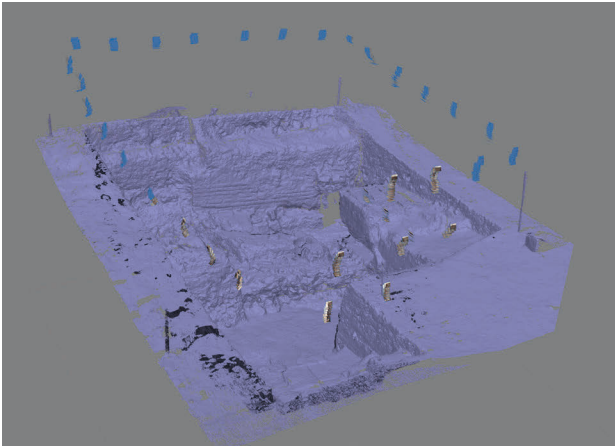


Abb. 5: Grabungsschnitt XII, photographische und photogrammetrische Dokumentation [Korn / Luib 2019].

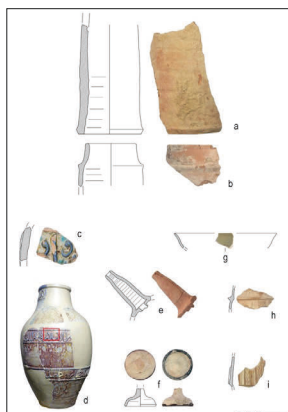


Abb. 6: Keramikfunde, photographische und zeichnerische Dokumentation [Bouquet / Heidenreich 2019].

Alle neuen Grabungsschnitte wurden photogrammetrisch erfasst und mittels Structure from Motion (SfM) als Punktwolken beziehungsweise Orthoprojektionen ausgewertet. Keramische Funde wurden photographisch dokumentiert, thematisch gruppiert und zeichnerisch analysiert.

Ergänzend zu den archäologischen und archäometrischen Untersuchungen wurde eine tachymetrische Vermessung sowohl des Gesamtareals als auch einzelner baulicher Überreste im Detail vorgenommen. Zur Erstellung eines Lageplanes wurden die obertägigen Fragmente der Festungsanlage eingemessen und topographisch markante Geländeeigenschaften als Kanten einbezogen. Bestehende Messnetze und geographische Daten aus vorangegangenen Vermessungen wurden eingebunden und erweitert. Dieses Vorgehen ermöglicht das kontinuierliche Arbeiten innerhalb eines längerfristig entwickelbaren und erweiterbaren Messsystems. Es können weiterhin sowohl 2D- als auch 3D-Datensätze in unterschiedlichen Detailgraden integriert und überlagert werden. Neben den Geomagnetik-Kartierungen und den georeferenzierten Grabungsschnitten wurden bisher außerdem bestehende Kataster- und Bauungspläne in das Lageplansystem eingebunden. Diese Art der Verortung und Überlagerung multipler Datensätze ermöglicht ein systematisches Referenzieren der interdisziplinären Untersuchungsergebnisse, sie können unmittelbar in Kontext gesetzt werden und so mögliche Zusammenhänge aufzeigen.

In Erweiterung zur archäologischen Praxis wurde das Areal Rab'-i Rashidi vertiefend bauhistorisch erforscht und dokumentiert. Zur nachhaltigen digitalen Dokumentation wurden auch hier SfM-Modelle der wichtigsten baulichen Strukturen erstellt. Von besonderer Bedeutung für die Zusammenführung der multidisziplinären Forschungsergebnisse sind auch die auf den bauhistorischen und archäologischen Befunden aufbauenden und durch Quellenauswertung gestützten zeichnerischen Rekonstruktionen. Übergeordnetes Ziel dabei ist die Erarbeitung einer Rekonstruktion des ilkhaniatischen Stadtplans von Tabriz, der auch die Areale der Ghāzāniye und des Rab'-i Rashidi in ihren verschiedenen historischen Phasen vor dem Hintergrund der geographischen Daten darstellt.

Ausgehend von den stadtgeschichtlichen Quellen wurden auch an das Areal des Rab'-i Rashidi angrenzende Gebiete begangen und damit begonnen, die Informationen der Stiftungsurkunde zur Wasserversorgung mit topographischen Daten in Tabriz abzugleichen.

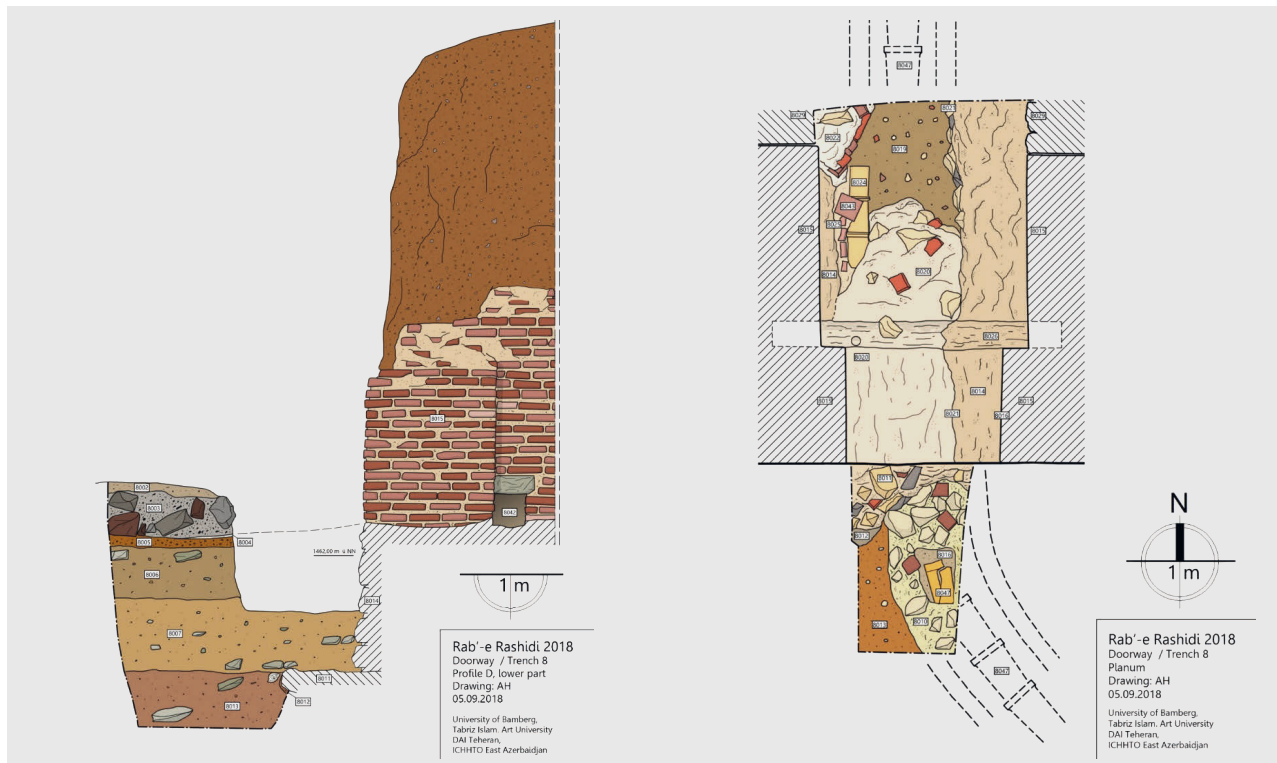


Abb. 7: Grabungsschnitt 8, Profil D, digitalisierte und überarbeitete Profil- und Planumszeichnung; erkennbar sind die Ausmauerung der Torsituation mit Backstein in einer älteren Stampflehmmauer (Profil) und die großvolumige Wasserleitung unter der Torsituation (Planum) [Heidenreich 2018].

### Gesellschaftliche Relevanz – Nutzung der Ergebnisse

Zum jetzigen Zeitpunkt besteht dringender Bedarf, die Bedeutung des geschützten Areals der örtlichen Bevölkerung nahezubringen. Obwohl jegliche Aktivitäten auf dem Areal strikt untersagt sind, wurde eine größere Anzahl an illegalen Bauten am Rande der Ruinenstätte errichtet. Diese rezenten Baumaßnahmen haben die bestehende Substanz angegriffen und drohen sie ernsthaft zu schädigen. Daher schließt das beantragte Programm einen Maßnahmenkatalog zur Stabilisierung und Erhaltung der Ruinen und die Erarbeitung einer touristischen Infrastruktur wie Wegeleitsystem und Informationstafeln ein. Gleiches gilt für die Beteiligung an deutsch-iranischen Konferenzen, Workshops und öffentlichen Ausstellungen, gemeinsam mit Kollegen und Studenten der TabrizIAU und ICHHTO.

### Ausblick

Über den Projektantrag „Tracking the Mongol Presence in Iran: Seasonal Routes of Migration and Building Activities“ werden die archäologischen und bauhistorischen Untersuchungen am Rab'-i Rashidi in das DFG-Schwerpunktprogramm “The Iranian Highlands: Resilience and Integration in Pre-Modern Societies” (SPP 2176) eingebunden und sollen mit weiteren Feldforschungen ab 2021

ausgeweitet werden. In einer künftigen Projektphase ist geplant, historische und archäologische Quellen zur Geschichte Nordwest-Irans nicht nur im Hinblick auf repräsentative Architektur und Städtebau auszuwerten, sondern auch die saisonalen Residenzen der Ilchane zu erfassen. Hierzu liegen bereits erste Arbeiten iranischer Archäologen vor (Velayati 2018).

(Lorenz Korn, Anna Luib)

FUCHS, Christian: *Tabrīz, Iran. Die Südbastion auf dem Gelände des Rab'-e Rashīdī: Untersuchungen zur Baugeschichte. Die Arbeiten des Jahres 2017*, in: e-Forschungsberichte 2.2017, 100-106. <https://publications.dainst.org/journals/efb/1995/6187>.

FUCHS, Christian / HEIDENREICH, Anja: *Das ilkhanidische Tabrīz: Bauforschende und archäologische Untersuchungen zum Rab'-i Rashīdī. Die Arbeiten des Jahres 2018*, in: e-Forschungsberichte 1.2019, 116-130. <http://test.publications.dainst.org/journals/index.php/efb/article/view/2186>.

HOFFMANN, Birgitt: *Waqf im mongolischen Iran. Radīduddīns Sorge um Nachruhm und Seelenheil*, Freiburger Islamkundliche Studien 20, Stuttgart 2000.





DENKMALPFLEGE / HERITAGE CONSERVATION

Der Arbeitsbereich Denkmalpflege im KDWT steht für eine geistes- und kulturwissenschaftliche Heritage-Forschung, die darauf abzielt, international anschlussfähige Forschungsergebnisse verstärkt in praxisrelevante Felder zu vermitteln und Themen und Strömungen der internationalen Heritage-Forschung kritisch zu reflektieren.

### Verzahnung unterschiedlicher Forschungsperspektiven

Die seit 2016 erarbeiteten Themenschwerpunkte *Stadt und Denkmalpflege* und *Werte und Inwertsetzung, Partizipation* konnten u.a. durch die gezielte Einwerbung hochrangiger Drittmittelprojekte profiliert und ausgebaut werden. Insbesondere konnten die Sichtbarkeit und internationale Vernetzung auf relevanten Gebieten der Heritage-Forschungen deutlich gesteigert werden. Die mit Gründung des KDWT gesetzten Forschungsschwerpunkte haben sich als produktive Wahl erwiesen; in beiden konnte das KDWT wichtige Impulse in internationale Debatten vermitteln. Nicht vorhersehbar war in diesem Ausmaß, dass sich in der engen Zusammenarbeit innerhalb des Arbeitsbereiches oft gerade Inputs und Perspektiven des jeweils anderen Feldes als besonders fruchtbar erwiesen, insbesondere, weil hier systematisch objektbezogene und gesellschaftliche Fragestellungen aufeinander bezogen werden konnten.

Ein gutes Beispiel dafür ist das in Kooperation mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege durchgeführte Projekt *Kommunales Denkmal-konzept Bayern*, derzeit in der Schlussphase des zunächst auf fünf Jahre angelegten Projektes, das sich zu einem regelrechten Querschnittprojekt entwickelt hat (s. Berichte des KDWT 1, 2019, 18–21 und unten, 36–39). U.a. durch Workshops wurde der wissenschaftliche Austausch vertieft, etwa mit dem *Arbeitskreis Stadterneuerung an deutschsprachigen Hochschulen*. Fragen der Planung und Erhaltung stehen hier ganz selbstverständlich neben denen von gesellschaftlichen Bewertungsprozessen. Die Corona-bedingt in den November 2020 verschobene Abschlusstagung *Ort und Prozess. Verhandlungen von Erbe vom urbanen bis zum ländlichen Raum* stellt Strategien und Praktiken zur Aushandlung von Werten in Ortsentwicklungsprozessen in den Fokus und führt explizit Fragestellungen beider Profildbereiche zusammen. Auf dem Gebiet der Vernetzung und internationalen Sichtbarkeit sind in den letzten Jahren Fortschritte erzielt worden, die unsere Erwartungen bei Weitem übertroffen haben. Das im ersten Bericht vorgestellte Projekt *Geplantes Erbe* (s.

Berichte des KDWT 1, 2019, 14–15) wurde mit internationaler Ausrichtung weitergeführt und hat, insbesondere durch erfolgreiche internationale Tagungen und eine ganze Reihe englischsprachiger Publikationen, wesentlich dazu beigetragen, die Stadtforschung am KDWT über Deutschland hinaus sichtbar zu machen (s. *Townscapes in Transition*, Berichte des KDWT 1, 2019, 34–35 und unten, 60–61). Diesem Ziel dient auch das Publikationsprojekt des Verfassers, *Cities and their Heritage*, das neben grundlegenden theoretischen Texten zur Stadtforschung Fallstudien zu zahlreichen Städten in Europa, Amerika und Asien in einer englischsprachigen Veröffentlichung zusammenführt: Ergebnisse, die über mehrere Jahre hinweg erarbeitet worden sind und die ohne Ressourcen des KDWT so nicht hätten erzielt werden können (s. *Cities and Their Heritage*, 58–59).

Auch das international derzeit aktuelle Thema *Emotion und Erbe* (s. 54–57) bot die Möglichkeit, das KDWT national und international weiter zu vernetzen, unter anderem mit dem an der Technischen Universität Berlin und der Bauhaus-Universität Weimar angesiedelten Graduiertenkolleg 2227 *Identität und Erbe*, in dem der Verfasser als Assoziierter mitwirkt, und zwei KDWT-Mitarbeiterinnen, Svenja Hönig und Lisa Marie Selitz, mit ihren Dissertationsprojekten als Kollegiatinnen tätig sind. Ermöglicht durch das IPID4all-Stipendium (DAAD-/BMBF-gefördert), konnte Svenja Hönig ein Feldforschungsprojekt in Harlem, NYC (USA) realisieren. Das Bridges Network-Programm des DAAD ermöglichte eine neue Kooperation mit der Deakin University in Melbourne (Australien), die in den Critical Heritage Studies ein großes Renommee besitzt. Anlässlich eines Forschungsaufenthalts von Prof. Dr. Andrea Witcomb von der Deakin University am KDWT wurden konkrete Projekte auf dem Feld *Emotion und Erbe* angebahnt, die durch ein Mercator-Fellowship der DFG und die Etablierung eines internationalen Forschungsnetzwerks im Rahmen eines DFG-Antrags (Stephanie Herold, Herbst 2020) weiter institutionalisiert werden sollen.

### Vernetzung und internationale Sichtbarkeit

Die Strategie, die wissenschaftlichen Mitarbeiter\*innen und insbesondere die Postdocs mit in die inhaltliche und strategische Projektverantwortung zu nehmen, hat sich in jeder Hinsicht bewährt. Beide Wissenschaftlerinnen im Postdoc-Stadium im Arbeitsbereich Denkmalpflege, Carmen M. Enss und Stephanie Herold, haben inzwischen eigene DFG-Projekte eingeworben und



darüber hinaus ganz wesentlich zur Sichtbarkeit und zur internationalen Vernetzung des KDWT beigetragen. Das seit April 2019 DFG-geförderte Projekt *Kriegschadensaufnahmen* (s. Berichte des KDWT 1, 2019, 16–17 sowie unten, 40–43) konnte nach kurzer Zeit durch Archivrecherchen die empirische Untersuchungsbasis so stark vergrößern, dass die DFG im Dezember 2019 eine weitere wissenschaftliche Stelle nachbewilligt hat. Darüber hinaus sind inzwischen beeindruckende Folgeprojekte auf den Weg gebracht worden, die nicht nur die internationale Aufmerksamkeit für den im KDWT zusammen mit der Universität Ottawa entwickelten Forschungsansatz bezeugen, sondern im Bewilligungsfall eine Gruppe von Nachwuchsforscher\*innen unter der Leitung von Carmen M. Enss nach Bamberg holen und an das KDWT binden werden (Vollantrag im BMBF-Programm *Kleine Fächer – Zusammen stark* eingereicht 06/2020). Doch auch heute schon zeichnet sich ein um das KDWT entstehendes beeindruckendes Netzwerk von internationalen Forscher\*innen ab, das in produktivem Austausch miteinander steht und Forschungsthemen geschickt zu setzen weiß (s. *Kriegszerstörung – Kartierung – Transformation*, 44–47).

Für den Profilierungsschwerpunkt *Werte und Inwertsetzung, Partizipation* hat Stephanie Herold ebenfalls ein hochkarätiges DFG-Projekt einwerben können, in dem das KDWT mit dem Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS) in Erkner kooperiert. Im Herbst 2019 gestartet, kann das Projekt bereits mit einer beeindruckenden Liste von Workshops und Publikationen aufwarten (*Architektur und Planungskollektive der DDR*, s. Berichte des KDWT 1, 2019, 28–29 sowie unten, 48–51). Eine Ende des Jahres 2020 in Bamberg ausgerichtete internationale Tagung zu diesem Themenfeld wird das KDWT weiter als einen Ort architekturhistorischer und denkmaltheoretischer Spitzenforschung etablieren. Auch auf diesem Gebiet ergaben sich positive Synergieeffekte, die zu einer weiteren Profilierung des KDWT beigetragen haben. Aufgrund der Forschungen zu Großsiedlungen in Franken und den beiden bereits genannten DFG-Projekten der beiden Forscherinnen zu *Kriegschadensaufnahme* und *Architekturkollektiven* wurde Carmen M. Enss ins Managementkomitee der COST-Action 18137 *European Middle Class Mass Housing* berufen, mit der das KDWT in der Mitarbeit in einem europäischen Verbund an Sichtbarkeit gewinnt (s. *Siedlungen und große Wohnanlagen der Nachkriegsjahrzehnte*, 52–53).

### Vermittlung und Lehre

Insgesamt überaus beeindruckend ist der große Output an Publikationen, Vorträgen und anderen Vermittlungsformaten der Mitarbeiter\*innen der Arbeitsgruppe Denkmalpflege im KDWT, die ein ganz außergewöhnliches Engagement erkennen lässt und sichtbar von den exzellenten Forschungsbedingungen am KDWT ganz wesentlich profitiert (s. *Transfer*, 196–223). Ein weiterer positiver Effekt des Kompetenzzentrums, der bei Konzeption des KDWT so nicht vorhersehbar war, ist das Ausmaß, in dem die Lehre und insbesondere der Masterstudiengang Denkmalpflege von den Ergebnissen und Diskussionen der Forschungsprojekte profitieren können. Von einer vorbildlichen Verknüpfung von Forschung und Lehre legen inzwischen zahlreiche Lehrveranstaltungen Zeugnis ab, so etwa die Einbeziehung des Kommunalen Denkmalkonzepts in die zusammen mit Kolleg\*innen vom BLfD durchgeführten Praxiswochen oder die Lehrforschungsprojekte (*Bauten der 60er und 70er Jahre in Franken, Heimat(gefühle), Kriegsschadenskarten*). Auch die in Estland in Zusammenarbeit mit der Estnischen Kunstakademie in Tallinn durchgeführte und von der Bundesbeauftragten für Kultur und Medien (BKM) und der Böckler-Mare-Balticum-Stiftung geförderte internationale Summer School *German Heritage in Eastern Europe. Comparing Narratives, Finding New Perspectives* (s. 62–63) zeigte anschaulich die Potenziale einer Engführung von Lehre und Forschung – und ermöglichte darüber hinaus eine Vernetzung auf internationaler Ebene, die wir, soweit es uns die Ressourcen ermöglichen, energisch fortführen werden.

### Labor für Dendrochronologie

Auch das Labor für Dendrochronologie unter der Leitung von Thomas Eißing ist ein herausragendes Beispiel dafür, wie Spitzenforschung und Lehre in Bamberg eng geführt werden. Auch Dank der bis 2020 im KDWT gesicherten und derzeit zur Verlängerung beantragten Laborantenstelle (Susanne Schödel) können im Masterstudiengang regelmäßig Seminare und Praxiswochen zur Dendrochronologie und Gefügekunde stattfinden, die häufig in entsprechend spezialisierte Masterarbeiten münden. Auch das vom KDWT finanzierte Projekt zur *Digitalisierung des umfangreichen dendrochronologischen Archivs* (s. 64–67) ist so nur durch eine feste Laborantenstelle durchführbar. Es schreitet zügig voran und wird voraussichtlich bis Ende 2020 abgeschlossen werden können. Perspektivisch soll das auch international exzellent

vernetzte Labor zu einem Referenzlabor Dendrochronologie ausgebaut werden, um im KDWT einen weiteren fachlichen Schwerpunkt fest zu verankern. Der Fokus soll in den nächsten Jahren auf der mobilen zerstörungsfreien Erfassung von Jahresringen (CT-Technologie) und einer weiteren Spezifikation der Holzherkunftsanalyse / Dendro Provenancing durch Stabilisotopenanalyse liegen.

### Resümee

Als Resümee ließe sich formulieren, dass sich die in den Anfangsjahren des KDWT gesetzten Schwerpunkte des Forschungsbereichs weiter etablieren und profilieren konnten. Durch enge Vernetzungs- und Kommunikationsstrukturen innerhalb des KDWT wie auch in die universitären und außeruniversitären Wissens- und Praxisfelder ließen sich große Synergieeffekte erzielen. Hervorzuheben sind die Quantität und Qualität der eingeworbenen Drittmittelprojekte und die große Anzahl der zwischenzeitlich in den Arbeitsbereich Denkmalpflege angesiedelten wissenschaftlichen Stellen, durch die dem KDWT

eine entscheidende Rolle in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses zukommt, die den erfolgreichen Masterstudiengang Denkmalpflege auf ideale Weise ergänzt. Weiter hervorzuheben ist die große Sichtbarkeit des KDWT, die durch die unterschiedlichen, über den europäischen Raum hinaus aktivierten Forschungsnetzwerke weiter ausgebaut werden wird. Das KDWT spielt national wie international inzwischen eine wichtige Rolle im sich zunehmend ausdifferenzierenden Feld der Denkmalwissenschaften und nimmt insofern eine Sonderrolle ein, weil es als ein breit interdisziplinäres Kompetenzzentrum Freiräume für innovative Forschungen eröffnet, die im universitären Betrieb so sonst kaum möglich wären. Um weiterhin auf diesem Niveau – und in der Regel drittmittelfinanziert – forschen zu können und den wissenschaftlichen Standort Bamberg weiter zu stärken, ist das KDWT allerdings auf eine Fortführung der Förderung in vergleichbarer Größenordnung wie in den letzten fünf Jahren angewiesen.

*(Gerhard Vinken)*

## Das Kommunale Denkmalkonzept Bayern (Koop. BLfD)

### Integrierte städtebauliche Denkmalpflege



Abb. 1: Instrumente einer historisch informierten Stadtentwicklung wurden im Praxisworkshop zum Kommunalen Denkmalkonzept im Sitzungssaal Mühldorfs am Inn diskutiert [Selitz 2019].

Leitung:	Prof. Dr. Gerhard Vinken
Bearbeitung:	Lisa Marie Selitz M.A.
Partner:	Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (BLfD), Referat Bürgerbeteiligung und städtebauliches Erbe: Dr. Thomas Gunzelmann, Dr. Gerhard Ongyerth, Judith Sandmeier M.A.
Laufzeit:	2016–2020
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege

Städtebauliche Denkmalpflege lässt sich definieren als die aktive Einbringung baukulturellen Erbes in die Ortsentwicklung. Städtebauliche Denkmalpflege wird so zu einem Leitbild einer historisch informierten und reflektierten Planungspraxis.

Ziel des *Kommunalen Denkmalkonzepts Bayern* (KDK) ist es, diesem impliziten Leitbild auf lokaler

Ebene Anwendungsrelevanz zu verschaffen und Ortsentwicklungsprozesse auf der Grundlage tradierter räumlicher Strukturen und erhaltenswerter Bausubstanzen zu initiieren. Derzeit konnten ca. 50 solcher KDK-Prozesse angestoßen werden. Das informelle Planungsinstrument KDK lebt dabei davon, dass es nicht nur als Fachplanung verstanden wird, sondern dass Erfassung, Bewertung, Planung und Umsetzung im engen Austausch mit Verantwortlichen, Betroffenen, Kritischen und Engagierten ausgehandelt werden. Das KDK bietet für diesen Austausch Impuls, Plattform sowie fachliche Unterstützung.

Nach der intensiven Zusammenarbeit des KDWT und des BLfD in ausgewählten Kommunen in der ersten Hälfte der Projektlaufzeit (vgl. Berichte des KDWT 1, 2019, 18–21) lag der praktische Fokus der Kooperation in der zweiten Hälfte auf der Reflektion der Einbindung des KDK in übergeordnete Planungsprozesse, auf dem Ausbau fachübergreifender Kooperationen und auf Aspekten der Aus- und Weiterbildung. Eine theoretische Perspektive auf die Verknüpfung von städtebaulicher Denkmalpflege, Stadterneuerung und dem Verhandlungsgegenstand der „Partizipation“ erarbeitet Lisa Marie Selitz in ihrem Dissertationsvorhaben *Erhalten – Erneuern – Beteiligen. Partizipation als Verhandlungsgegenstand der städtebaulichen Denkmalpflege im Kontext der Stadterneuerung* (Arbeitstitel). Vom engen Konnex von Bürgerbeteiligung und städtebaulichem Erbe zeugt auch die interne Umstrukturierung am BLfD zu dem neuen gleichnamigen Querschnittsreferat, das seit Anfang des Jahres 2020 als Kooperationspartner auftritt.

#### Das KDK als integrierte Praxis

Im Spannungsfeld von Erhalt und Entwicklung stellt das KDK eine kommunale wie denkmalfachliche Planungsleistung dar. Obwohl diese auch eigenständig und unabhängig erarbeitet werden kann, muss sie oft direkt auf bereits existierende Planwerke wie auch aktuelle Planverfahren reagieren: integrierte Stadtentwicklungskonzepte, Gemeindeentwicklungskonzepte, ländliche Entwicklungskonzepte mit besonderem Handlungsbedarf innerhalb der Identifikationsbereiche „Altort“, aber auch Fachbeiträge wie vertiefte städtebauliche Untersuchungen und Denkmalpflegerische Erhebungsbögen (DEB). Gerade informelle Planwerke, die Anpassungserfordernisse verschiedenster Art





Abb. 2: Die UNESCO-Welterbestadt Regensburg diente als Veranstaltungsort des Fachdialogs „Stadterneuerung und Denkmalpflege: Geschwister oder Antipoden?“ [Selitz 2019].

durch lokal abgestimmte Abwägungen innerhalb von ebenso unterschiedlichen Siedlungsräumen zu verbessern suchen, sind für viele Gemeinden ein Einstieg in übergeordnete Förderprogramme. Vielfach bieten diese Planwerke bereits Anknüpfungspunkte für die städtebaulich-denkmalpflegerische „Tiefenbohrung“. In Kooperation mit Partnern aus der Städtebauförderung und den Ämtern für ländliche Entwicklung konnten bereits verschiedene KDK nicht nur als nachträgliche oder vertiefende Ergänzungen, sondern als integrale Bestandteile dieser weiter gefassten Planungen etabliert werden oder diese selbst initiieren.

Die präventive und proaktive Herangehensweise des KDK hat im Gegensatz zu anderen Planungsverfahren keine festen Aufnahmekriterien und formellen Verfahrensrahmen. Diese Offenheit ermöglicht es, dass Kommunen, die das städtebaulich-baukulturelle Erbe zum Ausgangspunkt der Weiterentwicklung nehmen wollen, das Instrument niedrigschwellig in Anspruch nehmen können. Auf diese Weise leistet das KDK einen Beitrag zum Schutz erhaltenswerter Bausubstanz, bedeutender städtebaulicher Strukturen und ortsbildprägender Einheiten – immer mit einem Fokus auf der kommunalen Willensbildung. Die Verankerung der gemeinsam mit Bewohner\*innen, Verwaltung und Politik entwickelten Zukunftsperspektiven wie auch die Ergebnisse der Ergründung der stadträumlichen Vergangenheit vor Ort sind entscheidend, um Nachhaltigkeit in der Planungspraxis zu erzeugen.

Die Bereitschaft zur Diskussion, zur fachlichen Positionierung und Förderung hat bereits mancherorts zu Synergien und einer neuen Diskussionskultur beigetragen. Eine Tatsache, die für die

nachhaltige kommunale Planung von besonderer Bedeutung ist.

### Neue Partnerschaften

Die „integrierte Praxis“ des KDK haben wir zum Anlass genommen, den bereits begonnenen wissenschaftlichen Austausch außerhalb der Denkmaldisziplin mit dem *Arbeitskreis Stadterneuerung an deutschsprachigen Hochschulen* weiter zu vertiefen. In einer Folgekooperation mit dem Fachgebiet Stadtumbau und Ortsentwicklung der TU Kaiserslautern fand u.a. der Fachdialog *Stadterneuerung und Denkmalpflege. Geschwister oder Antipoden?* zu Gast in der Welterbestadt Regensburg statt. Hierbei konnten neben theoretischen und praktischen Reflexionen auch Einblicke in das komplexe Zusammenspiel von Erneuerung, Entwicklung, Planung, Denkmalpflege und Welt erbmanagement erlangt werden. Das KDK als zu diskutierender Fachbeitrag stellte sich gerade



Abb. 3: Das kommunale Instrument der Gestaltungs-satzung und die Ansprüche in einem hochkarätigen Ensemble führen u.a. auch zu kreativen Gestaltungslösungen, hier z.B. am Regensburger Arnulfplatz [Selitz 2019].



Abb. 4: Typisch für den ensemblesgeschützten Stadt-  
platz Mühldorfs sind die horizontalen Giebelmauern  
der Bürgerhausfassaden. Auch das Rathaus, Veran-  
staltungsort des Praxisworkshops, ordnet sich der ein-  
heitlichen Gestaltung unter [Selitz 2019].



Abb. 5: Zum ehemaligen Mühldorfer Stadtwall hin  
nimmt die Gebäudehöhe ab und lässt so u.a. den frei-  
en Blick auf das mittelalterliche Münchener Tor zu.  
Da die Brauerei hinter den niedrigen Mauern zum  
Grünring aufgegeben wird, diskutierten die Teilneh-  
menden historische Charakteristika des Gebiets und  
Möglichkeiten einer angepassten Revitalisierung [Se-  
litz 2019].

durch die Flexibilität und Diskussionsoffenheit als geeigneter Ansatz mit großem Erweiterungspotential heraus – auch über Bayern hinaus. Neben der stärkeren Verknüpfung mit anwendungsbezogenen Wissenschaften konnte auch die akademisch-wissenschaftliche Vernetzung durch die Assoziation im DFG-Graduiertenkolleg *Identität und Erbe* der TU Berlin und der Bauhaus-Universität Weimar wie auch durch den Austausch

mit dem DFG-Graduiertenkolleg *Kulturelle und technische Werte historischer Bauten* an der BTU Cottbus-Senftenberg weiterhin vertieft werden.

## Städtebauliche Denkmalpflege als aktive Prozessgestaltung

Wie jeder Planungsprozess, in dem eine Vielzahl von Akteur\*innen miteinander in Aus- und Verhandlungen treten, ist auch die städtebauliche Denkmalpflege in der Ortsentwicklung abhängig von Prozessverläufen, divergierenden Interessenslagen und Wissensbeständen sowie dem Engagement derjenigen, die sich in den Prozess einbringen. Der Aufbau einer offenen Diskussionskultur stellte im KDK so vielfach ein entscheidendes Moment in der Konzepterstellung dar.

Versteht man den Prozess des „Erbens“ als eine bewusste gesellschaftliche Aneignung der Vergangenheit, dann ist weniger das fachliche Planwerk das bedeutende Endprodukt des Konzeptes, sondern eben die Verhandlung des städtebaulichen Erbes – dessen Konzeption. Denn erst durch Bewertungs-, Selektions- und Aushandlungsprozesse kommt es historisch und gegenwärtig zu den materiellen Überlieferungen und immateriellen Zuschreibungen von Siedlungsräumen, die es in der städtebaulichen Denkmalpflege zu berücksichtigen gilt. In der innerhalb des Kooperationsprojekts und den KDWT-Forschungsschwerpunkten *Stadt und Denkmal / Werte, Inwertsetzung, Partizipation* konzipierten Tagung *Ort und Prozess. Verhandlungen von Erbe vom urbanen bis zum ländlichen Raum* sollen Strategien und Praktiken zur Aushandlung von Werten in Ortsentwicklungsprozessen in den Fokus gestellt werden, die darauf abzielen, bauliche und ideelle (Dis-)Kontinuitäten zu erzeugen. Die Tagung will somit weniger die Ergebnisse dieser Verhandlungen um materielles Erbe thematisieren – wie es in der Denkmalpflege oft üblich ist –, als dass sie deren Rahmenbedingungen durch theoretische Annäherungen und konkrete Ortsanalysen untersuchen will. Die angenommenen Vorschläge zu Tagungsbeiträgen, die auch zur Publikation vorgesehen sind, versprechen ein großes Innovationspotential. So werden in der Tagung neben historischen wie aktuellen denkmalpflegerischen „Aushandlungsansätzen“ auch Fragen stadträumlicher Aneignung und gesellschaftlicher Teilhabe behandelt, die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch politische Krisen, umstrittene architektonische Wertigkeiten und transkulturelle Ansätze *urban* bzw. *rural heritage* abdecken.



### Weiterbildung und Nachwuchsförderung

Die Aus- und Fortbildung von Nachwuchswissenschaftler\*innen und Planungspartner\*innen in den Ansätzen und praktischen Instrumenten des KDK stellten sich in der Kooperation als entscheidendes Desiderat für die Verstetigung und langfristige Umsetzung des Planungsinstruments heraus. Zu diesem Zweck wurden in einem Praxisworkshop in Mühldorf am Inn Planungsbüros und interessierte Planer\*innen zur Vorstellung, Diskussion und Erprobung des Konzepts geladen. Die Bedeutung der Planer\*innen und die an sie gestellten Anforderungen in der oft zeitintensiven Prozess- wie auch Diskussionsgestaltung und -moderation sind nicht zu unterschätzen – gerade, da neben der fachlichen Positionierung auch die Verknüpfung zu Beteiligungsverfahren im Herzen des KDK steht.

Über den Workshop hinaus finden die Inhalte des KDK und der Schwerpunkt der städtebaulichen Denkmalpflege auch im Masterstudiengang Denkmalpflege in Kooperationsformaten in Lehre und Forschung Berücksichtigung, u.a. in den regelmäßig in Kooperation mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege durchgeführten Anwendungswochen zur „Städtebaulichen Denkmalpflege in der Praxis“.

Masterarbeiten in diesem Themenkomplex führen immer wieder zu bemerkenswerten Ergebnissen. Herausragende Forschungsarbeiten von Absolvent\*innen zu Themen des städtischen Erbes und der Denkmalpflege auf stadträumlicher Ebene sind inzwischen von Lisa Marie Selitz und Sophie Stackmann unter dem Titel *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in historischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege* in einem Sammelband herausgegeben worden (Printformat 2018, 2019 als Open-access-Format). Dies ist auch ein Beleg für die produktive Nachwuchsförderung im Rahmen des Forschungsschwerpunkts *Stadt und Denkmal* am Arbeitsbereich Denkmalpflege des KDWT.

(Lisa Marie Selitz)

---

SANDMEIER, Judith / SELITZ, Lisa Marie: *Das Kommunale Denkmalkonzept Bayern. Städtebauliche Denkmalpflege als integrierte Praxis*, in: SCHMIDT, Holger et al. (Hg.): *Stadterneuerung in Klein- und Mittelstädten*, Jahrbuch Stadterneuerung (erscheint 2020).

SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie (Hg.): *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in his-*

*torischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege* [= *The Ascription of Values and Logics in Planning within Historic City Spaces. New Contributions to the Conservation of Urban Heritage*], Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 7, Bamberg 2019, 9–11 (<https://doi.org/10.20378/irbo-53592>).

SELITZ, Lisa Marie: *Erhalten – Erneuern – Beteiligen. Partizipation als Verhandlungsgegenstand der städtebaulichen Denkmalpflege im Kontext der Stadterneuerung*, Dissertation, finanziert durch KDWT-Eigenmittel, 2016–2021.

---

MICHLER, Annegret / SELITZ, Lisa Marie: *Vermittlungs- und Beteiligungskonzepte im KDK in Theorie und Praxis*, Praxisseminar für Planer: Das Kommunale Denkmalkonzept, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Mühldorf am Inn 17.10.–18.10.2019.

SANDMEIER, Judith / SELITZ, Lisa Marie: *Engagement für die historische Stadt. Einsatz und Wirkung am Beispiel des KDK Viechtach*, Fachdialog Stadterneuerung und Denkmalpflege. Geschwister oder Antipoden?, eine Kooperation des KDWT, des Fachgebiets Stadtumbau+Ortserneuerung der TU Kaiserslautern und des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege zu Gast bei der Stadt Regensburg 03.04.2019.

SELITZ, Lisa Marie: *Konzeption und Organisation der Tagung Ort und Prozess. Verhandlungen von Erbe vom urbanen bis zum ländlichen Raum*, gemeinsam mit ENSS, Carmen / GUNZELMANN, Thomas (BLfD) / HEROLD, Stephanie / SANDMEIER, Judith (BLfD) / VINKEN, Gerhard, Bamberg 26.11.–28.11.2020 (verschoben vom 14.05.–16.05.2020).

SELITZ, Lisa Marie: *Kommunale Denkmalpflege zwischen lokaler Wertschätzung und institutioneller Verankerung in der Stadterneuerung*, Doktorandenkolloquium DFG-Graduiertenkolleg 1913 „Kulturelle und technische Werte historischer Bauten“, Cottbus 12.06.2019.

VINKEN, Gerhard: *Stadterneuerung und Denkmalpflege: Geschwister oder Antipoden?* Fachdialog Stadterneuerung und Denkmalpflege, veranstaltet durch das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege (BLfD), die Technische Universität Kaiserslautern und das KDWT, Regensburg 03.04.2019.

## Kriegsschadensaufnahme des Zweiten Weltkriegs in deutschen Städten als Heritage-Making Moment



Abb. 1: Schadenskarte Denkmalschutzstelle Augsburg 1944; Ausschnitt [Stadt Augsburg, Untere Denkmalschutzbehörde].

Leitung:	Dr.-Ing. Carmen M. Enss
Bearbeitung:	MMag. Dr. Birgit Knauer, Georg Sedlmeyer M.A.
Partner:	Carleton University Ottawa: Prof. Dr. Jerzy Elżanowski,
Laufzeit:	2019–2022
Finanzierung:	Deutsche Forschungsgemeinschaft (Projektmittelaufstockung Dez. 2019 für den Schwerpunkt Nürnberg, ebenfalls durch die DFG)

Im Zweiten Weltkrieg entstanden für die meisten Städte in Deutschland Kriegsschadenskarten und -listen, welche Verluste dokumentierten und einen späteren Wiederaufbau vorbereiteten. Im Laufe des Kriegs und im Zuge der Aufbaumaßnahmen selbst kamen weitere heterogene Dokumente hinzu, anhand derer die Aufbauprozesse selbst, aber auch die Prioritäten, welche Städte bei Gebäudesicherung und Wiederaufbau setzten, genauer erforscht werden können (vgl. Abb. 1). Solche

Kriegsschadensaufnahmen bilden in Archiven einen bislang kaum erforschten Quellenbestand zur Stadtbaugeschichte, den das Forschungsprojekt erschließt und für weitere Forschungen zugänglich macht.

Das Projektteam in Bamberg, das seit Frühjahr 2019 aus der Leiterin Carmen M. Enss, Projektmitarbeiter Georg-Felix Sedlmeyer und zwei studentischen Hilfskräften besteht, entwickelt in Kooperation mit dem Fachbereich Heritage Conservation der Carleton University in Ottawa (Kanada) einen digitalen Atlas ([wardamageatlas.org](http://wardamageatlas.org)) zur nationalen und internationalen Erschließung und Erforschung von Schadenskarten. Seit Frühjahr 2020 wird das Team, dank einer Mittelaufstockung durch die DFG, mit Birgit Knauer im neuen Schwerpunkt Nürnberg verstärkt.

Neben der Dokumentation materieller Zustände informieren Schadensaufnahmen auch über die in den Städten nach Kriegsende noch erhaltenen, kulturell bedeutsamen historischen Bauten und Strukturen und geben so Hinweise darauf, wie die damaligen Akteure deren Zukunftsfähigkeit einschätzten. Karten und Inventarlisten waren Grundlagen für Aufbau- und Abbruchentscheidungen. Somit sind Schadensaufnahmen für Städte Zeugnis eines „Heritage-Making Moments“. Thematisch ist das DFG-Projekt konsequent auf die Erforschung historischer Bewertungs- und Aneignungsprozesse von gebautem Erbe in der Stadt ausgerichtet und dem Profilierungsschwerpunkt *Stadt und Denkmal* am KDWT zugeordnet.

### Interpretation und historische Kontextualisierung von Schadenskarten

Kriegsschadenserhebungen und insbesondere -karten wurden in der bisherigen Forschung meist nur als eine Darstellung der Zerstörung verstanden. Ihre Funktionen im Wiederaufbauprozess und ihre Bedeutungen für urbanes Kulturerbe gehen aber nach den bisherigen Erkenntnissen weit darüber hinaus. Die Archivrecherchen zeigten, dass unterschiedliche städtische Institutionen (Kriegsschädenämter, Polizei oder Hoch- und Tiefbauämter, aber auch Denkmalbehörden) an Schadenserfassungen beteiligt waren. Die Motive dieser vielfältigen Schadenserhebungen lagen oft weit auseinander. Je nach Verwendung einer Schadenskarte erwachsen aus ihr ganz unterschiedliche mittelbare und unmittelbare Konsequenzen

für die Bausubstanz und die weitere Aufbauplanung. Die Forschung konzentriert sich daher besonders auf die historischen Zusammenhänge und die Akteure, welche Schadensaufnahmen erstellten und benutzten.

Um Schadensaufnahmen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Definition und Konstituierung baukulturellen Erbes zu bewerten und zu beurteilen, sind Kenntnisse zu Urhebern dieser Dokumente und ihren Absichten, zum Wissen über die jeweiligen Adressaten und den Entstehungskontext der unterschiedlichen Karten notwendig. Es bedarf ebenso der Kenntnis darüber, welche Bewertungsmuster bei der Feststellung und Darstellung von Zuständen oder Schäden angewandt wurden. Diese Fragen zu beantworten, ist durchaus eine Herausforderung, denn erklärende Schriftstücke werden in den Archiven meist getrennt von den dazugehörigen Schadenskarten aufbewahrt und müssen für eine Untersuchung neu zusammengebracht werden. Dann erst zeigt sich, welche Aussagen mit den Karten zu baulichem Erbe und zur Weiternutzung oder Veränderung bisheriger städtebaulicher Strukturen getroffen werden können. Projektmitarbeiter Georg-Felix Sedlmeyer recherchierte zwischen Juni 2019 und Februar 2020 in den Stadt- und Staatsarchiven in Nürnberg (StadtAN), Hamburg (StaHH) und Hannover (StadtAH), um die Schadensaufnahmen für das Forschungsprojekt sowie auch sein Dissertationsvorhaben zu beforschen. Er spürte bisher unbekannte Schadenskartierungen und Akten zum Wiederaufbau auf und wertete sie aus.

Aus den umfangreichen, neu erschlossenen Dokumentenfunden in Nürnberg und (auf weniger breiter Grundlage) auch in Hamburg und Hannover lässt sich erschließen, dass Schadenserhebungen tiefgehend in den Wiederaufbauprozess verwoben waren und städtische Planungsabsichten mitgestalteten. Manche Kartierungen wurden in Serie gefertigt, andere Karten verwenden zu unterschiedlichen Zeiten und Orten gleiche oder ähnliche Legenden oder bilden zusätzlich einen bestimmten thematischen Schwerpunkt neben der eigentlichen Schadensdarstellung ab. Sie geben beispielsweise flächenhafte Zerstörungen im Stadtgebiet in Prozentangaben an (vgl. Abb. 2) oder verzeichnen Gebäudeschäden nach qualitativen Angaben (unbeschädigt bis total beschädigt). Wiederum andere Karten verbinden Schadensdarstellungen mit einem speziellen thematischen Schwerpunkt – etwa Denkmalwerten. Das Forschungsprojekt hat eine umfangreiche digitale Sammlung an Schadenskarten und begleitenden

Schriftdokumenten für die Städte Augsburg, Nürnberg, Hamburg und Hannover angelegt, die nun für eine weitere Analyse bereitsteht.

### **Projekterweiterung Nürnberger Kartendokumente**

Aufgrund der eigenen Vorarbeiten zu Augsburg und München waren Enss und Sedlmeyer von rund einer Hand voll unterschiedlicher Schadenskarten je Stadt ausgegangen. Allein das Stadtarchiv Nürnberg verzeichnet aber nicht weniger als 120 einzelne Signaturen zu Schadenskarten in einem Umfang von bis zu 40 Blättern.

Wegen dieses außergewöhnlichen und umfangreichen Fundes an Schadenskarten im Stadtarchiv Nürnberg wurde 2019 für die Erweiterung des Hauptprojektes um einen zusätzlichen Projektschwerpunkt eine Mittelaufstockung bei der DFG beantragt. Nach erfolgreichem Verfahren konnte im März 2020 hierfür eine Postdoc-Stelle eingerichtet werden (Birgit Knauer), mit dem Ziel, dieses bisher nahezu unerforschte Plankonvolut zu bearbeiten. Die im Stadtarchiv Nürnberg verzeichnet über 120 Karten können in mehr als 15 verschiedene Kartentypen systematisiert werden. Vielfalt und Größe dieses Bestands sind bisher in Deutschland ohne Vergleich. Die nun im Projektschwerpunkt durch Birgit Knauer durchgeführte vertiefte Erforschung des wertvollen Nürnberger Kartenbestands erfolgt in Kooperation mit dem Stadtarchiv Nürnberg.

Die Nürnberger Schadenskarten dokumentieren und bewerten die Auswirkungen des Krieges auf das Nürnberger Stadtgebiet in unterschiedlichen Detaillierungsgraden und zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Sie visualisieren aber auch den Prozess der Wiederaufbauplanung sowie frühe Aufbaumaßnahmen und zeigen damit Zusammenhänge zwischen der Dokumentation der Kriegsschäden und dem Wiederaufbau der Altstadt auf. Das Kartenmaterial im Stadtarchiv Nürnberg wird durch die Forschung im Detail erschlossen. Neben der Auswertung der Kartendokumente für ein besseres Verständnis des Wiederaufbaugeschehens in Nürnberg soll das Projekt auch die Bedeutung dieser wertvollen Quellen für die Stadt- und Denkmalforschung herausstellen. Wichtiger Bestandteil des Nürnberger Plankonvoluts sind diverse Schadenskarten (aus den Jahren 1943 bis 1952), die den Zustand der Altstadt zu unterschiedlichen Zeitpunkten abbilden und Auskunft über den Zerstörungsgrad der einzelnen Gebäude vor und nach Kriegsende geben. Ein eigens gedruckter Schadensplan war Bestandteil der Auslobungsunterlagen für den



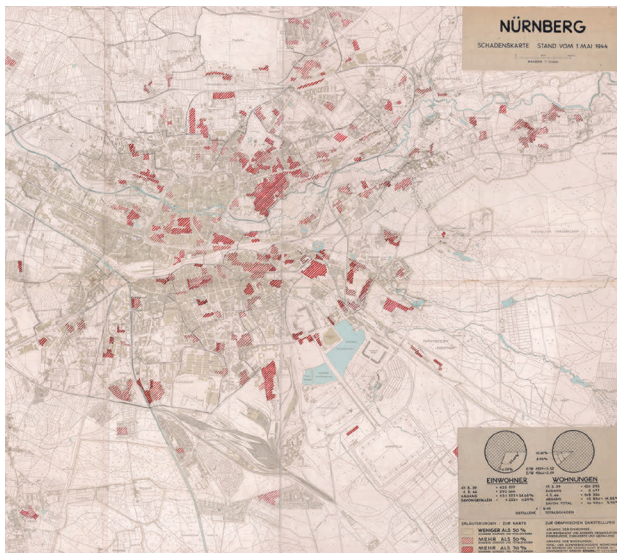


Abb. 2: Nürnberg; Schadenskarte des Arbeitsstabs 1944, 1:10 000 (Originalmaßstab) [Carleton University Archive, Gutschow destruction maps].



Abb. 3: Gegenentwurf zum Grundplan von Heinz Schmeißner und Wilhelm Schlegtendal [Stadtarchiv Nürnberg, A4/X Nr. 41-1].

Wiederaufbauwettbewerb für die Nürnberger Altstadt von 1947, was die Bedeutung dieses Dokuments im Rahmen der Wiederaufbauplanung verdeutlicht. Einzelne Entwurfszeichnungen teilnehmender Architekten wurden direkt auf diesem Schadensplan entwickelt (vgl. Abb. 3) oder nehmen zumindest auf die Schadenskartierung Bezug. Das Spektrum der eingereichten Wiederaufbaupläne reicht dabei von einer hochgradigen Übernahme der überlieferten Stadtstruktur bis hin zu einem nahezu völligen Bruch damit. Somit informieren Schadenskarten in der Zusammenschau mit Wiederaufbauplanungen auch über das damalige Verständnis von historischem Erbe der planenden Akteure. Das Projekt führt also auch Plandokumente unterschiedlicher Zweckbestimmung zusammen, um daraus neue Erkenntnisse zum Wiederaufbaugeschehen zu gewinnen.

Über das vorhandene Planmaterial wird das Projekt aber auch neue Erkenntnisse zu damaligen denkmalpflegerischen Bewertungsmustern und Erhaltungsstrategien einbringen. Besonders genau kartiert wurden in einem kurz nach Kriegsende erstellten Schadensplan zur Nürnberger Altstadt (vgl. Abb. 4) Gebäude von (kunst-)historischer Bedeutung. Ebenfalls im Stadtarchiv wird ein Denkmal-Wertstufenplan (vgl. Abb. 5) aufbewahrt, der den Baubestand der Altstadt vor ihrer flächenhaften Zerstörung in vier Wertstufen klassifiziert, von „historisch wertvoll“ bis kunsthistorisch wenig bedeutend. Die Bausubstanz wurde in den letzten Kriegsjahren und nach Kriegsende mit Hilfe dieser Karten nicht nur in ihrem Erhaltungszustand, sondern auch in ihrer

Erhaltenswürdigkeit bewertet – entsprechend dem damaligen Verständnis von gebautem Erbe. Auf diese Bewertung des Baubestandes wurde in der Wiederaufbauplanung nachweislich zurückgegriffen.

Die Entstehungszusammenhänge der Schadens- und Wertekarten zur Nürnberger Altstadt und ihre Wirkung auf das Wiederaufbaugeschehen sollen im Rahmen des Projektschwerpunktes geklärt werden. In der Zusammenführung mit erläuternden Schriftquellen und Entwurfszeichnungen von Architekten und Stadtplanern lässt sich die Wechselwirkung zwischen Kartieren und Wiederaufbauplanung gut studieren. Das umfangreiche Archivmaterial zeigt die Bedeutung der Karten für die damalige Stadtplanung auf und somit gleichzeitig ihre Relevanz als Quellen für die heutige Stadt- und Denkmalforschung (ein Fachartikel von Birgit Knauer und Carmen M. Enss hierzu ist in Vorbereitung).

## Lehr-Forschungsprojekt „Ruinen und urbanes Kulturerbe“

Carmen M. Enss und Georg-Felix Sedlmeyer haben im Wintersemester 2019/20 das Profilierungseminar *Ruinen und urbanes Kulturerbe. Stadtkartierung in Nürnberg 1942–1952* abgehalten, um aktuelle Forschungsergebnisse für den Masterstudiengang Denkmalpflege / Heritage Conservation der Universität Bamberg fruchtbar zu machen. Die Ergebnisse wurden von Carmen M. Enss und Georg-Felix Sedlmeyer herausgegeben, gemeinsam mit einem Team aus 18 Studierenden (Enss/SEDLMAYER: *Ruinen und urbanes Kulturerbe*, 2020).



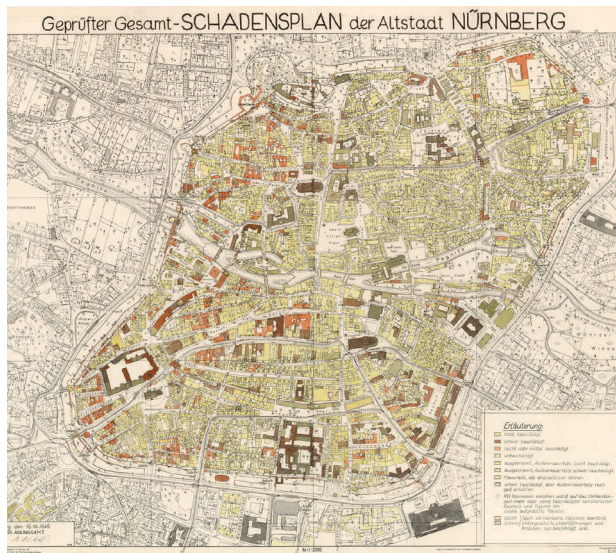


Abb. 4: Geprüfter Gesamtschadensplan 1945 [Stadtarchiv Nürnberg, A 4/VII Nr. 2469].

Im Rahmen des Seminars hatten die Studierenden erstmals die Möglichkeit, sich am Beispiel Nürnbergs quellenkritisch mit Schadenskarten des Zweiten Weltkriegs auseinanderzusetzen. Durch Georg-Felix Sedlmeyers Vorarbeiten konnte Kartenmaterial digital zur Verfügung gestellt und bearbeitet werden. Manchen Karten fehlten grundlegende Hinweise zu Ersteller, Datum oder Verwendung. Zur Ergänzung dieser Informationen stellten die Studierenden eigene Archivrecherchen an, die einerseits die Forschung vorantrieben und in denen die Teilnehmenden andererseits wichtige Forschungstechniken einübten. Ein ergänzendes Tutorium, geleitet von Anke Exner, vermittelte die Fähigkeit zum Arbeiten mit Geoinformationssystemen (GIS) zur Überlagerung und Auskartierung der historischen Dokumente. Im Hinblick auf Bewertungsschemata, Verwendung oder Datierungen der Karten sind durch die Arbeiten der Studierenden teils beachtliche Ergebnisse erzielt worden. Die daraus entstandene Veröffentlichung (Enss/Sedlmeyer 2020) zeigt erstmals die ganze Vielfalt Nürnberger thematischer Stadtkarten der Kriegs- und frühen Nachkriegsjahre. Die Arbeiten machen sichtbar, wie eng die Entstehung der Karten mit der Stadtentwicklung bei Kriegsende und im Wiederaufbau verknüpft sind.

(Carmen M. Enss, Birgit Knauer,  
Georg-Felix Sedlmeyer)

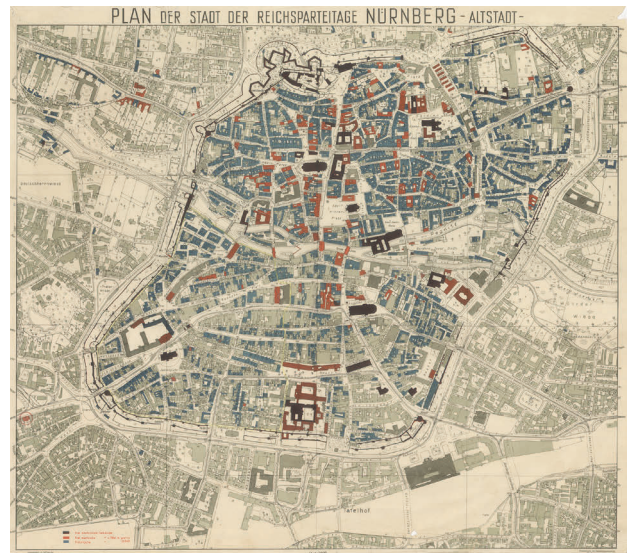


Abb. 5: Denkmal-Wertstufenplan; Datierung ungeklärt, verm. 1943/44 [Stadtarchiv Nürnberg, A 4/X Nr. 210].

ENSS, Carmen M. / SEDLMEYER, Georg-Felix (Hg.): *Ruinen und urbanes Kulturerbe. Stadtkartierung in Nürnberg 1942–1952. Ergebnisse aus dem Profilierungsseminar des Masterstudiengangs Heritage Conservation*, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Bamberg 2020 (<https://doi.org/10.20378/irb-47932>).

ENSS, Carmen M.: *Münchens geplante Altstadt. Städtebau und Denkmalpflege ab 1944 für den Wiederaufbau*, München 2016.

SEDLMEYER, Georg-Felix: Augsburg. Die Funktion der Kriegsschadenserfassung in der Wiederaufbauplanung, in: SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie (Hg.): *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in historischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 7, Bamberg 2018, 13–53 (<https://doi.org/10.20378/irbo-53592>).

## Kriegszerstörung – Kartierung – Transformation

### Nationale und internationale Forschungsvernetzung

Leitung:	Dr.-Ing. Carmen M. Enss
Bearbeitung:	Dr.-Ing. Carmen M. Enss, Mag. Dr. Birgit Knauer, Dr. Laura Demeter, Independent Scholar
Partner:	Carleton University Ottawa: Prof. Dr. Jerzy Elżanowski; Zentrum für Historische Forschung Berlin der Polnischen Akademie der Wissenschaften: Dr. Małgorzata Popiołek-Roßkamp; Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS) e.V. in Erkner, Historische Forschungsstelle; Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung in Marburg, Kartensammlung; Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften, Datenarchiv für Sozialwissenschaften in Köln; Zentrum für innovative Anwendungen der Informatik (ZIAI), Universität Bamberg
Laufzeit:	2019–2024
Finanzierung:	Deutsche Forschungsgemeinschaft (Projekt <i>Kriegsschadensaufnahme</i> , Programmpauschale); Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD); neu beantragt 06/2020: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Kriegsschadenskarten entstanden unter ganz unterschiedlichen Fragestellungen: Informierten zunächst Bombentrefferkarten über den Kriegsverlauf, wurden bald Karten und Karteien erstellt, die die Wiederaufbaufähigkeit eines Gebäudes einschätzten oder als Grundlage für die Berechnungen von Trümmermengen dienten. Wie sich inzwischen im Bamberger DFG-Projekt *Kriegsschadensaufnahmen* (s. *Kriegsschadensaufnahmen*, 40–43) herauskristallisiert, sind

Schadenskarten aber nur ein Teil all der Kartendokumente, die aus Anlass der Kriegereignisse und in Vorbereitung auf weitere Transformationen gezeichnet wurden: Die Bandbreite reicht von Denkmalkarten über Ausschreibungskarten für Städtebauwettbewerbe bis hin zu Propagandakarten zur Kommunikation der Aufbauprogramme an die Bevölkerung.

Die heterogenen Kartenfunktionen erfordern neben einem baugeschichtlich-denkmalwissenschaftlichen Zugang weitere interdisziplinäre Zugriffe, um den untererforschten Quellenbestand thematischer Stadtkarten wissenschaftlich ausschöpfen zu können. Die Deutungen städtischer Zustände in Karten erschließen sich am besten im internationalen Vergleich, zumal Karten nach Grenzverschiebungen auch neu gedeutet wurden. In Kooperation mit einem weiten Netz an Forschungspartner\*innen hat Carmen M. Enss zwei Initiativen zur interdisziplinären und internationalen Forschungsvernetzung gestartet:

1. Forschungsgruppe (Leitung: Carmen M. Enss) im Programm *Kleine Flächen – Zusammen stark* des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zum Thema *Kartieren und Transformieren. Interdisziplinäre Zugriffe auf Stadtkarten als visuelles Medium urbaner Transformation in Mittel- und Osteuropa, 1939–1949* (Antrag bewilligt 10/2020)

Der von Carmen M. Enss initiierte interdisziplinäre Antragsverbund hat das Ziel, Funktionen thematischer Karten in materiellen und politischen Transformationsprozessen zu erforschen. Fünf promovierte Nachwuchswissenschaftler\*innen an der Otto-Friedrich-Universität (Birgit Knauer/Denkmalpflege und Klaus Stein/Informatik), am Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS) e.V. in Erkner, am Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung in Marburg und am GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften in Köln haben dazu ein vierjähriges gemeinsames Forschungsprojekt ausgearbeitet. Die Wissenschaftler\*innen betrachten Karten in Städten aus fünf europäischen Ländern unter dem Blickwinkel von Denkmalpflege, Planungsgeschichte, Literaturwissenschaft, Soziologie und mit Hilfe der Informatik/Digital Humanities.



## 2. Internationales Netzwerk Narrating a New World

Nukleus des Forschungsnetzwerks war eine gemeinsame Publikation von Carmen M. Enss und Jerzy Elżanowski (Carleton University Ottawa) zu *Cartographies of Catastrophe* (im Veröffentlichungsprozess für die Zeitschrift „Urban History“). Um das gemeinsame Ziel – eine internationale Vernetzung der Schadenskartenforschung – in die Wege zu leiten, organisierte das Bamberger DFG-Projekt *Kriegsschadensaufnahmen* in Kooperation mit dem Zentrum für Historische Forschung Berlin der Polnischen Akademie der Wissenschaften ein internationales Symposium einschlägiger Fachwissenschaftler\*innen, die sich am 23. und 24. Oktober 2019 in Berlin zum Thema *Narrating a New World. Maps, Myths, and Legends in Early Postwar Europe* austauschten. Die Konzeption der Tagung mit eingeladenen Expert\*innen und Nachwuchswissenschaftler\*innen aus vielen Teilen Europas und aus den USA lag bei Jerzy Elżanowski, Carmen M. Enss und Małgorzata Popiołek-Roßkamp.

Anders als die meisten Schadenskarten zu europäischen Städten zeigen Schadenskarten für japanische Städte, die bereits intensiv erforscht wurden, keine Abstufungen von Schadensgraden. Karten für Japan enthalten aufgrund der traditionellen Holzbauweisen lediglich die binären Angaben „erhalten“ oder „zerstört“. Auf die fatalen Auswirkungen amerikanischer Bombardierungen auf die Einwohner\*innen hunderter japanischer Städte verwies David Fedman von der University of California, Irvine, in seiner Keynote Lecture mit dem Titel *Blackened Cities, Blackened Maps: Toward a Social Geography of Japanese Cities Aflame*. Ella Chmielewska von der Edinburgh University ging in ihrem Vortrag *Warsaw Afterimages: On Memory and Poetry in Ruins* auf die Trauerarbeit von Überlebenden in Warschaus Ruinen ein.

Teil der Konferenz war ein Zukunftswerkshop für die weitere Vernetzung, aus dem heraus weitere Aktivitäten entwickelt wurden. Anschluss Themenfelder liegen im Bereich Schadensdokumentation und Erinnerungskulturen bzw. Memory Studies und in der aktuellen Praxis der Schadenskartierung während und nach Kriegseignissen. Weitere Netzwerktreffen sind für 2021 in Ottawa (s. unten, Workshopreihe) geplant.

### Perspektiven

- Konferenz *Map Out the Dead*, Carleton University Ottawa 24.–26.02.2021, Kooperation mit dem Bamberger DFG-Projekt *Kriegsschadensaufnahmen*

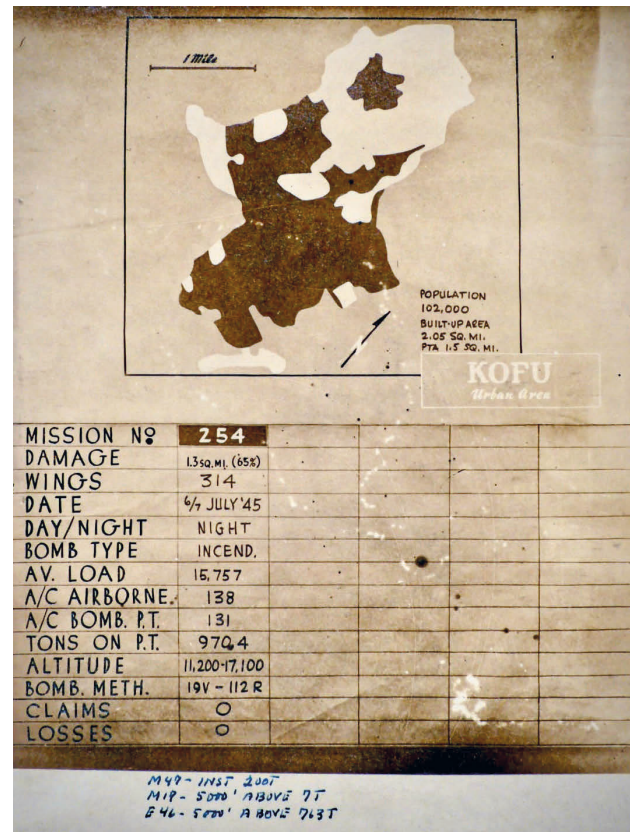


Abb. 1: Schadenskarte der Stadt Kofu / Japan, Juli 1945 [XXI Bomber Command, U.S. National Archives, Record Group 243, Series 59, Box 5].

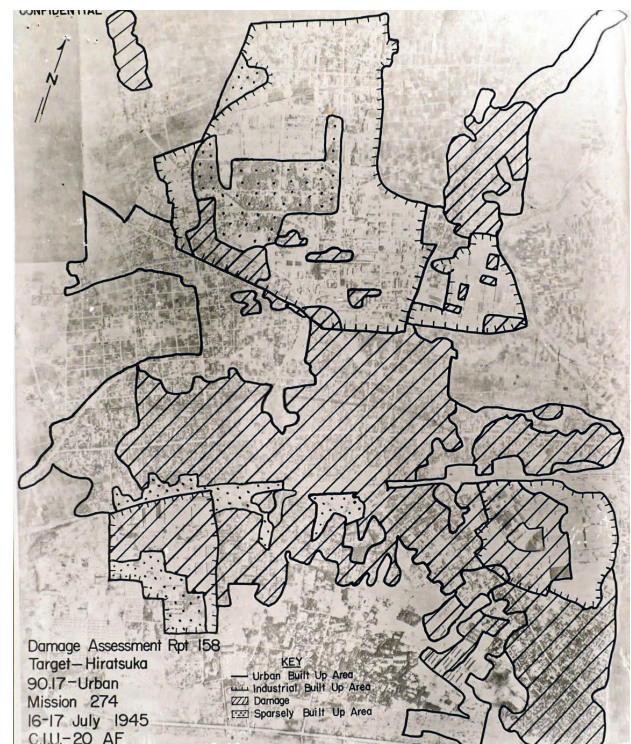


Abb. 2: Schadenskarte über Luftbild gezeichnet, Militärbericht 158 vom Juli 1945 zum Luftangriff auf Hiratsuka / Japan [U.S. National Archives, Public Domain, [http://www.japanairraids.org/?page\\_id=2252](http://www.japanairraids.org/?page_id=2252), abgerufen am 21.07.2020].



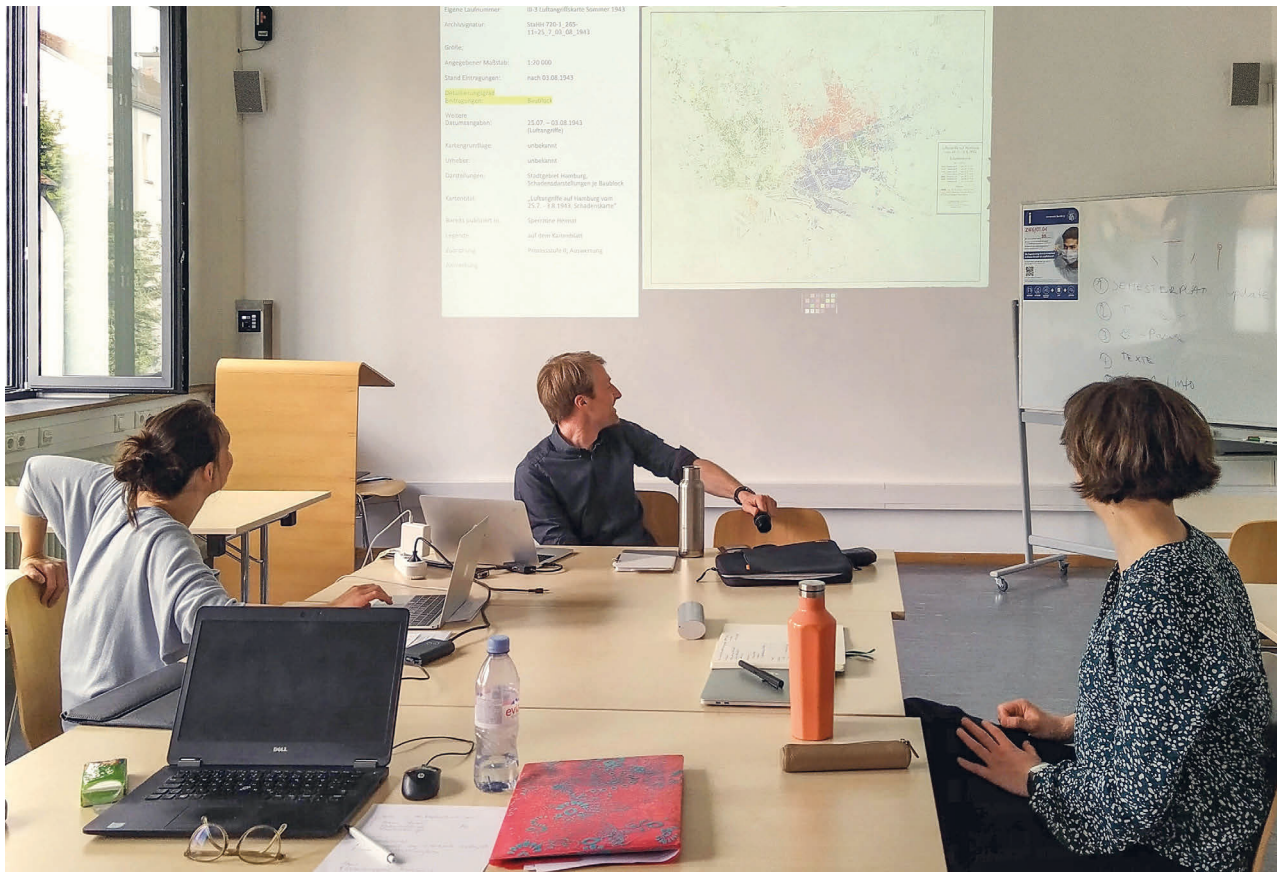


Abb. 3: Das Projektteam bei der Arbeit am digitalen und analogen Planmaterial [Michler 2022].



Thema des zweiten Netzwerktreffens in Ottawa sind die systematischen „Blinden Flecken“ in der Kriegsschadenskartierung.

Jerzy Elżanowski, Kooperationspartner im Bamberger DFG-Projekt, verweist in seiner Forschung darauf, dass Tod und menschliches Leid in Folge von Kriegsangriffen nicht Teil der Kriegsschadensaufnahme waren, sondern vielmehr systematisch nicht nur im Krieg, sondern auch noch nach Kriegsende von Kartierungen ausgeschlossen wurde. Das gilt einerseits für Trümmertote, die etwa im Luftkrieg starben oder im Zuge von Gewaltereignissen exekutiert wurden, andererseits aber auch für deportierte oder vertriebene Bevölkerungsgruppen. Durch ihre Darstellungsform rufen Schadenskarten einen Eindruck von Objektivierung und emotionaler Distanzierung hervor. War diese Distanzierung nach dem Krieg bewusst für schnelles Handeln in der Notsituation genutzt worden, stellt sie heute dann ein Problem dar, wenn Kriegsschadenskarten als Geschichtskarten und Dokumente für den Nachkriegszustand in Forschung und Lehre eingesetzt werden.

Ziel der geplanten Konferenz in Ottawa wird es sein, Forschungen zu Gräbern, Erinnerungsorten, Fotos und anderen ergänzenden Dokumenten zu bündeln und damit die beschriebenen blinden Flecken in bisher bekannten Schadenskarten zu füllen

- Workshop-Reihe *Schadenskarten – damals und heute*

Krieg und Schadenskarten haben seit dem Zweiten Weltkrieg weder an Bedeutung noch an Aktualität verloren. In den jugoslawischen Nachfolgekriegen wurden Schadenskarten erneut Grundlage für Wiederaufbaumaßnahmen. Während der Umgang

mit Ruinen bislang schon Gegenstand intensiver Forschung war, trifft das noch nicht auf die Schadensaufnahmen zu. Zoya Masoud, Kollegiatin am Graduiertenkolleg *Identität und Erbe*, verwies beim Berliner Symposium unter dem Titel *Damage Assessments in the Old City of Aleppo. Initiatives, Cooperations, and Methods* auf die laufenden Aktivitäten zur Schadenskartierung im Syrienkrieg. Initiativen versuchen, die Informationen zu Schäden, die oft im Internet zu finden sind, zu bündeln.

Eine Vernetzung der historischen Forschung mit aktuellen Praktiken der Kartierung von Kriegsschäden ist derzeit gemeinsam mit Laura Demeter und weiteren Partnern der Berliner Konferenz *Narrating a New World* in Planung. Konkret in Vorbereitung sind Workshops für 2022 und 2024 in Erkner und Köln.

(Carmen M. Enss)

---

ELŻANOWSKI, Jerzy / ENSS, Carmen M.: *Cartographies of Catastrophe: Mapping World War Two Destruction in Germany and Poland*, zur Publikation angenommen bei der Zeitschrift „Urban History“.

---

ELŻANOWSKI, Jerzy / ENSS, Carmen M. / POPIŃSKA-ROSSKAMP, Małgorzata: Konzeption und Organisation der Tagung *Narrating a New World. Maps, Myths, and Legends in Early Postwar Europe*, gemeinsam mit dem Zentrum für Historische Forschung Berlin der Polnischen Akademie der Wissenschaften und dem DFG-Projekt *Kriegsschadenskarten des Zweiten Weltkriegs als Heritage-Making Moment* an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Berlin 23.10.–24.10.2019.

## Architektur- und Planungskollektive der DDR

### Strukturen und Prozesse in der sozialistischen Architekturproduktion



Abb. 1: Das P2-Kollektiv (Wilfried Stallknecht, Herbert Kuschy, Achim Felz v.l.n.r.); Anfang der 60er Jahre in einer Musterwohnung der Plattenbauserie [IRS Erkner, Wissenschaftliche Sammlungen].

Leitung:	Dr. Stephanie Herold
Bearbeitung:	Sophie Stackmann M.A.
Partner:	Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS), Erkner
Laufzeit:	2019–2021
Finanzierung:	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Im Herbst 2019 startete das DFG-geförderte Projekt *Architektur- und Planungskollektive der DDR: Institutionelle Strukturen und kreative Prozesse in der sozialistischen Architekturproduktion* in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung in Erkner (IRS) (s. Berichte des KDWT 1, 2019, 28–29).

Dabei nimmt das am KDWT angesiedelte Teilprojekt die kreativen Prozesse und Fragen nach Formen von Autorschaft in den Planungskollektiven in den Blick. Dementsprechend entwickelt das Bamberger Forschungsteam ein Verständnis der Planungskollektive, welches diese als kreative Gruppen begreift, die Architektur gestalten – auch um etablierte Narrative der Architektur- und

Kunstgeschichtsschreibung und damit auch der denkmalpflegerischen Bewertung zu hinterfragen. Denn oftmals konzentrieren sich Erzählpraktiken überwiegend auf Beschreibungen eines charakteristischen Œuvres, das die Handschrift einer singulären (Künstler-)Persönlichkeit trägt. In der Folge setzt sich der Kanon der Architektur primär aus den Werken einzelner Architekt\*innen zusammen, denen Gebäude zugeordnet werden. Diese Form der Kanonisierung von Architektur begründet sich maßgeblich in einer spätestens im 18. Jahrhundert eingeführten Idealvorstellung von einem kreativen Künstlergenie, die bis heute prägend für die Bewertung von Architektur ist, nicht zuletzt auch im Hinblick auf die Feststellung ihre Denkmaleigenschaft. Insofern leistet das Projekt einen Beitrag dazu, neue Perspektiven auf die Auswirkungen kollektiver Gestaltung von Architektur in der DDR zu werfen und knüpft gleichzeitig an einen größeren Forschungskontext an, der eine Reflexion der Konzepte *Autorschaft* und *Kreativität* betrifft und letztlich auch unmittelbar die Bewertung von Architekturen als Denkmal berührt.

#### Entwicklung des Forschungsdesigns

Das Forschungsdesign zielt darauf, die Konzepte *Kreativität* und *Autorschaft* im Zusammenhang von Architektenkollektiven systematisch zu untersuchen. Dabei ergab sich eine Untergliederung des Bamberger Teilprojekts in zwei große Bereiche:

- eine Rahmenanalyse zur öffentlichen Darstellung der Kollektive und zu Kreativität in Diskursen der DDR sowie
- eine empirische Erforschung von Fallbeispielen.

Die Rahmenanalyse beinhaltet eine systematische Text- und Fotoanalyse. Im zweiten Bereich werden Fallbeispiele bearbeitet, bei denen jeweils eine gebaute Architektur und ein dazugehöriges Planungskollektiv im Fokus stehen. Als Quellenmaterial für diese Untersuchungen dienen Archivalien, Interviews und Beschreibungen der gebauten Architektur. Auf diese Weise geben die Gesamtergebnisse des Teilprojekts Einblicke in die allgemeine gesellschaftliche Verortung kreativer Prozesse in den Kollektiven und in die internen Dynamiken einzelner Kollektive.



Abb. 2: Expert\*innen diskutierten im September 2019 die Thesen des Forschungsprojekts [IRS Erkner 2019].

### Projektinterner interdisziplinärer Workshop

Das Forschungsdesign und die gewählte Methodik wurden im September 2019 in einem interdisziplinären Expertenworkshop diskutiert. Teilnehmende Expert\*innen waren Dr. Frank Betker (IRS), Dr. Tanja Scheffler (TU Dresden), Prof. Thomas Topfstedt (Universität Leipzig), Dr. Tobias Zervosen (TU München), Merve Lühr (Institut für Sächsische Geschichte und Volkskunde, Dresden) und Dr. Sarah Schlachetzki (Universität Bern). Durch die anregenden Diskussionen mit Vertreter\*innen aus den Bereichen der Architektur- und Geschichtswissenschaften konnten wichtige Impulse für die weitere Forschung im Verbundprojekt gewonnen werden (Abb. 2).

### Rahmenanalyse zur öffentlichen Darstellung

Aufbauend auf der Herangehensweise einer qualitativen Inhaltsanalyse wurden Texte aus drei Tageszeitungen der DDR selektiert. Mit Hilfe einer Volltextsuche wurden sämtliche Artikel im *Neuen Deutschland*, der *Berliner Zeitung* und in der *Neuen Zeit* identifiziert und analysiert, die zwischen 1949 und 1990 erschienen und in denen der Begriff *Kreativität* im Fließtext auftaucht. Insgesamt wurden 174 Zeitungsartikel und 155 Zitate ausgewählt, um eine Basis für eine erste Einordnung des Begriffs *Kreativität* zu bilden (Abb. 3). Gesondert behandelt wurden dabei Texte aus dem Themenkreis Architektur. Erste Ergebnisse der Textanalyse legen nahe, dass in der DDR, politisch

gewollt, ein Verständnis von einer kollektiven Kreativität propagiert wurde, das an Verwissenschaftlichung, Gemeinschaftsarbeit, Effizienz und Innovation gebunden war. Diese Vorstellung von Kreativität widerspricht jedoch in gewisser Weise dem tradierten beruflichen Selbstverständnis von Architekt\*innen, das eng mit dem Konzept des Künstlergenies verflochten ist. Mit Hilfe weiterer Quellen und ergänzender Literatur wurden diese Thesen differenziert. Auszüge aus den Ergebnissen dieser Textanalysen wurden bei den 16. Werkstattgesprächen des IRS am 23.01.2020 in Erkner

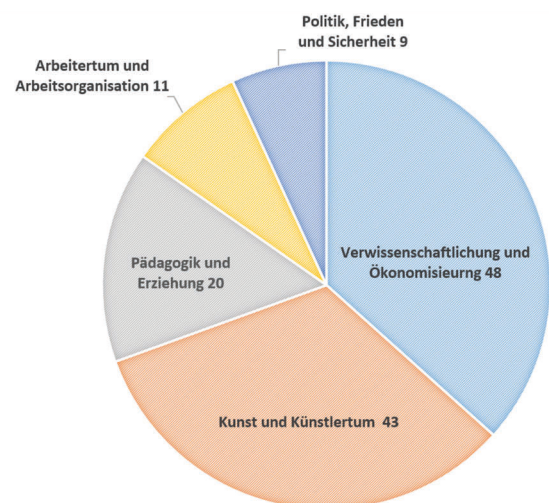


Abb. 3: Im Kreisdiagramm ist die thematische Verteilung der ausgewählten Zitate zu sehen, in denen der Begriff „Kreativität“ in untersuchten DDR-Zeitungsartikeln vorkam [Landskron / Stackmann 2020].





Abb. 4: Geografische Verteilung der Fallbeispiele, die durch das Verbundprojekt bearbeitet werden [Landskron 2020].

präsentiert.

Zudem wurde für das Projekt ein Bildkorpus aus Fotografien, auf denen Mitglieder von Planungskollektiven zu sehen sind, gebildet und ausgewertet. Ziel war es, durch die systematische Beschreibung der Darstellungen nach bestimmten Kriterien, wie etwa Kleidung, Alter oder Bildperspektive, Rückschlüsse auf Selbstverständnisse und die Wahrnehmungen von Planungskollektiven zu ziehen. Ein Ergebnis war, dass die Bilder Attribute aufgreifen, die in der Ikonografie des Architektenberufs durchaus verankert sind, wie etwa der Stift oder Planunterlagen. Soziale Hierarchien innerhalb der Kollektive werden in den Fotografien deutlich, wenn beispielsweise der Kollektivleiter als einzige Person auf dem Bild steht oder besitzanzeigend auf das Modell eines Gebäudes deutet.

## Bearbeitung der Fallbeispiele

Das ausgewählte Sample der Fallbeispiele sollte sowohl eine geografische, zeitliche als auch inhaltliche Ausgewogenheit erfüllen (Abb. 4). Um eine sinnvolle und begründete Auswahl zu treffen, wurde eine erste größere Selektion von Beispielen nach einer Vorrecherche weiter eingegrenzt, wodurch sich das Projekt inzwischen auf 17 näher zu untersuchende konzentriert (Abb. 5). Im Bamberger Teilbereich wurden für die Er-

forschung der Fallbeispiele insgesamt zwölf Archive in elf Städten besucht. Außerdem wurden Zeitzeugen ausfindig gemacht und interviewt sowie die gebaute Architektur beschreibend erfasst. Zum Teil stellten die Zeitzeugen dem Projekt zusätzliches Quellenmaterial für eine empirische Auswertung zur Verfügung.

Bisher wurden die Quellen systematisiert und für eine detaillierte Auswertung vorbereitend erfasst. Erste Ergebnisse deuten an, dass Autorschaft auf unterschiedlichen Planungsebenen auch unterschiedlich adressiert wurde. Ergiebig sind für diese Frage beispielsweise Signaturen auf Planköpfen oder Besprechungsprotokolle. Genauso konnten Planungsverläufe nachgezeichnet werden, die teils ganz eigene Planungspraktiken in den einzelnen Kollektiven sichtbar machten.

## Geplante Tagung im November 2020

Im November 2020 sollte das Verbundprojekt am KDWT eine Tagung, die den Titel „Die große Kraft des Kollektivs“ – Kollaboratives Arbeiten in der Architektur vom 20. Jahrhundert bis zur Gegenwart trägt veranstalten, die pandemiebedingt auf 2021 verschoben wurde. In Anschluss an das Desiderat des Projekts holt die geplante Tagung internationale Forschende nach Bamberg, um eine große Bandbreite von Formen kollaborativer Arbeitsorganisation von Architekt\*innen in den Blick zu nehmen und drängende Fragen nach der Rolle von Kollektivität in der Architektur zu stellen.

Konkrete Schwerpunkte der Tagung sind etwa das tradierte Berufsbild von Architekt\*innen als geniale Baumeister und die diesem Bild entgegenlaufenden, kollektiv organisierten Planungsprozesse der Praxis. Außerdem sollen unterschiedliche Organisationsformen und Institutionalisierungen von gemeinschaftlichen Arbeiten etwa in Teams, Kollektiven oder Kooperativen im Verlauf des 20. Jahrhunderts bis in die Gegenwart behandelt werden. Daran anschließend sind Fragestellungen nach der gesellschaftlichen und bürokratischen Einbindung des Bauwesens in unterschiedliche politische Systeme für die Tagung relevant. Auf diese Weise können die Ergebnisse des Forschungsprojekts in der internationalen Fachcommunity sichtbar gemacht werden und gleichzeitig eröffnen sich neue Perspektiven für das Verbundprojekt.

(Sophie Stackmann)



Abb. 5: Eines der Fallbeispiele, das im Projekt bearbeitet wird, ist das Haus der Kultur und Bildung in Neubrandenburg [Stackmann 2020].

BRÜNENBERG, Stefanie / ENGLER, Harald / HEROLD, Stephanie / STACKMANN, Sophie: Konzeption und Organisation der Tagung „Die große Kraft des Kollektivs!“. *Kollaboratives Arbeiten in der Architektur vom 20. Jahrhundert bis zur Gegenwart*, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 12.11.–14.11.2020.

BRÜNENBERG, Stefanie / STACKMANN, Sophie: *Architektenkollektive in den Medien der DDR*, Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS), 16. Werkstattgespräche zur DDR-Planungsgeschichte, Erkner 23.01.2020.

BRÜNENBERG, Stefanie / ENGLER, Harald / HEROLD, Stephanie / STACKMANN, Sophie: Konzeption und Organisation des Workshops „Der Architekt ist einer von ihnen!“. *Kollektive Architekturproduktion in der DDR*, Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS) Erkner 10.09.2019.

HEROLD, Stephanie: *Die Umbauung des Fernsehturms*, Vortragsreihe Praktiken und Potentiale von Bautechnikgeschichte, veranstaltet von der Vereinigung Deutscher Ingenieure (VDI) und der Brandenburgisch Technischen Universität (BTU) Cottbus, Berlin 07.11.2019.

HEROLD, Stephanie: *Collective Architectures: Structures and Processes of Architectural Work in the GDR*, Tagung Architecture and Bureaucracy: Entangled Sites of Knowledge Production and Ex-change, Brüssel 31.10.2019.



## Siedlungen und große Wohnanlagen der Nachkriegsjahrzehnte

### Europäische Vernetzung und Forschung im Rahmen der COST-Action 18137 European Middle Class Mass Housing



Abb. 1: Wohnkomplex Norikus, Nürnberg [Ralph Dobratz 2018].

Leitung:	Dr.-Ing. Carmen M. Enss, Dr. Stephanie Herold
Bearbeitung:	Dr.-Ing. Carmen M. Enss, Dr. Stephanie Herold
Partner:	University of Applied Sciences, Frankfurt am Main: Prof. Dr. Maren Harnack
Laufzeit:	2019–2023
Finanzierung:	European Cooperation in Science & Technology (COST), finanziert durch das Horizon 2020 Framework Programme

Siedlungen und Massenwohnungsbau aus der Zeit der unmittelbaren Nachkriegszeit bis in die 1970er-Jahre prägen die mitteleuropäischen Länder bis heute. Wohnbauten, die in den Nachkriegsjahrzehnten entstanden, bilden einen erheblichen Anteil des gesamten Baubestands in Europa. Während Studien zu gesellschaftlicher Wirkung sozialer Wohnungsbauprogramme schon existieren, gibt es noch keine entsprechende vergleichende Forschung zu Architekturen und Planungskonzepten für Siedlungen und Wohnanlagen der Boomjahre selbst. Das Forschungsprojekt *Siedlungen und große Wohnanlagen der Nachkriegsjahrzehnte* zielt darauf, die Bauten dieser Zeit als Teil einer international stattfindenden architektonischen und gesellschaftlichen Entwicklung zu begreifen und sie so durch gezielte Vernetzung in einem

internationalen Rahmen zu erforschen.

Die meisten Länder Europas hatten nach dem Zweiten Weltkrieg einen erheblichen Zusatzbedarf im Wohnbau. Große Anlagen, in denen breite Bevölkerungsschichten Wohnraum fanden, entstanden in vielfältigen Baufinanzierungsmodellen. Plattenbauten, beispielsweise, wurden im Westen wie im Osten Europas auch zur Heimat oberer Mittelschichten. Gemeinsam waren dem *Middle Class Mass Housing* überall in Europa aufgelockerte, durchgrünte städtebauliche Strukturen. Neben einer beginnenden Aufwertung markanter Architekturen und Anlagen dieser Zeit bleiben doch bis heute die so entstandenen Bauten weitgehend unerforscht. Der Forschungsschwerpunkt zu Siedlungen und großen Wohnanlagen der Nachkriegsjahrzehnte möchte diese Lücke zu schließen helfen. Das Augenmerk liegt dabei sowohl auf einer Aufarbeitung der verschiedenen Planungskontexte und -geschichten als auch auf der Untersuchung der Rezeption und Inwertsetzung der entstandenen Strukturen, um so die Grundlage für fundierte Überlegungen zur Weiternutzung zu bieten. Die Anpassung dieser Bauten an heutige soziale und klimatische Bedingungen wird Bauaufgabe der kommenden Jahre sein.

#### Großsiedlungsstrukturen in Franken

Im Rahmen des Kooperationsprojekts *Big Beautiful Buildings* (Leitung: Prof. Christa Reicher, RWTH Aachen) an dem das KDWT im Rahmen des Kulturerbejahrs 2018 beteiligt war, untersuchten Stephanie Herold und Carmen M. Enss gemeinsam mit Studierenden Bauten und Strukturen der 1960er und 70er Jahre in Franken (vgl. Berichte des KDWT 1, 2019, 30–31). Anhand konkreter Fallbeispiele wurden diese Vorarbeiten im Anschluss im Hinblick auf einzelne Wohnanlagen (Norikus in Nürnberg und die Siedlung Heuchelhof in Würzburg) weiterentwickelt. Ziel war es dabei, neben der Erforschung der Planungs- und Baugeschichte auch Überlegungen zum Umgang mit diesen Anlagen als potenzielles bauliches Kulturerbe anzustellen. Gemeinsam mit Forschungen von Kolleg\*innen aus dem BBB-Netzwerk wurden erste Ergebnisse dieser Untersuchungen auf der internationalen Konferenz *Changing Cities IV* in Chania/Kreta vorgestellt. Neben der



kontinuierlichen Vernetzung mit Kolleg\*innen an deutschen Partnerinstitutionen in Folge des abgeschlossenen Kooperationsprojekts wurden in diesem Zusammenhang auch internationale Kontakte aufgebaut.

### Europäische Vernetzung COST seit Mai 2019

Aufgrund der Forschungen zu Großsiedlungen in Franken, aber auch wegen der laufenden DFG-Projekte zu Architektur und Erbe der Nachkriegszeit in Bamberg (vgl. *Kriegsschadensaufnahme*, Enss, und *Architekturkollektive*, Herold), wurde Carmen M. Enss ins Managementkomitee der COST-Action 18137 *European Middle Class Mass Housing* aufgenommen. Die europäische Vernetzungsinitiative untersucht unterschiedliche Formen des Massenwohnbaus für mittlere Gesellschaftsschichten der Nachkriegsjahrzehnte im Hinblick auf deren kulturelle Bedeutung, Zukunftsfähigkeit und Anpassungsmöglichkeiten an heutige Bedürfnisse. Die COST-Action 18137 bündelt dazu Forschung aus Architektur-, Sozial- und Denkmalwissenschaften. Genauere Studien der einzelnen Partnerländer werden im Rahmen der COST-Action über das Netzwerk an europäische Partner weitergeleitet.

Die Vernetzungsinitiative bindet die laufenden Forschungen am KDWT zu Großbauten und Siedlungen der 1960er und 70er Jahre (Carmen M. Enss, Stephanie Herold) in einen kontinuierlichen Forschungsaustausch ein, finanziert Konferenzteilnahmen, die Einladung von Gastwissenschaftler\*innen nach Bamberg und bietet die Option, Tagungen und Summer Schools im Rahmen der COST-Action in Bamberg auszurichten. Mit Maren Harnack wurde eine Stadtplanerin aus dem Netzwerk *Big Beautiful Buildings* zur Stellvertreterin in den Verwaltungsausschuss berufen, was eine Kontinuität aus dieser abgeschlossenen Initiative in die COST-Action hinein garantiert. Maren Harnack organisierte im Oktober 2019 die internationale Tagung *Adaptive Re-Use. Strategies for Post-War Modernist Housing*, bei der Carmen M. Enss die COST-Action weiter bekannt machte. Im November 2019 nahm Carmen M. Enss an der COST-Tagung in Haifa mit einem Poster teil. Angedachte zukünftige Aktivitäten sind für Bamberg unter anderem eine Tagung zu Kriegsschadens- und Sozialkarten der Kriegs- und Nachkriegsjahre. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf Forschungen zu Rezeption, Aneignung und Inwertsetzung großer Siedlungsstrukturen. Begreift man diese nicht nur als gebaute, sondern als soziale Räume, stellt sich gerade in diesen oft umstrittenen Räumen



Abb. 2: Siedlung Sonnenhalde, Schweiz [Hans Krebs, ETH-Bibliothek Zürich Bildarchiv 1980].



Abb. 3: Großsiedlung Heuchelhof, Würzburg [Fachgebiet Denkmalpflege KDWT 2018].

die Frage nach Aneignung und der Möglichkeit zur Beheimatung. Dieses Themenfeld, in dem sich auch Synergieeffekte mit dem Forschungsschwerpunkt *Emotion und Erbe* ergeben, soll in den kommenden Jahren weiter ausgebaut werden. (Carmen M. Enss, Stephanie Herold)

---

ENSS, Carmen M. / HEROLD, Stephanie (Hg.): *Riesen in der Stadt. Qualitäten großer Bauten der 1960er und 1970er Jahre in Franken*, Bamberg 2019.

ENSS, Carmen M. / HEROLD, Stephanie: *Yesterday's Utopia and Today's Prototype. Large Housing Estates of the 1960s in Northern Bavaria*, in: Gospodini, Aspa (Hg.): *Proceedings of the International Conference on Changing Cities IV: Spatial, Design, Landscape & Socio-economic Dimensions*, Volos 2019, 507–516.

---

ENSS, Carmen M.: *Case Study Heuchelhof*, Poster für CA18137 – Haifa Event, Work Group 1, Technion Haifa Institute of Technology, Israel 29.10.2019.

HEROLD, Stephanie: *Visionen, Wünsche, Werte. Die Inwertsetzung städtebaulicher Planungen in historisch vergleichender Perspektive*, Tagung Wertewandel, Prozesse, Strategien und Konflikte in der gebauten Umwelt, Brandenburgisch-Technische-Universität (BTU) Cottbus 27.09.2019.

## Emotion und Erbe



Abb. 1: Goethe-Schiller-Denkmal und Kunstinstallation „Mauer“ in Weimar [Hönig 2019].

Leitung:	Prof. Dr. Gerhard Vinken
Bearbeitung:	Dr. Stephanie Herold, Svenja Hönig M.A. Prof. Dr. Gerhard Vinken,
Partner:	Graduiertenkolleg 2227 <i>Identität und Erbe</i> ; Universität Bamberg, Lehrstuhl Denkmalpflege; Dr. habil. Johanna Blokker
Laufzeit:	seit 2016
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel, Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD); Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF: Bridges Network-Programm, IPID4all-Programm)

Der seit der Gründung des KDWT im Jahr 2016 bestehende Forschungsschwerpunkt *Emotion und Erbe* setzt sich für ein kritisches Verständnis von Denkmalpflege und Kulturerbe ein, das mit neuen theoretischen Akzenten und orientiert an der internationalen Heritage-Forschung einen expliziten Zugang zum Thema Emotion bietet.

Kulturelles Erbe wird als Ergebnis sozialer Aushandlungs- und Aneignungsprozesse verstanden, wobei der hier verfolgte, wissenschaftliche Blick auf den Vorgang der *In-Wertsetzung* dazu beiträgt, den klassischen denkmalpflegerischen Fokus zu erweitern: vom Objekt hin zu den Akteuren, Subjekten, der Rolle der Wahrnehmung, der Einfühlung und des Emotionalen. In diesem Rahmen siedeln sich verschiedene Aktivitäten an, die in den vergangenen zwei Jahren das Thema als Forschungsschwerpunkt am KDWT weiter verfestigt haben und die auf langfristige und international ausgerichtete Forschungen auf dem Gebiet abzielen.

Ein Kooperationspartner ist hier das an der TU Berlin und der Bauhaus-Universität Weimar angesiedelte Graduiertenkolleg 2227 *Identität und Erbe*. Schwerpunkt ist hier die Untersuchung gesellschaftsbezogener Ansätze für Erbe- und Identitätsfigurationen, wobei Fragen nach Akteurskonstellationen, Partizipation, Verlusterfahrungen oder Deutungshoheit adressiert werden. Über regen Austausch unter anderem bei Tagungen, Ringvorlesungen, Kolloquien sowie die konkrete wissenschaftliche Mitarbeit am Kolleg (Svenja Hönig / Lisa Marie Selitz) bietet die Kooperation ein interdisziplinäres Forschungsnetzwerk, das dem Projekt ebenso wie dem KDWT zugutekommt. Am Schwerpunkt Emotion und Erbe ist ein Dissertationsvorhaben angesiedelt (Svenja Hönig, die gleichzeitig Kollegiatin am GRK 2227 ist), das Potentiale und Probleme eines interdisziplinär postulierten *emotional turns* für Denkmalpflege und Kulturerbeforschung auslöst (Fertigstellung voraussichtlich 2021).

### Emotionen in der Heritage-Forschung: internationale Perspektiven

Mit der Erforschung von Emotionen und ihrer Rolle bei Produktion und Rezeption kulturellen Erbes siedelt sich der Bamberger Forschungsschwerpunkt in einem Feld an, das vor allem im internationalen Raum im Bereich der (meist kulturwissenschaftlich orientierten) Heritage Studies aktuell an Bedeutung gewinnt. Vor diesem Hintergrund und mit dem Ziel der weiteren Vernetzung in diesem internationalen und interdisziplinären Feld steht eine Kooperation mit der Deakin University in Melbourne. Im Juni 2019 reiste Frau Dr. Johanna Blokker vom Lehrstuhl Denkmalpflege, finanziert durch das Bridges Network-Programm des DAAD, zur Deakin University (Melbourne). In Gesprächen u.a. mit Dr. Steven Cook (Cultural and





Abb. 2: Empathie als allgegenwärtiges Konzept; Graffiti im Schöneberger Südgelände, Berlin [Herold 2020].

Historical Geography), Prof. Dr. William Logan (ehem. Direktor Deakin's Cultural Heritage Centre for Asia and the Pacific) und Prof. Dr. Andrea Witcomb (Cultural Heritage and Museum Studies) wurden gemeinsame Forschungsfelder und -interessen für mögliche Kooperationen sondiert. In einem ersten Resultat führte dies zu einem Gegenbesuch von Prof. Dr. Witcomb am KDWT im November 2019. Neben einem öffentlichen Abendvortrag zur Rolle von Museen in einer globalisierten Gesellschaft, in dem der Schwerpunkt unter anderem auf dem Potenzial emotional vermittelnder Museumskonzepte stand, bot ein interdisziplinärer Workshop die Möglichkeit, das Thema der Emotionen und ihre Rolle in verschiedenen Wissenschaftszusammenhängen mit Professor\*innen der Universität Bamberg zu diskutieren (Prof. Dr. Heidrun Alzheimer, Europäische Ethnologie; Prof. Dr. Rainer Schreg, Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit; Prof. Dr. Marc Redepenning, Kulturgeographie). Der so entstandene Austausch zeigte bei aller Unterschiedlichkeit der verschiedenen fachlichen Zugänge auch Interessensüberschneidungen auf, die das Potenzial haben, neue Forschungsperspektiven zu öffnen. Der Austausch mit Prof. Witcomb und den Heritage Studies der Deakin University wird im Rahmen eines Mercator-Fellowships der DFG und der Etablierung eines internationalen Forschungsnetzwerks weiter ausgebaut werden. Hier sollen emotionale Funktionsweisen der Erbeproduktion anhand verschiedener Fallbeispiele vergleichend

analysiert werden. Damit fügt sich dieses breit angelegte, auf internationalem und interdisziplinärem Austausch basierende Vorhaben in ein konkretes Forschungsprojekt zur Rolle von Empathie, Einfühlung und der Wahrnehmung von Zeitspuren bei der Erbe-Produktion ein, das sich aktuell in der Antragsphase befindet (Einreichung bei der DFG im Herbst 2020).

### Emotionen und Aushandlungsprozesse:

#### Fallbeispiel Harlem

Ermöglicht durch das IPID4all-Stipendium (DAAD-/BMBF-gefördert) konnte Svenja Hönig im Rahmen ihrer Promotion von Mai bis Juli 2019 ein Feldforschungsprojekt in Harlem, NYC (USA) realisieren, das über den Rahmen der Promotion hinaus einen Themenschwerpunkt innerhalb des Forschungsschwerpunkts *Emotion und Erbe* bildet. Durch die spezifische Ausprägung Harlems als Erbe- und Symbolraum, der einerseits an das starke Narrativ eines *black heritage* gebunden ist und andererseits an einen konkreten baulichen Stadtraum, bot das Projekt die Möglichkeit, die Verbindung von Erbe und Emotion an einem Fallbeispiel zu untersuchen, im Spannungsfeld zwischen unterschiedlichen Formen kulturellen Erbes, denkmalpflegerischer Interessen und sozialer Aushandlungen und Erzählungen. Die charakteristische Bebauung durch *Brownstone-Houses* ist prägend für das Stadtbild und die *Historic Districts* in Harlem (Abb. 3). Die Gebäude spiegeln nicht nur das historische, architektonische Erbe





Abb. 3: Harlem Heritage Tourism [Hönig 2019].

Harlems wider, sondern auch die soziale Bedeutung des Viertels für seine Bewohner. In diesem Kontext sind sie auch eine Folie für die Projektion verschiedener Harlem-Bilder. So ist der städtische Raum Ort, Gegenstand und Reflexion eines sehr spezifischen *heritage makings*.

An dem Prozess, ein (gemeinsames) kulturelles Erbe zu formen, arbeiten diverse Akteursgruppen mit, von bürgerschaftlichen Initiativen über städtische Behörden hin zur Tourismusbranche. In Anbindung an das starke Narrativ des black heritage wird in Harlem zum Beispiel eine spezifische Form des Heritage-Tourismus geschaffen (Abb. 4). Dass die Aushandlung dieses Erbes stark an emotionale Werte und Gefühle gebunden ist, wird nicht nur durch die Positionalität der einzelnen Akteure ersichtlich, sondern auch durch den politischen Diskurs um Zugehörigkeit, Gentrifizierung und *race*. So bietet das Fallbeispiel aus dem US-amerikanischen Kontext die Möglichkeit, der Frage nachzugehen, inwiefern eine Prägung durch die anglophone Theorietradition (die stark geprägt ist durch kritische Debatten um das Erbe von Minderheiten, um Multiperspektivität und postkoloniale Diskurse) dort andere Formationen und Verschränkungen von Erbe begünstigt – in der Verbindung denkmalpflegerischer Wertzuschreibung und kritischer Zugänge zu Erbe im Sinne eines *emotional turns*. Erste

Ergebnisse werden 2020/21 auf der Jahrestagung des AKTLD *denkmal:emotion* in Bamberg und der Tagung *Cities in Emotion? Urban Milieus of Exile, Refuge, and Belonging* der European Association for Urban History in Antwerpen präsentiert.

## Emotion und Denkmal(pflege):

### Tagung „denkmal:emotion“ (Bamberg)

Auf Initiative des Forschungsschwerpunkts *Emotion und Erbe* konnte auch die Jahrestagung des Arbeitskreises Theorie und Lehre in der Denkmalpflege (AKTLD) im Herbst 2020 zu diesem Thema an das KDWT nach Bamberg geholt werden. Durch die Kooperation mit dem Arbeitskreis – eines Fachverbandes mit über 140 Mitgliedern aus dem Bereich der Denkmalpflege – entsteht die Möglichkeit, das Thema „Emotionen in der Denkmalpflege“ erstmals im deutschsprachigen Raum breit mit Kolleg\*innen aus Wissenschaft und Praxis zu diskutieren.

Unter der Überschrift *denkmal:emotion – mobilisierung, bindung, verführung* adressiert die Tagung Beiträge zum Thema „Emotionen im Feld der Denkmalpflege“. Hierbei steht neben dem Blick auf die Geschichte und Theorie des Fachs mit Konjunktoren eines (Selbst-)Verständnisses zwischen Denkmalpflege als Gefühlssache und Denkmalpflege als objektiver Befundwissenschaft auch die Praxis im Fokus, wobei gefragt wird, was die unterschiedlichen Akteure des Feldes mit welchen Motivationen ‚bewegt‘. Denkmalpflege als Praxis der Bewertung von kulturellem Erbe bietet den passenden Rahmen, im Zuge der Tagung zu sondieren, wie Emotionalität und Emotionen bewertet und wie mit ihnen umgegangen wird.

Das dichte Vortragsprogramm umfasst ganz unterschiedliche inhaltliche Betrachtungen dissonanter, konflikthafter oder aber positiv emotional besetzter Denkmäler und Denkmalpflege, aktuelle Wertedebatten und internationale Perspektiven. Es zeigt die Bandbreite und Relevanz des Anliegens, Emotionen im Kontext der Denkmalpflege zu diskutieren. Durch die Publikation der Tagungsbeiträge wird so der Grundstock für weitere Überlegungen in diesem Feld zwischen Theorie und Praxis der Denkmalpflege gelegt (die umfangreiche Publikation zur Tagung erscheint 2021, hg. von Herold/Vinken).

(Stephanie Herold, Svenja Hönig)

HEROLD, Stephanie: *Sublime, Kitschy, Atmospheric. Aesthetic Practices of Urban Explorers between Aestheticization and ‚Authentic‘ Feeling*, in: JOST,

Christofer (Hg.): *Cool Retro Camp Trash. Aesthetic Concepts in Popular Culture*, Münster (erscheint 2020).

HÖNIG, Svenja: *Das atmosphärische Ensemble. Bauliche Objektgruppe oder stimmungshafte Erscheinung?*, in: *archimaera – architektur. kultur. Kontext* 8, 2019, 49–63.

VINKEN, Gerhard: *Palermo oder Überleben als Erinnern*, in: KREN, Reinhard / LEISCH-KIESL, Monika (Hg.): *Kultur – Erbe – Ethik. „Heritage“ im Wandel gesellschaftlicher Orientierungen*. Festschrift für Wilfried Lipp, Linzer Beiträge zur Kunstwissenschaft und Philosophie 12, Bielefeld 2020, 349–361.

HEROLD, Stephanie / VINKEN, Gerhard: *Konzeption und Organisation der Jahrestagung des Arbeitskreises für Theorie und Lehre in der Denkmalpflege 2020, denkmal:emotion – mobilisierung. bindung. verführung.*, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.10.–03.10.2020.

HEROLD, Stephanie: *Einfühlung und Empathie. Die Renaissance eines Konzepts und sein Bezug zur Denkmalpflege*, Jahrestagung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., denkmal:emotion, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 02.10.2020.

HEROLD, Stephanie / HÖNIG, Svenja: *Denkmal-schutz, Stadtentwicklung, Emotionen, Podiums-diskussion*, Wir sind Fürth e.V., Fürth (geplant für 27.05.2020, verschoben auf Herbst 2020).

HEROLD, Stephanie: *Empathic Encounters. Emotional experiences at historic places and heritage sites*, Cultural Heritage Festival HERITAS, Vilnius (geplant für 15.05.2020, verschoben auf Herbst 2020).

HEROLD, Stephanie: *Von Häusern und Menschen. ‚Erben‘ als emotionaler Prozess*, Berufungsvortrag für die Professur Städtebauliche Denkmalpflege, Technische Universität Berlin 16.01.2020.

HÖNIG, Svenja: *Heritage in Harlem. Edifical? Emotional? Ethnic?*, Conference of Urban History “Cities in Emotion? Urban Milieus of Exile, Refuge, and Belonging”, Main Session, European Association of Urban History, Antwerpen (geplant für 02.09.–05.09.2020, verschoben auf 01.09.–04.09.2021).

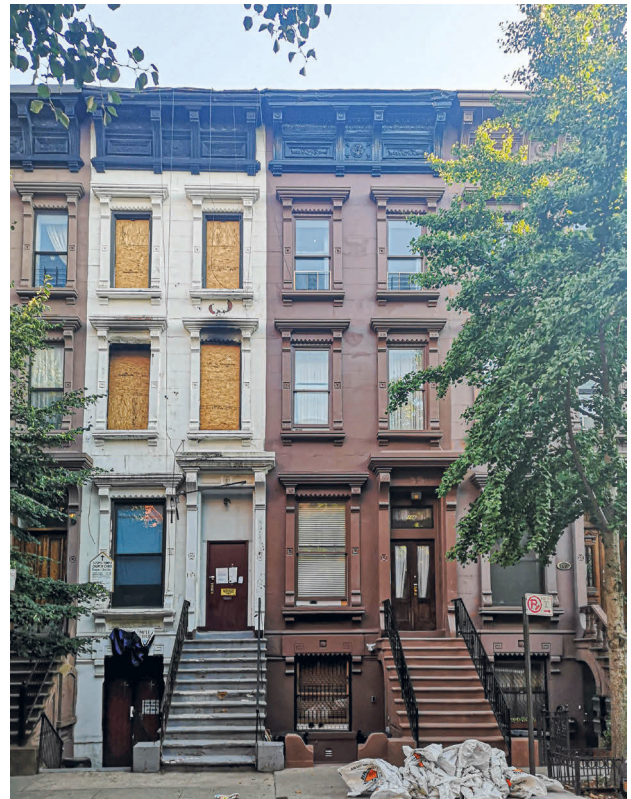


Abb. 4: Reihenhäuser im Central Harlem Historic District [Hönig 2019].

HÖNIG, Svenja: *Sense of Place und Historic Districts in Central Harlem (NYC)*, Jahrestagung „denkmal:emotion – mobilisierung. bindung. verführung.“, Arbeitskreis Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.10.–03.10.2020.

HÖNIG, Svenja: *Emotion – ein Wert für bauliches Kulturerbe?* Doktorandenkolloquium DFG-Graduiertenkolleg (GRK) 1913 „Kulturelle und technische Werte historischer Bauten“, Brandenburgische Technische Universität BTU Cottbus-Senftenberg 04.12.2019.

VINKEN, Gerhard: *Emotion und Erbe*, Jahrestagung „denkmal:emotion – mobilisierung. bindung. verführung.“, Arbeitskreis Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Universität Bamberg 01.10.–03.10.2020.

VINKEN, Gerhard: *Denkmal-Politik zwischen Prunksucht, Reinigungsphantasien und Geschichts-Revisionismus. Anmerkungen zu jüngeren Denkmal-Projekten in Deutschland*, Symposium Die Frankfurter Paulskirche – Ort der deutschen Demokratie, Institut für Stadtgeschichte Frankfurt in Zusammenarbeit mit der Hessischen Landeszentrale für politische Bildung, Frankfurt 01.10.2019.



## Cities and their Heritage

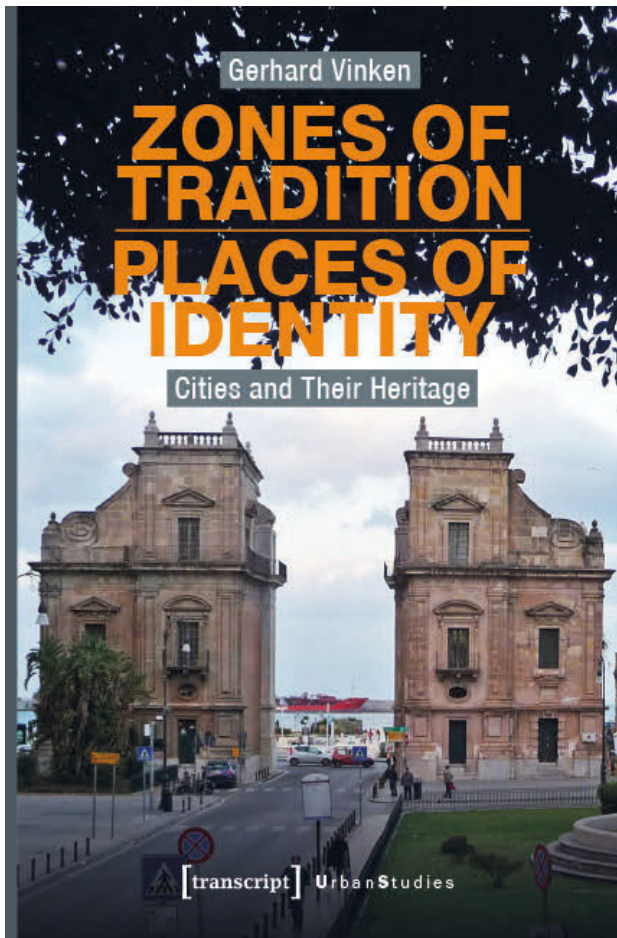


Abb. 1: *Zones of Tradition* [Buchcover transcript Verlag 2020/21].

Leitung:	Prof. Dr. Gerhard Vinken
Bearbeitung:	Prof. Dr. Gerhard Vinken
Laufzeit:	2016–2020
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel, Lehrstuhl für Denkmalpflege

Was ist das Erbe unserer Städte? An welchen Monumenten, Orten und Räumen lagert es sich an, und durch welche Praktiken wird es geformt, tradiert, beansprucht? Das Forschungsprojekt analysiert in zwölf Städten auf drei Kontinenten die vielfältigen und widersprüchlichen Erbe-Formationen, die das städtische Leben nachhaltig geprägt haben. Die Vitalität des städtischen Erbes, das ist die Arbeitsthese, gründet nicht so sehr in seinen historischen und räumlichen Formationen, als in den dynamischen und oft konfliktuell



Abb. 2: Palermo, Fontana Pretoria [Vinken 2019].

verlaufenden gesellschaftlichen Aneignungs- und Deutungsprozessen. Rekonstruiert und analysiert wird materielles Erbe (Baudenkmale, Denkmale, *urban environment*) in Bezug auf die stadspezifischen Praktiken und Narrative sowie konfliktuelle Aneignungs- und Deutungsprozesse verschiedener *heritage communities*. Ziel ist es, zu verstehen, ob und wie die Herausbildung und Stabilisierung städtischer Identitäten durch ‚Erben‘ als emotional geleitete Praxis geprägt wird. In den Berichtszeitraum fielen u.a. Recherchen und Forschungsaufenthalte in Palermo und Rom (11/2018–02/2019) sowie in New Orleans (02/2020).

### Fallstudie Palermo

Palermo, im Zweiten Weltkrieg schwer getroffen und von einer mafiös geprägten Baupolitik erneut verwüstet, hat in den letzten Dekaden eine Art Auferstehung erlebt. Bis in die 1980er Jahre lag das historische Zentrum darnieder, Ruinen standen neben bröselnden Palästen, Brachen waren gesäumt von maßstabssprengenden Neubauten. Die Bevölkerung der historischen Quartiere war von über 200 000 (1945) auf gut 20 000 (1996) Einwohner geschrumpft. Armut, Kriminalität und fehlende Infrastruktur prägten die verwüsteten Quartiere, die zu No-Go-Areas im Herzen des dynamischen und dysfunktionalen Wildwuchses einer Millionenmetropole verkommen waren. Heute steht das gesamte Gelände – mit 240 Hektar wohl die größte Altstadt Europas – mit seinen 158 Kirchen, 55 Klöstern und Konventen sowie über 400 Adelspalästen unter Denkmalschutz.

Die Studie analysiert diesen Prozess mit der These, dass der Erfolg des von denkmalpflegerischen Zielen geprägten Sanierungsprozesses darin liegt, dass er eingebettet war in Heritage-Politik, die von breiten Schichten unterstützt wurde und auf





Abb. 3: Wandbild mit San Benedetto il Moro von Igor Scalisi Palminteri; Ballarò, Palermo [Vinken 2019].

eine Wiederaneignung der Stadt durch ihre Bürger zielte. Das Verdienst der Reformer um den, von einer Anti-Mafia-Koalition getragenen, langjährigen Bürgermeister Leoluca Orlando ist die Orchestrierung einer bürgernahen Kultur- und Sozialpolitik, die sich darauf richtet, der vermeintlich schicksalhaften Brandmarkung Palermos als Hauptstadt der Mafia alternative Erbe-Narrative entgegenzusetzen und neue Identifikationsangebote zu schaffen. Die Stadtregierung initiierte dabei selbst ein ganzes Bündel von Maßnahmen, vor allem aber richtete sie ihr Augenmerk darauf, vielfältigen Akteursgruppen Raum für Eigeninitiative zu geben. In einer Heritage-Politik, die neben etablierten und institutionalisierten Formaten wie der Denkmalpflege auch Immateriellem, Experimentellem und Ephemerem und den Stimmen einzelner Communities und Akteure Raum gibt, ist so der oft beschriebene Wandel des kulturellen Erbes vom Antiquarischen zum Sozialen paradigmatisch erfahrbar. Eine auf Fachfragen orientierte Denkmalpflege und die von ihr ermittelten und tradierten Werte müssen sich in Palermo in einem vielstimmigen Aneignungs- und Deutungsprozess bewähren.

Diese und weitere Fallstudien zu städtischen Heritage-Formationen, die vom Verfasser über mehrere Jahre zusammen getragen worden sind, werden derzeit in der englischsprachigen Monographie

*Zones of Tradition – Places of Identity. Cities and their Heritage* veröffentlicht. Erste Ergebnisse zum städtischen Erbe von New Orleans werden auf der AKTLD-Jahrestagung in Bamberg *denkmal:emotion*, 01.10. – 03.10.2020, vorgestellt.  
(Gerhard Vinken)

VINKEN, Gerhard: *Zones of Tradition – Places of Identity. Cities and their Heritage*, Bielefeld (erscheint 2020/21).

VINKEN, Gerhard: *Palermo oder Überleben als Erinnern*, in: KREN, Reinhard / LEISCH-KIESL, Monika (Hg.): *Kultur – Erbe – Ethik. „Heritage“ im Wandel gesellschaftlicher Orientierungen*. Festschrift für Wilfried Lipp, Linzer Beiträge zur Kunstwissenschaft und Philosophie 12, Bielefeld 2020, 349–361.

VINKEN, Gerhard: *Die Räume des Denkmals. ›Bildmacht‹ als Ergebnis räumlicher Praktiken*, in: HESBERG, Henner von / KUNOW, Jürgen / OTTEN, Thomas (Hg.): *Die Bildmacht des Denkmals - Ikonisierung und Erleben archäologischer Denkmäler im Stadtbild*, Archäologisches Gedächtnis der Städte, Schriftenreihe des Arbeitskreises Bodendenkmäler der Fritz Thyssen Stiftung 5, Regensburg 2020, 145–157.

## Townscapes in Transition. Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period

Internationale Expertentreffen und Buchpublikation

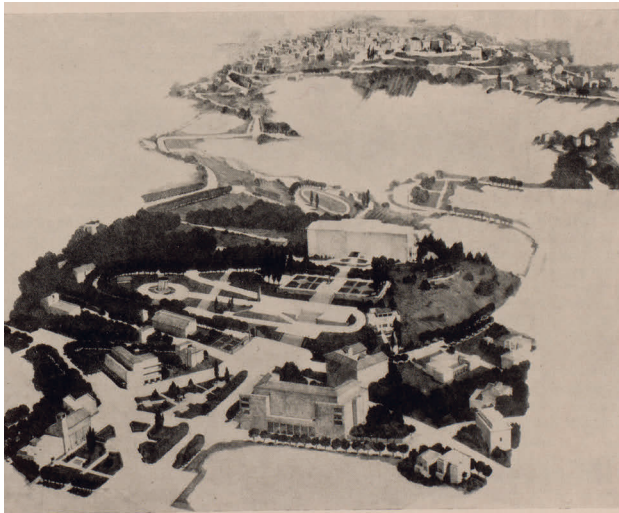


Abb. 1: Mario Paniconi; Landschaftsplanung für Fuiggì; landschaftliche Verbindung von Altstadt und neuem Zentrum [Architettura 1933, 327].

Leitung:	Dr.-Ing. Carmen M. Enss
Partner:	Universität Innsbruck, Dr.-Ing. Luigi Monzo; Bibliotheca Hertziana – Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte in Rom, Abteilung Prof. Dr. Tanja Michalsky, Dr. Christiane Elster
Laufzeit:	2018–2019
Finanzierung:	Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bibliotheca Hertziana/Rom, KDWT-Eigenmittel

Im Anschluss an das DFG-Projekt *Geplantes Erbe: Gustavo Giovannonis und Theodor Fischers Stadtplanungen für historische Stadtbereiche der Jahre 1889 bis 1929* (vgl. Berichte des KDWT 1, 2019, 14–15) organisierte Carmen M. Enss gemeinsam mit Luigi Monzo von der Universität Innsbruck im Sommer 2018 zwei internationale Tagungen in Italien. Bei diesen Treffen unter Architekturhistoriker\*innen und Denkmalwissenschaftler\*innen, die in Kooperationen mit Partner\*innen aus Italien, den USA und Österreich ausgerichtet wurden, ging es jeweils um Stadtplanungen für historische

Stadtbereiche, welche im Umfeld des Ingenieurs und Denkmalwissenschaftlers Gustavo Giovannoni (1873–1947) entstanden. Um die hochrangigen Beiträge auch einem breiteren Publikum zugänglich zu machen, gaben Carmen M. Enss und Luigi Monzo im Anschluss gesammelte Aufsätze, die aus den Treffen heraus entstanden, im englischsprachigen Sammelband *Townscapes in Transition. Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period* heraus, der 2019 im transcript-Verlag erschien. Carmen M. Enss wurde 2019 Mitglied einer Forschungsgruppe der Università di Studi della Campania Luigi Vanvitelli in Aversa unter der Leitung von Prof. Concetta Lenza mit dem Titel *Paesaggi culturali contemporanei. Conoscenza, conservazione e sviluppo*.

### Expert\*innentreffen in Italien

Carmen M. Enss und Luigi Monzo riefen im Herbst 2017 mit einem Call for Papers unter dem Titel *Townscapes in Transition* aktuelle internationale Forschung zum Thema Stadtbau im faschistischen Italien zusammen. Der Rücklauf dieses Aufrufs war sehr ergiebig und enthielt namhafte Wissenschaftler\*innen im Feld, sodass sich die Initiatorin und der Initiator entschlossen, zwei Forschungstreffen mit Abschlusspublikation zum Thema abzuhalten.

1. Tagungssektion *Annual Conference 2018*, American Association for Italian Studies, Sorrent

Thema der Doppelsektion *Paesaggio in transizione: trasformazione, riordinamento e continuità nell'architettura della città italiana tra le due guerre* waren Stadtbau- und Stadt-sanierungsmaßnahmen, die unter faschistischer Herrschaft zwischen 1919 und 1945 in italienischen Städten durchgeführt wurden. Deziert ging es bei den acht Vorträgen von Postdocs und Universitätsprofessor\*innen aus den USA und Italien um Aneignung und Besetzung historischer Quartiere und Architekturen für politische Interessen. Denkmalpflege wurde hier erstmals als Akteur faschistischer Baupolitik in den Blick genommen.

2. Tagung an der Bibliotheca Hertziana – Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte in Rom



Auf die Doppelsektion in Sorrent folgte einen Monat später die Tagung *Continuare la città: Principi e tendenze nella ricerca architettonica ed urbanistica di una città moderna all'italiana, 1919–1945* an der Bibliotheca Hertziana in Rom. Hier konnten Luigi Monzo und Carmen M. Enss zusätzlich mit Christiane Elster, die zu der Zeit in der Abteilung Tanja Michalskys forschte, kooperieren. Direktorin Tanja Michalsky richtete die Tagung auch gemeinsam mit dem DFG-Projekt *Geplantes Erbe: Gustavo Giovannonis und Theodor Fischers Stadtplanungen für historische Stadtbereiche der Jahre 1889 bis 1929* der Universität Bamberg aus. Zu der Tagung mit anschließender Exkursion kamen internationale Expert\*innen von Forschungseinrichtungen in Großbritannien, Deutschland und Italien zusammen, dazu neben zahlreichen Gästen auch Teilnehmer\*innen der Sorrentiner Tagung. Den Abendvortrag hielt Paolo Nicoloso von der Università di Trieste zu *Stadtumbau- und Sanierungsmaßnahmen in italienischen Städten unter der Ägide des Urbanisten Marcello Piacentini*.

### Buchpublikation

Mithilfe eine Publikationsförderung des KDWT konnte ein Sammelband mit den wichtigsten Texten der beiden Tagungen entstehen. Die ausführliche Einleitung *Editing Cities in Interwar Italy* der beiden Herausgeber bringt den aktuellen internationalen Forschungsstand zum Thema zusammen. Das abschließende Verzeichnis *Terms and Conditions of Interwar Architecture and Urbanism in Italy. A Tentative Glossary* bietet einen fundierten englischsprachigen Einstieg in italienische Fachbegriffe der Zeit. (Carmen M. Enss)

ENSS, Carmen M.: *Producing Heritage. Gustavo Giovannoni and Theodor Fischer as Town Planning Pioneers and Preservers of the Historic City*, in: BONARSOCCO, Giuseppe / MOSCHINI, Francesco (Hg.): *Gustavo Giovannoni e l'architetto integrale*, Atti del Convegno, Rom 2019, 179–185.

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi (Hg.): *Townscapes in Transition: Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period*, Bielefeld 2019.

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi: *Editing Cities in Interwar Italy*, in: Dies. (Hg.): *Townscapes in Transition: Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period*, Bielefeld 2019, 9–46.

Carmen M. Enss, Luigi Monzo (eds.)

## TOWNSCAPES IN TRANSITION

Transformation and Reorganization  
of Italian Cities and Their Architecture  
in the Interwar Period



Abb. 2: *Townscapes in Transition* [Buchcover transcript Verlag 2019]

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi: *Terms and Conditions of Interwar Architecture and Urbanism in Italy. A Tentative Glossary*, in: Dies. (Hg.): *Townscapes in Transition: Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period*, Bielefeld 2019, 263–270.

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi: *Workshop Continuare la città. Principi e tendenze nella ricerca architettonica ed urbanistica di una città moderna all'italiana 1919–1945*, Organisation gemeinsam mit der Bibliotheca Hertziana – Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte, Rom 12.07–13.07.2018.

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi: *Organisation und Durchführung einer Doppelsektion Townscapes in Transition. Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period / Paesaggio in transizione. Trasformazione, riordinamento e continuità nell'architettura della città italiana tra le due guerre*, Jahrestagung der American Association for Italian Studies (AAIS), Sorrent 14.06.–17.06.2018.



## Summer School „German Heritage in Eastern Europe“

### Comparing Narratives, Finding New Perspectives



Abb. 1: Teilnehmerinnen der Summer School vor dem Gutshaus in Ravila [Kristina Jõekalda 2019].

---

Leitung:	Dr. Stephanie Herold
Bearbeitung:	Dr. Stephanie Herold
Partner:	Estnische Kunstakademie Tallinn (EKA): Kristina Jõekalda
Laufzeit:	Mai bis November 2019
Finanzierung:	Bundesbeauftragte für Kultur und Medien (BKM), Böckler-Mare-Balticum-Stiftung

---

Die internationale Summer School *German Heritage in Eastern Europe. Comparing Narratives, Finding New Perspectives* wurde vom 5. bis zum 9. August 2019 auf dem Gut Ravila unweit der estnischen Hauptstadt Tallinn ausgerichtet. Die Summer School wurde in Zusammenarbeit mit der Estnischen Kunstakademie in Tallinn organisiert und von der Bundesbeauftragten für Kultur und Medien BKM und der Böckler-Mare-Balticum-Stiftung gefördert.

Teilnehmer\*innen waren 20 internationale Studentinnen und Doktorandinnen insbesondere der Kunstgeschichte und Denkmalpflege sowie, als Expert\*innen, u.a. Prof. Dr. Gabi Dolff-Bonekämper (Denkmalpflegerin, TU Berlin), Prof. Dr. Jörg Hackmann (Historiker, Universität Greifswald), Prof. Dr. Krista Kodres (Kunsthistorikerin,

Estnische Kunstakademie), Prof. Dr. Ulrike Plath (Historikerin, Universität Tallinn) und Siim Raie (Generaldirektor der nationalen estnischen Denkmalbehörde).

#### Deutschbaltisches Erbe „vor Ort“ reflektiert

Das Projekt hatte zum Ziel, im Rahmen eines internationalen Austauschs zwischen Studierenden und Promovierenden verschiedener Disziplinen grundsätzliche Reflexionen über das kulturelle Erbe der „Deutschen“ im östlichen Europa am Beispiel des deutschbaltischen Erbes in Estland anzuregen. Darüber hinaus sollten vor diesem konkreten Hintergrund potenziell vereinende und trennende Aspekte kulturellen Erbes und der damit verbundenen Narrative in einem interdisziplinären und internationalen Rahmen anhand verschiedener Fallbeispiele und aktueller Forschungen diskutiert werden. So tauschten sich im Rahmen der Summer School zwanzig Studentinnen und Doktorandinnen u.a. aus Estland, Polen, Russland, den USA und Deutschland über verschiedene Perspektiven auf und Herangehensweisen an „deutsches Erbe“ in Osteuropa aus. Der Fokus lag dabei nicht nur auf den als Erbe definierten Objekten, sondern auch auf den Narrativen und historischen Prozessen, die die Konstruktion von (nationalem) Erbe begleiteten – und die Diskussionen darüber bis heute prägen. Neben der Vielzahl an unterschiedlichen nationalen Perspektiven und Narrativen, die in diesem Zusammenhang diskutiert und kritisch hinterfragt wurden, trug auch die interdisziplinäre Zusammensetzung der Summer School (aus Kunsthistorikerinnen, Historikerinnen, Denkmalpflegerinnen und Kulturanthropologinnen) zu einem breiten Spektrum der Summer School bei. Es wurden Fallbeispiele aus dem musealen und kulturpolitischen Bereich ebenso diskutiert wie Themen der Architekturgeschichte und klassischen Denkmalpflege. Die Summer School setzte sich aus verschiedenen Formaten zusammen, wie Keynotes und Beiträgen von Teilnehmerinnen und Gästen, ausführlichen Diskussionen, Filmabenden sowie geführten Exkursionen.

Die Summer School fand größtenteils im Gutshaus Ravila in der Nähe der estnischen Hauptstadt Tallinn statt, wodurch ein direkter, räumlich-materieller Bezug zum Thema des deutschbaltischen Erbes in der Region geschaffen wurde. Dieser



Abb. 2: Gespräch mit lokalen Akteur\*innen, Gutshaus Esna [Kristina Jõekalda 2019].

konkrete Zugang wurde im Rahmen einer Exkursion zu Orten deutschbaltischen Erbes noch weiter vertieft. Geleitet wurde die Exkursion von Oliver Orro (wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Kulturerbe und Konservierung der Estnischen Kunstakademie), Dr. Linda Kaljundi (Ass. Prof. für Geschichte an der Universität Tallinn) und Dr. Anneli Randla (Ass. Prof. für Denkmalpflege an der Estnischen Kunstakademie). In all diesen Punkten war es das Ziel der Summer School, die vielschichtigen Verbindungen zwischen nationalen Narrativen und kulturellem Erbe zu analysieren und kritisch zu hinterfragen. Gerade in Hinblick auf aktuelle Renationalisierungstendenzen in Europa – in deren Kontext auch gerne auf vermeintlich nationales Erbe als Identitätsanker zurückgegriffen wird – gewinnt diese kritische Auseinandersetzung mit Vorstellungen von nationalem Erbe wieder an Bedeutung. Vor diesem Hintergrund bot die Summer School eine Woche des internationalen Austauschs, aus dem nicht nur persönlich, sondern auch wissenschaftlich neue Perspektiven und Netzwerke entstehen konnten.

(Stephanie Herold)



Abb. 3: Exkursion; Gutshaus Jäneda [Kristina Jõekalda 2019].



## Digitalisierung des dendrochronologischen Archivs



Abb. 1: Bern, Münster; Nordansicht des Langhaus- und Chordachs sowie des nördlichen Seitenschiffs [Eißing 2018].

Leitung:	Dr.-Ing. Thomas Eißing
Bearbeitung:	Susanne Schödel, Richard Blum M.A.
Laufzeit:	2016–2020
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Das Projekt *Digitalisierung des dendrochronologischen Archivs* wurde 2016 begonnen und hat zum Ziel, rund 12 000 Holzbohrkerne, die in den Jahren zwischen 1993 und 2008 entnommen wurden, mit hochauflösenden Scans digital zu erfassen. Bei der Bearbeitung der Bohrkerne werden die Metadaten auf fehlende Einträge wie z. B. die Geo-Referenzierungen überprüft und ggf. ergänzt, sowie gezielt bisher nicht datierte Proben aufgrund der heute deutlich verbesserten Datierungsgrundlage mit Regionalchronologien nachdatiert. Von den 12 446 Bohrkerne wurden bis Juni 2020 9 870 Proben überprüft und eingescannt. Etwa 6,5 % der bisher nicht datierten Proben konnten nachdatiert werden, für 96 Proben konnten die Datierungen nicht bestätigt werden. Dies zeigt, dass im Routinebetrieb Fehler auftreten, zum Beispiel durch einen fehlerhaften Datierungseintrag oder eine fehlerhafte Bestimmung der Synchronlage. Daher ist es wichtig, die Messdaten und die Proben bzw. die Probenscans vorzuhalten, um jederzeit eine dendrochronologische Datierung überprüfen zu können. Dieses Projekt ist somit für die Bewertung

von dendrochronologischen Datenbeständen von Bedeutung, weil in den dendrochronologischen Laboren keine systematischen und quantitativen Bewertungen der Datenqualität durchgeführt werden. Bis zum Abschluss des Projektes 2020 wird das Vorgehen in einer „Guideline“ zur Behandlung von dendrochronologischen Datenbeständen verschriftlicht.

Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung der Datierungsausbeute durch optimierte Regionalchronologien, die das lokale Klima einer Wachstumsregion spezifischer als großräumige Standardchronologien erfassen können. Dafür ist es notwendig, dass die aus den Objekten entnommenen Bohrkerne bzw. das jeweilige Bauholz dem Herkunftswaldgebiet zugeordnet werden kann. Dies ist allerdings nicht ohne Weiteres möglich, da der Holztransport durch die Flößerei den unmittelbaren Zusammenhang von Wald und Objekt auflöst. Daher werden hier die Regionalchronologien nach dem hydrologischen System bzw. den Floßhandelswegen aufgebaut.

Im Voralpenraum kommt bei Höhenlagen über 800 m erschwerend hinzu, dass das Baumwachstum zunehmend durch die Temperatur und die Dauer der Vegetationszeit und nicht wie in den Tieflagen durch den Niederschlag bestimmt wird. Durch einen an rezenten Fichten- und Tannenhöhenringbreitenserien aus Höhenlagen von 500 m – 1800 m ü. NN entwickelten Algorithmus kann die Höhenlage auch von historischem Bauholz auf etwa  $\pm 200$  m berechnet werden. Die Regionalchronologien werden alle in bis zwei Jahre neu zusammengesetzt, indem sowohl nachdatierte Proben sowie die etwa 3 000 jährlich hinzukommenden Proben einbezogen werden. Zwischen 2018 und 2020 wurden vor allem die Fichtenchronologien ausdifferenziert, die mit Abstand die häufigste Bauholzart in den Untersuchungsregionen ist. Zurzeit liegen 186 Stadt-, Regional- und Standardchronologien für Bayern, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Niedersachsen vor.

### Anwendung des Höhenstufenmodells am Beispiel der Dachwerke über dem Berner Münster

Im Zuge der Sanierungsarbeiten am Berner Münster wurde die Baugeschichte von der Bauforscherin Alexandra Druzynski v. Boetticher von der TU Cottbus und Prof. Bernd Nicolai, Universität Bern, neu bearbeitet. Um die Datierung der Einwölbungen jochweise genauer bestimmen zu können, sollten die Dachkonstruktion über den



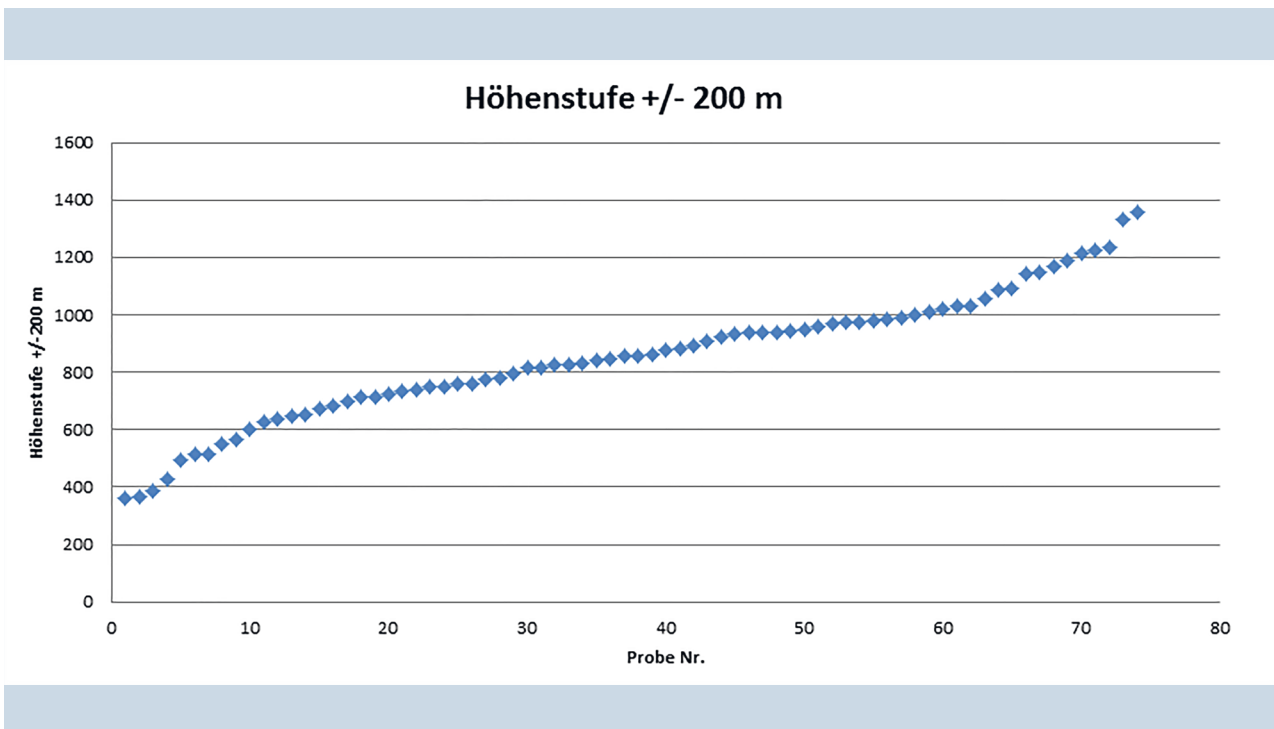


Abb. 2: Berechnung der Höhestufen nach dem Höhenstufenmodell des Lechraums für 75 Proben aus dem Berner Münster [Eißing 2019].

Gewölben dendrochronologisch datiert werden. 2014 und 2016 wurden von zwei Laboren aus der Schweiz dendrochronologische Untersuchungen vorgenommen, die nur zu einem geringen Teil datiert werden konnten. In der Schweiz wurden bisher weder die Chronologien nach den Flusswegen aufgebaut, noch eine Differenzierung nach einem Höhenstufenmodell vorgenommen. Um das Problem unter Einbindung der Schweizer Kollegen zu lösen, wurden zunächst die Gefüge systematisch kartiert und das Bauholz nach Abbundeinheiten klassifiziert. An den Bauhölzern konnten Floßbinderelike festgestellt werden, die zweifelsfrei belegen, dass ein Teil des Holzes aus stadtfernen Gebieten über die Aare gefloßt wurde. Mit Hilfe des Höhenstufenmodells konnte die jeweilige Höhenlage für 75 Proben berechnet werden, die von Tieflagen um 500 m bis auf etwa 1400 m streuen. Mit der speziellen Höhenlagenchronologie aus dem Lechgebiet wurden bisher nicht datierbare Proben, wie die Hölzer aus der Vorgängerkonstruktion des Chordachs, auf 1437/38 datiert. Von 88 Bauhölzern aus 17 Konstruktionseinheiten konnten 67 Hölzer dendrochronologisch datiert werden. Dies entspricht einer für den Voralpenraum hohen Datierungsquote von 76 %. Das gute Ergebnis ist zum einen auf die große Probenanzahl zurückzuführen und zum anderen auf die Übertragung des Höhenstufenmodells aus dem Lechraum auf das Gebiet des Berner Oberlands.

#### Anwendung des kleinräumigen Holzherkunftsnachweises am Beispiel des Landauer Altars

Die Tafeln „Katharinenvermählung Gm 880“ und „Kreuzigung Gm 882“ gehören zu dem nach seinem Stifter Markus Landauer benannten Retabel. Die Retabelflügel wurden im Rahmen des von der Leibniz-Gemeinschaft geförderten Projektes *Die deutsche Tafelmalerei des Spätmittelalters. Kunst-historische und kunsttechnologische Erforschung der Gemälde im Germanischen Nationalmuseum, Nürnberg* dendrochronologisch untersucht. Es wurde gefragt, ob dendrochronologisch zwischen einer Holzherkunft aus Bamberg und Nürnberg unterschieden werden kann. Diese Frage ist für die kunsthistorische Einordnung des Landauer-Retabels von Bedeutung, weil eine Zuschreibung an Hans Pleydenwurff oder seine Werkstatt diskutiert wird. Der namentlich dokumentierte Maler siedelte von Bamberg nach Nürnberg über und ist dort seit 1457 als Bürger nachgewiesen. Wären die Bildtafeln aus Fichte des Landauer-Retabels in Bamberg hergestellt worden, dann hätte der Maler, vielleicht Pleydenwurff oder seine Werkstatt, wohl gefloßte Fichtenbretter aus dem Frankenwald verwendet. Wären die Tafelbilder in Nürnberg hergestellt worden, wäre mit großer Wahrscheinlichkeit Fichtenholz aus dem Reichswald zum Einsatz gekommen. Die klimatischen Bedingungen im Frankenwald mit hohen Niederschlagsmengen im Jahresmittel um 1000 mm unterscheiden



Abb. 3: Landauer Retabel, mit Darstellung der Brettstöße um 1465; Werkstatt oder Umkreis Hans Pleydenwurffs; links: „Mystische Vermählung der hl. Katharina“, Inv. Nr. Gm 880; rechts: „Kreuzigung Christi“, Inv. Nr. Gm 882 [Foto: Georg Janßen; Kartierung: Katja von Baum, Beate Fückler; ergänzt Eißing 2018].

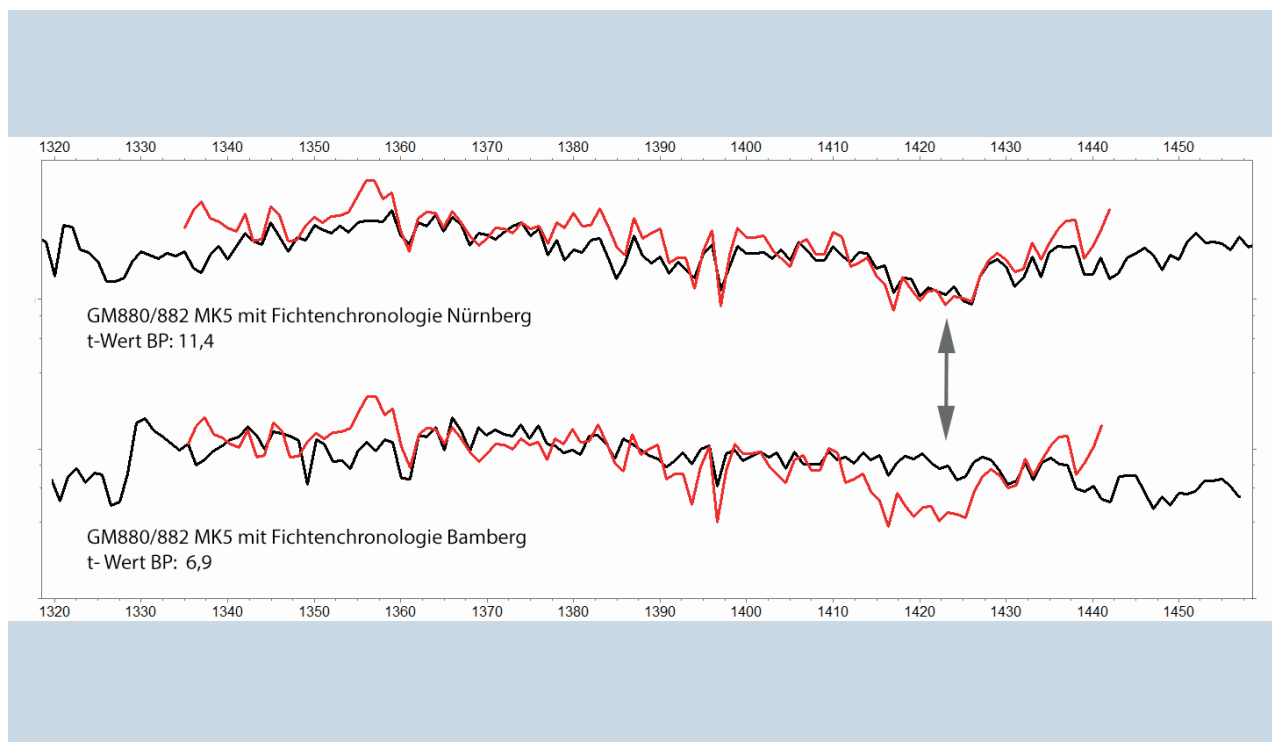


Abb. 4: Vergleich der optischen Übereinstimmung zwischen den Fichten-Regionalchronologien für Nürnberg oben und für Bamberg unten [Eißing 2018].

sich von der Niederschlagsmenge um Nürnberg mit etwa 450 mm. Dies hat trotz der geringen direkten Distanz von nur etwa 100 km zwischen Nürnberg und dem Frankenwald zur Folge, dass die um Nürnberg wachsenden Fichten sensibler auf Trockenheit reagieren als die Fichten aus dem Frankenwald. Dieser Zusammenhang kann an den Jahrringkurven mit deutlich größeren Schwankungen zwischen den einzelnen Jahrringbreiten abgelesen werden und wird entsprechend in den Fichten-Stadtchronologien von Bamberg und Nürnberg abgebildet. Die Jahrringserien der Bretter wurden eingemessen und die Mittelkurve aus den Brettern mit den Stadtchronologien für Bamberg und Nürnberg verglichen. Das Ergebnis ist überraschend eindeutig. Der ausgezeichnete statistische Gütewert von 11,4 (t-Wert BP) mit der Fichtenchronologie Nürnberg unterscheidet sich deutlich vom t-Wert 6,9 mit der Fichtenchronologie Bamberg. Daher legt das dendrochronologische Provenancing nahe, dass die Fichtenbretter mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Nürnberger Reichswald stammen und wohl auch in Nürnberg gefasst worden sind.

### Perspektive

Die zukünftige Entwicklung des dendrochronologischen Labors ist am Anspruch eines Referenzlabors orientiert. Dies soll durch eine systematische digitale und analoge Archivierung der Bohrkerne und eine lückenlose Dokumentation von der Probenauswahl vor Ort über die Entnahme und Auswertung belegt und durch die Formulierung von Guidelines auch für andere Labore als Orientierung angeboten werden. Die methodischen Aspekte, wie zum Beispiel nach Höhenstufen differenzierende Chronologien, sollen auf andere Regionen übertragen werden (vgl. DFG-Antrag *Dendromantan*, eingereicht am 17.07.2020). Ein dritter Ansatz verfolgt die Holzherkunftseingrenzung durch Nachweis von regionalspezifischen Isotopen bzw. deren Zusammensetzung (vgl. Arbeitsgruppe Holzforschung innerhalb des Großgeräteantrags *Laser-Ablation gekoppelt mit ICP-MS*, Antragsteller Prof. Dr. Paul Bellendorf, Restaurierungswissenschaften).

(Thomas Eißing)

EISSING, Thomas: *Die dendrochronologische Datierung von Bauhölzern aus den Dachwerken und dem Turm des Berner Münsters*, in: NICOLAI, Bernd / SCHWEIZER, Jürg (Hg.): *Das Berner Münster*, Regensburg 2019, 208–217.

EISSING, Thomas: *Dendrochronologie und Holzherkunftsbestimmung am Beispiel des Landauer Altars aus dem Germanischen Nationalmuseum*, in: GOER, Michael / BÜREN, Guido von (Hg.): *Burgen – Schlösser – Häuser. Festschrift für G. Ulrich Großmann zum 65. Geburtstag*, Berichte zur Haus- und Bauforschung 9, zugleich Forschungen zu Burgen und Schlössern Sonderband 6, Fulda 2019, 180–191.





DIGITALE DENKMALTECHNOLOGIEN



Der Arbeitsbereich Digitale Denkmaltechnologien (DDT) profiliert sich in ingenieurtechnisch geleiteten, multimodalen und optischen 2D- und 3D-bildgebenden Verfahren für die automatisierte Datenanalyse und Visualisierung von Kulturgütern (Denkmalgebäude und -anlagen, Museumsobjekte, Baudekor). Wir orientieren uns an Entwicklungen der Technologien für bildgebende Verfahren und Digitalisierung. Wir streben eine Innovation von Arbeitsabläufen durch Adaption digitaler Technologien für den Denkmal- und Kulturgüterbereich an (z.B. Scan2BIM). Zusätzliche Forschungsfragen können durch den neuen GeoSLAM Horizon Scanner angegangen werden, der größere, räumliche Zusammenhänge erfasst. Wir haben uns fünf Themenschwerpunkte in der Projektarbeit und dem Ausbau unserer nationalen sowie internationalen Netzwerke gewidmet.

## Kulturgut- und Denkmal-Digitalisierung

Vom Museumsobjekt, über historische Universitätsgebäude bis zu barocken Gärten, beschäftigt sich jedes DDT-Projekt mit der Digitalisierung durch optische bildgebende Verfahren. Die 3D-Vermessung von Museumsobjekten und architektonischem Baudekor für Bestandsaufnahme und Geometrievergleich wurden weiter verbessert. Wir widmeten uns der Gebäudedokumentation, z.B. den kubanischen Hofhäusern. Besonders aufwändig war die Erfassung von reich ausgestatteten Innenräumen, wie der Festsaal im Schloss Weikersheim (mit *Corpus barocker Deckenmalereien Deutschland*), der eine Herangehensweise mit kombinierten Sensoren notwendig machte. Ein größerer Maßstab kann jetzt durch SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) erfasst werden. Wir trugen durch die Aufnahme der Ebracher Höfe zum EU-Projekt *Cisterscapes* bei.

## Automatisierung in der Datenverarbeitung

Der Trend zur Automatisierung, unterstützt durch Machine Learning und automatischer Segmentierung, ist aktueller Forschungsinhalt. Durch Maria Chizhova's Forschung zur mathematischen Ergänzung von *Bauwerken aus unvollständigen Punktwolken* sind algorithmische Möglichkeiten hierzu aufgezeigt worden.

## Virtuelle Rekonstruktion und VR

Ein Desiderat der Geisteswissenschaften und Digital Humanities ist die Nachnutzung der Aufnahmen für ein neues Verständnis von Objekten. Weiter ausgebaut wurden Arbeitsabläufe von 3D-Aufnahme, über 3D-Modellierung und Über-

führung in virtuelle Rekonstruktionen mit immersiven Angeboten. Die digitale Rekonstruktion des *Tempels in Wadi-es-Sebua* wurde, basierend auf Archivalien und Fotografien, mit klarer Unterscheidung zwischen Fakten und Hypothesen, begonnen. Wir nahmen im Projekt *Campus 3D* die universitären Innenstadtgebäude von Bamberg auf. DDT bringt sich auch im neuen Projekt Smart-city Bamberg und Welterbe/ *Digital Twin* ein.

## Integration von multi-modalen Sensordaten

Dies kann eine bessere Aufnahme und ein besseres Verständnis von Bauwerken ermöglichen. Im Projekt *Georgische Kirchen* wurden Daten von Fotogrammetrie, 3D-terrestrischem Laserscanning und Drohnen kombiniert, um ein messtechnisches Gesamtbild inklusive Dachdetails zu erstellen. In Zukunft könnte dies ein H-BIM (Historic Building Information Model) mit Daten zu RH/T und anderen Sensordaten sein.

## Ausbau der (digitalen) Lehre und Vermittlung

Die zunehmende Digitalisierung der Lehre hat innovative Projekte hervorgebracht, die Fern- und Online-Lernen unterstützen. DDT widmete sich dem Projekt *VirScan3D - der Virtuelle Laserscanner-Simulator*. In diesem innovativen Projekt wurde ein Software-Prototyp entwickelt, um den Umgang mit 3D-Laserscannern ohne reales Gerät zu erlernen. Die jährliche *International Summer School Monitoring Heritage* ermöglicht die Vermittlung von Denkmaltechnologien an nationale und internationale TeilnehmerInnen.

## Internationale Vernetzung

Um den internationalen und interdisziplinären Austausch zu fördern, wurden in den DDT kollaborative Beziehungen zu fachlich relevanten Institutionen gepflegt und weiter ausgebaut. Es existiert nun ein Erasmus-Plus-Abkommen mit der *Università degli Studi di Catania* (Italien), von der wir zweimal eine Gastwissenschaftlerin begrüßen durften. Weitere WissenschaftlerInnen kamen von der *Università degli Studi di Salerno* (Italien) und der *Vilnius Gediminas Technical University* (Litauen). Partnerschaften bestehen mit dem *Centre for Digital Humanities vom UCL* (Großbritannien), der 3D Survey Group vom *Politecnico di Milano* (Italien) und dem *Royal Belgian Institute of Natural Sciences* (Belgien). Zahlreiche weitere ausbaufähige Kontakte wurden auf (Online) Konferenzen und durch Gastvorlesungen durch Prof. Dr. Mona Hess geknüpft.  
(Mona Hess)

## Orthodoxe Kirchen

### Virtuelle 3D Rekonstruktion aus unvollständigen Punktwolken

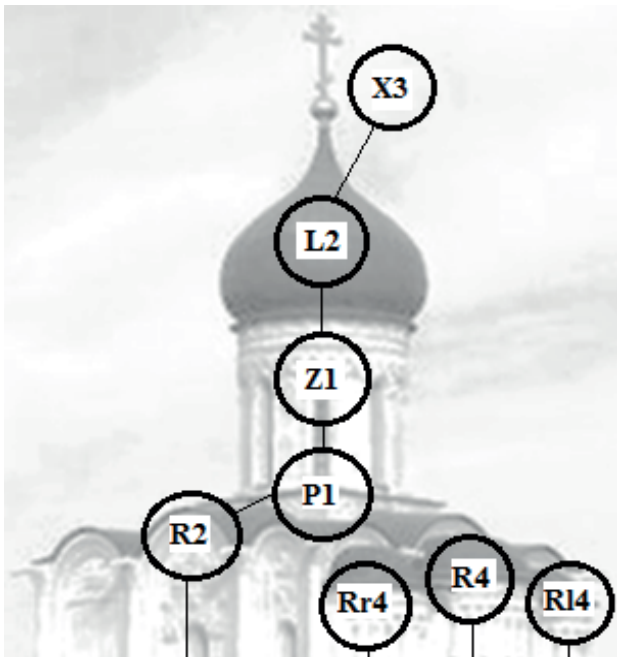


Abb. 1: Pokrova [Chizhova 2019].

Leitung (KDWT): Prof. Dr. Mona Hess

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Uwe Stilla (TU München), Prof. Dr.-Ing. Ansgar Brunn (Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt), Prof. Dr. Thomas Luhmann (Jade Hochschule Oldenburg)

Bearbeitung: Dr.-Ing. Maria Chizhova

Partner: Technische Universität München, Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG), Jade Hochschule Oldenburg

Laufzeit: 2015–2019

Frau Dipl.-Ing. Maria Chizhova wurde am 26. Juli 2019 an der Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität München mit der Arbeit „Virtuelle 3D-Rekonstruktion von zerstörten

russisch-orthodoxen Kirchen aus unvollständigen Punktwolken“ zum Dr.-Ing. promoviert. Die Arbeit wurde von Prof. Dr. Uwe Stilla (TU München), Prof. Dr. Mona Hess (Universität Bamberg), Prof. Dr. Ansgar Brunn (Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt) und Prof. Dr. Thomas Luhmann (Jade Hochschule Oldenburg) betreut.

Das kulturelle Erbe von Völkern ist für die Identität nachfolgender Generationen wichtig und daher auch in geeigneter Weise zu konservieren. Im Laufe der Zeit sind viele Informationen über ehemalige Kulturbauten verloren gegangen, da manche Objekte durch natürliche Verwitterung oder aufgrund menschlichen Wirkens stark beschädigt oder gar zerstört wurden.

Die gegenwärtigen 3D-Erfassungstechniken bieten prinzipiell die Möglichkeit, Oberflächen von Bauwerken in ihrem aktuellen Zustand umfassend aufzunehmen, zu speichern und damit virtuell zu erhalten.

Die Erzeugung von dreidimensionalen Punktwolken und deren automatisierte Weiterverarbeitung ist ein aktuelles Forschungsgebiet mit vielfältigen Anwendungsgebieten. Die in den letzten zwei Jahrzehnten erfolgten Entwicklungen in bildgebenden Verfahren und optischen Vermesungstechniken haben dazu wesentliche Beiträge geleistet, so dass die 3D-Aufnahme von praktisch beliebigen Objekten heute als etablierte Technologie betrachtet werden kann. Dabei wird typischerweise eine unstrukturierte und häufig verrauschte Punktmenge produziert, in der jeder Punkt Informationen über Objektattribute, wie 3D Koordinaten, Normalenvektor, Oberflächenfarbe und Materialeigenschaften, in verschlüsselter Form enthält. Allerdings können die entstehenden Datenmengen die Anwendung von existierenden Verarbeitungs algorithmen und -methoden wesentlich erschweren, insbesondere wenn die Objekte geometrisch komplexer werden.

Die vollautomatische Weiterverarbeitung dieser Punktwolken zu hochwertigen Endprodukten ist in der Regel noch nicht zufriedenstellend gelöst und hängt stark von den aufgenommenen Objekten selbst, den technischen Möglichkeiten des Aufnahmesystems, dem Wissen über die gesamte Bearbeitungskette und den Anforderungen an das Endprodukt ab. Es ist nach wie vor von hohem wissenschaftlichem und praktischem Interesse,





*Abb.2: Beispiel einer zerstörten und danach rekonstruierten russisch-orthodoxen Kirche [www.vidania.ru]*

Verfahren zu entwickeln, die aus den Messdaten hochwertige Aussagen über Bedeutung und Zustand der Objekte erlauben.

Die Entwicklungen der letzten zehn Jahre verfolgen im Wesentlichen das Ziel, die Datenvolumina intelligent zu reduzieren und dabei eine optimale Menge von Informationen aus den Punktwolken zu extrahieren. Nach wie vor ist von hohem wissenschaftlichem und praktischem Interesse, Verfahren zu entwickeln, die aus den Messdaten hochwertige Aussagen über Bedeutung und Zustand der Objekte erlauben, d.h. topologische und semantische Informationen zur Erkennung von Objekttypen ableiten. In diesem Kontext spricht man von Interpretation von Punktwolken.

Die Punktwolkeninterpretation stellt eine Herausforderung in der Photogrammetrie wie auch in anderen Disziplinen dar. Offensichtlich ist, dass der Prozess, nützliche Kenntnisse aus einem unstrukturierten Informationsraum (wie es eine Punktwolke ist) zu extrahieren, ein Thema ist, das mehrere Forschungsgebiete verbindet. Entwicklungen, die auf der Analyse solcher Fragen basieren, werden in zahlreichen technischen Disziplinen wie Ingenieurwesen, Maschinenbau, Architektur, Biomedizin und Robotik, aber auch in anderen Gebieten wie Geschichte und Archäologie aktiv vorangetrieben.

Neben zahlreichen anderen Anwendungsbieten seien hier das in den letzten Jahren in den Fokus gerückte Verfahren des Building Information Modelling (BIM) genannt, in dem ein Teilaspekt der 3D-Erfassung und Modellierung Gegenstand

zahlreicher aktueller Forschungsarbeiten ist. Eine Sonderform des BIM wird derzeit auch im Bereich der Bauforschung und Denkmalpflege entwickelt, die als Heritage oder Historic Building Information Modeling (HBIM) bezeichnet wird. Ziel ist in beiden Fällen die Ableitung relevanter Objektkomponenten in Form digitaler geometrischer Grundelemente, deren semantische Bedeutung und ihrer Beziehungen untereinander. Im Bauwesen stehen dabei im Wesentlichen die Bereitstellung, die Dokumentation und das Management konstruktiver Bauelemente und Installationen im Vordergrund, die mit relativ wenigen geometrischen Daten beschreibbar sind.

Im Bauforschungsbereich treten im Kontext der Gebäudeerfassung, -dokumentation und -untersuchung dagegen viel häufiger auch komplexe Oberflächen auf, die sich nicht durch einfache Regelgeometrien beschreiben lassen. Ziele jenseits der etablierten, klassischen Bauaufnahme sind dabei die Bereitstellung von metrischen 3D-Daten für Restaurierungszwecke, archäologische und historische Forschungen oder virtuelle Rekonstruktionen.

In diesem Zusammenhang wurde die vorliegende Arbeit durch den aktuellen Zustand orthodoxer Kirchen in Russland initiiert, die im 20. Jahrhundert häufig ganz oder teilweise zerstört oder anderen nicht religiösen Nutzungen zugeführt wurden (s. Abb.2). Inzwischen ist von hohem gesellschaftlichen Interesse, zerstörte oder beschädigte Kirchen in Russland möglichst in ihrem Originalzustand wiederherzustellen.

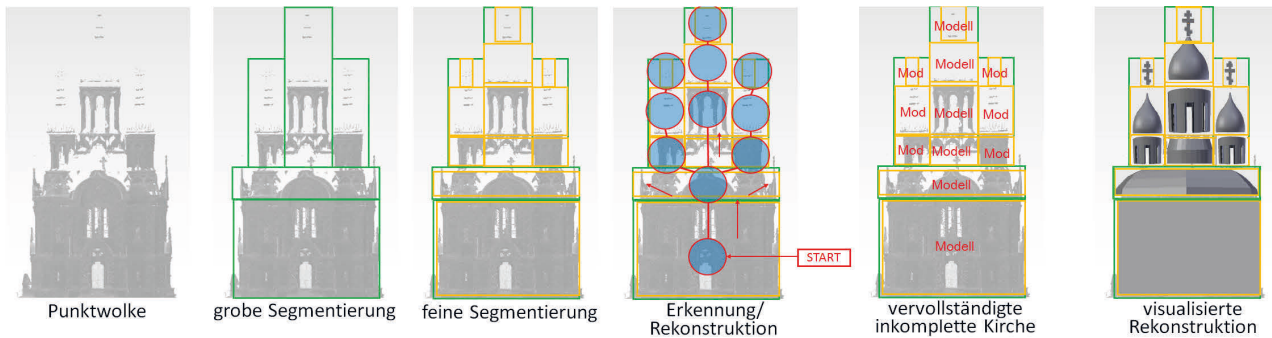


Abb. 3: Ablaufschema des entwickelten Rekonstruktionsalgorithmus [Chizhova 2019].

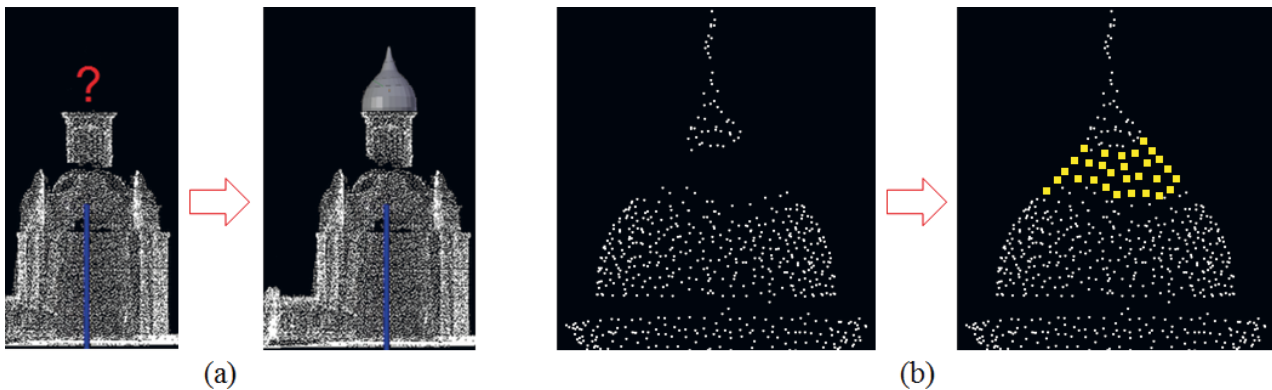


Abb. 4: a - Wiederherstellung, b - Vervollständigung [Chizhova 2019].

Im Bereich der Denkmalpflege wird die Rekonstruktion häufig kritisch angesehen, aber ihre Notwendigkeit für den Spezialfall russisch-orthodoxer Kirchen durch Bürgerinitiativen und gesetzlich bestätigt. Ein Sonderstatus religiöser Objekte wurde im föderalen Gesetz vom 25.06.2002 Nr. 73 „über die Objekte des kulturellen Erbes der Völker Russischer Föderation“ festgelegt, der neben der Übergabe von Kirchen und Sakralbauten der Russisch-Orthodoxen Kirche (erweitert durch das Gesetz vom 03.12.2010 Nr. 327) eine „Rekonstruktion der Bauobjekte“ zum Zweck der „Wiederherstellung verlorener Architekturumgebung“ erlaubt. Für die Wiederherstellung sprechen die staatlichen Initiativen, wie die föderalen Zielprogramme „Kultur des Russlands“ 2006-2011 und 2012-2018.

Daneben ist die Erschließung verloren gegangenen Wissens sowie die Sicherung des kulturellen Erbes in Form virtueller Rekonstruktionen, Modellierungen und Visualisierungen im Kontext der Museenausstellungen und architekturgeschichtlichen Aufbereitung von erheblicher Bedeutung. Die physisch rekonstruierten Kirchen werden in erster Linie aktiv weiter oder erneut als Sakralbauten für die Gottesdienstdurchführung genutzt, d.h. die einfache Konservierung des Status quo ist nicht zielführend. Darüber hinaus ist das Schließen der Gebäudehülle durch moderne

Bauelemente aus Nutzungs- und religiösen Gründen nicht zulässig.

Die Diskussion zur Ethik der Rekonstruktion wurden detailliert dargestellt. Das Problem der virtuellen oder realen Wiederherstellung zerstörter russisch-orthodoxer Kirchen führt im Kontext der oben beschriebenen Erfassung und Analyse räumlicher Punktwolken zu einer interessanten wissenschaftlichen Fragestellung, die im Rahmen dieser Arbeit aufgegriffen und in Teilen gelöst wird. Zielsetzung ist die Realisierung eines automatischen Verfahrens zur Interpretation und Vervollständigung nicht kompletter bzw. lückenhafter Daten von Punktwolken teilweise zerstörter Kirchenobjekte durch ein modellbasiertes Verfahren (s. Abb. 3).

Für die Umsetzung eines regel- oder modellbasierten Rekonstruktionsverfahrens mit dem Ziel der Vervollständigung lückenhafter Daten ist eine semantische Interpretation der aufgenommenen Objektbereiche erforderlich. Beispielsweise ist die Wiederherstellung einer fehlenden Kirchenkuppel nur dann möglich, wenn im Kontext benachbarter Objektelemente eine bestimmte Regelgeometrie erkannt wird und damit das fehlende Objekt geometrisch und semantisch korrekt eingepasst werden kann.

Da sowohl die Messdaten als auch die zugrunde gelegten Datenbanken und Konstruktionsregeln fehlerbehaftet sind, muss das angestrebte Verfahren

auf Basis statistischer Kenngrößen und fehlertoleranter Entscheidungsalgorithmen so robust sein, dass auch bei einem größeren Anteil fehlender Daten in den Punktwolken (z.B. großflächiger Bereiche oder fehlender Objektelemente) und messtechnisch gegebenen Rauschanteilen eine verlässliche Objekterkennung und Vervollständigung sichergestellt werden kann (s. Abb. 4).

In der Dissertation wurde die Strategie zur Analyse und Rekonstruktion von unvollständigen und lückenhaften Daten aus Punktwolken auf Basis eines modellbasierten Verfahrens entwickelt. Dieses Verfahren, das zunächst mit einer signifikanten Datenreduktion beginnt, nutzt hierarchische Ansätze zur automatischen Segmentierung, Klassifizierung und Geometrieextraktion von Punktwolken auf Grundlage von Datenbanken vorhandener Objekttypen (Kirchenkonstruktionen) sowie verbindlicher Konstruktionsregeln (Kanons), und vervollständigt dabei unvollständige (zerstörte oder beschädigte) Objekte oder lückenhafte Datensätze. Im vorliegenden Anwendungsfall bzw. in vergleichbaren Szenarien mit komplizierten Objektformen ist das manuelle oder automatisierte digitale Schließen von Lücken in Punktwolken eine komplexe Aufgabe. Je nach geometrischer Komplexität des Objektes können unterschiedliche Erkennungsmethoden erforderlich sein.

In der Arbeit wurden neue Verfahren für spezifische Teilprobleme entwickelt. So sind Methoden, die für die Erkennung von geometrischen Primitiven (z.B. Ebenen, Zylinder) angewendet werden, üblicherweise nicht unmittelbar für die Erkennung von komplexen Geometrien geeignet, die sich durch mehrere Parameter beschreiben lassen bzw. eine Kombination von mehreren geometrischen Primitiven darstellen (s. Abb. 5). Ein anderer Algorithmus dient zur automatischen Bestimmung einer geeigneten Formerkennungsmethode oder das Hashing von Punktwolken (mathematisches Verfahren zur Datenreduktion). Diese werden mit bekannten Methoden der diskreten Mathematik (zelluläre Automaten) und der wahrscheinlichkeitsbasierten Statistik (Bayes-Netze) verknüpft.

Als Gegenstand der experimentellen Untersuchungen werden zerstörte russisch-orthodoxe Kirchen herangezogen, die sich durch regelmäßige Geometrie und Gebäudetypologie auszeichnen. Es ist inzwischen von hohem gesellschaftlichen Interesse, zerstörte oder beschädigte Kirchen in Russland möglichst in ihrem Originalzustand wiederherzustellen.

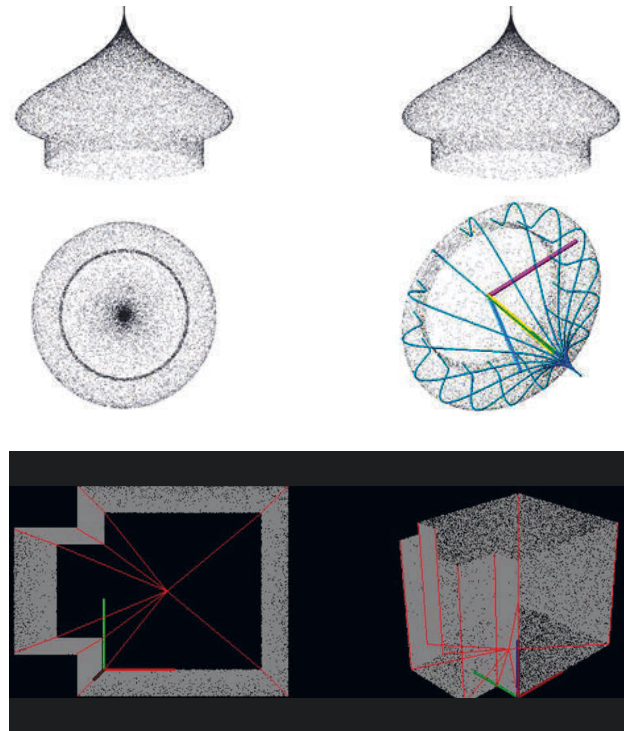


Abb. 5: oben – automatisch rekonstruierte vertikale Profillinie der Kuppel, unten – automatisch erkannte Kantenkonfiguration des Kirchenhaupttraumes [Chizhova 2019].

Das entwickelte Verfahren sowie einzelne Algorithmen werden anhand ausgesuchter Beispiele getestet. Dabei werden die wesentlichen Einflussgrößen (Zerstörungsgrad des Objektes, Vollständigkeit der Punktwolke, Abweichungen von Baukanons) anhand von typischen Szenarien erfolgreich untersucht. Das Verfahren lässt sich grundsätzlich auf andere Anwendungsgebiete erweitern, z.B. Industrieanlagen, zerstörte Gebäude oder BIM. Voraussetzung ist die Erstellung geeigneter Datenbanken mit hinreichender Anzahl von Vergleichsobjekten sowie den zugehörigen semantischen Beschreibungen.

Der vorgestellte Ansatz lässt sich auch umkehren. So kann nicht die virtuelle Rekonstruktion eines (teilweise) zerstörten Objektes im Vordergrund stehen, sondern die Analyse realer Punktwolken auf Vollständigkeit oder die Ermittlung von Veränderungen (change detection) durch den Vergleich von Punktwolken aus unterschiedlichen Zeitperioden.

(Maria Chizhova)

CHIZHOVA, Maria: Virtuelle 3D-Rekonstruktion von zerstörten russisch-orthodoxen Kirchen aus unvollständigen Punktwolken, München 2019 (<https://mediatum.ub.tum.de/?id=1484129>).



## Digitale Erfassung jüdischer Friedhöfe in Franken



Abb. 1: Jüdischer Friedhof in Laudenbach, Deutschland [Hess 2019].

Leitung:	Prof. Dr. Mona Hess
Bearbeitung:	Prof. Dr. Mona Hess, Dr.-Ing. Maria Chizhova, Dr. John Hindmarch
Partner:	Professur für Judaistik, GuK, Universität Bamberg; Georg Schirmer, Förderkreis Ehemalige Synagoge Laudenbach e.V., Karlstadt-Laudenbach; Prof. Dr. Susanne Talabardon, Rebekka Denz
Gastwissensch.:	Miroslavas Pavlovskis, Litauen (2019)
Externer Beitrag:	Prof. Dr. Ansgar Brunn, FHWS Würzburg, Gemeinsame Betreuung (Brunn/ Hess) der Bachelorarbeit in der Geoinformatik „Topographische Aufnahme des jüdischen Friedhofs in Laudenbach mit terrestrischem Laserscanning“ zur Digitalisierung und Implementierung in GIS für die Ansprache einzelner Grabsteine.
Laufzeit:	seit 2018
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Weltweit gibt es zahlreiche jüdische Friedhöfe. In Deutschland befinden sich 2.000 jüdische Friedhöfe, davon 200 in Bayern und 100 in Franken, alle jeweils mit einer ungezählten Anzahl von Grabsteinen. Die Motivation, jüdische Grabstätten und Bestattungen zu dokumentieren, wird durch das weltweite Interesse an dem jüdischen Erbe sowie durch die individuelle Suche nach Grabstätten von Vorfahren und Verwandten angetrieben. Die Bereitstellung eines umfassenden Fernzugriffs auf Sammlungen von Fotografien, Transkriptionen und Datenbanken ist im Gange, aber noch lange nicht abgeschlossen. Die schiere Zahl der jüdischen Friedhöfe und Grabsteine macht die Dokumentation und systematische Analyse zu einer gewaltigen Aufgabe. Schritte zur Massendigitalisierung (in 3D) und automatisierten Extraktion von Informationen wurden bisher noch nicht in großem Umfang unternommen.

Leider ist das „Erinnerungsarchiv“ einem hohen Risiko ausgesetzt, und die Erhaltung der Steine selbst ist schwierig, oder sogar unmöglich. Die Steine leiden häufig unter extremer Verwitterung. Insbesondere Winterfrost kann katastrophale Schäden verursachen.

Die älteren Grabsteine sind besonders gefährdet. Viele der Inschriften sind bereits unwiderruflich beschädigt und ihre wertvollen historischen Informationen für immer verloren.

Ziel des aktuellen Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines intelligenten Verfahrens zur automatischen Schrifterkennung von verwitterten und teilweise zerstörten Grabsteinen auf den jüdischen Friedhöfen. Die Entwicklung des o.g. Verfahrens ermöglicht, die Dokumentation noch existierender Informationen zu automatisieren und damit wesentlich zu optimieren.

In Deutschland wurde die Dokumentation jüdischer Grabsteine in systematischer Weise in Publikationen und neuerdings auch durch systematische semantische Datenbanken, wie Epidat angegangen (Steinheim Institut, 2020). In Bayern gehört dazu der Aufbau von Datenbanken (Klemm, 2020). Bedeutende Arbeit wurde geleistet, um die technische Fotografie, die manuelle Transkription und die Schadens- und Zustandsbewertung (Konservierung, Petrographie und Typologie) dieser Steine zu systematisieren (Arera-Rütenik et al. 2013).

Seit 2018 wurde dieses Thema zur Automatisierung der Schriftinterpretation erweitert und am Lehrstuhl für Digitale Denkmaltechnologien in



Zusammenarbeit mit der Professur für Judaistik (Prof. Dr. S. Talabardon) begonnen. Dieses Vorhaben ergänzt auch das Projekt zur Jüdisch-Fränkischen Heimatkunde der Professur für Judaistik. 2019 wurden bereits die ersten Studien zur Friedhofsdokumentation organisiert:

Die 1. Kampagne richtete sich an die Auswahl einer am besten geeigneten Methode zur Grabsteindigitalisierung, die neben schneller und kostengünstiger Objekterfassung einen hochqualitativen Datensatz zur automatischen Interpretation liefern könnte. Dabei wurden die Grabsteine verschiedener Verwitterungsgrade mit zahlreichen bildgebenden Verfahren auf dem Jüdischen Friedhof Zeckendorf (Oberfranken) und Laudenburg bei Karlstadt (Main-Spessart-Region) aufgenommen (s. Abb. 2). Die Ergebnisse sind im wissenschaftlichen Artikel von Chizhova et al. (2020) zu finden. Diese Aktivität wurde auch in der Presse unter dem Titel „Mit moderner Technik hebräische Schriftzeichen digitalisieren“ in der Zielsetzung reflektiert, aber die Automatisierung wird erst im nächsten Forschungsvorhaben angegangen. Die 2. Kampagne zielte auf die Kartierung des Jüdischen Friedhofes in Laudenburg bei Karlstadt (s. Abb. 1) und wurde in Kooperation mit FHWS (Prof. A. Brunn) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Bachelorarbeit von A. Maul dargestellt und schlagen ein auf GIS Datenbank basierendes, auf dem topographischen und tachymetrischen georeferenzierten 3D Aufmass vor, in dem jeder Grabstein einzeln mit seinen Koordinaten angesprochen werden kann. Dies bildet eine hervorragende Grundlage für die weitere Arbeit der Kartierung und namentlicher Zuordnung der Grabsteine. Dieser 400 Jahre alte Friedhof befindet sich im Bundesland Bayern. In die Steine sind hebräische und deutsche Texte eingraviert, die nicht nur Namen und Geburtsdaten, sondern auch Herkunftsorte, Berufe und manchmal die gesamte Lebensgeschichte der Verstorbenen enthalten. Damit bilden die Steine ein reiches historisches Archiv für die jüdischen Gemeinden in der Main-Spessart-Region (Alemannia Judaica 2013) (s. Abb. 1).

Der örtliche Buntsandstein ist weich und absorbiert leicht Feuchtigkeit, was bedeutet, dass die Steine unter extremer Verwitterung leiden. Insbesondere Winterfröste können katastrophale Schäden verursachen. Viele der hebräischen Inschriften sind bereits unwiederbringlich verloren (s. Abb. 3). Mit einer Nikon D3400-Kamera wurden 114 Fotos mit einem 40mm-Makroobjektiv aufgenommen. Die Oberfläche des Grabsteines wurden in einem



Abb. 2: Beispiele von beschädigten Grabsteinen in Laudenburg [Hess 2019].



Abb. 3: Photogrammetrie-Arbeitsablaufbeispiel für die Interpretation verblasster Inschriften. Von oben links nach unten rechts: Bild eines typischen Grabsteins mit stark erodierter Inschrift; 3D-Modell; Tiefenkarte; Ausgabebild mit lesbarem Text [Hindmarch 2019].





Abb. 4: Beispiele von Grabsteinen, die mit der GoPro-Kamera aufgenommen (links), aus Video extrahierte Standbilder) und in Reality Capture (rechts) verarbeitet wurden [Chizhova 2019].

systematischen Raster mit stark überlappenden Grossaufnahmen aufgenommen. Der Boden war uneben, so dass die Nivellierung des Stativs und die Positionierung der Kamera länger als erwartet dauerten. Für die Verarbeitung wurde ein Laptop mit 16 GB RAM verwendet (i7-7500 CPU und eine NVidia Quadro-Grafikkarte mit M520 GPU). Die gesamte Bearbeitungszeit betrug 7,5 Stunden, einschließlich anderer Bearbeitungsschritte. Mit den höchsten Recheneinstellungen wurde eine dichte Punktwolke von ca. 400m Punkten erreicht. Bei einer angenommenen Fläche von ca.  $2\text{m}^2 = 200 \text{ Punkte pro mm}^2$  ergab dies eine Auflösung zwischen 50 und 100 Mikrometer (s. Abb.4).

Auch wurden Grabsteine mit einer kostengünstigen GoPro-Kamera als Video aufgenommen. Die GoPro-Kameras können Fotos und Videos aufnehmen. Sie zeichnen sich durch einen sehr weiten Aufnahmewinkel ( $170^\circ$ ) aus (s. Abb. 5).

Die Videos wurden in der Software RealityCapture für die photogrammetrische 3D-Rekonstruktion verarbeitet. In Abbildung 4 sind einige Beispiele von Grabsteinen in verschiedenen Materialien und Farben sowie deren 3D-Rekonstruktion (Berechnung der 3D-Oberflächen-Netze) dargestellt. Wie man sieht, sind die Buchstaben trotz der schlechten Qualität der Ausgangsphotographien auf dem Modell deutlich sichtbar. Darüber hinaus

lassen sich aus den Farbbildern Informationen über den Stein (petrographische Informationen und Steinqualität) und biologisches Wachstum ableiten. Für die Aufnahme von Grabsteinen mit Structured Light Scannern wurden zwei Artec-Scanner verwendet - Eva und Spider (s. Abb. 6). Die Scanner ermöglichen die Erstellung von texturierten und genauen 3D-Modellen von Objekten mittlerer Größe. Die Daten wurden mit der firmeneigenen Software Artec Studio verarbeitet (s. Abb. 7).

Für terrestrisches Laserscanning wurde der neue Laserscanner BLK360 von Leica Geosystems (2018) eingesetzt. Der BLK360 ist ein kompakter Laserscanner, der mit einem  $360^\circ$ -Laserentfernungsmesser und HD-Panoramabildern arbeitet. Die LiDAR-Technologie ermöglicht die Erfassung von 360.000 Punkten pro Sekunde. Zusätzlich ist der Scanner mit einer Wärmebildkamera ausgestattet. Der BLK360 erzeugt millimetergenaue, farbige 3D-Punktwolken, die mit den 2D-Bildern überlagert werden. Die aufgenommenen Scans können mit den Nahbereichsscans zusammen registriert werden, um die Dokumentation detaillierter 3D-Modelle von Objekten in verschiedenen Größen (1-100 m) zu vervollständigen. Weitere Forschung betrifft viele Themenbereiche von Digital Humanities bis künstlicher Intelligenz. Während die Kompetenzen des Lehrstuhls der Digitalen Denkmaltechnologien in der Digitalisierung und der automatischer Verarbeitung von bildhaften Daten liegen, könnte die Kompetenz für intelligente automatisierte Transkription der hebräischen Schrift (z.B. auch durch maschinelles Lernen) die Erschliessung der Texte einen grossen Schritt voranbringen (Lavee et al., 2019). Diese Kooperation wird durch die Zusammenarbeit mit der Professur für Judaistik an der Universität Bamberg verstärkt (Prof. Dr. S. Talabardon, R. Denz). Die Synergie dieser Kompetenzen verspricht erfolgreiche Forschungsergebnisse zu liefern.

Das geplante Forschungsvorhaben besteht aus zwei grundlegenden Teilen:

## 1. Automatische Extraktion von Schriften.

Jede Digitalisierungsmethode basiert auf der Anwendung von speziellen Sensoren, die unterschiedliche Daten liefern. Dies können digitale 2D Bilder, 3D Punktwolken und Vermaschungen sein. Verschiedene Datentypen verfügen über plausible Verarbeitungsmethoden und Algorithmen.

So werden im Rahmen dieser Forschung die



Bildverarbeitungsalgorithmen für die bildhaften Daten sowie die Techniken zur automatischen Prozessierung von 3D Daten zur Schriftextraktion betrachtet.

## 2. Automatische Transkription und Interpretation von Schriften.

Die extrahierten Schriften sollten anschließend interpretiert werden. Im Kontext von unkompletten Daten (bei verwitterten und zerstörten Grabsteinen) stellt sich eine Herausforderung, die einzelnen erkannten Buchstaben in Wörter und Sätze zu gruppieren. So kommen die Algorithmen der künstlichen Intelligenz im Bereich der automatischen Texterkennung in Frage. Unvermeidlich sind dabei informatische Sprachkenntnisse sowie die Logik der Textbildung.

Für dieses interdisziplinäre Projektvorhaben wurden Kompetenzen von anderen Experten in Konsortien hinzugenommen, und es sind Anträge bei unterschiedlichen Fördergebern in Evaluierung. (Maria Chizhova)

CHIZHOVA, Maria / PAVLOVSKIS, Miroslavas / HINDMARCH, John / HESS, Mona: *Application of multi-criteria decision making for the selection of sensing tools for historical gravestones*, in: ISPRS Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020 XLIII-B2-2020, S.1435–1442. (doi 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-1435-2020).

KÖSTER, Lena: *Mit moderner Technik hebräische Schriftzeichen entziffern*, in: Mainpost, 2019 (<https://www.mainpost.de/regional/main-spessart/Mit-moderner-Technik-hebraeische-Schriftzeichen-entziffern;art129810,10193300>).

RÜTENIK, Tobias / VON GAISBERG, Elgin / HORN, Tobias / ARNOLD, Isabelle: *15.628 Berliner: Der jüdische Friedhof Weissensee. Dokumentation der flächendeckenden Erfassung der Grabstätten*, Beiträge zur Denkmalpflege in Berlin 40, Petersberg 2013.

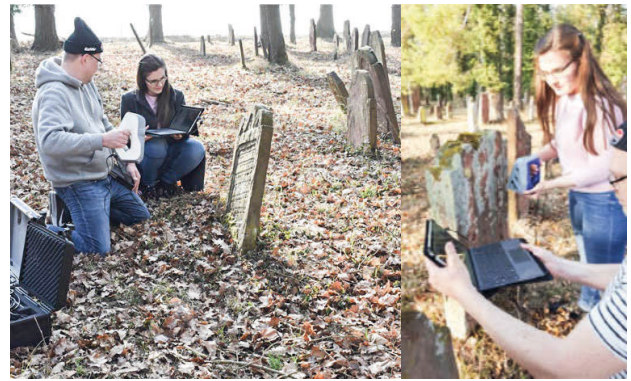


Abb. 5: Handscanner mit strukturiertem Licht: Artec EVA (links) und Artec Spider (rechts) [Hess 2019].

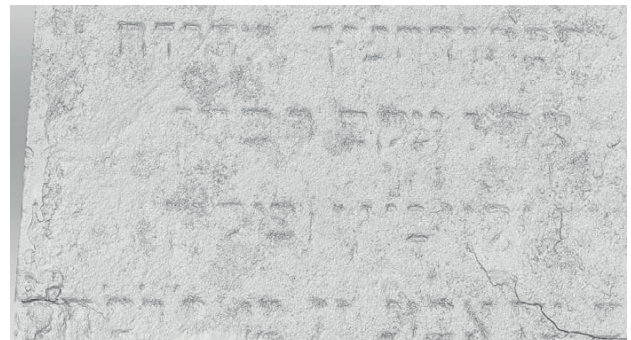
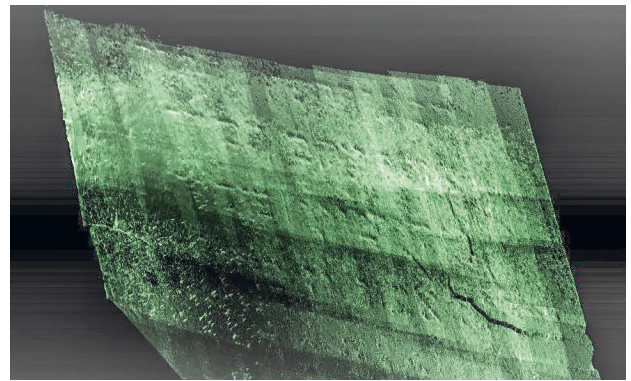


Abb. 6: Punktwolke (Artec Spider) vor der Verarbeitung (oben), Oberflächengeometrie (Artec Spider) nach der Verarbeitung (unten) [Hindmarch 2019].

STEINHEIM INSTITUT: *epidat – Research Platform for Jewish Epigraphy*, in: <http://www.steinheim-institut.de/cgi-bin/epidat?lang=en>.

KLEMM, Susanne: *Jüdischer Friedhof Schopfloch*, in: <https://www.juedischer-friedhof-schopfloch.de/tombstoneList>.

## Georgische Kirchen

### 3D Datenfusion von Laserscanning und Photogrammetrie



Abb. 1: Sioni-Kathedrale in Tbilisi, Georgien. Die Drohnenaufnahmen mit UAV DJI Mavic Pro [Luhmann et al. 2019].

Leitung:	Prof. Dr. Thomas Luhmann, Jade Hochschule Oldenburg
Bearbeitung:	Dr.-Ing. Maria Chizhova (KDWT)
Partner:	Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG), Jade Hochschule Oldenburg, Georgische Technische Uni- versität, Fakultät für Architektur, Stadtplanung und Design, Tiflis (Georgien)
Laufzeit:	2018-2021
Finanzierung:	Interne Forschungsförderung des Instituts für Angewandte Photogrammetrie und Geoin- formatik (IAPG), Jade Hoch- schule Oldenburg

Im September 2018 wurden photogrammetrische Aufnahmen und terrestrische Laserscans als Teil einer Messkampagne zur dreidimensionalen Erfassung von historischen Kirchen in Georgien durchgeführt. Mehrere Projektziele wurden im Vorfeld definiert:

- 3D-Rekonstruktion des Außenbereichs der Gebäude;
- 3D-Rekonstruktion eines beispielhaften Innenraums;
- Einsatz und Untersuchung des neuen Scanners Leica BLK360 unter Praxisbedingungen;
- Kombination von UAV und terrestrischer Bildaufnahme mit terrestrischen Laserscans;
- Nutzung der Daten für zukünftige semantische Segmentierungsstudien;
- Nutzung der Daten für Restaurierungsarbeiten und touristische Zwecke

Im Rahmen laufender Forschungsarbeiten zur modellgestützten Rekonstruktion zerstörter Strukturen aus Punktwolken russisch-orthodoxer Kirchen (Chizhova et al. 2016) arbeiten die Jade-Universität Oldenburg und die Universität Bamberg mit der Georgischen Technischen Universität Tiflis zusammen. In einer einwöchigen Messkampagne wurden zwei Kirchen mit unterschiedlichen Messsystemen erfasst:

- Terrestrischer Laserscanner Faro Focus 3D X330
- Terrestrischer Laserscanner Leica BLK360
- UAV DJI Mavic Pro with FC 220 f=4.7mm
- DSLR Kamera Canon EOS 200D, f=10-20mm
- DSLR Kamera Canon EOS D6 Mark II, f=24-50mm

#### Beschreibung des Objektes

Das Lurdji-Kloster ist ein orthodoxer architektonischer Komplex in Tiflis (s. Abb. 1). Das Kloster wurde im 7. Jahrhundert gegründet, die ältesten Bestandteile stammen aus dem 12. Jahrhundert, was der Regierungszeit von Königin Tamar entspricht. Im 16. Jahrhundert wurde das Kloster von den Persern zerstört und erst ein Jahrhundert später wiederaufgebaut. Gegenwärtig besteht der Sakralkomplex aus zwei Kirchen und dem dazugehörigen historischen Park Vera.

Die Sioni-Kathedrale ist die historische Hauptkirche der Stadt Tiflis und eines der wichtigsten Zentren der georgischen Orthodoxie (s. Abb. 2). Der Bau der ursprünglichen Kirche wurde im 6. Jahrhundert durch den georgischen König Wachtang I. Gorgassali begonnen, der endgültige Bau stammt aus dem 7. Jahrhundert. Diese erste Kirche wurde nach der Gründung des Emirats Tiflis vollständig zerstört. Die neue Sioni-Kathedrale wurde im 12. Jahrhundert erbaut und durchlief





Abb. 2: Andreas Kirche des Lurdji-Klosters in Tiflis (terrestrische und Drohnenaufnahmen) [Luhmann et al. 2019].

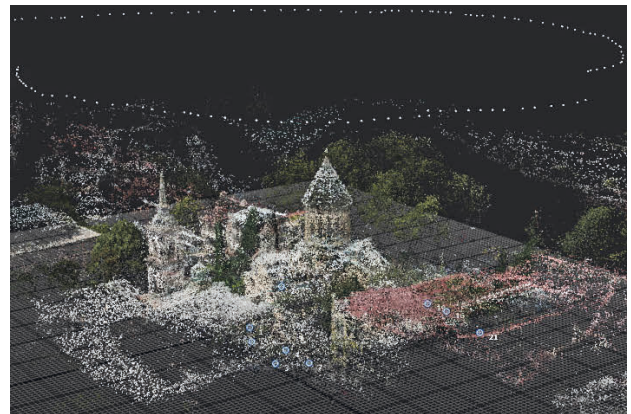
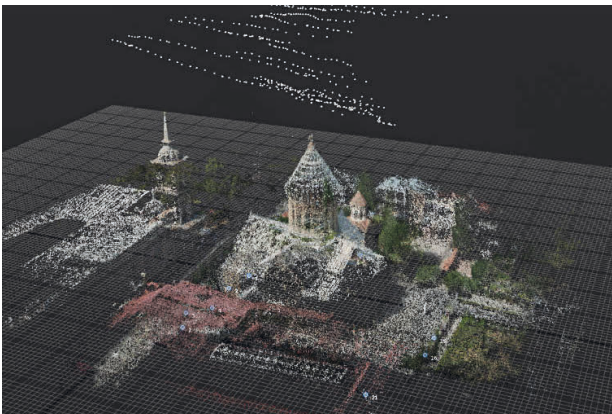


Abb. 3: oben – Sioni-Punktwolken von beiden Drohnenflügen; unten – Sioni-Punktwolken erstellt mit terrestrischen Laserscannern Leica BLK (links) und FARO Focus 3D (rechts) [Luhmann et al. 2019].

mehrere Zerstörungen und Wiederaufbauten (17. und 18. Jahrhundert). Nach ihrer Restaurierung in den Jahren 1980-1983 behielt die Kirche ihr mittelalterliches Aussehen und entspricht stilistisch der klassischen vormongolischen religiösen Architektur von Georgien.

Alle Objekte befinden sich in der Stadt Tiflis, der Hauptstadt von Georgien. Teile der Gebäude waren schwer zugänglich, da sie von der Vegetation oder sehr nahen Nachbargebäuden verdeckt wurden. Sondergenehmigungen für die Durchführung von UAV-Flügen waren zu dieser Zeit nicht erforderlich. Für jedes Objekt wurden mehrere

UAV-Flüge, zwei terrestrische DSLR-Bildsätze und zwei Laserscanning-Messungen durchgeführt (s. Abb. 3).

Das Ziel dieses Projekts war, die UAV-Photogrammetrie mit terrestrischen Bild- und Laserscannerdaten zu kombinieren, um eine genaue und vollständige 3D-Darstellung der Denkmäler zu erreichen. Im Laufe der Messkampagne war die vollständige räumliche Rekonstruktion mit einer räumlichen Auflösung und Genauigkeit von ca. 1 cm unter teilweise schwierigen äußeren Bedingungen, die die Kombination verschiedener Messtechniken erforderte. Die Bedeutung der Arbeit





Abb. 4: oben – 3D Modell von Lurdji-Kirche generiert durch Datenfusion von bilderhaften Aufnahmen in Agisoft PhotoScan (links) sowie in Kombination mit Laserscans in Reality Capture (rechts); unten – 3D-Modelle von der Sioni-Kathedrale generiert anhand Datenfusion in Reality Capture (links – mit FARO Laserscans, rechts – mit BLK-Laserscans) [Luhmann et al. 2019].

bestand auch in der Definition der epochalen Architektur im Zusammenhang mit der Expansionspolitik des russischen Imperiums und der Beeinflussung des lokalen Lebens durch orthodoxe Regeln, die sich in der Architektur mit ihren positiven und negativen Seiten widerspiegelt. Aus den Laserscans und den photogrammetrischen Bildern wurden zunächst einzelne Punktwolken erzeugt. Die photogrammetrischen Auswertungen wurden mit Agisoft PhotoScan und Reality-Capture durchgeführt. In einem anschließenden Fusionsschritt wurden die Punktwolken zu einem Gesamtmodell zusammengeführt.

Eine tachymetrische Kontrollpunktmessung konnte aus technischen Gründen nicht durchgeführt werden. Es wurde daher beschlossen, aus den registrierten Punktwolken des Laserscannings Paßpunkte zur photogrammetrischen Orientierung zu entnehmen.

Studien ähnlicher Art sind in der Literatur verfügbar, beziehen sich aber auf andere verwendete Hard- und Softwarelösungen. Beispiele sind Adamopoulos et al. (2017), Kersten et al. (2015) und Remondino (2011).

Die aufgenommenen Bilder zeigen unterschiedlich gute Konfigurationen für SfM (Structure from Motion Algorithmus). Während sich die UAV-Bildflüge aufgrund sehr hoher Überlappungen und einheitlicher Orientierungsdaten leicht orientieren lassen, ist dies bei den einzelnen terrestrischen Bildsätzen nur durch manuelle Eingriffe möglich.

Abbildung 4 zeigt die berechneten 3D-Modelle als Mesh (ca. 5mm Punktabstand). Die hohe Qualität wird einerseits durch die Vollständigkeit des Gesamtmodells belegt, andererseits zeigen Detailansichten aber auch, wie gut das Objekt rekonstruiert wurde, insbesondere an den schwer zugänglichen





Abb. 5: Detailansichten aus der mit RealityCapture berechneten Modellen [Luhmann et al. 2019].

Seiten (s. Abb. 5). Feinste Details wie das Gerüst am Eingang oder filigrane gusseiserne Zäune im hinteren Bereich wurden korrekt modelliert. Da keine dieser Technologien die Aufgabe allein lösen konnte, war eine Datenfusion notwendig, um den Anforderungen gerecht zu werden. Aufgrund der großen Vielfalt der Abbildungsabstände können Auflösung und Genauigkeit innerhalb der Endpunktwolken jedoch variieren und wurden analysiert. Erste Ergebnisse dieses Projekts wurden von Luhmann et al. (2019) veröffentlicht. (Maria Chizhova)

LUHMANN, T. / CHIZHOVA, M. / GORKOVCHUK, D. / JEPPING, A. / HASTEDT, H.: *Kombination von terrestrischem Laserscanning, UAV- und Nahbereichsphotogrammetrie zur Erfassung komplexer Kirchenbauwerke in Georgien*. Publikationen der DGPF, Band 28, T. Kersten (ed.), 27-43, 2019.

ADAMOPOULOS, E. / TSILIMANTOU, E. / KERAMIDAS, V. / APOSTOLOPOULOU, M. / KAROGLU, M. / TAPINAKI, S. / IOANNIDIS, C. / GEORGOPOULOS, A. / MOROPOULOU, A.: *Multi-sensor documentation of metric and qualitative information of historic stone structures*, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., IV-2/W2, 1–8, 2017 (<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W2-1-2017>).

KERSTEN, T. / LINDSTAEDT, M. / MAZIULL, L. / SCHREYER, K. / TSCHIRSCHWITZ, F. / HOLM, K.: *3D-Erfassung, Modellierung und Visualisierung der Festungsanlage Kristiansten in Trondheim durch Photogrammetrie und terrestrisches Laserscanning im Rahmen von ERASMUS-Programmen*. Publikationen der DGPF, Band 24, T. Kersten (ed.), 78-89, 2015.

REMONDINO, F.: *Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning*. Remote Sensing, 3(6), 1104-1138, 2011.

## VirScan3D

### Virtueller Laserscanner-Simulator zur Digitalisierung der Unterrichtsumgebung



Abb. 1: Logo des VirScan3D-Projektes  
[Gorkovchuk 2020].

Leitung (KDWT): Prof. Dr. Mona Hess

Projektleitung: Prof. Dr. Thomas Luhmann

Bearbeitung: Dr.-Ing. Maria Chizhova

Partner: Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG), Jade Hochschule Oldenburg, Kiewer Nationale Universität für Bau und Architektur (KNUCA), Fakultät für Geodäsie und Landmanagement

Laufzeit: 2019-2021

Finanzierung: DAAD-Programm "Digitale Zukunft gemeinsam gestalten", Deutsch-Ukrainische Hochschulkooperationen

3D-Daten, standortbasierte Daten und Geoinformationen im Allgemeinen sind heute ein Schlüsselfaktor in der Wirtschaft wie Bauwesen, Geodäsie, Denkmalpflege, Logistik, Energie,

Kommunikation oder Internethandel. Insbesondere werden in diesen Anwendungsbereichen neue digitale Instrumente und Verarbeitungswerkzeuge etabliert. Dies gilt auch für die Ukraine. Neue Technologien in diesen Bereichen (z.B. 3D-Laserscanning, Photogrammetrie, Drohnen) erzeugen große Mengen an digitalen Daten über die erfassten Objekte, die komplex zu verarbeiten, zu analysieren und in nützliche Informationen zu verwandeln sind. Die dazu erforderliche Ausstattung und Ausbildung ist in vielen ukrainischen Universitäten nicht oder nur unzureichend vorhanden. Die aufgrund dieser Digitalisierungsentwicklungen bestehende Situation behindert eine adäquate Ausbildung genauso wie eine zeitgemäße und notwendige Anwendung in Wirtschaft, Kultur und Industrie.

Die Leitidee dieses Projekts besteht darin, die Digitalisierung in den Ingenieur- und Geowissenschaften in zwei großen Projektteilen zu fördern:

1. Entwicklung einer virtuellen Umgebung zur Erstellung und Verarbeitung digitaler 3D-Daten.
2. Digitales Lehr- und E-Learning-Material mit interaktiven Tools und praktischen Beispielen.

**Teil 1 wird durch die Entwicklung eines virtuellen Systems gelöst**, das es den Anwendern ermöglicht, realistische Daten in Abwesenheit eines realen (kostspieligen) Messgerätes zu erstellen. So gibt es beispielsweise in der Ukraine nur sehr wenige teure terrestrische Laserscanner. Da der Einsatz solcher Geräte und die anschließende Datenverarbeitung nicht trivial ist, sollen die Studierenden zukünftig auf virtuellen Systemen geschult werden, die sehr kostengünstig (Open-Source-Umgebungen), flexibel, ortsunabhängig und zukunftsorientiert sind.

Der virtuelle 3D-Scanner emuliert handelsübliche Instrumente mit realistischen Benutzeroberflächen und erzeugt in einer virtuellen Simulation 3D-Punktwolken nach individuellen Vorgaben und Einstellungen. Als Trainingsobjekte kann jede Art von digitalem 3D-Modell (z.B. aus dem Kulturerbe oder dem Hochbau) verwendet werden. Mit dem virtuellen System können sowohl Lehrende als auch Studierende lernen und sich auf den Einsatz dieser Systeme vorbereiten, realitäts-



nahe große Datensätze erzeugen und die gesamte Kette der Datenverarbeitung durchführen. Der technische Aufbau des virtuellen Scanners und eine mögliche Realisierung sind in Teil 2 dargestellt. Der Laserscanner-Simulator wird Teil eines neuen E-Learning-Konzepts sein, das sowohl an ukrainischen als auch an deutschen Partneruniversitäten umgesetzt wird. Damit trägt dieses Vorhaben zur nachhaltigen Modernisierung der Lehre und Forschung bei und kann darüber hinaus hochschulübergreifend zur Verfügung gestellt werden.

**Teil 2 wird durch ein integriertes Lehrkonzept abgedeckt**, das interaktive Lernmittel (sowohl für Lehrpersonal als auch für Studierende) und praktische Übungen (Projektwochen, Sommerschule) umfasst, bei denen der theoretische und virtuelle Unterricht mit praktischen Erfahrungen an realen Instrumenten und Daten verbunden wird. Die dazu notwendigen Fallbeispiele betreffen denkmalgeschützte Gebäude, die sich hinsichtlich Komplexität, Interdisziplinarität und Datenmengen hervorragend als Übungsobjekte eignen. Die Fallbeispiele werden vom Projektpartner Universität Bamberg beigesteuert (siehe auch Campus 3D Projekt). Ein Resultat der experimentellen Arbeit ist zusätzliches E-Learning-Material, das auf den Erfahrungen und Ergebnissen der Projektarbeit basiert.

Die im Projekt entwickelte Software- und Lehrumgebung stellt ein neuartiges digitales Instrument dar, das zur nachhaltigen Modernisierung der Lehre und Forschung an der Partnerhochschule sowie anderen ukrainischen (und auch deutschen) Hochschulen beiträgt. Kompetenzen in der Digitalisierung durch Erzeugung und Verarbeitung komplexer Massendaten sowie in der Internationalisierung durch intensive Zusammenarbeit bilateraler Projektgruppen werden signifikant gestärkt. Die Projektleitung ist an der Jade Hochschule Oldenburg verankert, mit welcher der Arbeitsbereich Digitale Denkmaltechnologien seit 2017 im engen Kontakt ist. Ein weiterer Projektpartner ist die Kiev National University for Construction and Architecture (KNUCA), Fakultät für Geodäsie und Landmanagement, Ukraine. Zwischen der Jade Hochschule in Oldenburg und der Kiev National University for Construction and Architecture (KNUCA) besteht seit 2012 eine intensive Zusammenarbeit. Die Fachgebiete beider Hochschulen betreffen die Bereiche Geoinformation, 3D-Laserscanning, Photogrammetrie und Informatik. Die Universität Bamberg bringt Fachwissen in digitaler Objekterfassung und in der Denkmalpflege in das Konsortium mit ein.

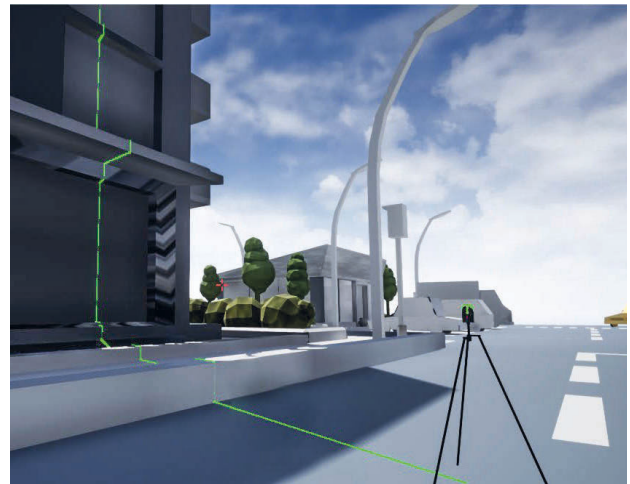


Abb. 2: Prototyp des virtuellen Scanner-Simulationssystems [Chizhova et al. 2020].

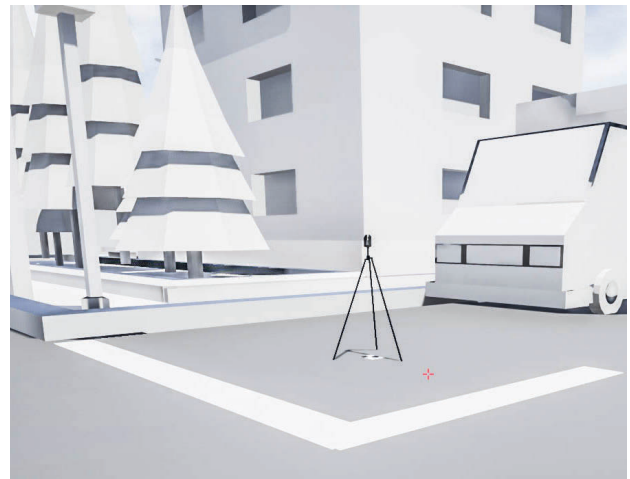


Abb. 3: Platzierung von Zielmarken und Positionierung des Laserscanners in der VirScan3D-Software [Chizhova et al. 2020].

Aufgrund der Covid-Pandemie wurde die gesamte Hochschullehre weltweit auf Online-Learning umgestellt. Dies hat sich jedoch auf die Kurse ausgewirkt, die die Arbeit mit Geräten beinhalten und - demzufolge - die Anwesenheit von Studierenden und Geräten erfordern. In diesem Projekt wird mit der Entwicklung eines solchen Gerätesimulators eine Lösung vorgeschlagen, die eine ungestörte Fortsetzung des Unterrichts ermöglicht. Die ersten Ergebnisse, die Konzept und Realisierung eines terrestrischen Laserscanner-Simulators präsentieren, wurden von Chizhova et al. 2020 publiziert.

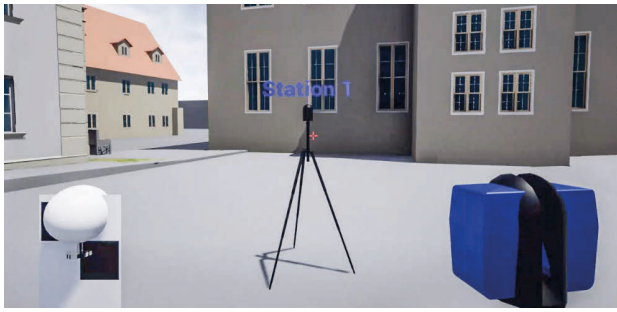


Abb. 4: Grafische Simulation des Scanvorgangs [Chizhova et al. 2020].

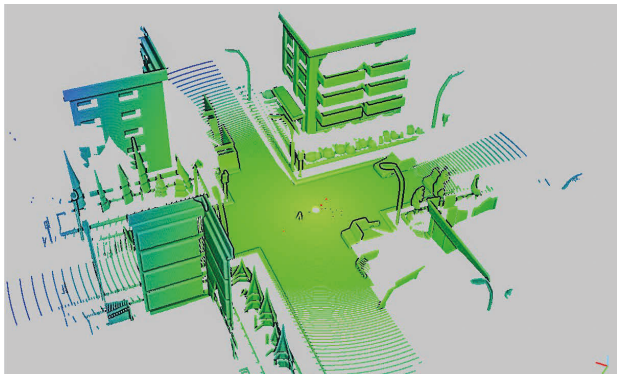


Abb. 5: Grafische Simulation des Scanvorgangs [Chizhova et al. 2020].

## Funktionen des Laserscanner-Simulators

Wie bereits erwähnt, wurde VirScan3D für Studierende aus dem Bereich Geodäsie und Messtechnik mit eingeschränktem Zugang zu Laserscannern entwickelt. Im Projekt werden neue Ressourcen und Werkzeuge entwickelt. Zur Erstellung der virtuellen Umgebung wird ein 3D-Umfeld erstellt. Entweder wird dieses direkt in der Software digital modelliert oder eine reale Umgebung 3D-gescannt und nachmodelliert. Diese wird dann in den Simulator integriert (es wird ein neues Level/neue Version kompiliert).

Der Simulator hat folgende Funktionen (Auswahl des Scannertyps, der simuliert werden soll):

- Laserscanning-Prozesssimulation mit Generierung von Punktwolken mit Intensitäts- und Rauschwerten entsprechend den Scanner-Spezifikationen;
- Verwaltung der Scan-Stationen, um Einstellungen für jede Scan-Station festzulegen, Stationen zu erstellen und zu löschen;
- Aktionen mit Zielmarken, was Platzieren und Entfernen von Targets verschiedener Typen ermöglicht;
- Projektverwaltung mit Möglichkeit, das Projekt als Benutzer zu speichern und später weiter zu verarbeiten;
- Scannen im Batch-Modus;

- Echtzeit-Visualisierung der erzeugten Punktwolken;
- Export von Punktwolken.

Der Simulator bietet zwei Arbeitsszenarien:

1. Der Benutzer navigiert innerhalb der virtuellen Umgebung und wählt die Zielpositionen aus. Dann werden Scanner-Position und Scan-Einstellungen festgelegt und das Scannen wird gestartet. Der Scanvorgang wird in Echtzeit visualisiert. Wenn das Scannen beendet ist, 'geht' der Benutzer-Avatar zur nächsten Station.
2. Der Benutzer navigiert innerhalb der virtuellen Umgebung und wählt Positionen für alle Ziele und alle Scan-Stationen aus. Anschließend werden die Scan-Einstellungen für alle Stationen oder für jede Station einzeln festgelegt. Schließlich wird die Scan-Simulation für alle Stationen nacheinander gestartet.

Szenario 1 ist empfehlenswert für Einsteiger, die nur grundlegende Kenntnisse in der Laserscan-Technologie haben, während sich Szenario 2 für die Anwender eignet, die bereits einige Erfahrungen im Laserscanning aufweisen und ihre Fähigkeiten durch das Testen verschiedener Scanning-Konfigurationen verbessern möchten.

Das Simulationsergebnis ist eine strukturierte 3D-Punktwolke im ASCII-Format zum Import in spezialisierte Punktwolken-Software. Für jede Scanstation wird eine einzelne Punktwolke erzeugt, daher ist im Simulator selbst keine Registrierung vorgesehen. Es ist auch möglich, Zielkoordinaten zu exportieren, um sie in einer Registrierungssoftware für die Referenzierung von Punktwolken zu verwenden.

VirScan3D wird mit *Unreal Engine* (einer bekannten Spiele-Engine) entwickelt; daher sollten die Rechner Mindestvoraussetzungen erfüllen. Die Geschwindigkeit der Scan-Simulation hängt jedoch direkt von der Rechnerleistung ab. Um die Simulationsgeschwindigkeit nicht langsamer als das Scannen in der realen Welt zu erreichen, sind die minimalen Hardware-Anforderungen von VirScan3D eine 2,0 GHz CPU und 4 GB RAM. Da VirScan3D für die Visualisierung eine OpenGL-3D-Engine verwendet, ist außerdem eine kompatible Grafikkarte erforderlich.

Die Hauptfunktionen werden mit dem Blueprint Visual Scripting-System von *Unreal Engine* programmiert. Dadurch ist es möglich, das System



sehr flexibel zu gestalten und Softwaremodule zu modifizieren, ohne den gesamten Code neu kompilieren zu müssen. Einige spezifische Module wurden aufgrund von Blueprint-Beschränkungen mit der Sprache C++ programmiert.

Die Implementierung fortgeschrittener Funktionen in zukünftigen Softwareversionen erfordert möglicherweise die Verwendung zusätzlicher externer Software, z.B. Blender.

Der Prototyp der virtuellen Scannersimulation ist in Abbildung 2 dargestellt.

Positionierung des Laserscanners (s. Abb. 3): Die Abbildung zeigt den virtuellen Scanner im Einsatz, d.h. es wird ein sequentiell abtastender Laserstrahl erzeugt, der auf die Oberfläche des 3D-Modells trifft, um eine 3D-Koordinate dieses Punktes zu erzeugen. Für die Prozesssimulation wurden Standardeinstellungen des Geräts für Auflösung, Scanqualität (1x Strahlaufnahme pro Punkt) und Zeit (ca. 15 Minuten pro Scan-Station) bei klarem Himmel verwendet.

Der Scanvorgang wird grafisch simuliert, so dass die Anwender den Vorgang in Echtzeit verfolgen können (s. Abb. 4). Nach Abschluss des simulierten Scanvorganges wird die erzeugte 3D-Punktwolke zur Weiterverarbeitung durch Standard-Softwarepakete über Import-/Exportfunktionen exportiert.

Nach dem Scannen wird eine 3D-Punktwolke in kartesischen Koordinaten (X,Y,Z) berechnet. Entsprechend den Stationseinstellungen wird ein winkelförmiges Strahlengitter vom Stationspunkt aus projiziert. Ein Schnittpunkt des Strahls mit der ersten Oberfläche ergibt einen diskreten Punkt, dessen XYZ-Koordinaten in einer Textdatei gespeichert werden. Der Ursprung des Koordinatensystems wurde auf den Stationspunkt gesetzt. Durch die Auswahl eines Punktes auf dem 3D-Modell legt der Benutzer eine Scan-Position fest. Dann prüft das System, ob die Station korrekt ist, und speichert sie.

Es sind einige funktionelle Anforderungen zu beachten:

- Eine Station ist nicht korrekt, wenn sie sich zu nahe (20 cm) an anderen Objekten oder innerhalb anderer Objekte befindet;
- Eine Station ist nicht korrekt, wenn sie sich auf einer senkrechten ( $\pm 30^\circ$ ) Fläche befindet.

Während des Scanvorgangs werden XYZ-Koordinaten, Abstand sowie horizontale und vertikale

Winkel gespeichert. Die maximale Reichweite der Oberflächensuche ist auf die Scannerspezifikation beschränkt. Eine .txt-Datei ist im Software-Verzeichnis zu finden. Abbildung 5 stellt ein Beispiel für eine einzelne Punktwolke dar, die vom Simulator erzeugt wurde.

## Zukünftige Arbeiten am Simulator

In der Zukunft sollen auch die anderen marktüblichen Laserscanner-Marken (Faro X330, Leica Scanstation P40) simuliert werden, um die Trainingsvielfalt zu erweitern. Es wird erwartet, dass in den Release-Versionen der Software mehrere Scanner-Modelle implementiert werden und die Möglichkeit besteht, kundenspezifische Scanner zu konfigurieren. Ein hochdetailliertes, präzises 3D-Modell der realen Umgebung der Universität Bamberg, das auf realen Laserscannerdaten basiert, wird in einer neuen Beta-Version als Referenzumgebung verwendet. Die Funktionalität zur Platzierung von Zielmarken ist bereits in einer Prototyp-Version implementiert, die es den Anwendern erlaubt, resultierende Punktwolken mit einem Target-to-Target-Ansatz zu registrieren. Die zukünftigen Versionen des Simulators werden in der Lage sein, die Intensität und das Rauschen zu simulieren.

Der Realdatenvergleich wird in Zukunft während der im Projektzeitraum (2019 - 2021) geplanten Anwendungswochen und Sommerschulen erfolgen. Eine Verlängerung des Projektes aufgrund der Corona-Pandemie in das Jahr 2022 wird im Moment mit dem DAAD abgestimmt.

(Maria Chizhova)

---

CHIZHOVA M. / POPOVAS D. / GORKOVCHUK D. / GORKOVCHUK J. / HESS M. / LUHMANN T.: *Virtual terrestrial laser scanner simulator for digitalization of teaching environment: concept and first results*. In: The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B5-2020, S. 91–97, 2020 (doi 10.5194/isprs-archives-XLIII-B5-2020-91-2020).

---

CHIZHOVA M. / POPOVAS D. / GORKOVCHUK D. / GORKOVCHUK J. / HESS M. / LUHMANN T.: *Virtual Terrestrial Laser Scanner simulator in digital twin environment*, Proceedings of the joint international event 9th ARQUEOLÓGICA 2.0 & 3rd GEORES, Valencia (Spain) 26.04.–28.04.2021.

## Virtuelle 3D Rekonstruktion

### Der Tempel Amenophis' III. als Teil der sakralen Landschaft Nubiens



Abb. 1: Fotografie des Tempels Amenophis III. vor der Überflutung [CEDAE 1961, no. 13855].

Leitung:	Prof. Dr. Martina Ullmann
Bearbeitung:	Nicoletta Campofiorito, Prof. Dr. Mona Hess, Dr. Kathryn Piquette, Prof. Dr. Regine Schulz, Prof. Dr. Martina Ullmann
Partner:	Institut für Ägyptologie und Koptologie, Ludwig-Maximili- ans-Universität München; Prof. Dr. Regine Schulz, Roemer- und Pelizaeus- Museum Hildesheim; University College London, Centre for Digital Humanities, Großbritannien; Dr. Sabah Abdel Razek, Gene- raldirektorin des Ägyptischen Museums Kairo (EMC)
Laufzeit:	seit 2019
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel; Mittel der Münchener Universitäts- gesellschaft und der Schaf- hausen-Stiftung; Centre for Advanced Studies der Lud- wigs-Maximilians Universität München (CAS LMU)

#### Projektziele

Das Projekt „Der Tempel Amenophis' III. von Wadi es-Sebua als Teil der sakralen Landschaft Nubiens“ wurde von Prof. Dr. Martina Ullmann (LMU) initiiert, die sich mit ägyptischen und nubischen Tempelanlagen, sowie Fragen zu Architektur, Dekorationsprogramm, Theologie und Kult beschäftigt. Der nicht mehr erhaltene Tempel Amenophis' (auch Amenhotep) III. liegt im Fokus ihrer Forschung. Der Tempel wurde im 14. Jh. v. Chr. am Ufer des Nils als Kultstätte errichtet und befand sich ca. 150 km südlich von der heutigen Stadt Assuan.

Ziele dieses laufenden Projektes sind einerseits die Bedeutung des einstigen Tempels in der Ritualandschaft von Unternubien zu rekonstruieren und die Tempelgeometrie digital wiederherzustellen. Zum anderen sind die noch erhaltenen sieben großformatigen Wandmalereien des Sanktuars der Kultanlage zu analysieren, digital zu dokumentieren und zu konservieren. Das Konsortium dieses interdisziplinären Projektes besteht aus Experten der Ägyptologie, Konservierung, der bildgebenden Verfahren und Denkmalwissenschaften.

#### Kulturobjekt und Problematik

Der Bau des neuen Staudammes bei Assuan in den 1960er Jahren und die damit einhergehende komplette Überflutung des unternubischen Kulturlandes mit seinen reichen archäologischen Zeugnissen aus mehreren Jahrtausenden führte zur bis dato größten Rettungsaktion historischer Denkmäler, der durch die UNESCO betreuten und finanzierten „Nubian Campaign“. In deren Zuge wurden vor allem in den 1960ern zahlreiche ägyptische Tempelanlagen im nördlichen Nubien archäologisch untersucht und – sei es in Gänze oder in Teilen – an neue Standorte verbracht. Die spektakulärste Versetzungsaktion war der Ab- und Wiederaufbau der beiden Felstempel Ramses' II. von Abu Simbel aus dem 13. Jh. v. Chr., aufgrund ihrer nationalen Bedeutung als Kulturdenkmal und ihrer außergewöhnlichen universellen Werte. Diese Aktion führte auch zur Verabschiedung der Charta von Venedig 1964 und initialisierte die Gründung von ICOMOS (*International Council on Monuments and Sites*) im Jahr 1965 als Beraterorganisation der UNESCO.

Viele archäologische Stätten konnten aber aufgrund des hohen Zeitdrucks nur notdürftig untersucht



und dokumentiert werden, bevor sie vom ansteigenden Stausee überflutet wurden. Sie sind uns lediglich aus archivalischen Plänen, Fotos und Beschreibungen erhalten, die auch nur teilweise publiziert wurden.

Dieses Schicksal teilte auch der im Fokus des Projektes stehende Tempel, den Amenophis III. im 14. Jh. v. Chr. in Wadi es-Sebua errichten ließ. In diesem Fall allerdings wurde zumindest die Wanddekoration des Tempelsanktuars vor der Überflutung des Gebietes 1964 entfernt und in das Ägyptische Museum nach Kairo (kurz: EMC) überführt. Früheste Zeichnungen und Aufmaße sind uns aus der archäologischen Aufnahme von Nubien durch Cecil Firth überliefert, der die archäologischen Überreste des Tempels in den Jahren 1910/11 dokumentierte und fotografierte. Im November und Dezember 1961 arbeitete das Französische Archäologische Institut (IFAO) zusammen mit dem Schweizer Institut für Bauforschung in Wadi es-Sebua und entdeckte dabei weitere Teile der Anlage. Die Ergebnisse wurden von Jean De Cenival und Gerhard Haeny in zwei Artikeln veröffentlicht. 1963 führte das *Centre égyptien de Documentation et d'Études sur l'Histoire de l'Art et de la Civilisation de l'Égypte Ancienne* (CEDAE) die Untersuchungen fort, die allerdings weitgehend unpubliziert blieben (Abb. 1).

Der Tempel bestand laut Publikationen und Archivalien aus den folgenden axial angeordneten Bauelementen (Abb. 3, Farbkodierungen in Abb. 4): Eine erste Eingangs-Terrasse (türkis) im Osten wird vom Nil her durch eine Rampe und Treppenanlage erreicht (gelb). Hierauf betritt man einen ersten Hof (lila), man durchschreitet den Pylon

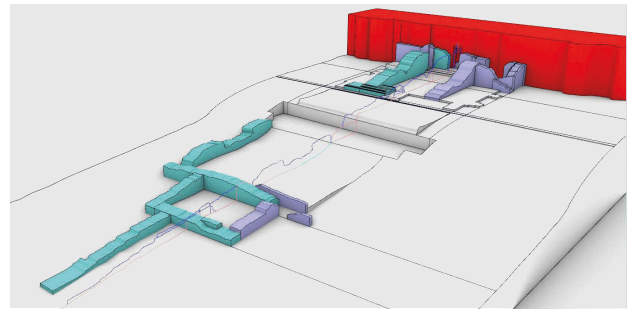


Abb. 2: Digitale Rekonstruktion des Tempels im Zustand von 1963 (vor der Flutung durch den Nassersee) Phase 5 [Campofiorito 2019].

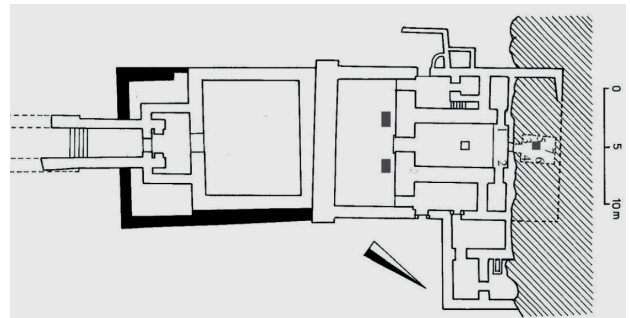
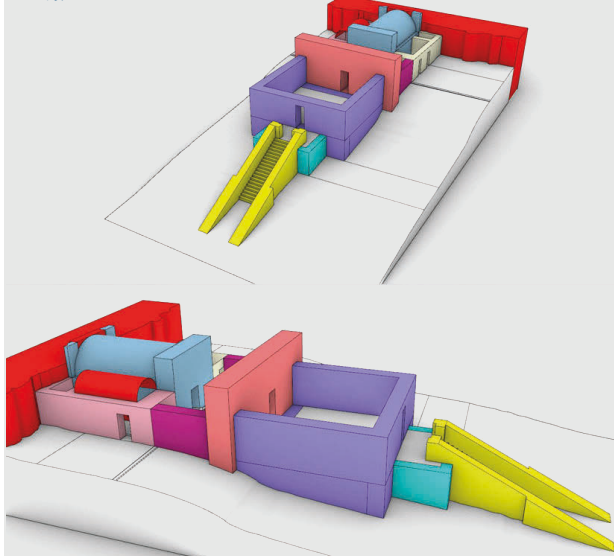


Abb. 3: Historischer Grundriss des Amenophis III.-Tempels. Der Eingang zum Tempel vom Nil aus ist im Osten dargestellt (links in der Abb.), das im Felsen eingelassene Sanktuar im Westen (rechts) [Ullmann 2010].

(hellrot) zum zweiten Hof (violett), um dann in eine zentrale Halle einzutreten (Procella, hellblau). Es wird anhand von archäologischen Indizien angenommen, dass diese Halle ursprünglich überwölbt war. Nebenräume schließen sich im Norden und Süden an die Procella an (beige und hellrosa). Hierauf folgt das als Speos (Altarraum)

Phase 1



Phase 2

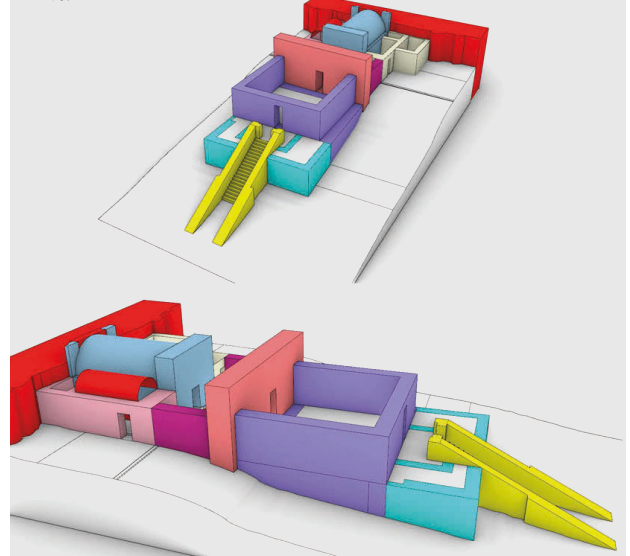


Abb. 4: Vergleichende Darstellung der 3D-Modellierung für Phase 1 und Phase 2 [Campofiorito 2020].



Abb. 5: Überlagerung einer historischen Fotografie (1961, schwarz-weiß, CEDAE no.13819) und einer orthografischen Aufnahme (farbig, 2010) der Eingangswände des Heiligtums in einem Bildbearbeitungsprogramm. Oberhalb der Figuren im unteren Register links sind nur die Füße der figürlichen Darstellung erhalten. Aufgrund von bekannten Proportionen der Figuren, wird es jetzt möglich, die komplette Höhe der Darstellung und der Fassade abzuschätzen und schließlich geometrisch und volumetrisch zumindest teilweise zu rekonstruieren [Campofiorito 2019].



Abb. 6: Arbeit an den Wandmalereien im Magazin des Ägyptischen Museum in Kairo. Oben - Regine Schulz und Martina Ullmann inspizieren eine Stelle der Wandmalerei von der Fassade visuell und mit dem Dynalite-Mikroskop. Unten - Mona Hess bereitet Detailfotografien vor [Mona Hess 2019].

komplett aus dem Fels geschlagene Allerheiligste bzw. Sanktuar der Anlage (rot). Die Felswände im Speos und dessen Fassade waren bei der Erbauung der Anlage mit einer Lehmschicht geglättet und verputzt worden. Anschließend wurde eine weiße Gipsgrundierung aufgetragen und schließlich die aus religiösen Motiven und Texten bestehende Wanddekoration farbig aufgebracht. Diese Wandmalereien sind von sehr großer kunst- und religionshistorischer Bedeutung, insbesondere wegen ihrer mehrfachen Überarbeitung mit Motivwechsel kurz vor, während und nach der Amarnazeit.

Im Jahr 1964, kurz bevor der Tempel vom Wasser des Nassersees überflutet wurde, nahm man – nach der chemischen Verfestigung der Malerschichten – den obersten Schichtenverbund des Lehmverputzes an der Fassade beidseits des Eingangs und an allen Wänden im Inneren des Speos mit den darauf befindlichen Dekorationen ab und schützte diese durch große Holzrahmen. Diese sieben Motivpaneele wurden in ihren Holzträgern in das Ägyptische Museum nach Kairo verbracht. Da diese Rettungsaktion aber nicht adäquat dokumentiert und publiziert worden war, geriet sie zunehmend in Vergessenheit. Erst im Jahr 2008 wurden die Wandmalereien durch Prof. Dr. Ullmann in den Magazinen des Kairener Museums als zum Tempel Amenophis' III. aus Wadi es-Sebua gehörig identifiziert (Ullmann 2011).

Die maltechnische und inhaltliche Untersuchung wurde mit einer ersten fotografischen Dokumentation und konservatorischen Analyse im Oktober 2010 vor Ort begonnen (Ullmann 2013), musste dann aber wegen der politischen Ereignisse im Januar/Februar 2011 für mehrere Jahre unterbrochen werden. Erst ab dem Frühjahr 2018 konnten die Arbeiten mit der Erlaubnis der ägyptischen Behörden wiederaufgenommen werden.

## Methodik und Untersuchungsverfahren

Bei der visuellen Inspektion der Wandmalereien des Tempels hat Prof. Dr. Ullmann zahlreiche Spuren von Überarbeitungen identifiziert, die sich auf bis zu vier verschiedene Dekorationsphasen innerhalb einer sehr begrenzten Zeitspanne von wenigen Jahrzehnten beziehen. Die Projektkampagne 2019 konzentrierte sich daher auf die genauere Dokumentation und optische Analyse der sieben Wandmalereien. Sie fand vom 26. März bis 10. April 2019 im Ägyptischen Museum von Kairo (EMC) unter der Leitung von Frau Sabah Abdel Razek (Generaldirektorin des EMC), Prof. Dr. Martina Ullmann, Prof. Dr. Regine Schulz und Herrn



Moamen Mohamed Othman (zu diesem Zeitpunkt Generaldirektor der Konservierungsabteilung des EMC und danach Leiter aller Museen des Ministry of Tourism and Antiquities) statt. Weitere anwesende Mitglieder des Teams (Abb. 7) waren Dr. Kathryn Piquette und Prof. Dr. Mona Hess sowie drei Konservatoren des Museums (Akram Abdelaziz Mohamed, Mohamed Ibrahim und Sarah Amal). Das Projekt wurde durch ein Stipendium der Münchener Universitätsgesellschaft (Gesellschaft von Freunden und Förderern der Ludwig-Maximilians-Universität München e.V.) und der Schafhausen-Stiftung des Pelizaeus-Museums Hildesheim finanziert.

Die Arbeit an den Wandmalereien wurde anhand der vorab beim Antikenministerium eingereichten Projektbeschreibung durchgeführt, die das Ziel hatte die detaillierte Dokumentation und visuelle Analyse der verschiedenen Dekorationsphasen vorzunehmen. Dazu wurden digitale bildgebende Verfahren angewandt und zeitgleich die Mitarbeiter der Konservierungsabteilung des EMC geschult. Die folgenden, fotografischen Methoden wurden zum besseren Verständnis des Schichtaufbaus und der motivischen Veränderungen der Wandmalereien eingesetzt:

- Streiflicht- und Auflicht-Aufnahmen mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (Nikon D3400, CMOS Sensor 23,5 mm x 15,6 mm, Objektiv DX 18mm-55mm) und Tageslichtlampe (wie Abb. 8 oben);
- Mikroskopische Aufnahmen unter IR- und UV-Licht durch ein Dynalite-Mikroskop (Abb. 8 unten);
- Reflection Transformation Imaging (RTI): interpolierte Visualisierung von Schattenwurf auf 2D-Bildern, ermöglicht die Lesung von Schichten und Pinselduktus (Abb. 9);
- Near Infrared (NI) Fotografie, UV und Visible Induced Infrared Luminescence-Fotografie.

Ein Teil der multimodal erstellten Bilder wurde durch Dr. Kathryn Piquette im Sommer 2020 im Rahmen eines zweimonatigen Visiting Fellowship am *Centre for Advanced Studies* (CAS) der LMU München einer detaillierten Analyse unterzogen (Abb. 9). Relevante Erkenntnisse über die Veränderung der Ikonografie und Motivik, die teilweise schon von früheren Rekonstruktionszeichnungen von Cecil Firth und Christiane Desroches Noblecourt bekannt, aber nur unzureichend belegt waren, konnten nun durch die technischen Fotografien und die Bildbearbeitungen nachgewiesen und verifiziert werden. Sie sind somit Grundlage für weiterführende kunsthistorische,



Abb. 7: Team Foto im Ägyptischen Museum von Kairo (v.l.n.r.): Mona Hess, Regine Schulz, Kathryn Piquette, Akram Abdelaziz Mohamed, Martina Ullmann [Hess 2019].

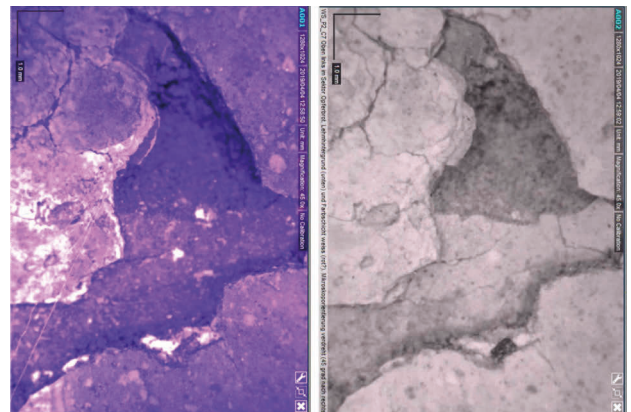
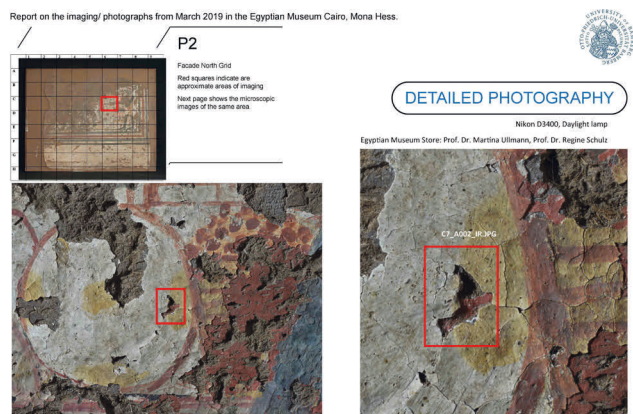


Abb. 8: Detailfotografien mit Streiflicht. Unten – dasselbe Detail in UV und IR. Eine darunterliegende Malschicht mit roter Grundierung an Wandmalerei 2 wurde dadurch nachgewiesen [Hess 2019].

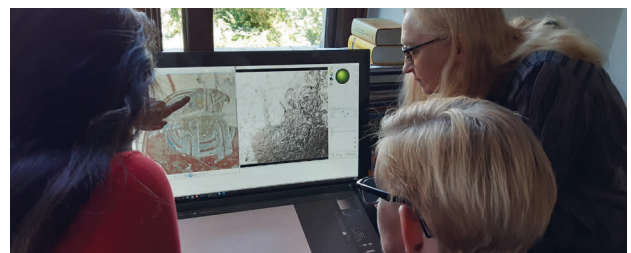


Abb. 9: Detailbilder werden neben interaktiven RTI Bildern analysiert um die Dekorationsphasen zu verstehen [Hess 2019].

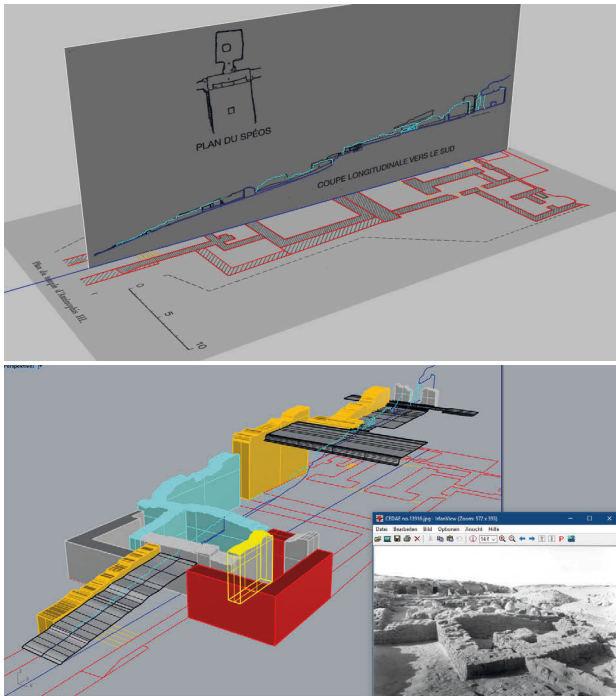


Abb. 10: Oben - Digitale Rekonstruktion basierend auf Grundrissen und Schnitten der Dokumentationen bis 1964. Unten – Arbeit an der digitalen Rekonstruktion mit Hilfe von historischen Fotografien (hier CEDAE no.13916) [Campofiorito 2019].

religionswissenschaftliche sowie historische Analysen und Interpretationen. Über diese Untersuchungen durch Bildbearbeitung und *Decorrelation stretching* soll an anderer Stelle ausführlich berichtet werden (Piquette 2020).

## Digitale 3D Rekonstruktion der Tempelgeometrie

Speziell bei Bauwerken, deren Maße nicht mehr verifiziert werden können, gilt es bei der wissenschaftlichen Rekonstruktion anhand von Quellen verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Beachtet werden muss vor allem die durchgehende Dokumentation der Entscheidungsfindung mithilfe historischer Analogien, Speicherung aller bis zur Rekonstruktion führenden Rohdaten und eine (digitale) Niederschrift der Paradata im Sinne der Charter von London (London Charter 2009). Mit äußerster Sorgfalt wurden die Quellen gesichtet und analysiert, um eine geometrische Rekonstruktion anzufertigen. In einem ersten Schritt wurden die relevanten Textquellen sowie Karten und Pläne untersucht und chronologisch geordnet. Einige Maße konnten den textlichen Aufzeichnungen der Ausgräber bzw. Bauforscher entnommen werden, andere waren in den Plänen sichtbar.

Folgende, textliche Quellen lagen vor: Firth 1927, De Cenival / Haeny 1963 und 1964, Farid 1967,

Desroches Noblecourt 1999, Habilitation von Ullmann 2007. Zusätzlich wurde das Tagebuch der französisch-schweizerischen Ausgrabungen 1960/61 im Archiv des Französischen Archäologischen Instituts in Kairo (IFAO) aufgefunden und konsultiert. Ebenfalls durchgesehen wurde ein Bericht von 1963/64 zur Arbeit des CEDAE am Tempel, der im *Documentation Center* des ägyptischen Antikenministeriums verwahrt wird.

Als grafische Quellen wurden herangezogen: 1910/11 fotografische Dokumentation und veröffentlichter Grundriss von Firth, 1960/61 Grundriss des IFAO und Fotografien von Haeny, 1962 Fotografien von Martin Davies, 1963 fotografische Dokumentation und Grundriss von CEDAE, 1999 Grundriss bei Desroches Noblecourt (basierend auf den Arbeiten in den frühen 1960er Jahren), 2010 Orthofotos der Wandmalereien von Katy Doyle (im Rahmen der ersten Phase des Wadi-es-Sebua-Projektes), topografische Karten verschiedener Herkunft.

Nach der Analyse der vorhandenen historischen Pläne, Texte, Karten und Bilder sowie deren Anordnung in chronologischer Reihenfolge wurden Parallelen für die einzelnen Bauelemente in Text und Bild mit Experten der Ägyptologie (wie Prof. Dr. Ullmann und Dr. Henning Franzmeier) untersucht und Vergleichsbeispiele für Lehmziegel-Architektur bei Tempeln und einzelnen baulichen Details (z.B. Bogen, Eingang und Pylon) herangezogen.

Es wurden fünf verschiedene Nutzungsphasen des Bauwerks festgestellt:

- Phase 1 – Tempelbau (Abb. 4),
- Phase 2 – Tempel mit ausgebauter Eingangsterasse, zusätzliche seitliche Kammer im hinteren Tempelbereich (Abb. 4),
- Phase 3 und Phase 4 - weitere antike Nutzungsphasen (zunächst wohl noch als Kultbau, später vermutlich profan),
- Phase 5 – Bauzustand bei der modernen Wiederentdeckung und archäologischen Untersuchung des Tempels 1905-1964 (Abb. 2).

Die Rekonstruktion der erkannten Bauphasen soll auf der Grundlage wissenschaftlicher Nachweise digital modelliert werden. Jedes Bauelement soll sowohl mit einer Bauphase als auch mit einem Wahrscheinlichkeitsindikator der Rekonstruktion versehen werden, die deutlich markiert werden müssen:

1. durch archäologische Belege;
2. durch Vergleiche mit angemessener Vereinbarkeit;
3. durch hypothetische Vergleiche.

Bei der voranschreitenden Arbeit wurde bestätigt, dass – wie erwartet – nicht alles einwandfrei rekonstruiert werden kann.



Folgende Abstriche wurden gemacht: Mauern wurden nur annähernd rekonstruiert; Einzelfelsen und morphologisch schwierige Gegebenheiten wurden nur vereinfacht rekonstruiert; auf Rendering (bildliche Darstellung mit Schattenwurf und Materialität) wurde verzichtet.

Das Modell dient somit dem wissenschaftlichen Erkenntnisprozess, bleibt daher schematisch und erhebt keinen Anspruch auf eine gesicherte realitätsnahe Rekonstruktion (Wasser und Pflanzen) oder Rekonstruktion der Materialoberflächen.

Das 3D-Modell wurde darum in einzelne Bereiche und Bauelemente unterteilt (Abb. 4, farbige Bereiche). Eine Semantik wurde so entwickelt, dass in einem nächsten Schritt das grafische Material in eine Datenbank eingefügt werden kann, die die Entscheidungsfindung in einem Triplet von Quellenbild – Argumentation – Rekonstruktionsvariante mit Angabe der Referenzen dokumentiert. Das Modell wurde farblich so gehalten, dass eine Korrelation mit einer Bauteile-Bauphasen-Tabelle möglich ist, um die Bauteile und deren Informationen spezifisch auszuwählen (beispielsweise durch Sciedoc – Grellert 2020).

## Ausblick

Die Erstellung einer annotierten Datenbank mit multimodalen Bild- und 3D-Material wird in Zukunft angestrebt. Es soll mit dem Einpflegen der Dokumentation der digitalen Rekonstruktion in eine Datenbank begonnen werden.

Im nächsten Jahr, 2021, soll das Projekt fortgesetzt werden. Hier wird vor allem zunächst eine Virtualisierung der erstellten Geometrie angestrebt und speziell die Überführung in eine Virtual Reality erarbeitet werden. Einerseits soll die Darstellung des Tempels mit seiner Umgebung in einem Digital-Terrain-Modell in 3D ermöglicht werden, als auch das Durchschreiten der einzelnen Höfe. Weiterhin ist eine Texturierung des Modells mit den Orthofotos der Wandmalereien im Speos angestrebt, damit ein immersives Eintauchen in das Sanktuar möglich wird. Eine virtuelle Diskussion über die Varianten wäre denkbar.

Das Projektteam hofft auch auf eine weitere Kampagne vor Ort in Kairo, in der die Wandmalereien weiter analysiert werden und mit den Hypothesen zu den Dekorationsphasen abgeglichen werden.

(Mona Hess, Martina Ullmann, Regine Schulz)

DESROCHES NOBLECOURT, C.: *Le secret des temples de la Nubie*, Paris 1999, S. 153–161.

FIRTH, C. M.: *The Archaeological Survey of Nubia. Report for 1910-1911*, Kairo 1927, 235–237.

FARID, S.: *Excavations of the Antiquities Department at el-Sebua*, in: *Fouilles en Nubie (1961-1963)*, Campagne Internationale de l'UNESCO pour la Sauvegarde des Monuments de la Nubie, Service des Antiquités de l'Égypte, Kairo 1963, 75.

GRELLERT, M.: *The reconstruction argumentation method. Ein Webtool*. in: *Scientific Documentation for Decisions*, Darmstadt 2020, <http://sciedoc.org/> (letzter Zugriff am 6.1.2021).

HAENY, G.: *Rapport préliminaire sur les fouilles à Ouadi el-Sebouâ*, in: *Fouilles en Nubie (1959-1961)*, Campagne Internationale de l'UNESCO pour la Sauvegarde des Monuments de la Nubie, Service des Antiquités de l'Égypte, Kairo 1963, 53–62.

ULLMANN, M.: *The Wall Paintings from the Temple of Amenhotep III at Wadi es-Sebua: Conservation, Preservation, and Documentation*, in: *Bulletin of the American Research Center in Egypt* 199, San Antonio 2011, 15–20 (verfügbar unter: <https://www.aegyptologie.uni-muenchen.de/download/wadi-es-sebua.pdf>).

ULLMANN, M.: *Wadi es-Sebua: the temple of Amenhotep III*, in: *Egyptian Archaeology* 42, London 2013, 25–27.

PIQUETTE, K., ULLMANN, M.: *Preliminary Observations on Preparatory and Paint Layers of the North Wall (Panel 6) of the Amenhotep III Temple at Wadi es-Sebua: RGB photography, and RTI and pXRF Data of the enthroned deity, including the upper torso, head, and headgear*, Work Report 2020.

THE LONDON CHARTER INTEREST GROUP: *The London Charter for the computer based visualization of cultural heritage*, 2009, verfügbar unter: <http://www.londoncharter.org/> (letzter Zugriff am 06.01.2021).

DE CENIVAL, J. / HAENY, G.: *Rapport préliminaire sur la troisième campagne de fouilles à Ouadi es-Sebouâ*, in: *BIFAO* 62, Kairo 1964, 219–229.

## International Summer School Monitoring Heritage 2018



Abb. 1: Logo der Summer School [Sonnemann 2018].

Leitung:	Prof. Dr. Till Sonnemann, Informationsverarbeitung in der Geoarchäologie (IVGA), Prof. Dr. Mona Hess (DDT)
Bearbeitung:	Dr. John Hindmarch (DDT)
Partner:	Dr. Jesús Pacheco Martínez (Universidad Autónoma de Aguascalientes, Mexiko); Dr. Norbert Jung (Diozöse Bamberg); Ulrich Först und Matthias König (Dombauhütte Bamberg)
Laufzeit:	30. Juli - 3. August 2018
Finanzierung:	Gastprofessur durch die Uni- versität Bamberg, Oberfran- kenstiftung

Die Internationale Summer School Monitoring Heritage wurde von Prof. Dr. Till Sonnemann initiiert und erstmals in Bamberg abgehalten. Die Summer School ist ein interdisziplinärer Kurs, der sich an Studierende richtet, die ihr Verständnis für digitale Technologien in Vermessung, Denkmalpflege, Geoarchäologie und Geophysik, sowie deren Auswertung und Visualisierung erweitern möchten. Er wird vom Institut für Archäo-

logische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte (IADK) der Universität Bamberg angeboten.

### 2018: Bamberger Dom, Deutschland

An der Summer School 2018 nahmen 16 Studierende aus dem In- und Ausland sowie der Universität Bamberg teil. Sie ermöglichte praktische Erfahrungen sowie eine Einführung in die theoretischen Grundlagen der nicht-invasiven Strukturanalyse und der Erfassung historischer Gebäude. Die Anwendungsübungen boten neben 3D Laserscannen, auch Georadar und Micro-Seismologie an.

### Die Kapitelle der St.-Veits-Pforte

Die Vermessungsübung am mittelalterlichen Bamberger Dom bot die Gelegenheit die 3D-Daten zu bereits vorhandenen und digitalen Vermessungen zu ergänzen (Breitling 2016). Die konkrete Aufgabe bestand darin, das Baudekor eines Portals aus dem 15. Jh. zu dokumentieren. Es wurden die drei Kapitelle der rechten Nische der St.-Veits-Pforte gewählt, die gegen neue Steine ausgetauscht werden sollten.

Das St.-Veits-Portal (auch Veitspforte) des Bamberger Doms wurde 1231 zeitgleich zum Nordquerhaus sechs Jahre vor der Domweihe (1237) fertiggestellt (Winterfeld 1979 und Abb. 2). Spätere Dokumentationen der Restaurierungsarbeiten im 19. Jh. überlieferten detaillierte Zeichnungen seines Zustands sowie ein Handaufmaß (Hans-Schuller 2000). Das Portal besteht aus einem Haupttor mit Doppelnischen auf beiden Seiten, die jeweils von drei Säulen eingerahmt werden. Vor allem die westliche Nische befindet sich auf Höhe des Fußgänger- und Autoverkehrs, weshalb sie anfällig für Beschädigungen ist und unter starker Verwitterung gelitten hat. Die bauzeitlichen drei Kapitelle dieser Nische sollen daher ausgetauscht werden. Blattknospen sowie Verzierungen sind von ihnen abgefallen und der Sichtsandstein leidet unter fortschreitendem Materialverlust. Die drei Kapitelle werden gegen neu angefertigte Blöcke mit allen Originaldetails aus dem Dombauamt ausgetauscht. Eine digitale Dokumentation während der Summerschool wurde von der Dombauhütte begrüßt.

### Digitale Dokumentation

Die Kapitelle im Originalverbund der Veitspforte (Abb. 3) und die steinmetzmäßig und durch 3D-Druck gefertigten Kapitelle in der Dombauhütte wurden von den Teilnehmern der Summer



School dokumentiert. Dafür wurde ein handgeführter 3D-Scanner Modell Artec EVA genutzt. Die Vermessungsmethode basiert auf Projektion von strukturiertem Licht und kann durch eine eingebaute RGB-Kamera auch Textur aufnehmen. Diese Scan-Daten wurden in derselben Woche noch nachbearbeitet und später die 3D-Modelle durch eine Soll-Ist Analyse miteinander verglichen (Abb. 3 bis Abb. 4 re.).

## Schlussfolgerung des Geometrievergleichs

Der verwitterte Zustand zeigt sich vor allem darin, dass signifikante oder stark erhabene und auskragende Teile fehlen (Abb. 3, Bild links). Diese Fehlstellen werden bei der Reproduktion – insbesondere der Blattknospen – mit künstlicher Freiheit ergänzt. Im Geometrievergleich (sogenannter Soll-Ist-Vergleich, Schwellenwert  $\pm 10\text{mm}$ ) werden Abweichungen in Falschfarben angezeigt mit der Bedeutung: grau=Geometrie außerhalb des Schwellenwertes, also grün=keine Abweichung, rot=Abweichung bis zu 10mm mehr, blau=bis zu 10 mm weniger Material. Es zeigt sich Folgendes:

- 3D Druck weicht vom Original sehr wenig ab, natürlich mit Ausnahme der in Plastilin ergänzten Geometrien (Abb. 4 li.)
- Die Steinmetz-Arbeit weicht vom 3D-Druck in der Platzierung der Knospen um ca 10mm ab. Die Blattform unterscheidet sich um ca. 5mm (Abb. 4).
- Die Steinmetz-Arbeit weicht vom Original leicht ab, aber nicht in den für den Einbau wichtigen Steinmaßen (Abb. 4 re.). Das stilisierte Blatt in der Mitte des sich nach oben hin aufrollenden Blattwerks ist das beste Anzeichen für die künstlerische Freiheit (vgl. Abb. 3) und nicht exakt reproduziert.

(Mona Hess)

BREITLING, S.: *Der Bamberger Dom digital - Kooperationsprojekt Universität Bamberg und Staatlichem Bauamt Bamberg - Otto-Friedrich-Universität Bamberg*, Bamberg 2016, verfügbar unter: <https://www.uni-bamberg.de/bauforschung/forschung/projekte/bamberger-dom/der-bamberger-dom-digital/> (letzter Zugriff am 10.03.2019).

HANS-SCHULLER, C.: *Der Bamberger Dom: seine 'Restauration' unter König Ludwig I. von Bayern; (1826 - 1831)*, Petersberg 2000.

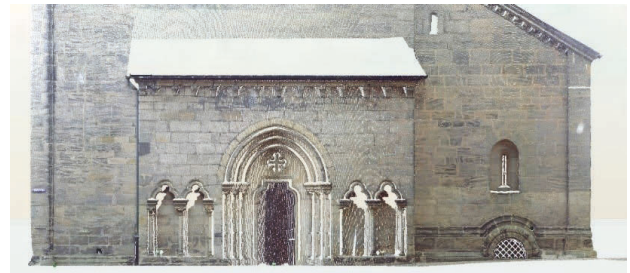


Abb. 2: 3D-terrestrischer Laserscan der St.-Veits-Pforte im größeren Kontext des Nordquerhauses am Bamberger Dom [Hess 2018].



Abb. 3: (v. oben li.nach unten re.) Mittleres Kapitell in-situ, 3D-Scans nach der digitalen Aufarbeitung im Vergleich (Original, 3D-Druck aufmodelliert mit Plastilin, Steinmetz-Arbeit) [Hess 2020].

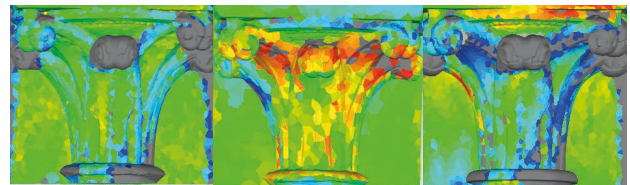


Abb. 4: Soll-Ist Vergleich von Original und 3D-Druck mit durchschnitl. Abweichung bei  $\pm 2.9\text{mm}$  (links); von 3D-Druck und Steinmetz-Arbeit mit mittlerer Abweichung bei  $\pm 2,5\text{mm}$  (Mitte); von Original zu der vom Steinmetz hergestellten Kopie mit durchschnittl. Abweichung bei  $\pm 3,81\text{mm}$  (rechts) [Hess 2020].

SONNEMANN, Till/ HESS, Mona: *Monitoring Heritage 2018 - International Summer School*, in: *Informationsverarbeitung in der Geoarchäologie*, Otto-Friedrich Universität Bamberg, 2018, verfügbar unter: <https://www.uni-bamberg.de/ivga/monitoring-heritage/monitoring-heritage-2018/> (letzter Zugriff am 07.01.2021).

WINTERFELD, D.: *Der Dom in Bamberg*. Band I (Die Baugeschichte bis zur Vollendung im 13. Jahrhundert), Berlin 1979.

## International Summer School Monitoring Heritage 2019



Abb. 1: Logo der Summer School [Sonnemann 2019].

Leitung:	Prof. Dr. Till Sonnemann, Prof. Dr. Mona Hess
Bearbeitung:	Dr. John Hindmarch (DDT)
Partner:	Prof. Dr. Sergio Raymant Arencibia Iglesias des Colegio Universitario San Geronimo (Universidad de la Habana, Kuba)
Laufzeit:	23. - 27. September 2019
Finanzierung:	BAYLAT (Bayerisches Hoch- schulzentrum für Lateinameri- ka), BayIntAn - Programm der BayFOR (Bayerische For- schungsallianz)

### 2019: Havannas Palacios, Kuba

Als Einführungskurs zur Nutzung zerstörungsfreier Analysemethoden in historischen Gebäuden wurde die International Summer School Monitoring Heritage 2019 in Havanna (Kuba) angeboten. Erneut initiiert durch Prof. Dr. Till Sonnemann, konnte der Kurs aufgrund des seit 2018 bestehenden Kooperationsvertrags der Universität Bamberg mit der Universidad de la Habana durchgeführt werden. Die Summerschool fand am Colegio Universitario San Geronimo der Universidad de la

Habana statt. Kurssprachen waren englisch und spanisch. Eine dreitägige Vorbereitungszeit vor Kursbeginn diente zur Vorortbesprechung und -planung zwischen den Kursleitenden.

### Summerschool auf kubanisch

Trotz einer wirtschaftlich komplizierten Lage - Kuba hatte während des Zeitraums einen Mangel an Treibstoff, der den öffentlichen Nahverkehr fast zum Erliegen brachte und öffentliche Gebäude um 14 Uhr schließen ließ - war die Summerschool dank der engagierten Unterstützung durch Dr. Sergio Raymant Arencebia Iglesias (Vizedekan des Colegios) in jeder Hinsicht erfolgreich.

Der interdisziplinäre Kurs war von ihm beworben worden und wurde enthusiastisch als auch rege angenommen. Es gab 25 Anmeldungen, aus denen 15 Teilnehmende ausgewählt wurden und letztlich kubanische Spezialisten aus verschiedenen Fachrichtungen waren (Museum, Geophysik, Ingenieurwissenschaft, Denkmalschutz). Während der Summerschool wurden mit den drei zerstörungsfreien Methoden (Strukturlicht- und Laserscan, Fotogrammetrie, Georadar) und eigens von der Universität Bamberg mitgebrachten Sensoren diverse Objekte erforscht. Untersuchungsobjekte waren vier historische und unter Denkmalschutz stehende Gebäude (Palacios) von La Habana Vieja, die auch im Interesse der *Oficina del Historiador*, dem kubanischen Denkmalamt, stehen.

Die Teilnehmenden hatten die Chance, jeweils in kleinen Gruppen die Datenaufnahme und -bearbeitung der Fassade, des Untergrunds vom Innenhof oder des Inneren der Palacios zu begleiten und selbst durchzuführen. Sie stellten die Ergebnisse und das erlernte Fachwissen am letzten Kurstag in drei Präsentationen vor, zu der auch weitere Mitglieder der Universität, wie Frau Dr. Ulrike Dorfmueller (Lektorin des DAAD in Havanna), zugegen waren.

### 3D-Vermessung von kubanischen Hoffhäusern

Die Arbeitsgruppen für das 3D-terrestrische Laserscanning nahmen sich drei historische Gebäude der Altstadt von Havanna vor. Hierbei wurden jeweils die Innenhöfe in kurzer Zeit vermessen. An jedem Tag wurden unterschiedliche Gruppen mit dem Lasergerät und der systematischen Aufstellung, sowie der Führung eines Logbuches vertraut gemacht. Der mitgeführte Laserscanner von *Leica Geosystems BLK360* bewährte sich durch leichte Handhabbarkeit. Wenn möglich



wurde der Innenhof und Treppenaufgang sowie die Galerien im 1. Stock gescannt. Die geometrische Aufnahme ermöglicht es, die Palacios später miteinander zu vergleichen und ihre Kubatur in Relation zum Innenhof zu bewerten (Abb. 3). Das *Casa de los Condes de Jaruco* (auch: Palacio Jaruco) an der Plaza Vieja und der *Palacio del Marques de Arcos* an der Plaza Catedral sind beide im 18. Jh. innerhalb der Altstadt erbaut und repräsentieren den klassischen Stil des kubanischen Spätbarocks (Abb. 3, jeweils rechts und Mitte). Die zweigeschossigen Gebäude werden von einem offenen Hof mit doppelstöckigen Arkaden umgeben. Zum Platz hin zeigen sie oft eine repräsentative Fassade mit weiteren Arkaden im Erdgeschoß sowie großen Buntglas-Bogenfenstern und Balkon im Obergeschoss. Der *Palacio de Aldama* wurde hingegen im 19. Jh. und beim Parque de la Fraternidad am Rande der Altstadt erbaut (Abb. 3, jeweils rechts). Er hat ein System mehrerer Höfe mit Brunnen nebst Pflanzen und zeigt ebenfalls eine dem Klima angepasste Bauweise (Abb. 2). So werden Temperatur und Luftfeuchte durch effiziente Verschattung in hochrechteckigen Höfen verbessert. Der Einblick in die 3D-bildgebenden Verfahren hat die Potenziale für die Nutzung dieser Methoden in der kubanischen Denkmalpflege aufgezeigt. Die Nachbearbeitung der zahlreichen Daten konnte erst in Deutschland mit Zeit und passender Software geschehen. Die Ergebnisse der Scans wurden den Teilnehmern in Form von gerenderten Filmen vermittelt.

## Perspektiven für die weitere Zusammenarbeit

Die Summerschool 2019 als Einleitung zu weiteren Kooperationen war in vieler Hinsicht ein voller Erfolg. Sie dient als positives Beispiel wie anhand eines zwar zeitlich kurzen, aber intensiven, gemeinsamen Projektes zukünftige, längerfristige Zusammenarbeiten angeregt werden können. Der Kurs bot die Möglichkeit gemeinsam mit kubanischen Experten und Expertinnen deren Fragestellungen durch eine konkrete Arbeit an Forschungsobjekten aufzugreifen und zu diskutieren. (Mona Hess, Till Sonnemann)

Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana, <http://www.sangeronimo.ohc.cu/> (letzter Zugriff am 07.01.2021).

SONNEMANN, Till: *Monitoring Heritage 2019. Curso de Verano en La Habana, Cuba, 23. - 27. September 2019*, in: Informationsverarbeitung in der



Abb. 2: Links - Brunnen im Haupthof des Palacio de Aldama während des handgeführten Scannens. Rechts - 3D-Ergebnis von SfM [Hess 2019].

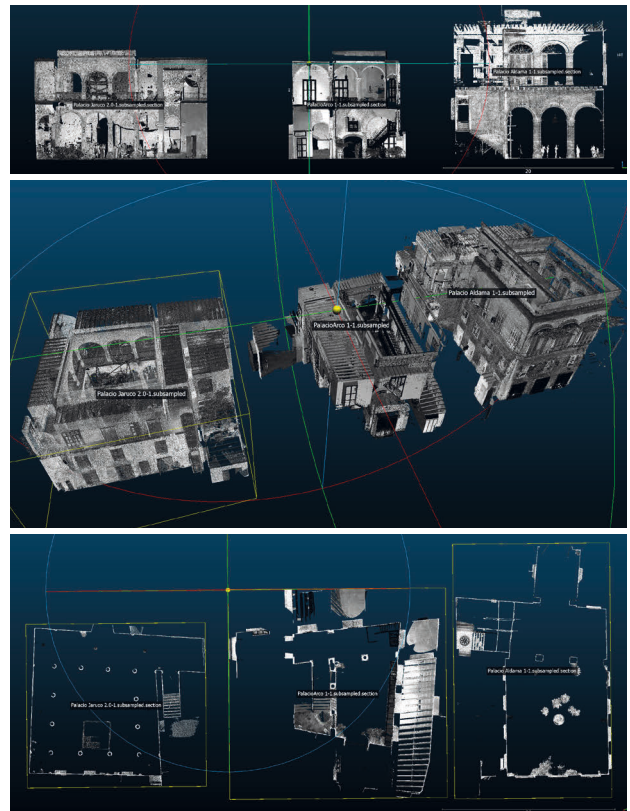


Abb. 3: (v.l.n.r.) Palacio Jaruco, Palacio del Marques de Arco und Palacio de Aldama. (v.o.n.u.) Perspektive mit Blick auf die Hofhäuser, Grundriss Erdgeschoss, Längsschnitt (dargestellte Punktwolke in CloudCompare) [Hess 2019].

Geoarchäologie, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 2019, <https://www.uni-bamberg.de/ivga/monitoring-heritage/monitoring-heritage-2019/> (letzter Zugriff am 07.01.2021).

HESS, Mona: *Monitoring Heritage & International Summer School - 3D laser scanning in historic buildings in Havana*, in: Youtube Kanal der Digitalen Denkmaltechnologien, Bamberg 2019, <https://www.youtube.com/playlist?list=PLAKffF9V4OCRzSG-47gUijLJa77o3Cpax> (letzter Zugriff am 07.01.2021).

## International Summer School Monitoring Heritage 2020



Abb. 1: Logo der Summer School [Sonnemann 2020].

Leitung:	Prof. Dr. Till Sonnemann, Prof. Dr. Mona Hess, M.A. Phil Burgdorf
Partner:	Fabian Wittenborn (Fränkische Schweiz Museum, Tüchersfeld); Anton Eckert (Kulturreferat Forchheim); Harmut Endres (Archäologe)
Laufzeit:	3. - 7. August 2020
Finanzierung:	Eigenmittel des Lehrstuhls Digitale Denkmaltechnologien und der Professur Informationsverarbeitung in der Geoarchäologie

### 2020: Burg Neideck in der Fränkischen Schweiz, Deutschland

Auch im Jahr 2020 wurde während der Corona-Pandemie wieder eine Summerschool von Prof. Dr. Till Sonnemann geleitet. Sie fand ausschließlich mit fünf Bamberger Studierenden auf der Burgruine Neideck statt (Abb. 2). Diese ehemalige Burg mit einer vermutlichen Entstehungszeit um 1050 verfällt seit dem 16. Jh. und wird seit den 1990er Jahren archäologisch untersucht. Die Burg wurde auf einem Bergsporn erbaut und befindet sich auf einer exponierten Lage über dem Wiesental.

Die Summerschool bot nach einer Einführung in die theoretischen Grundlagen wieder eine praktische Erfahrung in geophysikalischen Anwendungen und digitalen Denkmaltechnologien in der nicht-invasiven Analyse und der Erfassung archäologischer Stätten. Der Kurs wurde aufgeteilt in einen theoretischen Teil mit Vorlesungen und einen praktischen Teil mit Einführungen in die verschiedenen Techniken vor Ort. Nach der Datenaufnahme im Gelände wurden die Daten im CIPPool des KDWT verarbeitet und die Resultate diskutiert.

In diesem Jahr wurden folgende Technologien und Methoden vermittelt:

- Visualisierung und Interpretation von LiDAR-Daten der umgebenden Landschaft (IVGA),
- Bodenradar (GPR) und Magnetik zur Untersuchung des Untergrunds (IVGA),
- Structure from Motion (SfM) durch Drohnen-Fotografie (IVGA),
- Nahbereichs-Scanning durch strukturiertes Licht für Museumsobjekte (Abb. 3) (DDT),
- 3D-terrestrisches Laserscanning (TLS) des Turmes und des Burggrabens (DDT),
- 3D-Druck eines erstellten 3D-Modelles mit Ultimaker Dual-Core (DDT).

### Miniatur-Modell durch von Laserscannen und Fotogrammetrie

Im Fränkische Schweiz Museum von Tüchersfeld ist ein Styropor-Modell der vermuteten Burganlage um 1400 im Maßstab 1:100 vorhanden und wurde für diesen Teil der Übungen genutzt (Abb. 3). Mittels eines handgeführten Scanners konnte ein 3D Modell erstellt werden (Abb. 4). Zusätzlich wurde durch Structure from Motion (SfM) ein fotogrammetrisches Modell erstellt (Abb. 4). Beide Modelle wurden miteinander verglichen, wobei der handgeführte Scan geometrisch ein detaillierteres und exakteres Abbild erzeugte. Das 3D-Modell wurde durch den Ultimaker DualCore am Lehrstuhl Digitale Denkmaltechnologien gedruckt.

### Erfassung der Burgruine durch 3D-Laserscannen und Drohne

Eine Drohne des Typs DJI Mavic Air wurde genutzt, um die Methode von SfM auf die gesamte Burganlage anzuwenden (Abb. 5). Der Burgturm und ein Teil des Umfelds wurde auch durch einen Leica BLK360 Laserscanner terrestrisch erfasst.





Abb. 2: Gruppenfoto mit der Burg Neideck im Hintergrund [Hess 2020].



Abb. 3: Teilnehmer erfassen das Styropor-Modell der Burg mit dem Artec Eva 3D-Scanner [Hess 2020].

## Resümee

Trotz einer wegen der Corona-Krise reduzierten Summer School 2020 konnte ein Bau- als auch Bodendenkmal mit Hilfe von zerstörungsfreien Analysemethoden sowie archäologischer und denkmalwissenschaftlicher Anwendungssoftware untersucht werden.

(Mona Hess, Isabell Garbe)

SONNEMANN, Till / HESS, Mona: *Monitoring Heritage 2020 - International Summer School*, in: Informationsverarbeitung in der Geoarchäologie, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 2020, <https://www.uni-bamberg.de/ivga/monitoring-heritage/monitoring-heritage-2020/> (letzter Zugriff am 07.01.2021).

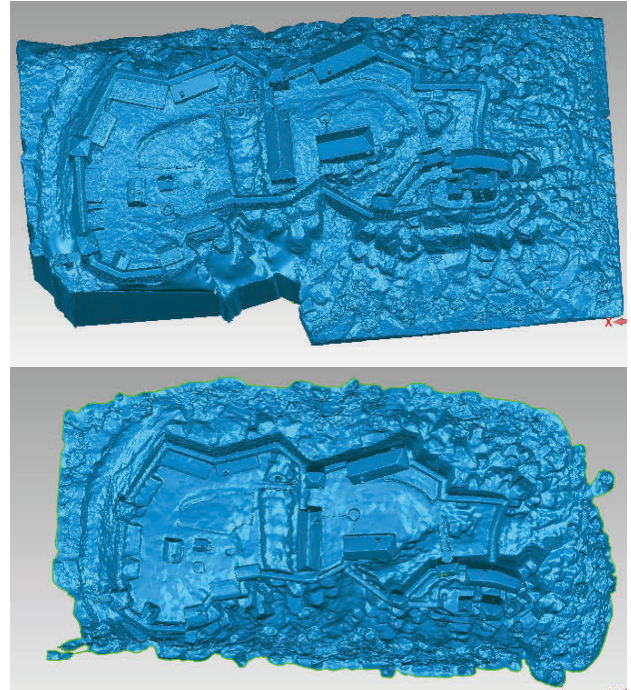


Abb. 4: 3D-Modell des handgehaltenen Scanners (oben), 3D-Modell aus SfM (unten) [Hess / Sonnemann 2020].

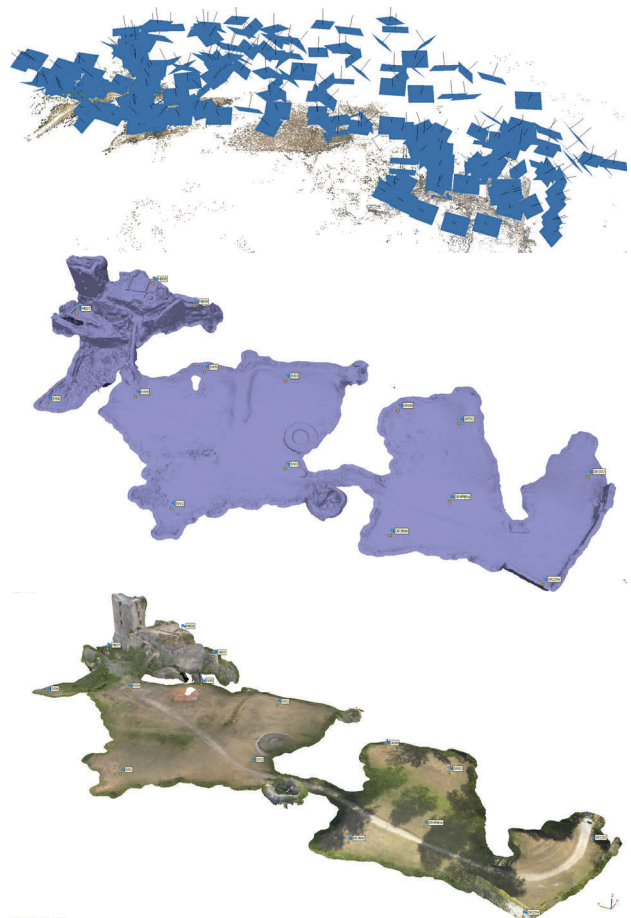


Abb. 5: (V. o. n. u.) Kameraorientierung der Drohne anhand von Zielmarken, Geometrie des fotogrammetrischen Modells mit und ohne Textur (Farbdarstellung) [Dauer / Sonnemann 2020].

## Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD)

### Kooperationsprojekt: Rittersaal von Schloss Weikersheim



Abb. 1: Erstes Ergebnis des photogrammetrischen Modells vom Rittersaal in Schloss Weikersheim [Ferreya 2020].

**Leitung (CbDD):** Prof. Dr. Stephan Hoppe, PD  
Dr. Matteo Burioni  
(Projektkoordinator)

**Leitung (KDWT):** Prof. Dr. Mona Hess  
(KDWT, DDT)

**Bearbeitung:** Prof. Dr. Mona Hess (DDT),  
Dr. John Hindmarch (DDT),  
Jan-Eric Lutteroth M.A.  
(CbDD)

**Partner:** Staatliche Schlösser und  
Gärten Baden-Württemberg,  
Bayerische Akademie der  
Wissenschaften, Corpus der  
barocken Deckenmalerei in  
Deutschland (CbDD), Institut  
für Kunstgeschichte der Lud-  
wig-Maximilians-Universität  
München (LMU), Deutschen  
Dokumentationszentrum für  
Kunstgeschichte – Bildar-  
chiv Foto Marburg der Phil-  
ipps-Universität Marburg

**Laufzeit:** Mai 2020 - laufend

**Finanzierung:** KDWT-Eigenmittel,  
CbDD-Eigenmittel

#### Vorgeschichte der Kooperation

Anfang 2018 begann eine enge Kooperation des KDWT mit dem Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland (CbDD), hier speziell mit der Arbeitsstelle des Instituts für Kunstgeschichte der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU). Darauf folgte ein Kooperationsvertrag, der seit 2020 die Zusammenarbeit zwischen dem Arbeitsbereich DDT, des KDWT und dem CbDD regelt.

Er soll für die Verbreitung von Kenntnissen hinsichtlich der technischen Anwendungsbereiche und Potenziale der digitalen Denkmaltechnologien innerhalb jener kunstwissenschaftlichen Forschung dienen, die sich mit raumbezogenen Bildüberlieferungen sowie historischer materieller Kultur befasst.

Das CbDD erforscht die Decken- und Wandmalerei der Zeit zwischen etwa 1550 und 1800 auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Das Projekt ist im Akademienprogramm der Deutschen Akademien der Wissenschaften mit zwei Arbeitsstellen in München und Marburg angesiedelt und wird von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften betreut. Zu den Zielen des Projekts gehört neben der kunstwissenschaftlichen Erforschung von über 4000 Objekten mit raumbezogener Malerei auch deren digitale Erfassung und Publikation. Den Anfang machen dabei diejenigen Malereien, die sich in Räumen historischer Schlossarchitektur befinden oder befunden haben. Profane städtische Bauwerke und sakrale Gebäude, wie Kirchen und Klöster folgen.

Eine zentrale Leistung des CbDD ist, neben der kunstwissenschaftlichen Erfassung der Objekte, die Synthese von Bildinhalten, räumlicher Bezug sowie Auftraggeber und Künstler in einer semantischen Datenbank, die gleichzeitig als modernes Medium ihrer Veröffentlichung in Bild und Text dient. Des Weiteren stellt die Erfassung einiger ausgewählter Objekte im dreidimensionalen Raum eine zusätzliche innovative Methode dar, um sich den Malereien mit neuen Fragestellungen zu nähern.

Bei einer ersten 3D-Kampagne wurde der Kaisersaal von *Schloss Arnstorf in Niederbayern* im Jahr 2018 digitalisiert. Hierbei wurden neue Methoden und Herangehensweisen zur hochauflösenden Oberflächen- und 3D-Dokumentation erprobt. Der Fokus lag auf der realistischen digitalen



Wiedergabe der barocken Deckenmalereien im virtuellen Raum für eine nachfolgende Bearbeitung des Objektes in der Datenbank.

Im Jahr 2019 wurde die Raumfolge des Rittersaals, der Tafelstube sowie der angrenzenden Treppenhäuser des *Renaissanceschlusses Weikersheim in Baden-Württemberg* mittels 3D-Laserscanning und Photogrammetrie digitalisiert. Dies wurde unter anderem unternommen, um die Integration einer digitalen 3D-Rekonstruktion der Tafelstube und ihrer vermuteten Deckenmalerei in die noch vorhandenen Bestände zu erproben.

## Zielsetzungen der Digitalisierung von Innenräumen

Die Erstellung von 3D-Aufnahmen und die spezifisch forschungsorientierte Ausarbeitung der Daten und deren Visualisierung sollten immer von Leitfragen der Kunstgeschichte, der Denkmalpflege oder der Konservierung bzw. Restaurierung geleitet werden. Speziell seit 2020 wird der positive Nutzen der Digitalisate auch für die Öffentlichkeitsarbeit offensichtlich. Eine wichtige Aufgabe der Digitalisierung im Kultursektor spielt dabei die Demokratisierung von und Zugänglichkeit zu Informationen, die – während der Corona-Pandemie (seit 2020) – nicht mehr in den unzugänglichen Ausstellungsräumen stattfinden kann.

Die Motivation hierfür zeigt sich in der zunehmenden Relevanz der Digitalisierung in der Denkmalpflege, Museumskunde und Kulturgut-Erfassung. Diese Bereiche profitieren von der Nutzung moderner Sensortechnik und digitalen Aufnahmen.

Untersuchungsobjekte digital in Geometrie und Farbe erfassen und durch Virtual Reality oder 3D-Druck reproduzieren zu können, ermöglicht es, einem breiten Publikum Fragen und Antworten aus Kunst, Kultur und Denkmalpflege zu vermitteln. Virtual und Augmented Reality (VR/AR) ermöglichen zudem eine Interaktivität zwischen Betrachter und Objekt, wie sie vorher nicht möglich war. Das interdisziplinäre Team in dieser Kooperation leistet eine entscheidende Unterstützung für Forschung und Lehre zur Digitalisierung von Kulturobjekten, und hier speziell von bemalten Innenräumen.

Eine Teilaufgabe der Denkmaltechnologien ist die digitale Dokumentation des Befundes woraus sich anschließend eine hypothetische Rekonstruktion von vergangener Realität ableiten lässt. Diese Interpretation ist ebenso wie das Narrativ ihrer Vermittlung, besonders im Bezug auf ihre Plausibilität und ästhetische Wirkung, vorwiegend eine Aufgabe der Forschungspartner aus der

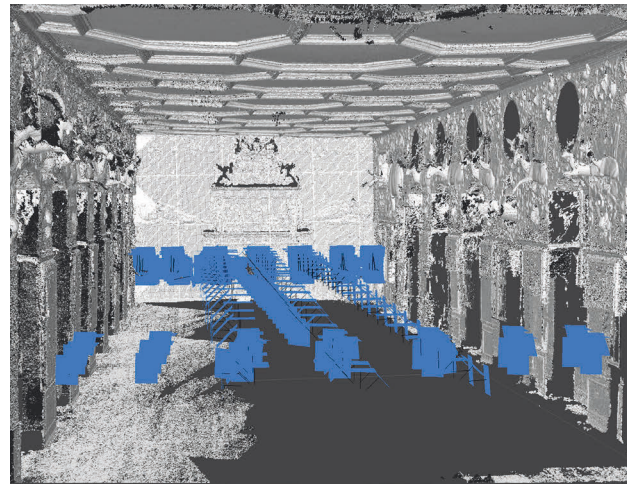


Abb. 2: Kameranetzwerk der Photogrammetrie mit grober Punktwolke [Ferreya 2020].



Abb. 3: Foto des Rittersaales in Schloss Weikersheim [Hess 2020].

Kunstgeschichte. Die präzisen, vermessungstechnologischen Grundlagen, ohne denen manche entscheidende Fragestellungen nicht beantwortet werden können, liefern allerdings die Experten aus der Denkmalpflege. Eine interdisziplinäre Kooperation ist hier unausweichlich und notwendig.

Bei der Zusammenarbeit im Projekt werden dabei neue Methoden und Herangehensweisen zur hochauflösenden Oberflächen- und 3D-Dokumentation mit dem Ziel der Erforschung raumbezogener Malereien entwickelt. Diese Kollaboration erlaubt es Machbarkeitsstudien für unterschiedliche Raumerlebnisse zu entwickeln.

Die dreidimensionale Vermessung eines Gebäudes, Raumes oder Museumobjektes durch bildgebende optische Verfahren kann als die Erstellung eines digitalen Datensatzes (Digitalisat) des Objektes der realen Welt definiert werden, das aus den räumlichen Informationen in drei Dimensionen besteht.





Abb. 4: Teamfoto auf der Altane von Schloss Weikersheim [Lutteroth 2020].



Abb. 5: Photogrammetrische Aufnahmen der Deckenmalereien und der Wände durch ein aufgabenbezogen angefertigtes Kameragerüst mit drei Kameras auf einem Rollwagen [Hess 2020].



Abb. 6 Photogrammetrische Aufnahmen von schwer erreichbaren Details mittels der GoPro-Kamera [Hess 2020].

## Schloss Weikersheim als Versuchsobjekt

Durch die freundliche Unterstützung der Schloßserverwaltung Baden-Württemberg konnte ein Team bestehend aus Mitgliedern des Arbeitsbereiches der DDT sowie des CbDD (siehe Abb. 4) die Räumlichkeiten des Schlosses Weikersheim für die Anwendung und nachfolgende Erprobung der Methoden nutzen.

Mit der Schlossanlage Weikersheim, die unter der Verwaltung der staatlichen Schlösser und Gärten Baden-Württemberg steht und im Rahmen des Kooperationsprojektes “Kulturliegenschaften 4.0” eine erste digitale Erfassung durchlebt hat, ist ein bedeutendes Ensemble mitteleuropäischer Renaissance- und Barockarchitektur für die Nachwelt erhalten geblieben. Das zwischen 1595 - 1605 unter Graf Wolfgang II. von Hohenlohe grundlegend umgebaute und von seinen Nachfahren im 17. Jahrhundert vollendete Schloss ist heute besonders aufgrund seines eindrucksvollen Barockgartens ein Touristenmagnet. Ebenso imposant und sehenswert ist auch der in seinem Kern noch renaissancezeitliche, stützenlose Rittersaal des nördlich gelegenen Hauptflügels. Ein elaboriertes und feingliedriges Bildprogramm in Gestalt einer mit Ölgemälden besetzten Holzdecke, einem steinernem Prunkkamin, einem stuckierten Prunkportal in die angrenzende Tafelstube, vollplastisch modellierten Tieren in Stuck sowie zweier Reliefs einer Ahnenprobe des Bauherrn und seiner Gattin Magdalena, einer Schwester Wilhelms von Oranien, gilt es hier zu entschlüsseln. Fortgesetzt wird die Raumfolge über einen kleinen Zwischengang mit Deckenmalerei auf einem flachen Tonnengewölbe in die bereits im 19. Jahrhundert unterteilte und dadurch baulich stark veränderte Tafelstube, die einst vermutlich ebenfalls mit großformatigen Ölgemälden an der flachen Decke ausgestattet war. Diese ursprüngliche für den Bauherrn äußerst repräsentative Raumfolge bietet für beide beteiligten Fachrichtungen ein geeignetes Beispiel für die Erprobung einer gemeinsamen Erforschung mittels neuer digitaler Methoden.

## Technologische Herausforderungen

Für die Kooperation lassen sich unterschiedliche Anforderungen der Partner an die Digitalisate formulieren. Die zentrale Aufgabe ist die Schaffung einer adäquaten Repräsentation des heute noch teilweise erlebbaren Raumeindrucks mit einem speziellen Interesse an seinem komplexen Bildprogramm, das sich für eine spätere wissenschaftliche Bearbeitung und Präsentation eignet. Gerade die unterschiedlichen hier im historischen



Raumgefüge verwendeten Bildträger und ihre unterschiedlichen Materialitäten stellen eine Herausforderung dar, die die digitalen Technologien zu bewältigen haben (siehe Abb. 5-8). So sind die Ölgemälde der Holzdecke des Saales relativ einheitlich und, abgesehen von ihrer Kassettierung, flach in der Geometrie. Die stuckierte und bemalte Ahnenprobe, eine Art umgedrehter Stammbaum der über mehrere Generationen die adelige Abstammung des Bauherren und seiner Gemahlin wiedergibt, ist nur leicht reliefhaft auf die Wandzone aufgelegt und kein Vergleich zu den vollplastisch aus der Wand hervortretenden und ebenfalls bemalten Stuck-Tieren. Die in unterschiedlichem Material ausgeführten raumhohen Prunkobjekte, i.e. der Kamin und das gegenüberliegende Portal, stellen mit ihrer Mikroarchitektur und den teilweise sehr kleinteilig ausgeführten Dekorationen (siehe Abb. 6) einen weiteren Bildträger dar, der beim Gesamteindruck des Raumes eine entscheidende Rolle spielt. Ebenso wie die wandfeste Ausstattung muss die Lichtregie sowie die individuelle Bewegung des Betrachters mitbedacht werden um den Raum adäquat zu repräsentieren.

An die Repräsentation der einzelnen Digitalisate dieser Bildträger, sowie an ein daraus zusammengesetztes Gesamtmodell des Raumes werden je nach Zielgruppe unterschiedliche Anforderungen gestellt. Besonders der Detailierungsgrad stellt hier die entscheidende Konstante dar. So sollte das Gesamtmodell, welches einer breiten Öffentlichkeit zugänglich sein soll, das Erlebnis eines Schlossbesuches unterstützend begleiten. Für den interessierten Leser, der nicht vor Ort sein kann, sollte ein Mindestmass an Informationen an das Modell geknüpft sein. Fachexperten aus den denkmalwissenschaftlichen Disziplinen sind an den Aufnahmeverfahren sowie an der Genauigkeit der wiedergegebenen Geometrie und Farbwert interessiert, wobei eine exakte Dokumentation der vorgenommenen Arbeitsschritte essentiell ist. Für die Erhaltung und Bewahrung der Kunstwerke aus Sicht der Denkmalpflege gilt dies ebenso. Die Forscher der kunstwissenschaftlichen und denkmalwissenschaftlichen Fächer, sind - unterstützt durch weitere bildgebende Verfahren - an einer gemeinsamen diskursiven Erforschung am Modell interessiert, die im kollegialen Austausch zu neuen Fragestellungen und Ideen führen kann, ohne dabei ortsgebunden zu sein. Daraus folgt, dass die angereicherten Modelle auch zeitgleich für sämtliche Projektpartner, beispielsweise über das Internet verfügbar sind. Die Rohdaten mit der größtmöglichen Genauigkeit, auf deren Grundlage die



Abb. 7: Die Gastwissenschaftlerin Nicoletta Campofiorito überprüft den Bildausschnitt an einer der drei digitalen Spiegelreflexkameras auf dem Kamerawagen vor dem Kamin. Im Hintergrund ist eine kodierte Zielmarke an der Wand zu sehen. [Mona Hess 2020].



Abb. 8: Handgehaltener 3D-Scan von der farbigen und reliefierten Dekoration im Durchgang von Rittersaal zu Tafelstube [Nicoletta Campofiorito 2020].

oben genannten Derivate entstanden sind, werden darüber hinaus langzeitarchiviert und können für weitere computergestützte Forschung herangezogen werden.

## Technologische Herangehensweise und Dokumentation

Vor Ort wurden folgende Technologien verwendet: Digitale Fotografie mit drei synchron ausgelöst in unterschiedlichen Winkeln montiert Digitalkameras (Nikon D3400) und systematische



Abb. 9: Ergebnis des handgehaltenen 3D-Scans des Durchganges, siehe Abb. 8 [Hess 2020].



Abb. 10: Digitale 3D-Rekonstruktion der Tafelstube mit Schlachtengemälden und integriertem 3D-Scan der Stuckierung in der Fensternische [Lutteroth 2020].

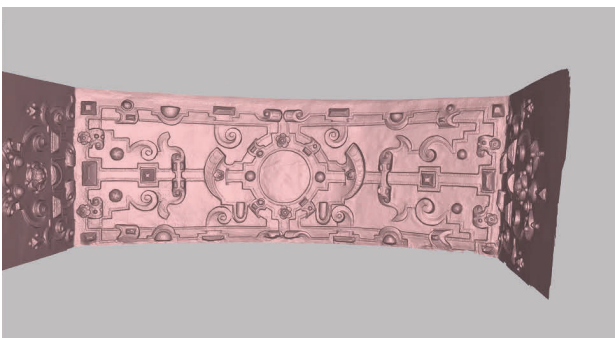


Abb. 11 (oben): 3D-Scan der Stuckierung in der Fensternische; (unten): Details des 3D-Scans der Fensternische ohne Farbe [Lutteroth 2020].

HD-Aufnahmen mit einer Actionkamera (GoPro) (siehe Abb. 6), sowie terrestrisches Laserscanning (BLK360 von Leica Geosystems) für eine Gesamtaufnahme des Saales und der angrenzenden Räume. Dies wurde durch Panoramaaufnahmen (Ricoh Theta) ergänzt. Durch das Einbeziehen von kalibrierten Maßstäben und Passmarken bei diesen Aufnahmeverfahren ist ein Vergleich der Qualität von Farbe und Geometrie der erzeugten 3D-Modelle (photogrammetrisch und 3D-Scan) möglich. Außerdem wurde durch den Einsatz einer 360-Grad-Kamera (Ricoh Theta) ein schneller und flächendeckender Grobübersicht über das Raumgefüge erzielt. Zusätzlich wurden inszenierte Videoaufnahmen mittels einer auf einem Gimbal aufgesetzten Kamera (Sony Alpha 7) durchgeführt um unterschiedliche Zugänge und Blickfolgen in der Raumfolge zu testen. Das photogrammetrische Modell und die nachbearbeiteten Punktwolken des 3D-Scanners können zudem in eine interaktive Umgebung, z.B. ein 3D-Online-Repository mit interaktiver Navigation des Nutzers übersetzt werden.

## Digitale 3D-Rekonstruktion in Kombination mit 3D-Nahbereichs-Scans

Eine weitere Methode die sich im Laufe der Kooperation als Mögliche Herangehensweise etabliert hat, ist die als Datenfusion zu bezeichnende Kombination aus hochauflösenden 3D-Nahbereichs-Scans mit einer digitalen 3D-Rekonstruktion der baulich stark veränderten Tafelstube von Schloss Weikersheim. Die bereits für den CbDD erstellte digitale 3D-Rekonstruktion der Tafelstube in einem hypothetischen Zustand mit großformatigen Schlachtengemälden in einer durch vier Stützen getragenen Holzdecke, kann durch die Integration von weiteren wandfesten Dekorationen zu einem gesamtheitlichen Raumeindruck führen. Als Beispiel wurden zwei 3D-Scans der erhaltenen, wenn auch vermutlich farblich überarbeiteten, Stuckierungen der Fensternischen in die digitale 3D-Rekonstruktion eingefügt. Die auf digitalem Planmaterial und kunsthistorischen Untersuchungen basierende 3D-Rekonstruktion kann somit zu einem erweiterten Modell heranwachsen, das durch immer präzisere Anreicherungen näher an eine hypothetische Realität rückt und dadurch als neues Forschungsmedium dienen. Für die Integration in die digitale 3D-Rekonstruktion musste die ursprüngliche maximale Punktzahl des 3D-Scans deutlich reduziert werden um einen einheitlichen Eindruck zu gewährleisten (siehe Abb. 10). Die Rohdaten und Modelle



der 3D-Scans und der Oberflächenmodelle aus der Photogrammetrie in größtmöglicher Genauigkeit und Farbe, stehen dennoch als Einzelmodelle für weiterführende Forschungen zur Verfügung (siehe Abb. 11).

## Publikation und Zugänglichkeit

Die Archivierung der einzelnen 3D-Modelle sowie deren Rohdaten erfolgt über ein gemeinsam verwaltetes Repository. Da, in Anbetracht der fortlaufenden Kooperation, ein rasches Anwachsen der Datenmenge, aufgrund zahlreicher Derivate der einzelnen 3D-Modelle sowie deren Rohdaten und Dokumentationsunterlagen zu erwarten ist, wird derzeit an einer effektiveren Datenverwaltung gearbeitet. Für die Publikation der geometrisch reduzierten 3D-Modelle hat sich bereits eine sehr erfreuliche Zusammenarbeit mit dem webbasierten 3D-Repository „Kompakt“ ergeben. Das vom Department of Digital Humanities der Universität Köln zwischen 2018 und 2020 entwickelte 3D-Repository bietet ein für wissenschaftliche Zwecke geeignetes, nicht-kommerzielles Umfeld für die digitale Zugänglichkeit von digitalen 3D-Modellen unterschiedlicher Art, die über einen, in andere digitale Medien integrierbaren 3D-Viewer angezeigt werden. Darüber hinaus können die Modelle mit Metadaten und Annotationen versehen werden, sowie über eine „embed“-Funktion in weiteren digitalen Medien integriert werden. Dadurch ist zumindest eine eingeschränkte Nutzung der erarbeiteten Modelle für die Öffentlichkeit möglich.

(Mona Hess, Jan-Eric Lutteroth, Matteo Burioni)

HESS, Mona / DREWELLO, Rainer / ENGEL, Ute / RAHRIG, Max: *Welttheater in 3D. Wie barocke Deckenmalereien ihre Geheimnisse offenbaren*, in: Uni. Vers. Universitätsmagazin der Universität Bamberg, Der universelle Wert. Neue Perspektiven auf das Welterbe in Bamberg und in aller Welt, 05.2018, 20–23 (<https://www.uni-bamberg.de/univers-forschung/2018/>).

HESS, Mona: *Digitalisierung für Kultur*, in: EPPLE, Phillip (Hg.): *Digitalisierung. Zwischen den Welten*, Coburger Schriftenreihe (wissenschaftliche Schriftenreihe der Hochschule Coburg), Göttingen 2018, (13) 53–74 (<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7762-digitalisierung>).

HESS, Mona: *Corpus Barocke Deckenmalereien. Schloss Arnstorf in Niederbayern*, in: ARERA-RÜTE-



Abb. 13: Teamfoto im barocken Garten vor dem Schloss Weikersheim [Hess 2020].

NIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien. 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 42–43* (DOI: 10.20378/irbo-54686).

LEIPOLD, Frieder / LUTTEROTH, Jan-Eric: *Schloss Weikersheim in 3D. Neue Zugänge zur Architekturgeschichte der nordalpinen Spätrenaissance*, in: HOPPE, Stephan / LOCHER, Hubert / BURIONI, Matteo (Hg.): *Digitale Raumdarstellung. Barocke Deckenmalerei und Virtual Reality*, Computing in Art and Architecture 4, Heidelberg 2020, 32–157 (<https://doi.org/10.11588/arthurhistoricum.774.c10127>).

SEEGER, Ulrike: *Weikersheim. Residenzschloss*, in: HOPPE, Stephan / LOCHER, Hubert / BURIONI, Matteo (Hg.): *Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland*, 2020 (URL: [www.deckenmalerei.eu/42d06165-58e7-4653-bfe4-3d5f7091fc33](http://www.deckenmalerei.eu/42d06165-58e7-4653-bfe4-3d5f7091fc33))

STAATLICHE SCHLÖSSER UND GÄRTEN BADEN-WÜRTTEMBERG (Hg.): *Schloss Weikersheim. Neue Forschungen*, 2019.

Weblinks CbDD:

<http://www.deckenmalerei.eu/>

<https://deckenmalerei.badw.de/das-projekt.html>



BAUFORSCHUNG, BAUGESCHICHTE, BAUERHALT



Die Bamberger Bauforschung besitzt seit 1986 ausgewiesene Expertise im Bereich der denkmalgerechten Dokumentation und der sowohl historischen wie technischen Bauwerksanalyse. Inhalte des Faches sind die Datierung von Bauwerken, die Rekonstruktion ihrer Bau- und Veränderungsgeschichte und die Bewertung der Objekte in kultur- und bautechnikgeschichtlichen sowie denkmalkundlichen Kontexten. Sie spielt eine in der Fachcommunity anerkannte Rolle bei der Transformation fachspezifischer sach- und prozessbezogener Qualitätsstandards in der Befundansprache, der Ergebnisdarstellung in den digitalen Techniken und Medien und der Anwendung des methodischen Instrumentariums in der Praktischen Baudenkmalpflege und im Bauerhalt.

Die Bauforschung im KDWT baut seit 2016 die technische Integration digitaler Beschreibungsroutinen und Analyseverfahren aus und betreibt die methodische Weiterentwicklung des Faches hinsichtlich der Engführung geistes- und ingenieurwissenschaftlicher Forschung. Sie hat den zweiten Abschnitt des ersten Förderzeitraums genutzt, um in Verbundprojekten mit unterschiedlichen Partnern vernetzte Forschungsformate auszubauen und Beteiligten- und Nutzerstrukturen in der Praktischen Baudenkmalpflege zu modellieren. Weiterhin werden gegenwärtig neue Formen des Datenaustauschs und der Referenzierung von Sachaussagen auf den Baubefund vor Ort entwickelt. Ziel ist die zunehmende digitale Zusammenführung der Verfahren und Abfrageroutinen unterschiedlicher am Baudenkmal tätiger Fachgruppen und Institutionen sowie die wechselseitige und nachhaltige Nutzbarkeit von erhobenen Daten in unterschiedlichen Anwendungsszenarien. Die beachtliche Verstärkung des Personalbestandes mit einer Stelle für die Leitung der Forschergruppe und einer weiteren, mit zwei Personen besetzten Stelle sowie die Möglichkeit der auch kurzfristigen und zielgerichteten Nutzung der KDWT-Ressourcen hat der Fachentwicklung am Standort Bamberg einen besonderen Schub gegeben, die Anerkennung des Standortes in der Fachcommunity maßgeblich verstärkt und ermöglicht den langfristigen Aufbau von Service-Angeboten.

### Forschungsfelder und Vernetzung

**Ausbau der technischen und analytischen Kompetenz in der Bauwerkserfassung und Dokumentation – Entwicklung von Qualitätsstandards**

In enger Zusammenarbeit mit Anwendern aus unterschiedlichen am Baudenkmal beschäftigten Fachgruppen entstehen im Arbeitsbereich und im Fachgebiet Bauforschung zunehmend Standards für die im digital begleiteten Monitoring und Planungswe-

sen notwendigen Attribute und für die Beziehungen zwischen unterschiedlichen Detaillierungsebenen der Bauwerkserfassung. Der Bereich der Dokumentation wird durch Jürgen Giese vertreten (siehe dazu: *Bamberger Empfehlungen zur Baudokumentation*, 108–111). Die Bamberger Ansätze fanden sichtbare Anerkennung durch die Fachcommunity (vgl. FIADK-Tagungsband *Bauforschung in der Denkmalpflege* 2018). Anna Luib hat in vielfältigen Versuchsanordnungen den Einsatz der IR-Thermographie zur Befunderfassung untersucht (siehe dazu: *Thermisches Infrarot in der historischen Bauforschung*, 130–133). Das technische Know-How und die Implementierung der fachlichen Erfassungs- und Beschreibungsstandards in den digitalen Techniken hat zu zahlreichen Anfragen durch Partner und eine verbesserte Arbeitsroutine bei Verbundprojekten geführt, wie etwa das Neuschwanstein-Projekt zeigt.

### Exzellente baugeschichtliche Forschung

Im Rahmen des von Stephan Albrecht, Stefan Breitling und Rainer Drewello 2016 eingeworbenen BMBF-Projektes „*Mittelalterliche Portale als Orte der Transformation*“ wurden in einem interdisziplinären Forschungsansatz neben weiteren europäischen Beispielen auch die *Querhausportale von Notre-Dame in Paris* untersucht, ein Forschungsunternehmen, das durch den Brand der Kathedrale im April 2019 besondere internationale Aufmerksamkeit erfuhr. Zum Erfolg trugen maßgeblich die Ressourcen des KDWT bei (siehe dazu: *Die Querhausportale von Notre Dame in Paris*, 12–15).

Die aus Forschungsprojekten gewonnenen Erfahrungen werden konsequent auch auf das Aufgabenfeld der Praktischen Denkmalpflege angewendet. Dies wird beispielsweise in der Mitarbeit von Stefan Breitling, Anna Nöbauer und Christian Schalk an der Inventar-Initiative des Bayerischen Landesdenkmalamtes auf dem Bamberger Domberg umgesetzt (siehe dazu: *Die Kurie St. Philippus und Jakobus auf dem Bamberger Domberg*, 112–115).

Im Nachgang zum Humboldt-Jahr ergab sich die Möglichkeit für Leonhard Salzer, Anna Nöbauer und Tobias Arera-Rütenik, topographische und bauliche Aspekte der Reisen des Naturforschers zu beleuchten und für internationale Aufmerksamkeit für den Forschungsstandort Bamberg zu sorgen (siehe dazu: *Die "Casa Humboldt" in Ecuador*, 124–125).

Claudia Eckstein hat sich mit ihrem Dissertationsprojekt zur Spätmittelalterliche Backsteintechnik in Oberschwaben erfolgreich in der deutschen Backsteinforschung etablieren können (siehe dazu: *Spätmittelalterliche Backsteintechnik in Oberschwaben*, 120–123).

### Modellierung von Fachinhalten, Datenmanagement und Wissensdistribution in der baugeschichtlichen Forschung und der Praktischen Denkmalpflege sowie beim Planen und Bauen im Bestand

Bei der interdisziplinären Arbeit im KDWT und insbesondere im Austausch mit der Informatik der Universität Passau und den anderen Beteiligten in dem vom BMBF 2018-2021 geförderten und von Tobias Arera-Rütenik geleiteten Projekt „Die Nürnberger Großkirchen – Best Practice für die digitale Erfassung komplexer Baudenkmale – Ein semantisch annotierter Plansatz“ ist deutlich geworden, dass die Modellierung von Baubeschreibungen und Fachinhalten der Bauforschung und Praktischen Baudenkmalpflege über den Weg der objektreferenzierten Fachbegrifflichkeit und Semantik wesentlich flexibler und nachhaltiger nutzbar ist, als die traditionelle Plan-basierte Modellierung, wie sie etwa von BIM weitergeführt wird (siehe dazu: *Semantische Modellbildung in der Bauforschung*, 140–145). Überdies bietet die semantische Modellierung ein hohes Potential für die halbautomatische Datenverarbeitung und Kreuzrecherche und kann dadurch die Vorteile der digitalen Datenverarbeitung und vernetzten fachübergreifenden Zusammenarbeit deutlich besser ausspielen. Gegenwärtig wird daher im Arbeitsbereich Bauforschung in mehreren Projekten dieser Forschungsansatz verfolgt (siehe dazu: *Die Nürnberger Großkirchen*, 18–23 sowie *Burgen und Schlösser Bayerns*, 116–119). Es entstehen vernetzte Abbildungen komplexer Bauwerksstrukturen, integrative räumliche Erfassungen und Inventare als virtuelle Graphen mit 3D-Modellen und Kartierungen, die in jedem Detail immer auf den Befund am Objekt und den Autor der Beschreibungen zurückgeführt werden können.

Aus diesen Ansätzen sind drei langfristige Sammlungsprojekte am KDWT entstanden, die die Grundlage für weitere Forschungsinitiativen bilden. Unter Leitung von Christian Schalk sind von Eva Basse und Bernhard Bischoff thematisch strukturierte und ausführlich verschlagwortete Literatursammlungen angelegt worden (siehe dazu: *Fachdienst Bauforschung und Baudenkmalpflege*, 126–129). Ergänzend dazu entsteht eine Sammlung von für die Beschreibung von Sachverhalten in der Bauforschung relevanten Schlüsselbefunden, die hier Leonhard Salzer am Beispiel von Eisentüren vom Mittelalter bis zum Barock vorstellt (siehe dazu: *Sammeln und Bewerten von Schlüsselbefunden*, 150–153). Kern der semantischen Modellbildung ist das von Tobias Arera-Rütenik und Anna Nöbauer gepflegte und mit mehreren kleineren

Pilotprojekten ausgebaute Linked-Open-Data-fähige Vokabular, in dem unter Einbeziehung internationaler Fachterminologien und Thesauri mit der Berücksichtigung auch unterschiedlicher Definitionen und Sprachen die Normdaten für die Erfassung von Schlüsselbefunden zur Verfügung gestellt werden. Es enthält derzeit rund 8.500 Konzepte zum Themenfeld bauhistorischer Kontext und Restaurierungstechnik, die mir 10.000 Einzelobjekten und -befunden in hochdifferenzierten Strukturgraphen im RDF-Format hinterlegt sind (siehe dazu: *Bamberger Vokabular für historische Architektur*, 146–149).

### Ingenieurwissenschaftliche Bauforschung für die Anwendung in der Praktischen Denkmalpflege und im Bauerhalt

Die Bautechnikgeschichte ist als Schlüsselqualifikation für die Erfassung und Bewertung von Konstruktionen in der Bauforschung und in den Ingenieurwissenschaften gleichermaßen anerkannt. Ihre Erfassungen unterscheiden sich grundlegend von den in der Denkmalpflege etablierten bildorientierten Beschreibungsroutinen. Das vertiefte Verständnis für die historischen Konstruktionseinheiten, ihre ursprüngliche Konzeption und Leistungsfähigkeit, ihr Alterungsverhalten, die bewussten und weniger bewussten Veränderungen und Umlastungen, die Beanspruchung zu verschiedenen Zeiten, das Wissen um die konstruktiven und bauteilbezogenen Reparaturtechniken und Materialparameter stellt die unverzichtbare fachwissenschaftliche Grundlage für die Beurteilung des heutigen Zustandes eines Gebäudes, die Ermittlung der Maßnahmennotwendigkeit und eine langfristige Erhaltungsstrategie dar. Fachliche wie verfahrenstechnische Standards für eine solche Erfassung und Analyse setzt beispielsweise die Publikation in der Veröffentlichungsreihe des IADK von Olaf Huth zu Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien eines spätgotischen Netzgewölbes. Exemplarisch werden im KDWT durch Christian Schalk am Beispiel des Brandschutzes im Baudenkmal die praktischen Anwendungsmöglichkeiten der historisch bewussten technischen Analyse vorgeführt (siehe dazu: *Brandschutz in historischen Wohngebäuden*, 134–139). Gegenwärtig entsteht ein neues Betätigungsfeld, das intelligente Monitoring, das die Maßnahmeorientierung der Baudenkmalpflege relativieren und zu einer Stärkung des Bauerhalts auf vielen Ebenen führen wird. Zu der Thematik wurde mit den Kollegen aus dem Bauingenieurwesen von der Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg ein Antrag im DFG-Forschungsschwerpunkt *Kulturerbe Konstruktion* gestellt.



### Vermittlung und Lehre

Neben den wissenschaftlichen Publikationen und Tagungsbeiträgen sowie der Teilnahme am Gutachterwesen der DFG und anderer Forschungsverbünde ist vor allem auch die Beratung durch die Mitarbeiter:innen des Arbeitsbereiches Bauforschung gefragt. Denkmalbehörden, Schlösserstiftungen, Bauhütten, Welterbestätten und Kommunen sowie Kolleg:innen aus Architektur und Denkmalpflege holen bei uns regelmäßig unsere Expertise zur Entwicklung der digitalen Erfassung, der Modellierung und des Datenmanagements in der Bauforschung und Praktischen Baudenkmalpflege, zu Sonderthemen, wie der Anwendung von BIM, dem Brandschutz in historischen Gebäuden oder dem Einsatz der Thermographie ein. Darauf haben wir mit der Gründung einer Publikationsreihe „Bamberger Empfehlungen zur Bauforschung und zum Bauerhalt“ reagiert, deren erste Hefte gegenwärtig vorbereitet werden.

Die Übernahme von Themen aus der Forschung im KDWT bereichert bereits standardmäßig die Lehre im Masterstudiengang Denkmalpflege und im Nebenfach Kulturgutsicherung. Insbesondere im Fach Bauerhalt führt die Nutzung der Literatursammlungen und Repositorien zu unmittelbaren Qualitätssteigerung und zu verbessertem Aktualitätsbezug. Promotions- und Masterthemen werden aus laufenden Projekten generiert, zudem sind Studierende in der Projektmitarbeit engagiert. Ganz im Sinne der beabsichtigten Einführung der Thermographie als Standardverfahren in der Bauwerkserfassung und Gebäudeanalyse gemäß den im KDWT entwickelten Standards wird die Technik in Masterarbeiten vermehrt eingesetzt. Nicht zuletzt kommt das Renommee der Bamberger Bauforschung den Absolvent:innen beim Berufseinstieg zugute.

Um praxisrelevante Ergebnisse der Forschung am KDWT weiter in die Anwendungspraxis einzuführen, ist mit der der Handwerkskammer und der Hochschule für angewandte Wissenschaften Coburg ein dualer Studiengangs „Bauerhalt und historische Handwerkstechniken“ konzipiert und beantragt worden.

### Perspektiven – Engführung der Forschungsansätze und Kompetenzbereiche

Der Ansatz der fachspezifischen semantischen Modellierung hat sich als tragfähig in unterschiedlichen übergeordneten Anwendungs- und Vernetzungsszenarien des Datenmanagements in der Baugeschichtlichen Forschung und in der Praktischen Baudenkmalpflege erwiesen und wird in den nächsten Jahren eine Klammer für die Aktivitäten der Arbeitsgruppe bilden. Die Aufnahme der

Bamberger Bauforschung in das Kompetenzcluster NFDI4Objects mit 148 renommierten Partnern bietet hierfür gleichermaßen Netzwerk und Forschungsperspektiven. Die inhaltliche Ausgestaltung und Vernetzung von kultur- und bau- sowie bautechnikgeschichtlicher Forschung mit den Belangen der Praktischen Baudenkmalpflege gehört traditionell zu den Kompetenzschwerpunkten der Bauforschung. Mit der Anwendung von halbautomatischer Datenanalytik und wachsenden Schlüsselbefund-Sammlungen bietet sich perspektivisch die Chance zur besseren Rückreferenzierung von Datierungen und anderen Fachaussagen. Zugleich mit der gemeinsamen Fachdatenbasis für die Forschungscommunity können auch Nutzer und Öffentlichkeit in neuer Weise in die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem baulichen kulturellen Erbe einbezogen werden.

Die Zusammenführung und projektunabhängige Distribution des Wissens unter Berücksichtigung unterschiedlicher Beteiligtenstrukturen, Nutzer- und Anwenderszenarien, wie sie im NGK-Projekt mit Praxis-Check durch laufende Monitoring- und Baumaßnahmen durchgeführt wird, bleibt eine Aufgabe, deren Lösung die Qualität und Akzeptanz der Tätigkeit in der Praktischen Baudenkmalpflege maßgeblich mitbestimmt.

Für das Kleine Fach Bauforschung bleibt dabei die fachliche Verankerung in unterschiedlichen geistes- und ingenieurwissenschaftlichen Fächern wichtig. Dazu wird weiterhin die Kooperation mit Partnern innerhalb und außerhalb der Universität, zu den Kollegen im KDWT, im IADK und der Fakultät, zum ZEMAS, zu ICOMOS, zu Architektenkammern und Denkmalfachbehörden gesucht.

Die langfristige Perspektive, die der Freistaat Bayern und die Universitätsleitung durch die Entfristung der Mitarbeiter-Stellen 2018 und die Fortführung des KDWT über 2020 hinaus eröffnet haben, hat besondere Vorzüge, die an kaum einem anderen Standort gegeben sind. Sie ermöglicht eine nachhaltige Datenbewirtschaftung und die Entwicklung von Nutzerdiensten, die das Kleine Fach Bauforschung am Standort Bamberg in Zukunft noch attraktiver für Fachleute, Forschungspartner und Studierende machen werden.

(Stefan Breitling)

---

BREITLING, Stefan / GIESE, Jürgen (Hg.): *Bauforschung in der Denkmalpflege – Qualitätsstandards und Wissensdistribution*, Forschungen des Instituts für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte 5, Bamberg 2018.

## Bamberger Empfehlungen zur Baudokumentation



Abb. 1: Mühlhausen (Lkr. Höchstadt/Aisch), ehem. Synagoge, Fenster des ehem. Betsaales. Orthophoto mit 1mm-Auflösung berechnet aus SfM-Modell. Darauf basierend wurden in CAD ausgewählte Bauteilkanten unter Berücksichtigung der Bauteillogik nachkonstruiert [Giese 2020].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling
Bearbeitung:	Jürgen Giese M.A.
Laufzeit:	seit 2020
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Innerhalb des der historischen Bauforschung zur Verfügung stehenden Methodenspektrums nimmt die wissenschaftliche Baudokumentation eine herausgehobene Stellung ein. Ihre Beherrschung ist die unabdingbare Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung von bauforscherischen Projekten – und dies unabhängig davon, ob die Projekte im Kontext der institutionalisierten Denkmalpflege, universitärer Forschung oder freiberuflicher Auftragsarbeiten angesiedelt sind. Einschlägige Expertise wird dabei nicht nur von den Ausführenden benötigt, sondern auch von Auftraggeber:innen, die in der Lage sein sollten, projektierte und fertiggestellte Dokumentationen bezüglich ihrer Qualitäten zu bewerten. Durch den Arbeitsbereich „Bauforschung“ wird diese Methode nicht nur in die Projekte des KDWT eingebracht und beständig weiterentwickelt, sondern innerhalb des Masterstudienganges „Denkmalpflege“ an der Universität Bamberg auch intensiv vermittelt

(Abb. 1) und in vielen daraus erwachsenden Qualifikationsarbeiten eingesetzt.

Durch die Ausbildung von Bauforscher:innen und die Durchführung von Projektarbeiten im eigenen Hause sowie durch die intensive Zusammenarbeit mit Praktiker:innen aus der staatlichen Denkmalpflege, aus staatlichen Bauämtern und freiberuflichen Ingenieurbüros verfügt das Fachgebiet „Bauforschung“ über einschlägige Erfahrungen, um sowohl kongruierende als auch divergierende Vorstellungen benennen und bewerten zu können, die die beteiligten Akteure und Akteurinnen als Qualitätsmaßstäbe an wissenschaftliche Baudokumentationen anlegen. Der seit 1982 an der Bamberger Universität angesiedelte Studiengang „Denkmalpflege“ zeigt jedes Studienjahr aufs Neue, mit welchen – teilweise nur rudimentären – Kenntnissen zur Dokumentation historischer Bauten Studierende in den einschlägigen Fächern wie Architektur, Bauingenieurwesen, Restaurierung, Archäologie und Kunstgeschichte ausgestattet werden, wie diese Grundkenntnisse in Bamberg präzisiert und erweitert werden können und welche – allerdings in einem viersemestrigen Studium nur begrenzt zu vermittelnde – Erfahrungen und Routinen für die tatsächliche berufliche Praxis zusätzlich benötigt werden.

### Problemstellung

Als besonderes Manko sowohl für die Ausbildung als auch für die erfolgreiche Projektdurchführung mit Beteiligten unterschiedlicher Fachrichtungen in der späteren beruflichen Praxis erweist sich das Fehlen eines praxisorientierten Leitfadens und von verschriftlichten Empfehlungen, die über Möglichkeiten, Grenzen, Standards und Qualitätsmerkmale wissenschaftlicher Baudokumentationen detailliert informieren. Weder den Verfasser:innen noch den Nutzer:innen einer Baudokumentation stehen derzeit validierte und anhand nachvollziehbarer Kriterien geordnete Beispiele und Erläuterungen zur Verfügung, die eine für alle Beteiligte verständliche Diskussion über Inhalte, Produkte und Techniken einer Baudokumentation zulassen und die das derzeit verfügbare Spektrum sinnvoll einsetzbarer Techniken vollumfänglich abbilden und mit dem Fokus auf die Baudokumentation bewerten.

Die zur Thematik bislang erschienenen Handbücher und Leitfäden spiegeln strukturell zumeist den fachlichen Schwerpunkt ihrer Autor:innen wider, denn sie sind entweder von an historischen



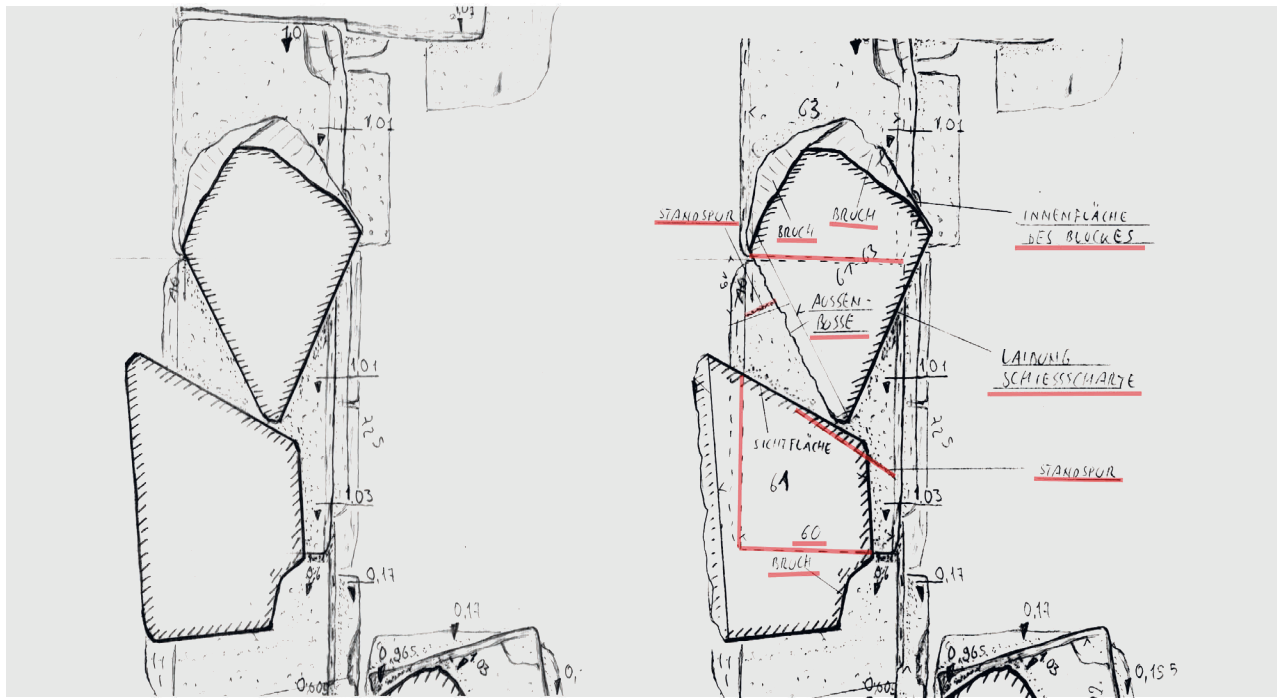


Abb. 2: Messene, Stadtmauerturm des 4. Jhs. v. Chr., Detail der handgezeichneten Grundrissaufnahme. In der Originalaufnahme links ist die Geometrie der zwei durch ein Erdbeben aus ihrer Originalposition verrückten Natursteinblöcke zwar korrekt erfasst, doch die Zeichnung bleibt ohne Aussage. Durch Ergänzung weniger Linien, Anmerkungen und Maße rechts (rot hinterlegt) werden daraus die Laibungen einer ehemaligen Schießscharte. Durch die Entschlüsselung der Bauteillogeik erhält die Dokumentation inhaltliche Genauigkeit [Campoverde / Giese 2008].

Bauten interessierten Architekt:innen und Archäolog:innen auf der einen oder von Vermessungsingenieur:innen auf der anderen Seite verfasst. Die unterschiedlichen Sichtweisen manifestieren sich am deutlichsten in den Betrachtungen zum viel diskutierten Begriff der Genauigkeit erhobener Daten. Vereinfachend lassen sich die Standpunkte wie folgt zusammenfassen: Die erste Gruppe von Autor:innen stellt die inhaltliche Genauigkeit einer Dokumentation in den Vordergrund und betont zu Recht, dass beispielsweise die messtechnisch hochpräzise Erfassung millionenschwerer Punktwolken keinen inhaltlichen Wert hat, wenn die oftmals winzigen und versteckt liegenden Hinweise nicht erkannt und erfasst werden, die das konstruktive und historische Verständnis für ein Bauwerk erst ermöglichen (Abb. 2). Die zweite Gruppe von Autor:innen betrachtet dagegen vorwiegend die messtechnische Genauigkeit der eingesetzten Verfahren und betont – wiederum zu Recht, dass eine zuverlässige und für unterschiedliche Fragestellungen verwendbare Baudokumentation nur diejenige sein kann, in der jeder Messpunkt eine quantifizierbare und somit nachvollziehbare Zuverlässigkeit besitzt. Der Umgang mit zufälligen, systematischen und groben Messfehlern sowie mit Standardabweichungen ist für jede Geodät:in

eine Selbstverständlichkeit, bei vermessungstechnischen Laien jedoch stößt deren Erkennen und Bewerten auf Schwierigkeiten und Unsicherheiten. Auch die Hersteller:innen von vermessungstechnischer Hard- und Software spielen in diesem Spannungsfeld eine wichtige Rolle, denn sie integrieren immer komplexere technische Vorgänge in immer benutzerfreundlichere Geräte und Nutzeroberflächen. Dadurch und mit Hilfe ihrer Verkaufspolitik fördern sie die Anwendung durch vermessungstechnisch Laien.

Natürlich haben beide Seiten recht, denn eine Baudokumentation hat sowohl in inhaltlicher als auch technischer Hinsicht genau zu sein, um vor allem eines zu gewährleisten: Die zuverlässige Beantwortung von Fragen, die zum Zeitpunkt Ihrer Erstellung noch nicht gestellt wurden. Das Erfüllen der aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen gestellten Genauigkeitsanforderungen erfordert Expertise und Aufwand. Der jeweils angemessen erscheinende Aufwand und die nötige Expertise werden von den beteiligten Fachdisziplinen jedoch durchaus unterschiedlich bewertet – und dies vor allem, wenn es um die Genauigkeitsanforderungen der jeweils „fremden“ Fachdisziplin geht. Die Bamberger Empfehlungen zur Baudokumentation sollen hier eine Brücke schlagen.

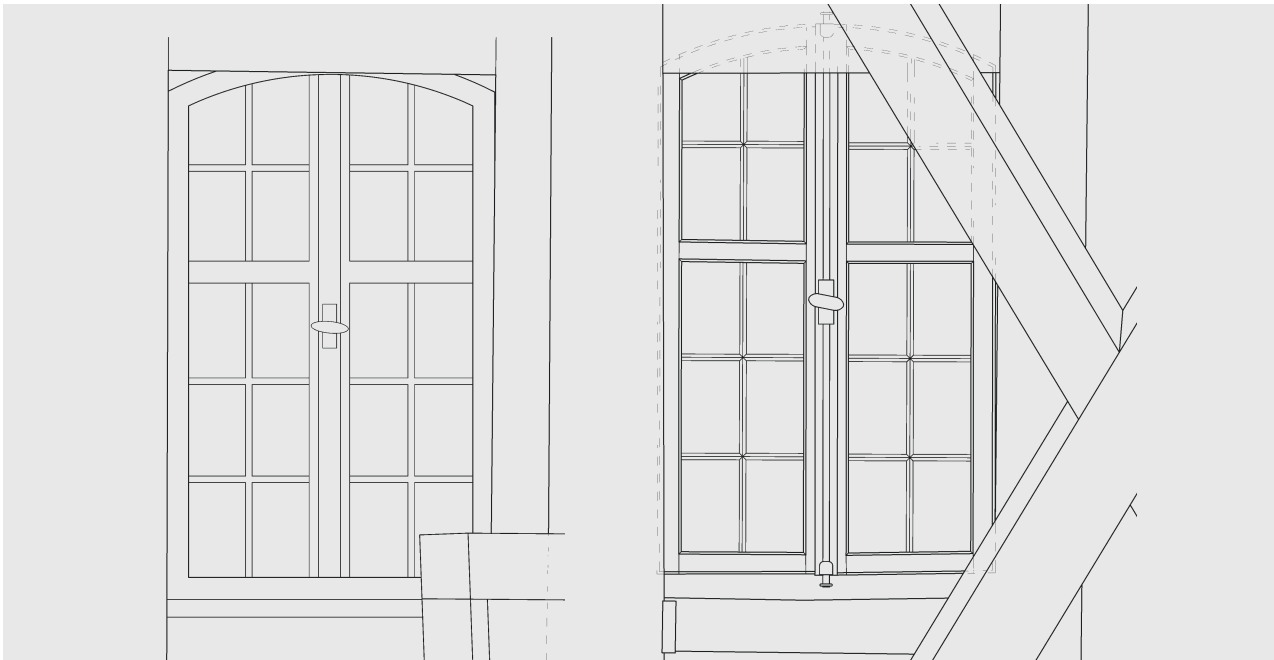


Abb. 3: Bamberg, Dom, Fenster einer Dachgaube in zwei unterschiedlichen Darstellungstiefen. Die Ausführung von Strichzeichnungen bedarf genauer Absprachen beispielsweise bezüglich Detaillierung und Darstellung verdeckter Linien [Geller 2011].

## Struktur der „Bamberger Empfehlungen zur Baudokumentation“

Die Struktur der in diesem Projekt entstehenden Empfehlungen spiegelt die Reihenfolge der Entscheidungsfindungsprozesse in einem Projekt zur Baudokumentation wider. Daher gilt es zunächst, Bauteileigenschaften zu definieren, die durch eine Baudokumentation überhaupt erfasst werden sollen. Bauteileigenschaften wie Geometrie, innere Logik, Materialität, Oberflächenbeschaffenheit, Fügungstechnik und Herstellungsspuren sind entscheidend für die inhaltliche Detaillierung und Aussagekraft einer Baudokumentation. Ihre korrekte Erfassung ist in besonderem Maße von der Erfahrung der Aufnehmenden mit unterschiedlichen Baumaterialien und in unterschiedlichen kulturellen Kontexten abhängig. Der Gemeinplatz „Man sieht nur, was man weiß“ kann für Baudokumentationen in „Man dokumentiert nur das richtig, dessen Sinn man verstanden hat“ umformuliert werden. Der Gemeinplatz steht aber zugleich für eine Beschränkung, über die eine gute Baudokumentation eigentlich hinausgehen sollte. Die Dokumentation ist ein Vehikel, den eigenen Wissenshorizont zu erweitern und sollte im Idealfall auch Dinge korrekt erfassen, deren Sinn die Aufnehmenden zum Zeitpunkt der Aufnahme noch nicht verstanden haben. Die Empfehlungen wollen in diesem umfangreichen Feld Hilfestellungen geben und dazu typische Bauteileigenschaften vorstellen sowie Vorschläge zu ihrer verbalen und

graphischen Beschreibung liefern. Der Katalog umfasst Bauteileigenschaften, die bereits als relevant für bauhistorische Erkenntnisse erkannt wurden und soll den Aufnehmenden für die zu erwartenden Phänomene und deren Bedeutung sensibilisieren. Dieser Abschnitt der „Empfehlungen“ ist eng verknüpft mit dem ebenfalls am KDWT angesiedelten Projekt der Schlüsselbefunde.

Im zweiten Teil der Empfehlungen werden die Produkte der Baudokumentation vorgestellt, um Hilfestellungen für die Wahl der Ergebnisformen zu liefern. Verbale Beschreibungen, händische und computergenerierte Strichzeichnungen, virtuelle Volumenmodelle, 2D-Punktwolken (Photographien), 3D-Punktwolken, Oberflächenmodelle sowie Hybridprodukte in allen denkbaren Kombinationen (Abb. 1) besitzen Stärken und Schwächen, die es durch gezieltes Kombinieren zu nutzen bzw. aufzuwiegen gilt. Die Produkte werden dabei im Unterschied zu den gängigen Darstellungen losgelöst von den zu ihrer Herstellung nötigen Techniken betrachtet. Dadurch können Auswahlkriterien formuliert werden, die unabhängig von den sich permanent wandelnden Herstellungstechniken sind. Die Anwender:innen sollen damit in die Lage versetzt werden, Vor- und Nachteile sowie Qualitäten auch ohne detaillierte Kenntnis der zugrundeliegenden Techniken beurteilen zu können.

Integraler Bestandteil darin wird ein nach Bauteilarten, Detaillierungsstufen und Darstellungsfor-



men geordneter Katalog beispielhafter Erfassungen sein. Durch die Aufgliederung der Beispiele nach Bauteilarten wie z.B. Fachwerkgefüge, Natursteinmauerwerk, Betonskelette, Stahlträger, Türen oder Fenster wird verdeutlicht, dass innerhalb einer Baudokumentation in Abhängigkeit vom Charakter eines Bauteils sehr unterschiedliche Detaillierungsstufen und Darstellungsformen möglich sind (Abb. 3). Damit soll einer differenzierten und die Möglichkeiten der digitalen Techniken besser nutzenden Definition von Dokumentationsleistungen der Weg geebnet werden, denn bislang ist es immer noch vielfach üblich, für Baudokumentationen sog. Detaillierungs- oder Genauigkeitsstufen pauschal festzulegen und die unvermeidlichen Einzelentscheidungen letztlich den Aufnehmenden zu überlassen.

Zunehmend wird an Baudokumentationen die Forderung nach nahtloser Fortschreibungsfähigkeit gestellt, was im Interesse der nachhaltigen Nutzung auch wissenschaftlicher Leistungen nur zur verständlich ist. Das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Sicherung der Fortschreibungsfähigkeit von Baudokumentationen rundet den zweiten Teil ab.

Erst im dritten Teil widmen sich die Empfehlungen den eingesetzten Techniken. Diese Struktur soll zum Ausdruck bringen, dass die Wahl von Erfassungstechniken am Ende der Projektplanung steht, wenn vor allem die zu erstellenden Dokumentationsprodukte und die darin zu erfassenden Inhalte definiert sind. Die Empfehlungen können hier allerdings keine spezialisierten Handbücher zu den einzelnen Techniken wie etwa Terminologie, händisches Messen, Photographie, Tachymetrie, Photogrammetrie, Scantechniken, GNSS oder Georadar ersetzen. Der auf Baudokumentationen zugeschnittene Schwerpunkt wird vielmehr in den Verfahrenskombinationen und den sich daraus ergebenden Arbeitsabläufen liegen. Es sollen Entscheidungshilfen zu deren Auswahl und Hilfestellung zur Definition der Schnittstellen zwischen den einzelnen Techniken geboten werden. Die Erfahrungen in den Projekten des KDWT und der Lehre des Masterstudienganges Denkmalpflege zeigen ferner, dass für unzuverlässige und nicht nachvollziehbare Ergebnisse, die mit diesen Techniken erzielt wurden, sehr oft keine der Technik immanenten Fehler verantwortlich sind. Vielmehr sind es zumeist Unsicherheiten und schlichtweg mangelnde handwerkliche Erfahrung im Umgang mit den hochkomplexen Systemen durch die Anwender:innen, die Fehler in Größenordnungen generieren, die alle technik-immanenten Fehler

übersteigen. Die Empfehlungen sollen hier Hinweise zum praktischen Umgang mit den Techniken sammeln, die keinen Eingang in die einschlägigen Handbücher gefunden haben und die auf den langjährigen Lehrer Erfahrungen im Masterstudiengang Denkmalpflege basieren. Ziel ist es, ein ausgeprägtes Bewusstsein für die bei den eingesetzten Techniken geltenden technischen Qualitätskriterien zu schaffen, doch dabei deren Praxisrelevanz nie aus den Augen zu verlieren.

Die Bamberger Empfehlungen zur Baudokumentation richten sich sowohl an Ausführende als auch an Nutzer:innen und Auftraggeber:innen von Baudokumentationen. Dadurch soll es für alle Akteur:innen leichter werden, sich über geplante und tatsächlich erzielte Qualitäten von Baudokumentationen klar zu werden. Ausführende können ihre bestehende Expertise prüfen und erweitern, während Auftraggeber:innen das Spektrum des Machbaren kennenlernen, um besser zwischen Aufwand und Nutzen abwägen zu können.

(Jürgen Giese)

GIESE, Jürgen: *Das Aufbaustudium Denkmalpflege in Bamberg als Weiterbildungsangebot für Archäologen*, in: DOBIAT, CLAUS / MATTERN, TORSTEN (Hg.): Wunsch und Wirklichkeit – Alternative Chancen für Archäologen, Münster 2001, 218–230.

GIESE, Jürgen: *Mit Laptop, Lot und Laserscanner? – Lehrer Erfahrungen im Fach „Baudokumentation“ an der Universität Bamberg*, in: HEINE, Katja / RHEIDT, Klaus / HENZE, Frank / RIEDEL, Alexandra (Hg.): Von Handaufmaß bis Hight Tech III – 3D in der historischen Bauforschung, Mainz 2011, 122–130.

GIESE, Jürgen / RUPPE, Uli / SCHNEIDER, Peter / SCHNELLE, Mike: *Überlegungen zur systematischen Beschreibung und Präsentation von Befestigungsanlagen*, in: MÜTH, Silke / SCHNEIDER, Peter / SCHNELLE, Mike / DE STAEBLER, Peter (Hg.): Ancient Fortifications – A Compendium of Theory and Practice, Oxford 2016, 40–60.

GIESE, Jürgen: *Im Dschungel der Aufmaßprodukte – Ergebnisformen der Bauvermessung gezielt auswählen, ausschreiben und nutzen*, in: BREITLING, Stefan / GIESE, Jürgen (Hg.): Bauforschung in der Denkmalpflege – Qualitätsstandards und Wissensdistribution, Forschungen des Instituts für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte 5, Bamberg 2018, 143–161.

## Die Kurie St. Philippus und Jakobus auf dem Bamberger Domberg

### Bauforschung für das Großinventar „Bayerische Kunstdenkmäler“



Abb. 1: Die Befundstelle im Raum 01.03 zeigt Reste einer abgebrochenen Mauer und lässt auf das historische Bodenniveau schließen [Gransche / Saele 2017].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Strefan Breitling
Bearbeitung:	Bettina Gransche M.A., Anna Luib M.A., Anna Nöbauer M.A., Dipl.-Ing. (FH) Architekt Christian Schalk M.A.
Partner:	Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Laufzeit:	seit 2016
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Seit 1992 zählt die Altstadt von Bamberg zum UNESCO-Welterbe, da sie in einzigartiger Weise die mitteleuropäische Stadt repräsentiert, welche sich auf frühmittelalterlichen Grundstrukturen entwickelte. Als Teil dieser frühen Stadtstruktur sind die Kurien auf dem Domberg ein exemplarisches Zeugnis des mittelalterlichen Wohnbaus. Bei den Gebäudekomplexen handelt es sich um Hofanlagen, die aus mehreren Gebäuden bestehen. Dazu gehörten meist ein steinerner Wohnbau, Wirtschaftsgebäude und eventuell eine Kapelle sowie ein Hofraum und Gärten. Die Anlagen wurden seitens des Domstifts als Lehen an den jeweiligen

Domherren vergeben. Obwohl diese im heutigen Bestand eher unscheinbaren Bauten der mittelalterlichen Stadt Bamberg eher abseits der öffentlichen Wahrnehmung stehen, bieten sie einen weitreichenden Quellenwert, welcher sich mit den Methoden der historischen Bauforschung erschließen lässt und am Beispiel des Domherrenhofes „St. Philippus und Jakobus I“ (heute Obere Karolinenstraße 4 und 4a) in exemplarischer Weise greifbar wird.

#### Beteiligung an der Inventararbeit

Der Gebäudekomplex wurde als Teil der Inventarisierung für das Großinventar „Die Kunstdenkmäler von Bayern – Stadt Bamberg, Bd. 2: Domberg, Teilband 2,3 – Domburg und Domherrenhöfe“ vermessen und bauforscherisch untersucht. Er befindet sich am Nordrand des Domberges zwischen der Oberen Karolinenstraße (früher Burggasse) und der Aufseßstraße (früher Hadergasse). Heute grenzt das Anwesen im Osten an den westlichen Flügel der Neuen Residenz und deren Nebengebäude. Im Westen befindet sich die Obere Karolinenstraße 6, Kurie St. Philippus und Jakobus II, die ehemals ein Teil der ursprünglichen Anlage war.

Die Bamberger Inventarinitiative unter der Leitung von Herrn Dr. Exner (Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege) nimmt mit der Erarbeitung eines siebenbändigen Großinventars eine Sonderstellung in der Inventarisierung und Denkmalforschung ein. Im klassischen Sinne kann unter der Inventarisierung die vollständige und präzise Erfassung der Denkmäler mithilfe wissenschaftlicher Methoden in Form von Text, Abbildung und Plänen verstanden werden. Die Konzeption des Inventarbandes zu den Domkurien verfolgt einen Mittelweg zwischen klassischer Inventarisierung und weiterführender Bauforschung an ausgesuchten Einzelobjekten. Zur Bearbeitung gezielter Fragestellungen sind freie Bauforscher, Restauratoren und Fachwissenschaftler beteiligt, um wesentliche Forschungslücken zu schließen und einen weitreichenden Erkenntnisgewinn zur Bau- und Veränderungsgeschichte zu ermöglichen. Die universitäre Beteiligung am Inventar erlaubt sowohl methodische als auch inhaltliche Möglichkeiten der Erkundung, Erneuerung und Weiterführung von Forschungsmethoden und -fragen.



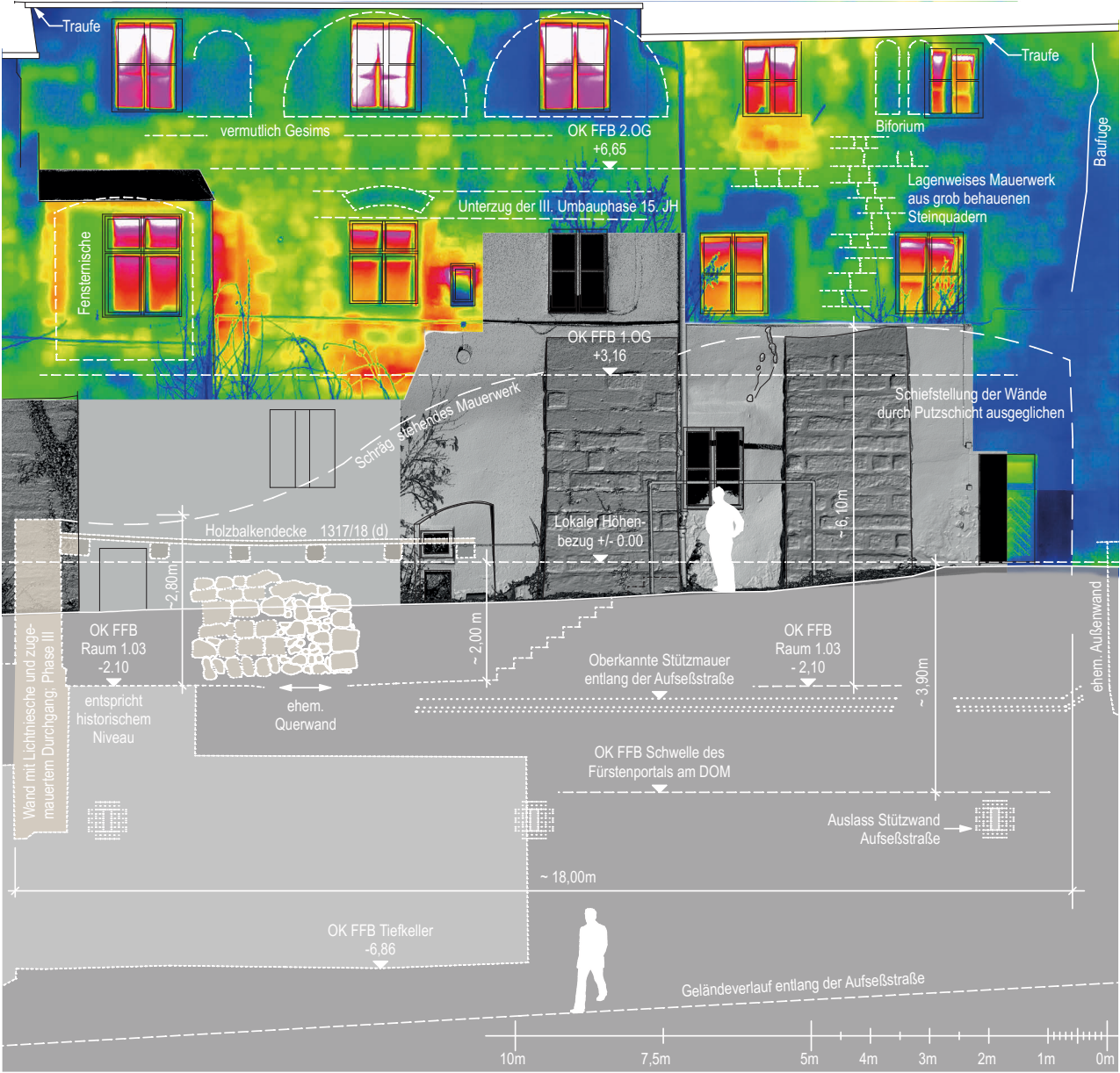


Abb. 2: St. Philippus und Jakobus I, Ansicht Nord von der Aufseßstraße her; Kombination aus 3D-Laserscan, Thermografie und tachymetrischem Aufmaß; Verknüpfung des lokalen und übergeordneten Meßnetzes; Eintragung bauforscherischer Befunde in die CAD-Zeichnung [Breitling / Gransche / Luib / Nöbauer / Schalk 2020].

# Methoden der historischen Bauforschung und ihre Anwendung

Zur Analyse des baulichen Bestandes und zur exakten Befundverortung wurden vom gesamten Gebäudekomplex Obere Karolinenstraße 4 (St. Philippus und Jakobus I) mit allen Kellern sowie vom Umgriff bis zur Alten Hofhaltung, dem Domplatz und der Aufseßstraße terrestrische Laserscans erstellt, welche die räumliche Situation in diesem Bereich des Dombergs exakt abbilden. Durch die Einbindung der Vermessung in ein übergeordnetes Messnetz und an die Referenzierung der 3D-Scans des Bamberger Doms wurde die Herstellung von genauen Höhenbezügen möglich (Abb. 2). Auf dieser Grundlage konnten begründete Rückschlüsse

auf die historische Topografie des Domberges  
gezogen werden, welche sich in den vergangenen  
Jahrhunderten deutlich veränderte.

Aus den Punktwolken der 3D-Scans und den tachymetrischen Messungen wurden verformungsgerechte Pläne erstellt. Für bauliche Details wurden ergänzende Handaufmaße angefertigt. Die Überlagerung verschiedener Aufmaßmethoden ermöglichte weiterführende Analysen. Insbesondere die Überlagerung von Plänen und IR-Aufnahmen legte zerstörungsfrei bauliche Strukturen unter der verputzten Fassade offen. Durch dendrochronologische Untersuchungen wurde deutlich, dass ein Großteil der baulichen Substanz des Gebäudes noch aus dem 14. Jahrhundert stammt (Abb. 3).

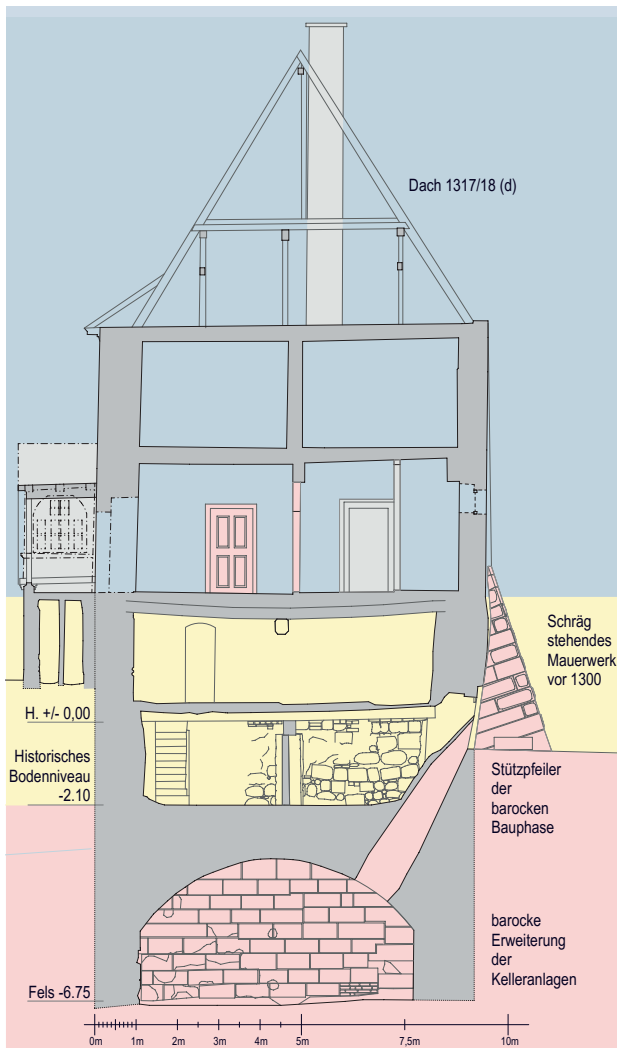


Abb. 3: Querschnitt durch den Westflügel mit farblicher Zuordnung der Hauptbauphasen. Keller und Erdgeschoss stammen aus der ersten Bauphase vor 1300. Die tieferen Gewölbekeller sind eine barocke Erweiterung. Das aufgehende Mauerwerk im Obergeschoss, Teile der Binnenstruktur und das Dach wurden in den Jahren 1317/18 errichtet. In einer größeren Umbauphase um 1910 wurden die Treppenanlagen erneuert und die Gebäudeausstattung modernisiert (hellgrau) [Breitling/Nöbauer/Schalk 2020].

Die Kombination aller Messungen, Einzelanalysen und baulichen Befunde erlaubte die Erstellung einer relativen Chronologie. Während der bisherige Kenntnisstand zur Baugeschichte weitestgehend auf der Darstellung der Kurie im Zweidlerplan von 1602 (Abb. 4) basierte, konnte auf Grundlage der Befundanalyse eine detaillierte Bau- und Veränderungsgeschichte rekonstruiert werden (Abb. 5).

## Ergebnisse zur Bau- und Veränderungsgeschichte

Bereits für das 13. Jahrhundert ist ein steinernes Gebäude nachweisbar, das bis heute in seinen Grundmauern erhalten geblieben ist. Vermut-

lich handelte es sich um eine Kemenate (ein beheizbares Wohngebäude) und einen niedrigeren Saalbau, die direkt an der Dombergmauer an einem steilen Abhang errichtet worden waren. Das damalige Bodenniveau ist heute noch im Kellerraum 01.03 erhalten. Vermutlich bestand noch keine Trennung zwischen den beiden Kurien OK4 und OK6. Die Kurie wurde wohl im Zuge der Auflösung der Vita Communis neu errichtet.

Nach einer umfangreichen Baumaßnahme zu Beginn des 14. Jahrhunderts umfassten die Wohn- und Repräsentationsbauten der Kurie eine Kemenate und einen Palas, dessen Dach bis heute vollständig erhalten geblieben ist. Die ehemals repräsentative Fassadengestaltung des Baus lässt sich mithilfe der Infrarot-Thermografie nachvollziehen (Abb. 2). Außerdem wurde die Befestigung des Domberges um eine Zwingermauer ergänzt, bei der es sich in diesem Abschnitt wohl um eine Palisade handelte. Im Zweidlerplan von 1602 ist der bauliche Zustand vor den weitreichenden Baumaßnahmen am Domberg in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts abgebildet (Abb. 5). In den Jahren 1538/39 (d) und 1530/31 (d) waren der Nord- und des Südflügel der OK6 errichtet worden. Wohl zeitgleich erfolgte die baulich Trennung der beiden Kurien. Neben der Erweiterung der Kelleranlagen wurde im 17. Jahrhundert der Zwinger verfüllt und eine neue Zwingermauer errichtet. 1881 wurde dem Domherrenhof gegenüber die Domschule gebaut.

Obwohl die erhaltenen Gebäude der Kurie im Zuge von Nutzungsänderungen in den Jahren nach 1910 und 1979 mehrfach umgebaut wurden, ist ein Großteil der historischen Bausubstanz,



Abb. 4: Ausschnitt Kurie Obere Karolinenstraße 4a mit Darstellung der damals bestehenden Gebäude und Einfriedungen [Zweidlerplan 1602].



Binnengliederung und Ausstattung der vergangen Jahrhunderte bis heute erhalten geblieben und mit bauforscherischen Methoden als historisches Zeugnis lesbar.

(Stefan Breitling, Anna Nöbauer, Christian Schalk)

GUNZELMANN, Thomas (Hrsg.): *Die Kunstdenkmäler von Bayern – Stadt Bamberg*, Bd. 2: Domberg, Teilband 2,3 – Domburg und Domherrenhöfe (in Vorbereitung).

DÜMLER, Christian: *Die abgegangenen Domherrenhöfe an Stelle der Neuen Residenz in Bamberg und deren Umfeld. Ein Beitrag zur Geschichte des Dombergs*, in: Bericht des Historischen Vereins Bamberg 136, 2000, S. 47–116.

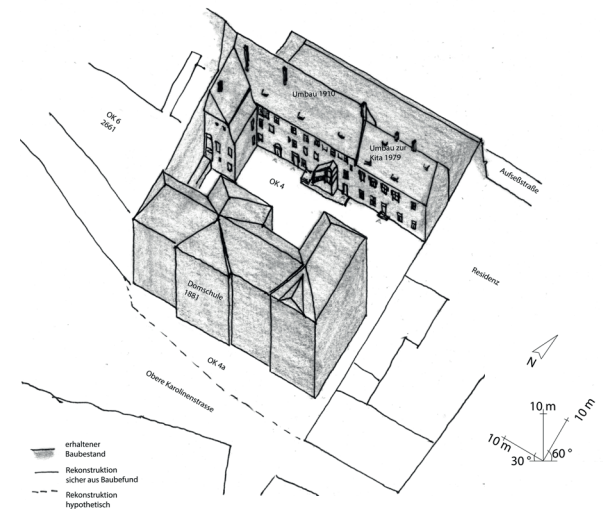
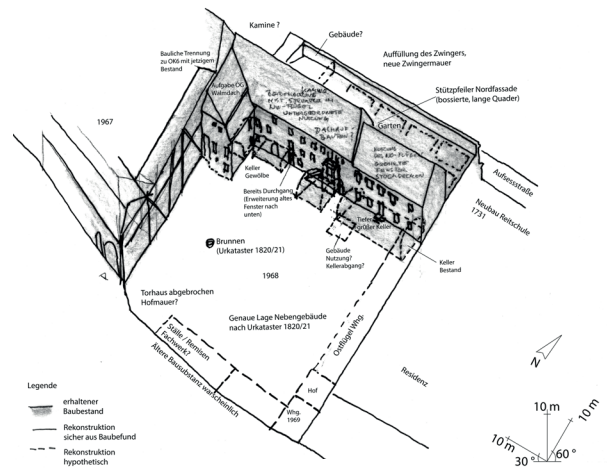
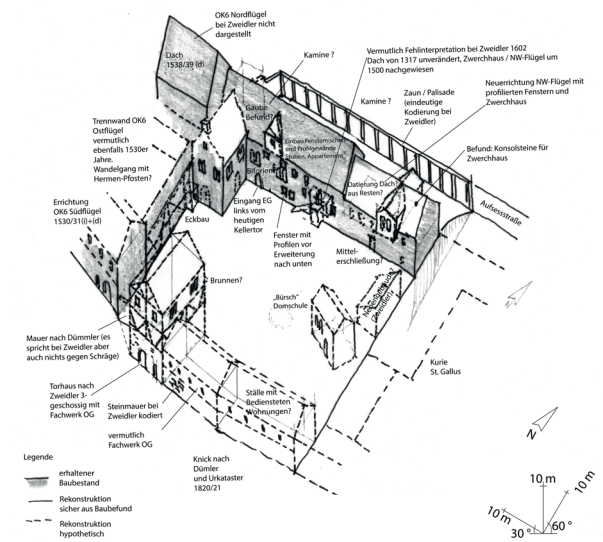
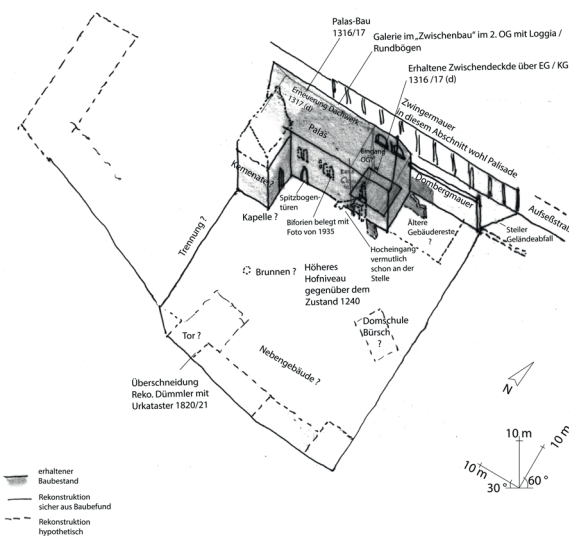
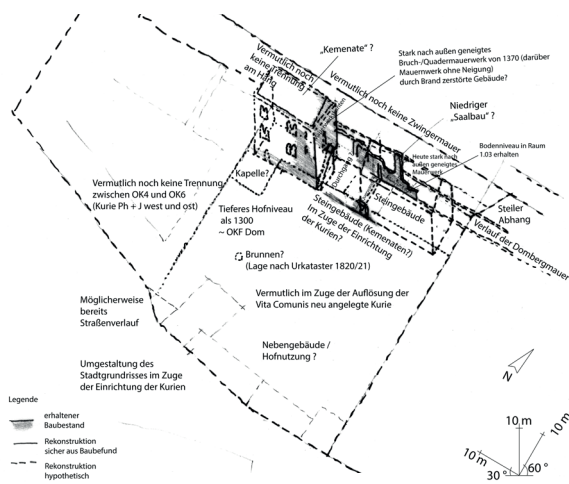


Abb. 5: Bamberg, Obere Karolinenstr. 4/4a, ehem. Kurie St. Philippus und Jakobus, Rekonstruktion der Bauabfolge in den Zuständen: ab 1240 / vor 1330; 1317/18 (d); vor 1602; um 1600 / 17. / 18.Jh und 1881,1910 bis 2020, Rekonstruktionsvorschlag Isometrie M 1:500, Druckmaßstab 1:1500 [Breitling 2020]

## Burgen und Schlösser Bayerns

### Integrative Erfassung einer Denkmallandschaft



Abb. 1: Burgenforschung heute; Durch moderne Technologien kann sowohl die Erfassung wie auch die Präsentation des Wissens direkt an das Objekt verlagert werden [Nöbauer / Arera-Rütenik 2020].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling, Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik
Bearbeitung:	Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik, Anna Nöbauer M.A., Cornelia Thielmann M.A., Johannes Paulus
Partner:	Europäisches Burgeninstitut
Laufzeit:	seit 2016
Finanzierung:	Bayerische Sparkassenstiftung, KDWT-Eigenmittel

Adelssitze des Mittelalters und der frühen Neuzeit bilden für die disziplinenübergreifende integrative Erfassung und Erforschung eine besonders geeignete Denkmalgruppe. Sie sind zahlreich in der Fläche verbreitet, berichten von Machtausbau und Repräsentation, vereinen alltags-, wirtschafts-, bau-, kunst- und bautechnikgeschichtliche, archäologische sowie kulturgeographische Aspekte und liefern Informationen auf allen Maßstabsebenen vom siedlungsgeographischen Umfeld bis hin zum einzelnen Buckelquader. Darüber hinaus sind Adelssitze eng mit der umgebenen Landschaft verbunden, sei es durch ihre naturräumliche Lage, die ökonomische Vernetzung mit dem

Herrschaftsterritorium, örtlich ansässige Adelsgeschlechter oder einfach durch die für ihre Errichtung genutzten lokalen Baumaterialien.

Weil die Bauforschung als Schnittstellendisziplin eine Vermittlerrolle zwischen kulturhistorischen Fächern und Natur- sowie Ingenieurwissenschaften einnimmt, weil darüber hinaus die Bamberger Bauforschung auf vielfältige Erfahrungen bei der Erforschung von Burgen und Schlössern zurückblicken kann und schließlich, weil fachübergreifende Vernetzung sowie innovative methodische und technische Kompetenzen zu den Leistungsmerkmalen des KDWT gehören, bildet die bayernweite integrative Erfassung dieser Denkmalgruppe einen besonderen Zukunftsschwerpunkt innerhalb des Arbeitsbereichs.

Ausgehend von einem Vorprojekt zu Burgen und Schlössern im Altmühltal wird die erarbeitete Digitalisierungsstrategie nun auf alle Adelssitze im Bundesland angewendet (siehe dazu: *Digitale Erfassung der Burgenlandschaft Altmühltal*, Berichte des KDWT 1, S. 64–67).

#### Methode

Zur Durchführung der Aufgabe steht dem Projektteam eine eigens programmierte, webbasierte Plattform zur Verfügung. Diese verknüpft Ereignisse der Bau- und Herrschaftsgeschichte, bauliche Anlagen sowie ihre Einzelelemente, Adelsfamilien und Bauschaffende miteinander und legt diese Informationen in hochstrukturierten XML-Dateien ab. Ein Vorteil dieses Vorgehens liegt zum einen in der flexiblen Nachnutzbarkeit der Informationen innerhalb ganz anderer Systeme. Zum anderen enthalten die Editionen zu jedem Adelssitz miteinander referenzierte Daten unterschiedlicher Fachbereiche. Sie ermöglichen feingranulare Abfragen, die auf unterschiedlichen Differenzierungsebenen mehrere Fachperspektiven einbeziehen.

Das Ziel des genannten Vorprojektes bestand vor allem in der Aggregation des vielfältig bereits vorhandenen Wissensstandes. Verstreute Publikationen der letzten mehr als 100 Jahre Burgenforschung, wie auch zeitgenössische Abbildungen und Familienchroniken bildeten einen wesentlichen Grundstock. Auf der anderen Seite wurde die bauliche Anlage eines jeden Adelssitzes als semantisches Graphenmodell abgebildet. Der Detaillierungsgrad reicht dabei bis hin zu



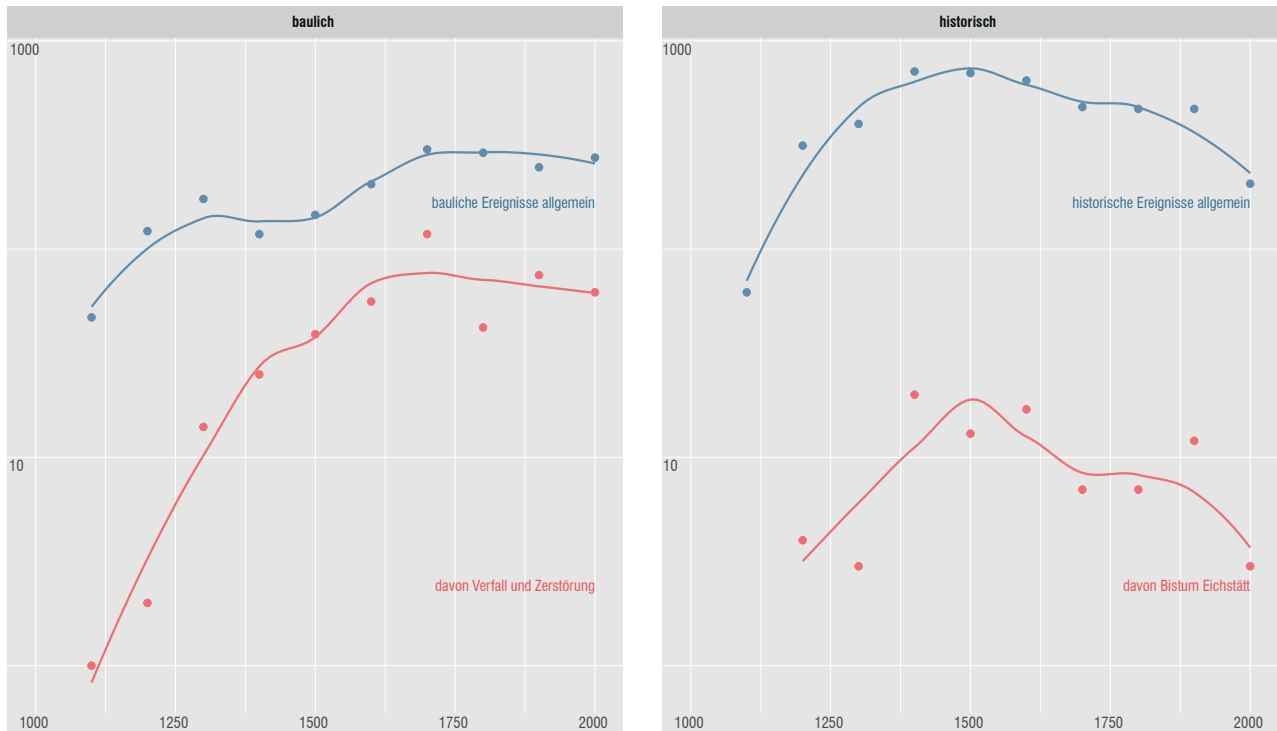


Abb. 2: Beispielhafte Auswertung der etwa 4.500 Ereignisse in Histogrammen (logarithmische Darstellung der Anzahl der Ereignisse); rechts: Der Anstieg von baulichen Ereignissen (blau) über die Jahrhunderte hängt zum einen mit der Überlieferungslage zusammen, zum anderen bilden Zerstörungen und vor allem der Verfall der Adelssitze zunehmend einen wesentlichen Anteil (rot); links: Demgegenüber liegen rein historische Nachrichten vorrangig aus dem 14. bis 16. Jahrhundert vor (blau) und sind das Ergebnis umfassender Aktivitäten des Eichstätter Bistums zum Ausbau des Eigenbesitzes in der Region [Arera-Rütenik 2020].

Einzelelementen wie Fensterformen, Werksteinbearbeitungsspuren und Baumaterialien (siehe dazu auch: *Semantische Modellbildung in der Bauforschung*, 140–145). Wesentlich für die wissenschaftliche Auswertung des Materials in der historischen Bauforschung sind aber vor allem die vielfältig angelegten Querbezüge zwischen den Ereignissen der historischen Überlieferung und den im semantischen Modell definierten Bauteilen. Weil die Daten in hochstrukturierter Form vorliegen, ist deren Analyse mit quantitativen Methoden möglich, wodurch sich Ergebnisse statistisch belegen lassen.

### Auswertungsmöglichkeiten

Die nahezu unendlichen Kombinationsmöglichkeiten des Datenmaterials für Forschungszwecke können im Folgenden nur schlaglichtartig und beispielhaft aufgezeigt werden.

Zu den bisher knapp 300 inventarisierten Burgen und Schlösser im Altmühltal wurden fast 4.500 historische Ereignisse aus der Fachliteratur erfasst. Weil jedem dieser Ereignisse entsprechende Klassen und Typen zugeordnet sind, lässt sich der Quellenwert dieser Sammlung hinsichtlich der an der Erforschung von Adelssitzen beteiligten

Disziplinen sehr schnell überblicken. In der Datensammlung sind bisher 3.887 rein historische und 1.669 baugeschichtliche Ereignisse aufgenommen (mehrfache Klassenzuweisung ist möglich). Die Zahlen bestätigen den Eindruck des Bearbeiterteams, dass Adelssitze vornehmlich aus geschichtswissenschaftlicher Perspektive betrachtet wurden. Bauhistorische Analysen sind zumindest flächendeckend bisher ein Desiderat.

Weil jedem Ereignis ferner Beginn- und Enddaten zugeordnet sind, lässt sich zügig deren chronologische Verteilung analysieren (Abb. 2). Histogramme stellen Laufzeiten und Schwerpunkte mit statistischen Mitteln heraus. Thesen und Fragestellungen lassen sich auf diese Weise zügig graphisch überprüfen und verwerfen oder detaillierter ergründen. Verlinkungen zu Adelsfamilien und Bauschaffenden erlauben die Einbeziehung der historischen Akteure, Verknüpfungen der Quellen, Autor:innen und Quellenarten ermöglichen jederzeit Quellenkritik bis hinunter zum einzelnen Ereignis.

Auf vergleichbare Weise können mithilfe der hochstrukturierten digitalen Baubeschreibungen der Überlieferungszustand des Sachzeugnisses oder typologische sowie chronologische Analysen

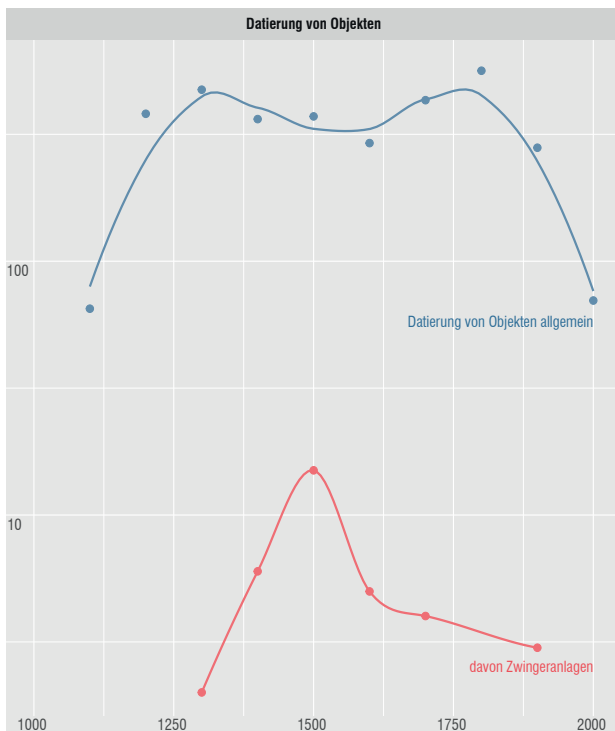


Abb. 3: Beispielhafte Auswertung von etwa 3.500 ausgewählten Objekten (Baugruppen, Einzelbauten, Bauteile, Mauerwerke und Infrastrukturelemente) und deren Datierung durch die Verknüpfung mit Ereignissen der Typen „Errichtung“, „Ausbau“ und „Umbau“ (Histogramm mit logarithmischer Darstellung der Anzahl der Ereignisse); blau: Die chronologische Kurve aller Objekte zeigt zwei Maxima (im 13. und 18. Jahrhundert), die die Errichtung der Burgen sowie deren Umbau in Schlösser repräsentieren; rot: Der Bau von Zwingeranlagen im Speziellen erfolgte demgegenüber vorrangig im 15. Jahrhundert und deckt sich auffallend mit den historischen Aktivitäten des Bistums Eichstätt in Abb. 2 [Arera-Rütenik 2020].

des vorhandenen Baubestands durchgeführt werden. Zu den knapp 300 Adelssitzen wurden fast 6.000 Einzelelemente wie Einzelbauten, Teilelemente, Mauerwerke, Infrastrukturelemente etc. gelistet und ebenfalls mit Typen- und Formbegriffen, gelegentlich auch mit ihren Abmessungen ausgezeichnet. Weil diese Objekte desgleichen mit den Ereignissen verknüpft sind lassen sich in Datenabfragen nicht nur massenhaft Beziehungen zu Adelsfamilien und Bauschaffenden herstellen. Vor allem die Referenzierung von Jahreszahlen erlaubt die statistisch gestützte Analyse von Laufzeiten bestimmter Bauweisen, formaler Moden und typologischer Neuerungen (Abb. 3).

Schließlich dient die Aufnahme von Geokoordinaten sowie die Anfertigung interaktiver Pläne der Einbeziehung der räumlichen Dimension von Informationen, seien sie nun historischer oder

baugeschichtlicher Natur. Der Wert von Plänen – also die kleinere Maßstabsebene – für die Erforschung und Vermittlung von Burgen und Schlössern wurde an anderer Stelle bereits erwähnt (siehe dazu: *Digitale Erfassung der Burgenlandschaft Altmühltal*, Berichte des KDWT 1, S. 64–67, insbes. Abb. 5). Die spatio-temporale Auswertung der Geokoordinaten von Objekten und Ereignissen ermöglicht demgegenüber vor allem die kulturgeographische Analyse des Materials (Abb. 4 und 5). Erst das Zusammenspiel zeitlicher und räumlicher Aspekte in Diagrammen und Karten erlaubt die differenzierte Betrachtung geschichtlicher und architektonischer Phänomene und deren Einordnung in den kulturhistorischen Kontext. Interdisziplinäres, eng miteinander referenziertes Datenmaterial ermöglicht folglich fachübergreifende Forschung.

## Perspektiven

Nach nun weitestgehend erfolgreichem Abschluss der Datenerhebung zu Burgen und Schlössern im Altmühltal ist zunächst direkt im Anschluss die umfassende Auswertung nach oben beschrieben, nur schlaglichtartig aufgezeigtem Muster geplant. Die Analysen dienen der Evaluation der Methode hinsichtlich der wissenschaftlichen Aussagekraft.

Parallel dazu wird die Datensammlung fallbezogen ausdifferenziert und nachverdichtet. So sollen beispielsweise die Ergebnisse neuerer Forschungen zu Einzelphänomenen wie Treppenträumen und Baumaterialien einfließen und die Fortschreibbarkeit und Anschlussfähigkeit des Materials belegen. Desgleichen werden Dokumentationen zu Burgen und Schlössern außerhalb des Altmühltals aus früheren Forschungen und laufen bayerisch-tschechischen Vorhaben der digitalen Inventarisierung fortlaufend zugeführt.

Auf der anderen Seite fließen schon jetzt die Daten auch in Fremdportale. Regelmäßig wird der Gesamtbestand in die Datenbank *Ebidat* des Europäischen Burgeninstituts mithilfe einer Schnittstelle migriert. Weitere Schnittstellen zum datenaustausch mit dem Monumentalbauarchivsystem *MonArch* sind bereits begonnen worden.

Es ist geplant, in näherer Zukunft durch einen Großantrag den gesamten Bestand von etwa 4.500 Burgen und Schlössern in Bayern zu erfassen und den beteiligten Disziplinen wie Geschichte, Bauforschung, Kunstgeschichte, Kulturgeographie sowie Archäologie – natürlich auch der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

(Stefan Breitling, Tobias Arera-Rütenik)



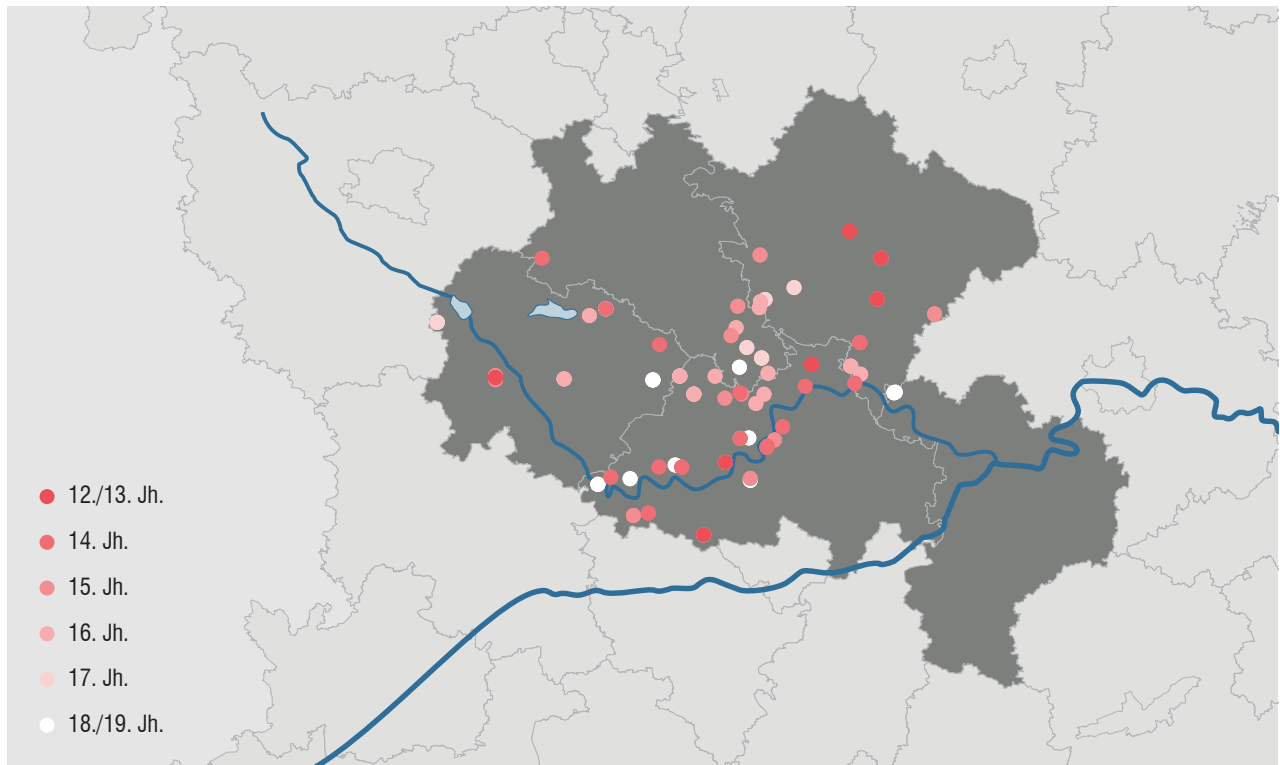


Abb. 4: Geographische Kartierung der historischen Aktivitäten des Eichstätter Bistums aus Abb. 2; Der Ausbau des Herrschaftsterritoriums zwischen dem 14. und 16. Jahrhundert zeigt sich vor allem als Binnenexpansion, insbesondere entlang der Anlauter und Schwarzach. Die bereits im 13. Jahrhundert erreichte Gesamtausdehnung wird hingegen kaum überschritten [Arera-Rütenik 2020].

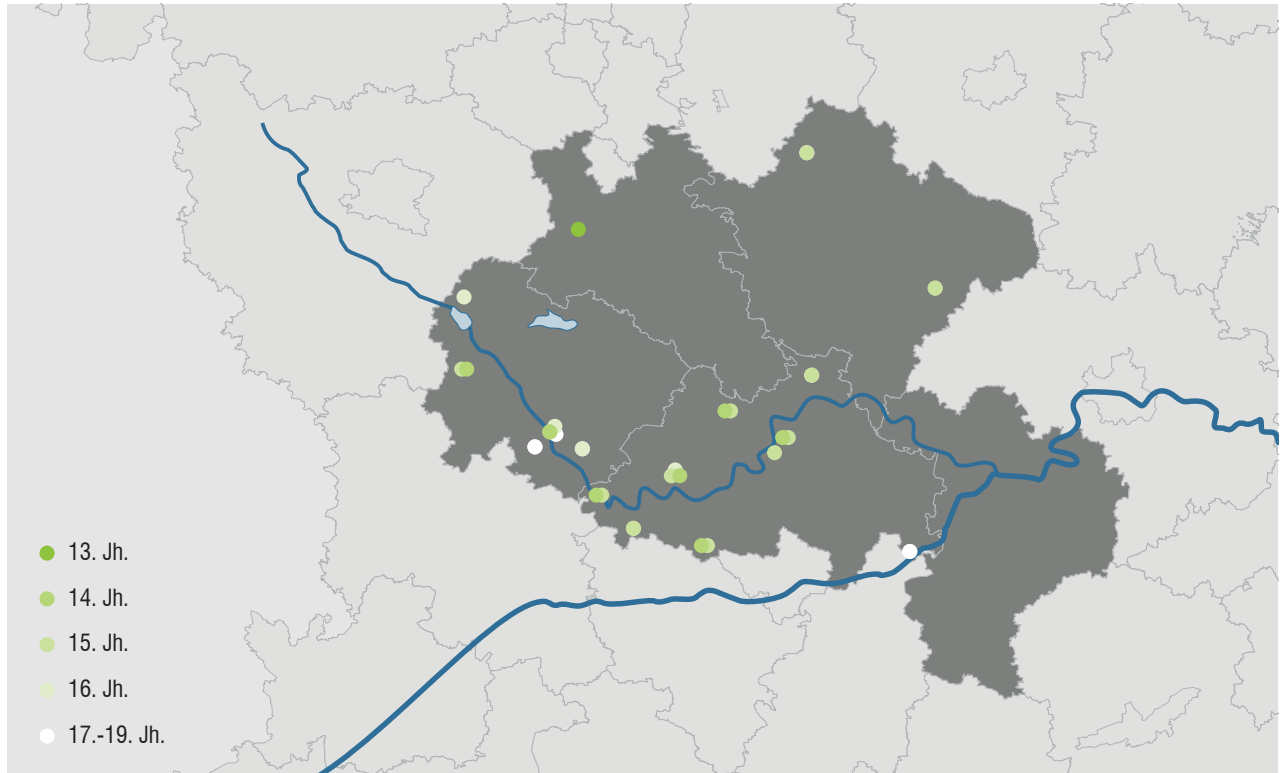


Abb. 5: Geographische Kartierung der Errichtung sowie des Aus- und Umbaus von Zwingern aus Abb. 3; Im Vergleich zu Abb. 4 zeigt die räumliche Verteilung der zeitgleichen Zwingieranlagen, dass offenbar kein direkter Zusammenhang ihres Baus mit der Binnenexpansion des Bistums besteht. Stattdessen dienen sie offenbar der Sicherung der Außengrenzen des Eichstätter Besitzes und können zudem als entsprechende Reaktionen benachbarter Herrschaftsgebiete verstanden werden [Arera-Rütenik 2020].

## Spätmittelalterliche Backsteintechnik in Oberschwaben

### Eine baukulturelle Studie zur Verwendung des gebrannten Steins



Abb. 1: Maßstäbliche Darstellung einiger backstein-sichtiger Kirchtürme (exemplarische Auswahl). Von links nach rechts: Staudheim, St. Quirin (um 1300); Gempfung, St. Vitus (um 1300), Pforzen, St. Valentin (15. Jh.), Willmatshofen, St. Vitus (15. Jh.), Unterdiessen, St. Nikolaus (15. Jh.) [Eckstein 2018].

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling

Bearbeitung: Claudia Eckstein M.A.

Laufzeit: seit 2014

Bei dem Dissertationsprojekt handelt es sich um eine Untersuchung zur verschiedenartigen Verwendung des Backsteins in der naturräumlich durch Lech, Donau, schwäbische Alb und Bodensee begrenzten Region Oberschwaben, deren zeitlicher Schwerpunkt in der Zeit vom 12.-15. Jh. liegt. Dieses Thema ist insofern von besonderer Relevanz, da vor allem der vielseitige Einsatz des gebrannten Tons in dieser Region weitestgehend unbekannt ist und bisher keinerlei überregionale Vergleichsanalyse der Backsteintechnik durchgeführt wurde. Die Entwicklung und Verbreitungstendenz von Backsteinformaten, Versetztechniken (Verbänden) und der Art und Konstruktion verschiedener Zierelemente ist damit, anders als beispielsweise für Niederbayern und die norddeutschen Gebiete, für diesen süddeutschen Raum als Desiderat der Forschung anzusehen. Mit der

Untersuchung von etwa 80 Einzelobjekten wird den bereits gut erforschten Backsteingebieten damit eine weitere Vergleichsregion an die Seite gestellt, die das vielfältige Bild der Backsteinbaukultur im deutschsprachigen Raum ergänzt.

#### Forschungsfrage

Dem Dissertationsvorhaben ging die Untersuchung der Backsteinherstellung der ehemaligen Reichsstadt Ulm und der Backsteinverwendung am Ulmer Münster voraus, die von der Verfasserin im Rahmen ihrer Masterarbeit im Fachbereich Bauforschung und Baugeschichte an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg 2013 vorgelegt wurde. Bereits in der damaligen Untersuchung wurde deutlich, dass der Backstein in der durch eher mindere Natursteinqualitäten gekennzeichneten oberschwäbischen Stadt auch im weiteren Umkreis auf vielfältige Weise eine zunehmend große Rolle im spätmittelalterlichen Baugeschehen spielte, die ihren Höhepunkt scheinbar im 15. Jh. erreichte. Dabei blieb der ästhetische Anspruch an das Material stets unter jenem an die Steine der materialsichtigen norddeutschen Vertreter, da die meisten Objekte Oberschwabens offensichtlich von Beginn an auf eine spätere Verputzung ausgelegt waren. Einige, nach Befundlage ursprünglich wohl ebenfalls verputzte, gegenwärtig aber backsteinsichtige Landkirchen der Lechregion (Abb. 1) dienen als wertvolle Ausnahmen, an denen die Mauerstrukturen zusammenhängend analysierbar sind. Ziel der Arbeit ist es, durch eine vergleichende Untersuchung regionalspezifische bautechnische Charakteristika herauszuarbeiten und diese durch ihre räumliche Verortung in einem Geoinformationssystem (GIS-Anwendung) visuell erfassbar zu machen. So soll eruiert werden, ob die Entwicklungstendenzen kleinräumig-regionalen Verbreitungsmustern folgten oder wenige größere Zentren auf die Bautechnik umliegender Orte ausstrahlten. Auf diese Weise können mögliche Innovationsquellen und Transferwege nachgezeichnet werden, die im Ergebnis auch den zusammenfassenden Karten entnehmbar sind.

#### Methodik

Zu Beginn der Arbeiten wurden zahlreiche verfügbare Inventarbände Oberschwabens systematisch nach Objekten des 12.-15. Jhs. durchgesehen, bei denen die Verwendung von Backstein oder



anderen tönernen Elementen explizit Erwähnung findet. Diese baumaterialspezifische Inventarisationsarbeit bildete die Grundlage der Untersuchung und vermittelte in Form einer räumlichen Kartierung einen ersten Eindruck der Verteilungsmuster. Die Gruppe der Sakralbauten erwies sich für die Fragestellung als die ergiebigste, sodass der Fokus in der Dissertation auf diesen liegt. An den steinsichtigen Objekten können die verwendeten Formate, die Verbände, Formsteinsysteme, Reliefsteine und auffällige Oberflächenmerkmale direkt an der Fassade, an verputzten Backsteinbauten an den freiliegenden Wandstrukturen des Innenraums dokumentiert werden. Die backstein-sichtigen Außenmauern können zudem photogrammetrisch erfasst und nach konkreten Fragestellungen wie Formatwechseln, Versetztechniken und früheren Gerüstebenen ausgewertet werden. Sie vermitteln so exemplarisch eine Vorstellung früherer Bauabläufe und Bautechniken sowie von Bauabschnitten und charakteristischen Zwangspunkten (Abb. 2).

### Formatverwendung

An über 40 Bauten in mehr als 30 Orten wurden Steinformaten an den gut erreichbaren Stellen der aus dem 12.-15. Jh. stammenden Bauten erhoben. Aus den entnommenen Werten wurden Durchschnitts- und Modalwerte errechnet, die in Tabellen und Grafiken erfasst sind. Eine hohe Anzahl an Messungen ist für die genaue Formatermittlung ebenso entscheidend wie eine gezielte Auswahl der zu erfassenden Backsteine, die eindeutig definierbare Kanten aufweisen müssen. Da die meisten untersuchten Backsteinmauern von mittelalterlichen Kirchtürmen stammen, wurden die Formate in den Turminnenräumen zudem über die gesamte Höhe erfasst, sodass auch mögliche Formatwechsel dokumentiert werden konnten. Die Erhebungen haben bereits erste interessante Ergebnisse der frühen Backsteinverwendung im Untersuchungsgebiet erbracht. So ließ sich an den wenigen frühen Bauten des 12. und 13. Jhs. feststellen, dass die Steine mit durchschnittlich 30–34 cm Länge, 14–17 cm Breite und 8–9 cm Höhe weit kürzer und höher ausgeführt waren als die späteren, für den süddeutschen Raum als charakteristisch geltenden langen und flachen Formate mit einer Spanne zwischen 33–40 x 16–20 x 6–8 cm. Dabei scheint sich der Wechsel von den durch ihre Kürze und Höhe fast „norddeutsch“ anmutenden frühen Formaten zu den deutlich flacheren und längeren des Spätmittelalters um 1300 bereits vollzogen zu haben.

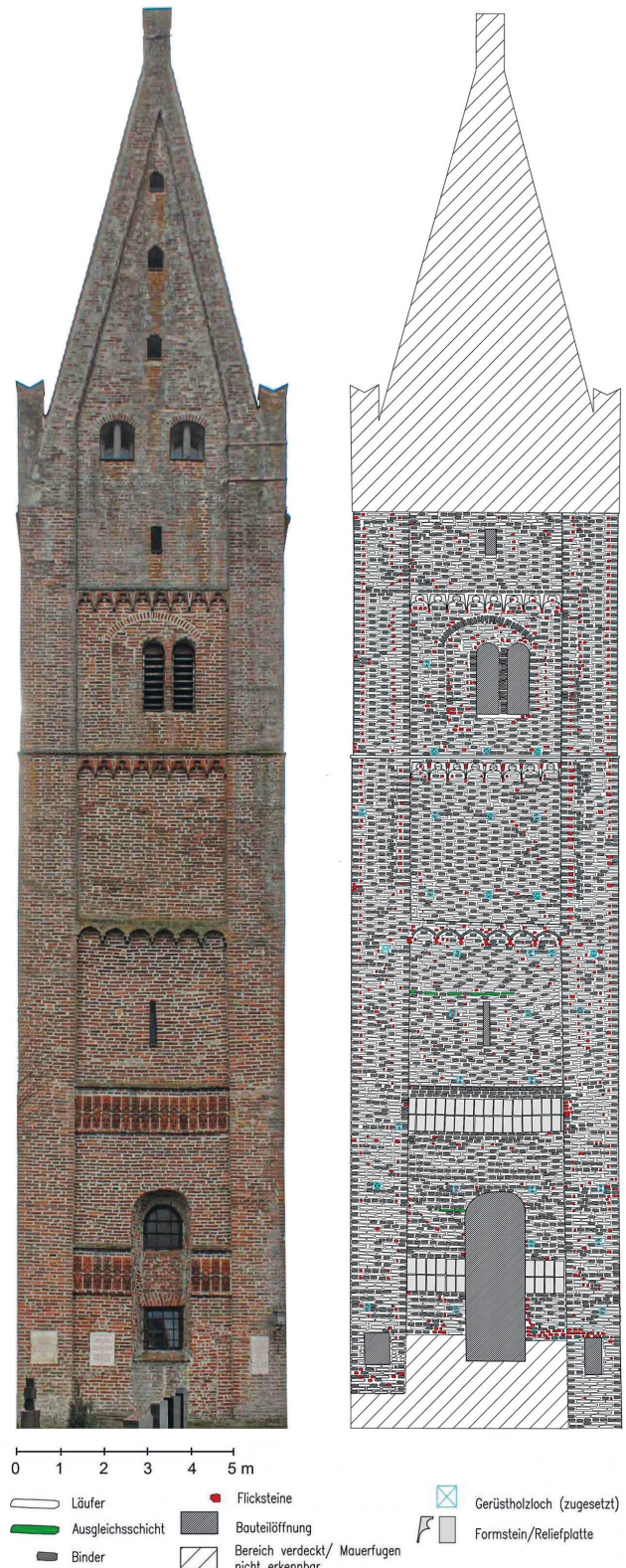


Abb. 2: Messbild und zeichnerische Auswertung des Kirchturmes von St. Vitus in Willmatshofen (15. Jh.) [Eckstein 2017].

### Formsteine

Die Vielfalt der Formsteine, die sich häufig unter Putz- oder Farbfassungen verbergen, ist ein bislang ebenso unbeachtetes wie überraschend verbreitetes Charakteristikum der Region. Bei Formsteinen han-





Abb. 3: Unterdießen, St. Nikolaus (15. Jh.); geschnittene Formsteine des umlaufenden Kleeblattbogen-Frieses an der Turmtraufe [Eckstein 2018].



Abb. 4: Lilienziegel aus dem Depot des Museums Ulm. Die Steine waren in Zweitverwendung am Zwischenbau des Museums verbaut; die ursprüngliche Provenienz ist unbekannt [Eckstein 2019].

delt es sich um in Modeln geformte oder geschnittene Tonelemente, die von der üblichen Rechteckform des gängigen Mauersteins abweichen. Solche Steine wurden beispielsweise als Elemente für Friesse (Abb. 3), Gewölberippen oder Fenstermaßwerk eingesetzt. Waren bisher lediglich wenige ober-schwäbische Vertreter aufwändiger Formsteinverwendungen bekannt, scheinen sich nach genauer Untersuchung unter der Farbfassung von Bauteilen auffallend vieler Objekte tönerner Werkstücke zu verbergen. Vor allem für immer gleichartig geformte Steinmodule wie Gewölberippen und Maßwerkelemente wurden vielfach großformatige Formsteine verbaut, deren anspruchsvolle Herstellungstechnik in der Konzeption an vergleichbare Bauteile aus Naturstein erinnern. Damit unterscheiden sich die oberschwäbischen Beispiele deutlich von den meisten norddeutschen Konstruktionsvarianten profilierter Rippen und Stäbe, die statt aus wenigen großen Werkstücken in der Regel aus vielen kleinen Formsteinen zusammengesetzt wurden. Die weite Verbreitung der großformatigen Tonelemente in Oberschwaben an oft unscheinbaren Landkirchen lässt dabei auf einen routinierten Herstellungsprozess in zahlreichen unterschiedlichen Produktionsstätten schließen.

## Reliefsteine - Der Lilienziegel

Anders als die Formsteine sind Reliefsteine nicht vollplastisch ausgeformte Elemente, sondern entsprechen in den Proportionen meist einem normalen Mauerstein, dessen eine Lagerfläche eine ornamentale Ausarbeitung aufweist. Oft bilden mehrere nebeneinandergesetzte Reliefsteine Friesbänder, die meist an Traufen oder Geschossgrenzen von Türmen verbaut sind. Bedeutendster Vertreter dieser reliefierten Backsteine ist der sogenannte Lilienziegel (Abb. 4), der das spätgotische Motiv der auf den Kopf gedrehten Schwertlilienblüte zeigt, über der, im Verbund mit benachbarten Lilienziegeln, Kreuzbogenfriesse angeordnet sind. Diese Reliefsteine scheinen ihr lokales Zentrum um Ulm zu haben und wurden vor allem in der zweiten Hälfte des 15. Jhs. verwendet. Neben singulär auftretenden Varianten konnten bisher auch acht verschiedene Gruppen anhand der im Detail abweichend ausgestalteten Ornamentik ausgemacht werden. Dies deutet darauf hin, dass die Herstellung dieser Reliefziegel nicht einer zentralen Produktionsstätte vorbehalten war, sondern sie an vielen Orten gleichzeitig produziert wurden. Dass es sich bei dieser, an spätgotischen Objekten durchaus häufig anzutreffenden Gestaltung um Tonelemente handelt, ist dabei meist lediglich an den Fugengren-



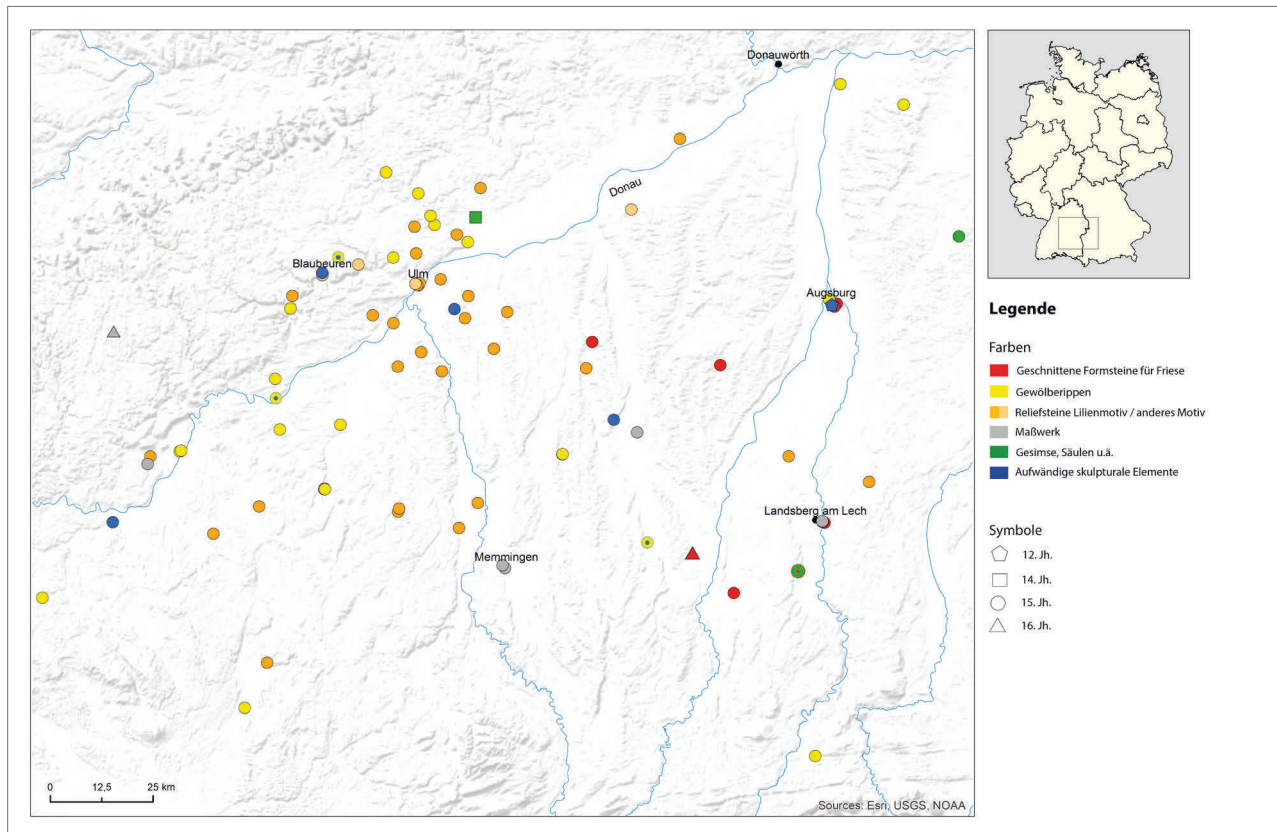


Abb. 5: Karte der erfassten Objekte mit verschiedenartigen Tonelementen des 12.-16. Jhs. [Eckstein 2020].

zen oder an dem unter beschädigten Putzschichten oder Farbfassungen durchschimmernden Material erahnbar.

### Ausblick

Die ersten Ergebnisse vermitteln bereits einen Eindruck der räumlichen und zeitlichen Verbreitungsmuster der untersuchten Phänomene, die den angefertigten Kartendarstellungen entnehmbar sind. Die Besonderheit der Backsteinverwendung in der untersuchten Region scheint dabei vor allem in der überraschenden Vielfalt verschiedenster Baukeramiken in Form von Reliefsteinen und Formziegeln zu liegen, die in den meisten Fällen unter Farbfassungen verborgen sind und vermutlich allein deshalb bisher als unerkannte Tonelemente nicht Gegenstand der Forschung wurden. Die Dissertation soll mit der großräumigen Erfassung, Dokumentation und Auswertung der für die Fragestellung relevanten Objekte einen Teil dazu beitragen, ein neues Bewusstsein für die tönernen Baukultur Oberschwabens zu schaffen.

(Claudia Eckstein)

ECKSTEIN, Claudia: *Der backsteinerne Kirchturm von St. Quirin in Staudheim*, in: RIEHL, Adalbert: 1000 Jahre Staudheim. Rain 2020. [im Druck]

ECKSTEIN, Claudia: *Das Ziegeleiwesen Ulms in Spätmittelalter und Früher Neuzeit. Herstellung und Verwendung Ulmer Ziegeleiprodukte zwischen dem 14. und 17. Jahrhundert*, in: BRUNECKER, Frank / WETTENGEL, Michael (Hg.): Ulm und Oberschwaben 61, Ostfildern 2019, 59–106.

ECKSTEIN, Claudia: *Spätmittelalterlicher Backsteinbau in Bayerisch-Schwaben*, in: DEUTSCHE STIFTUNG DENKMALSCHUTZ (Hg.): Backsteinbaukunst 7. Mit Denkmalkultur Europa auf der Spur, Bonn 2019, 82–93.

ECKSTEIN, Claudia: *Untersuchungen zum spätmittelalterlichen Backsteinbau im schwäbischen Raum*, in: „Mit den wohlfeilsten Mitteln dauerhaft, feuersicher und bequem“. Sparsamkeit als Prinzip, Rationalität als Weltsicht? Schriftenreihe der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte 2, Dresden 2019, 159–174.

ECKSTEIN, Claudia: *Historisches Ziegeleiwesen in Ulm*, Vortrag und Führung zum Tag des offenen Denkmals, Ulm 07.09.–08.09.2019.

ECKSTEIN, Claudia: *Spätmittelalterliche Baukeramik in der Donau-Ille-Region*, Wismar 03.09.2020.

## Die "Casa Humboldt" in Ecuador

### Bauforschung und Bauerhalt im internationalen Kontext



Abb. 1: Die Berghütte am Antisana [Nöbauer 2019].

Leitung:	Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik, Dr.-Ing. des. Annegret Haseley
Bearbeitung:	Anna Nöbauer M.A., Leonhard Salzer M.A., Arq. María José Freire Silva MSc, Dr.-Ing. des. Annegret Haseley
Partner:	Fondo para la protección del agua (FONAG); Universidad Central del Ecuador
Laufzeit:	2019
Finanzierung:	Fondo para la protección del agua (FONAG); KDWT-Eigenmittel

Die Erforschung der „Allee der Vulkane“ in Ecuador gehörte zu den Höhepunkten der Forschungsreise Alexander von Humboldts nach Südamerika. Das am Fuße des Antisana gelegene Landgut (Abb. 1), auf dem Humboldt vom 15. auf den 16. März 1802 sein Basislager für einen Besteigungsversuch des über 5.700 m hohen Vulkans aufschlug, gehört zu den wenigen baulichen Zeugnissen, die mit der Anwesenheit des Forschers auf dem Kontinent in Verbindung gebracht werden können, und wird auch in politischer Hinsicht als völkerverbindender Erinnerungsort für die ecuadorianische wie deutsche (Wissenschafts-)geschichte angesehen.

Im Hinblick auf eine anstehende notwendige Instandsetzung der bestehenden Berghütte sollte eine bauforscherische Voruntersuchung die Grundlage für den denkmalgerechten Erhalt des bedeutenden Baudenkmals bieten. Dafür fand sich ein internationales Team aus Bauforschern der Universität Bamberg, der Denkmalpflegerin Annegret Haseley und der Architektin María José Freire Silva von der Universidad Central del Ecuador zusammen. Außerdem sollte als Beitrag zur kulturwissenschaftlichen Forschung über die zu ermittelnde Baugeschichte des Gebäudes der Bauzustand zur Zeit von Humboldts Aufenthalt rekonstruiert werden.

Ausgehend von einer Vermessung des Gebäudes mittels Tachymetrie und Structure-from-Motion-Verfahren zur Erstellung eines verformungsgerechten Plansatzes und einer bauforscherischen Befunduntersuchung wurde die Baugeschichte über die relative Chronologie der auszumachenden Bauabschnitte geklärt und durch Anhaltspunkte aus Quellen mit Datierungen versehen (Abb. 2). Zum Verständnis des hochandinen Hausbaus wurden die baukonstruktiven Details zeichnerisch und fotografisch aufgenommen, die konstruktiven Probleme des Bauwerks ausgemacht und die Genese vorhandener Schäden als Grundlage für die Erarbeitung eines Erhaltungskonzepts analysiert (Abb. 3). Schließlich konnte über eine Auswertung von Reiseberichten diverser Andenforscher, beginnend bei Humboldts Tagebucheintrag von 1802 bis hin zu Publikationen des frühen 20. Jahrhunderts, der Nutzungszusammenhang nachvollzogen und Anhaltspunkte zur Datierung einzelner Bauphasen abgeleitet werden.

Mit der bauforscherischen Untersuchung konnten für die internationale Humboldt-Forschung wesentliche neue Erkenntnisse zu den Umständen von Humboldts Aufenthalt am Antisana gewonnen werden, die in Teilen den bisherigen Forschungsstand zur Nutzung der Hütte durch Humboldt revidieren. Ferner dürften die Arbeiten in der deutschsprachigen Forschung den ersten Beitrag zum Verständnis der hochandinen Bautradition darstellen. Eine Veröffentlichung dieser wichtigen Forschungsergebnisse ist derzeit in Vorbereitung.

Die im Rahmen des Forschungsprojekts erzeugten formtreuen Planzeichnungen und photogrammetrischen Ansichten sowie die baufor-



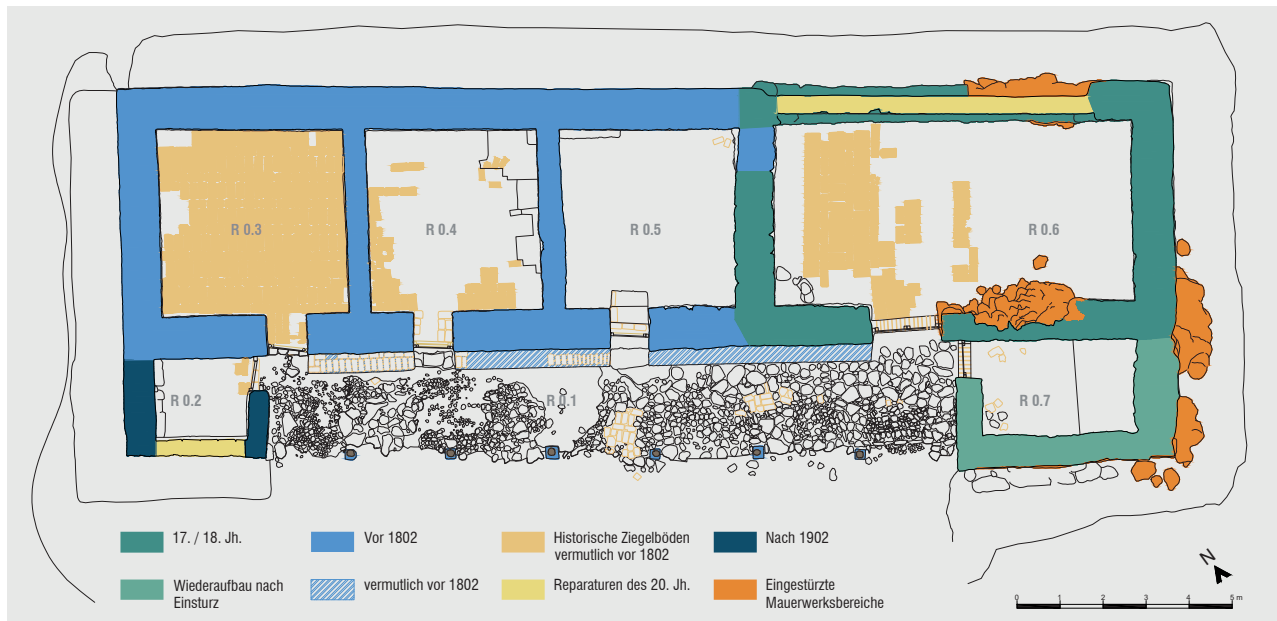


Abb. 2: Bauphasenplan als Ergebnisdarstellung der Baugeschichte. Der nur grob in das 17./18. Jahrhundert zu datierender Kernbau wurde noch vor Humboldts Besteigung 1802 um drei quadratische Räume erweitert. Der kleine Nebenraum lässt sich aufgrund einer historischen Fotografie nach 1902 datieren [Nöbauer / Salzer 2019].

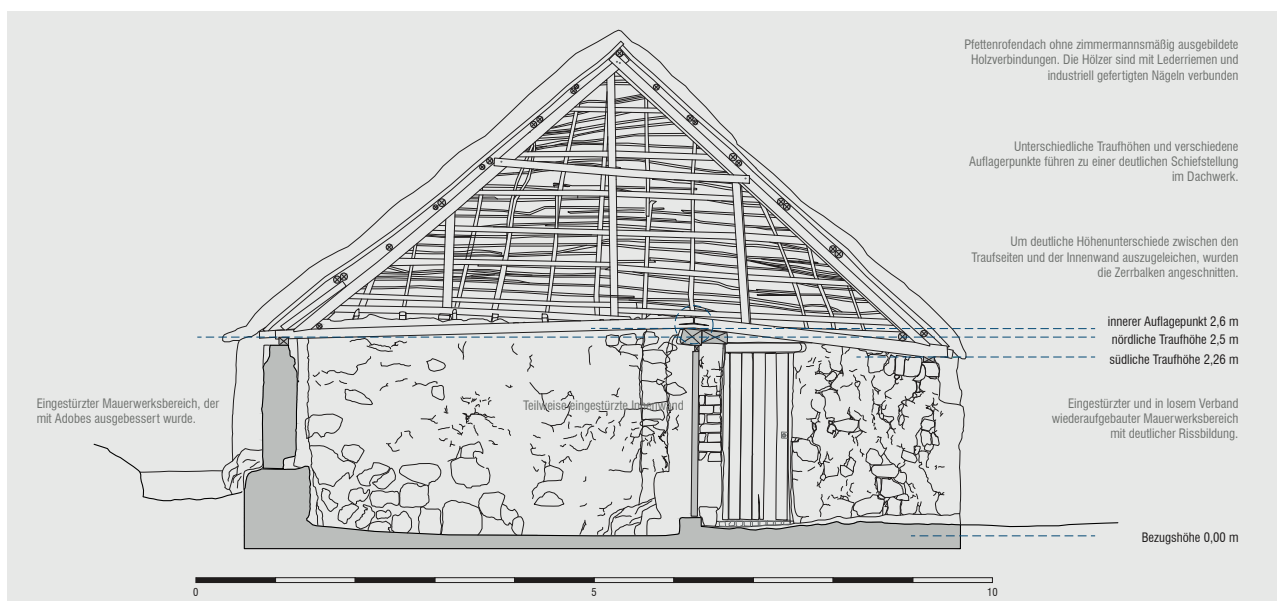


Abb. 3: Querschnitt mit Bemerkung der konstruktiven Schäden. Aufgrund der unterschiedlichen Traufhöhen und eines höher gelegenen Türsturzes wurde der Zerrbalken beim Aufrichten des jüngeren Daches angesägt und geknickt. [Freire Silva / Haseley / Nöbauer / Salzer 2019].

scherische Befund- und Schadensdokumentation wurden dem Grundstückseigentümer *Fondo para la protección del agua (FONAG)* und den künftig beteiligten ecuadorianischen Architektur- und Ingenieurbüros in vollem Umfang zur Verfügung gestellt. Auf Basis dieser Grundlagen können nun die Erhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen für die durch das raue Bergklima sowie die seismische Aktivität beeinträchtigte Bausubstanz ausgearbeitet und damit der langfristige denkmalgerechte Erhalt des wertvollen baulichen und

historischen Zeugnisses der deutsch-ecuadorianische Wissenschaftsgeschichte in Zukunft gewährleistet werden.

(Leonhard Salzer, Anna Nöbauer, Tobias Arera-Rütenik)

NÖBAUER, Anna / SALZER, Leonhard: (Auf) Humboldts Spuren. Eine bauhistorische Untersuchung der „Casa Humboldt“ am Antisana in Ecuador, in: Internationale Zeitschrift für Humboldt-Studien 22.43, 2021, 65–82.

## Fachdienst Bauforschung und Baudenkmalpflege

### Einbindung in die Lehre und Perspektiven zur öffentlichen Nutzung



Abb. 1: „Historische Bauvorschriften“; Historische Norm aus dem Jahr 1911 und ihre Ableitungen in der Literatur (Bücherstapel) [Schalk 2020].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling
Bearbeitung:	Dipl.-Ing. (FH) Christian Schalk M.A., Bernhard Bischoff B.A.
Partner:	Universitätsbibliothek
Laufzeit:	seit 2016
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Fachleute benötigen Fachliteratur – soweit die einfache Feststellung. Am Anfang des Projekts stand der Wunsch nach Überblick, nach der „richtigen Vorgehensweise“, eben nach einem leicht handhabbaren Werkzeug zur Literaturrecherche bezüglich technischer Vorgehensweisen bei der Sanierung von Baudenkmalern und vor allem dem weiten Feld der historischen, technischen und analytischen Bauforschung. Dazu gibt es einige sehr umfangreiche Bezahldienste namhafter Verlagsgrößen, doch haben diese in aller Regel den Nachteil, dass beispielsweise abseitig veröffentlichte oder nicht mehr aktuelle Literatur dort nicht geführt wird.

Die Frage „Gilt nur die neueste technische Vorschrift?“ kann jedoch mit gutem Gewissen und regelmäßig mit „Nein“ beantwortet werden. Denn für jedes Gebäude galten zum Zeitpunkt seiner Errichtung Vorschriften – handwerklich,

stadtrechtlich, landesrechtlich, später auch baupolizeilich und bauordnungsrechtlich. Solche Vorschriften gelten zunächst einmal fort – ein Prinzip, das in der Fachwelt mit „Bestandsschutz“ umschrieben wird. Doch dies ist ein weiteres Themenfeld, auf das wir mit anderen Projekten des KDWT eingehen werden.

In der Praxis stellt sich beispielsweise ganz häufig die Frage: Auf welcher Grundlage haben unsere Vorgänger gearbeitet, an welchen Vorgaben, Normen oder Arbeitsanweisungen haben sie sich orientiert. In den letzten 45 Jahren Baudenkmalpflege, also seit dem „Denkmalschutzjahr 1975“, hat sich unser kollektives Fachwissen vervielfältigt.

Ein „Gespinnst“ aus technischen Regeln, Empfehlungen, Handlungsanweisungen der „großen Player“ in der Baudenkmalpflege hat sich entwickelt – allerdings konnte die Vielschichtigkeit der Veröffentlichungen bislang nicht wirksam und in übersichtlicher Form abgebildet werden.

Wer beispielsweise wissen möchte, wie man eine historische Lehm Schlagdecke „richtig“ und denkmalgerecht sanieren muss, der braucht einen langen Atem und viel Fachliteratur. Doch kaum ein Baudenkmal ist „unberührt“, es liefen in aller Regel Sanierungen, Umbauten und Änderungen über lange Zeiträume. Sind diese erhaltenswert, sind sie „richtig“ – auch nach heutigen Maßgaben? Wir halten es für unumgänglich, dass sich die historische Bauforschung noch mehr als bisher für die technischen Parameter historischen Baukonstruktionen öffnet. Die Werte und Inhalte technischer Leistungen unserer Altvorderen müssen einen sehr viel höheren Stellenwert als bislang einnehmen dürfen. Historische Baukonstruktionen waren zum Zeitpunkt ihrer Errichtung leistungsfähig und sie sind es noch heute. Wir subsumieren diese und andere Themenkreise mit dem Begriff „Bauerhalt“, einer der wesentlichen Aufgaben der Baudenkmalpflege für die kommenden Jahrzehnte – auch unter Berücksichtigung der neu hinzukommenden Denkmäler der 1960er bis 1980er Jahre. Bauerhalt funktioniert nie im rechtsfreien Raum, er ist immer in verfahrensrechtliche Belange und technische Vorgaben eingebettet.

Diese können an Hand historischer Maßgaben aus der Erbauungszeit verifiziert werden und so dazu beitragen, den Fokus vom „Schaden an der Konstruktion“ auf ihre Leistungsfähigkeit hin zu lenken. Dazu ist es notwendig „seine“ Bautech-



nikgeschichte, aber auch die Geschichte historischer Bauvorschriften und Regelwerke zu kennen. Was galt wann und warum? Hat es sich bewährt? Was kann man gegen das Vergessen tun? Zu dieser und vielen anderen Fragen versucht unser Projekt eine Antwort zu geben.

### Hintergrund und Notwendigkeit

In der Baudenkmalpflege werden besonders in der Praxis viele Verfahren als Standard gehandhabt, obwohl Übersichten zum Forschungsstand nicht zu jedem Themengebiet vorhanden sind. Auch existieren keine Übersichten, wie sich der sog. Stand der Technik im Lauf der Zeit weiterentwickelt hat. Sanierungen, Restaurierungen und Konservierungen wurden natürlich nicht nur nach dem jeweiligen Stand der Technik, sondern auch nach der Denkmaltheorie, also nach den sich ändernden Ansichten zum Umgang mit Denkmälern unterschiedlich ausgeführt.

Weiterhin hat jeder in der Baudenkmalpflege Beteiligte nur einen begrenzten Zugriff auf Literatur. Theoretisch stehen natürlich eine Vielzahl an Universitätsbibliotheken und Fachbibliotheken der Denkmalämter zur Verfügung. Was fehlt, ist allerdings eine Kategorisierung nach in der Praxis der Baudenkmalpflege wichtigen Schwerpunkten, die immer aktuell gehalten werden müssen. Wie oben schon erwähnt, kann auch die Verknüpfung von Theorie und Praxis sowie von verschiedenen Nachbardisziplinen miteinander sehr hilfreich sein.

Viel verfügbare Literatur ist nicht in ihren Kontext einsortiert und von Fachleuten nicht ausreichend referenziert. Eine bessere Einordnung, wie sie im Projekt Fachdatendienst erfolgt, bringt den jeweiligen Praxisbedürfnissen der Baudenkmalpflege immer eine gute Sammlung ausgewählter Literatur. Das erfolgt über Ergebnislisten von Suchanfragen. Diese bringen dank Verschlagwortung, Inhaltsverzeichnissen und teilweise sogar verfügbaren Volltexten mehr Suchergebnisse, die Dank der Kategorienbildung auf eine prägnante Auswahl reduziert werden.

### Projektkonzeption

Das Projekt „Fachdatendienst Bauforschung und Baudenkmalpflege“ ist im Literaturverwaltungsprogramm Citavi angelegt. Dieses bietet neben einer bibliographischen Aufnahme auch die Möglichkeiten, dank eines Word-Plug-Ins unkompliziert wissenschaftliche Arbeiten mit Zitaten zu verknüpfen sowie frei zugängliche Volltexte einzupflegen.

Für den Fachdienst werden folgende Dokumententypen aufgenommen: Monographien, Sammelwerke, Gesetze und Verordnungen, Hochschulschriften (u.a. Abschlussarbeiten und Dissertationen), Internetdokumente, Normen, Tagungsbände und Zeitschriftenaufsätze. Die Titel dieser Dokumententypen werden komplett bibliographisch aufgenommen. Sofern Volltexte frei bzw. lizenziert vorhanden sind, können diese mit dem Datensatz verknüpft werden. Darüber hinaus werden alle Titel verschlagwortet und kategorisiert. Neben den einer ISBN-Nummer schon zugewiesenen Schlagworten sind für Baudenkmalpfleger vor allem die sogenannten Kategorien in Citavi hilfreich, da diese eine Kombination aus Herausgebern, Institutionen und Inhalten darstellen. Beispielkategorien sind „Deutsche Burgenvereinigung“, „Koldewey-Gesellschaft“ oder auch ein Semesterapparat eines Lehrenden. Ebenso möglich ist es, zukünftige Forschungsprojekte des KDWT mit eigenen Kategorien und Sammlungen dem Fachdienst anzuschließen.

Neben einer guten Literaturverwaltung bietet die KDWT-eigene Sammlung den großen Vorteil, dass sie über die allgemeine Suche der Universitätsbibliothek hinaus fachspezifische Suchergebnisse liefern kann. Voraussetzung ist natürlich, dass die Sammlung stets aktuell gehalten wird. Mit der Verstärkung der Arbeit des KDWT kann diese Aufgabe auch künftig zuverlässig geleistet werden und es bestehen gute Aussichten auf eine langfristige Betreuung und stetige Aktualisierung der Sammlung. Besonders dank frei zugänglicher oder von den Herausgebern zur Verfügung gestellter Volltexte sind bessere Suchergebnisse möglich. Viele Fachtermini kommen in den Schlagworten und aufgenommenen Inhaltsverzeichnissen nicht vor, sodass mit einer Suche in den Volltexten weitere Suchergebnisse erzielt werden, die wiederum mit den Kategorien auf die relevanten Treffer eingeschränkt werden können. Die Suchergebnisse sind natürlich immer nur so gut, wie der Umfang und die richtige Kategorisierung der aufgenommenen Titel es hergibt.

Die Auswahl und Entscheidung für neue Kategorien erfolgt durch eine KDWT-Mitarbeiter:in, der auch in der Praxis als Architekt in der Baudenkmalpflege tätig ist. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen des KDWT geben Empfehlungen für ihre Forschungsbereiche ab, dank derer die Sammlung aktuell gehalten werden kann.

Aufgrund der Vielzahl an in der Baudenkmalpflege wichtigen Themen wurde zunächst mit wenigen ausgewählten Kategorien gestartet, die weitergeführt werden, während gleichzeitig schon neue Themenfelder aufgebaut werden.

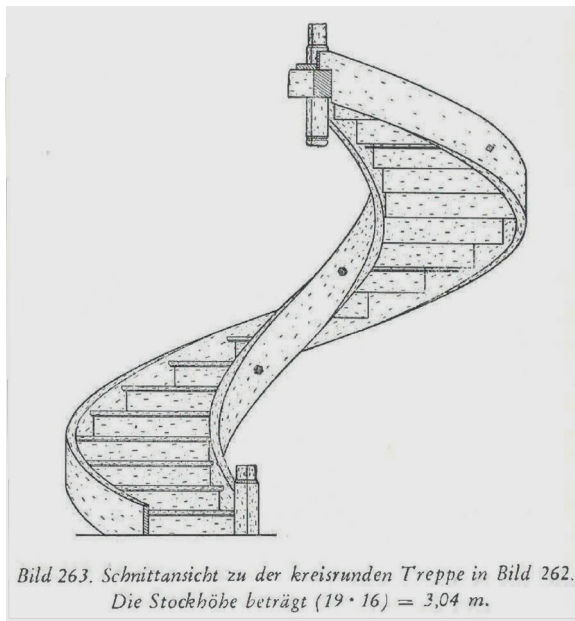


Abb. 2: „Tradierung historischen Konstruktionswissens“; links: Abbildung aus „Der Treppen- und Geländerbauer, Ein Konstruktionsbuch für Handwerker und Techniker zum Bau von Holztreppen und Holzgeländern“ von Fritz Kress, 5. Auflage „Buch der Zimmerleute“ Dritter Band, Otto Maier Verlag Ravensburg 1949, S. 96, „ganzgewundene Treppe“, Schnittansicht zu der kreisrunden Treppe; rechts: Wendeltreppe in einem historischen Bahnhofsgebäude in Unterfranken [Schalk 2020]; Das nach dem 2. Weltkrieg wiederaufgelegte Lehrbuch für den Treppenbauer steht exemplarisch für das tradierte Wissen seit etwa Mitte des 19. Jahrhunderts. Die heute noch intakte Wendeltreppe kann bezüglich ihrer technischen Parameter anhand der historischen Literatur untersucht und eingeordnet werden. Sie wurde 1853 errichtet und entspricht bis in die Verbindungsmittel hinein den „Vorgaben“ des wiederaufgelegten Lehrbuchs. Die gesammelte Literatur erlaubt beispielsweise der Statiker:in, die Standsicherheit der Treppe unter anderem auch auf Basis der historischen Vorschrift zu beurteilen. Die ehemals rein handwerklichen Vorgaben für Lauflängen und Steigungsverhältnisse entsprechen im Übrigen auch den heute gültigen Vorschriften der bauaufsichtlich eingeführten technischen Baubestimmung für Treppen, nämlich der DIN 18065 Ausgabe 2015. Damit sind alle Voraussetzungen erfüllt, dass Bestandsschutz angeführt wird und der Erhalt der Treppe in situ, in Verbindung mit denkmalgerechter Reparatur und angemessener Nutzung, auch nach heutigen Maßstäben rechtssicher ist.

## Inhalte

Zunächst werden die schon länger verfolgten Sammlungsthemen fortgeführt, da die Zusammenstellung auf dem neuesten Stand der Forschung sein muss, um in der Wissenschaft als auch in der Praxis verwendet werden zu können. Diese umfassen bspw. gesammelte Schlagworte des BLfD. Sie führen eine ehemalige Literaturliste des BLfD fort. Suchbegriffe sind u.a. Schädlinge, Schallschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz. Auch die Semesterapparate der Lehrenden des Masterstudienganges Denkmalpflege werden aktuell gehalten. Die meisten aufgenommenen Titel werden den Kategorien der verschiedenen Ämter, Institute und Gesellschaften hinzugefügt. Diese sind u.a. die Landesdenkmalämter der BRD, die Bundesdenkmalämter der Schweiz und von Österreich, das Fraunhofer IRB, die WTA, der AHF, das DFZ, die DSD, das DNK, ICOMOS sowie das Deutsche Institut für Normierung.

Bezogen werden die Titel über die Universität Bamberg, direkt von den Herausgebern oder durch Onlinepublikationen. Aktuell sind ca. 2.000 Titel aufgenommen, wegen der Wahrung des Urheberrechtes aber natürlich nicht alle mit Volltexten. Titel ohne Volltexte wurden trotzdem aufgenommen, um die Kategorien zu vervollständigen und mit den ergänzten Schlagworten sowie den frei verfügbaren Inhaltsverzeichnissen es wenigstens zu ermöglichen, einschlägigere Suchergebnisse zu erzielen. Ein weiterer Schwerpunkt der Sammlung und Auswertung stellen scheinbar „veraltete“ Veröffentlichungen dar. Dies sind z. B. Merkblätter der Landesdenkmalämter, Bauordnungen, Gesetze und Normen. Damit können vergangene Sanierungsmaßnahmen in ihrem historischen Kontext besser verstanden, Fehler erkannt und Unzulänglichkeiten behoben werden. Nach den damaligen Vorschriften errichtete Gebäude können sogar Bestandsschutz erhalten, allerdings nur, wenn



das Wissen um die veralteten Veröffentlichungen nicht verlorenen geht. Bspw. seien hier die Merkblätter des BLfD aus der Zeit des Dritten Reiches zum Thema Fachwerkreilegung genannt, die vor den Praxisempfehlungen zunächst einen ausführlichen Einblick in das damalige Geschichtsbild und in die Denkmaltheorie geben. Vergangene Sanierungsmaßnahmen stellen somit auch einen Geschichtswert des Denkmals dar, und können u.a. mit Kenntnis der historischen Veröffentlichung besser bewertet werden.

Für gelungene Baudenkmalpflege kann eine Kategorisierung einiger Titel nach der DIN 276/277 („Kosten im Bauwesen“) erfolgen. Diese universell einsetzbare Norm zeigt bis ins Detail Kosten für sämtliche Leistungen an, die im Zuge der Durchführung einer Baumaßnahme erforderlich sein können. Sie ist damit ebenso Checkliste für möglicherweise anfallende Leistungen als auch Organigramm für Abläufe und Abhängigkeiten.

### Jüngste Schwerpunkte

Nach dem Brand von Notre-Dame in Paris wurde zunächst der Bauforschungsbereich zu den Themen Gotik und Neugotik, französischer Kathedralbau und Rekonstruktionen auf den neuesten Stand gebracht, da Bamberger Forscher aufgrund von früheren Forschungsprojekten an der Kathedrale mit zu ihrem Wiederaufbau beitragen werden. Der ohnehin vorhandene Schwerpunkt „Brandschutz“ wird also fortgeschrieben und weiter ausgebaut.

Ein großer Schwerpunkt bestand in der Sammlung von Literatur zum Thema Bauernhalt aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht. Die umfangreichen Publikationen des SFB 315 (*Sonderforschungsbereich 315: Erhalten Historisch Bedeutsamer Bauwerke*) sind nach einigen Jahrzehnten teilweise überholt und mussten um aktuelle Beiträge ergänzt werden. Zu einzelnen der damals beteiligten Ingenieure konnte zudem persönlicher Kontakt aufgebaut werden.

Für die Kategorien Brandschutz bzw. Standsicherheit historischer Bausubstanz wurden die umfangreichen gegenwärtigen Publikationen eingepflegt. Neben den aktuellen Berechnungen und Normen wurden besonders aus der Zeit des Historismus die vielfältigen Veröffentlichungen zum damaligen Stand der Technik hinzugefügt. Anhand dieser Literatur lässt sich z. B. gut der Übergang von geometrischer zu berechnender Statik nachvollziehen. Einige Gebäude lassen sich mit der Literatur zum Thema "Faustformeln für Bauingenieure" möglicherweise besser verstehen.

Zunächst nur für Bayern wurden die Bauordnungen der 2. Hälfte des 20. Jh. mit ihren kommentierten Ausgaben gesammelt.

### Ziele und Perspektiven

Mittlerweile ist ein vielfältiger und umfangreicher Bestand an Literatur und Daten vorhanden, sodass demnächst eine Veröffentlichung bzw. verbesserte Zugänglichkeit möglich erscheint. Da viele Volltexte ausschließlich dem KDWT zur Verfügung gestellt wurden und in jedem Fall das Urheberrecht berücksichtigt werden muss, kann die Datenbank nicht im vollen Umfang verfügbar gemacht werden.

Denkbar ist zunächst eine ausschließliche Nutzung durch die Mitarbeiter:innen des KDWT. Dies kann als Probephase für einen wissenschaftlichen Einsatz der Datenbank genutzt werden. Anstatt dass jeder Bereich eigene Literatursammlungen anlegt, können somit für alle Forschungsgebiete eigene Literaturbestände angelegt und umfassend miteinander verknüpft werden.

Bei erfolgreicher Testphase wäre es natürlich wünschenswert, wenn ein möglichst großer Bereich an in der Baudenkmalpflege tätigen Personen Zugriff erhält. Neben den Mitarbeiter:innen des KDWT sollen auch die Denkmalämter der Länder, Wissenschaftler:innen anderer Forschungseinrichtungen und Universitäten, freie Bauforscher:innen, Fachplaner:innen, Jurist:innen, Bauämter und Baufirmen Zugriff erhalten.

Dieses Vorhaben ist nur mit einem festen Mitarbeiter:innenstab möglich und es bedingt ein für die Nutzenden kostenpflichtiges Bezahl-System, welches für die Finanzierung der Mitarbeiter:innen und die Lizenzrechte der Verlage und Autor:innen sorgen kann.

Für die genauen Modalitäten einer Veröffentlichung und Zugänglichmachung wurden schon Gespräche mit der Universitätsbibliothek und dem Rechenzentrum geführt. Denkbar ist zum einen die personelle Installierung eines „Echten Fachdienstes“, der die Recherchearbeiten für die Fachleute übernimmt. Zum anderen können von den Projektmitarbeitern des Fachdatendienstes Bauforschung und Baudenkmalpflege auch Suchergebnisse zu den häufigsten Suchanfragen bzw. den wichtigsten Kategorien exportiert, veröffentlicht und regelmäßig aktualisiert werden. In beiden Fällen würden ausschließlich die Datensätze in den Suchergebnissen veröffentlicht, die Interessenten müssten die vorgeschlagene Literatur dann über ihre eigenen Fachbibliotheken ausleihen.

(Christian Schalk, Bernhard Bischoff)

## Thermisches Infrarot in der historischen Bauforschung

### Der Einsatz von IR-Thermographie zur Befunderfassung und -einordnung

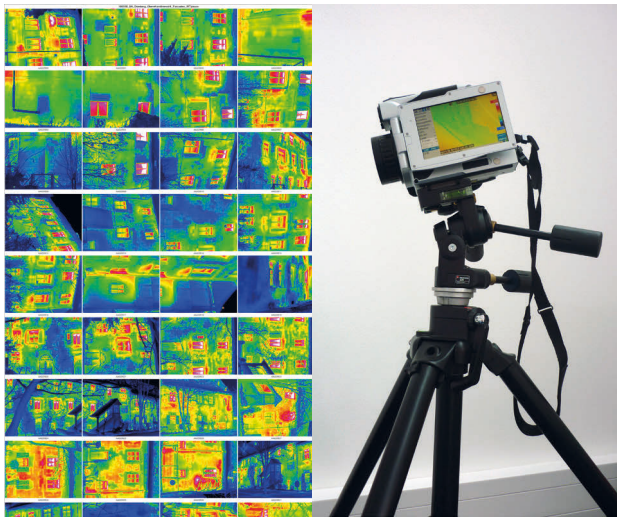


Abb. 1: Aufnahmen-Panel einer thermographischen Untersuchungen an einem Bauforschungsobjekt und die hierfür genutzte Infrarot-Kamera [Luib 2019].

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling

Bearbeitung: Anna Luib M.A.

Laufzeit: seit 2017

Finanzierung: KDWT-Eigenmittel

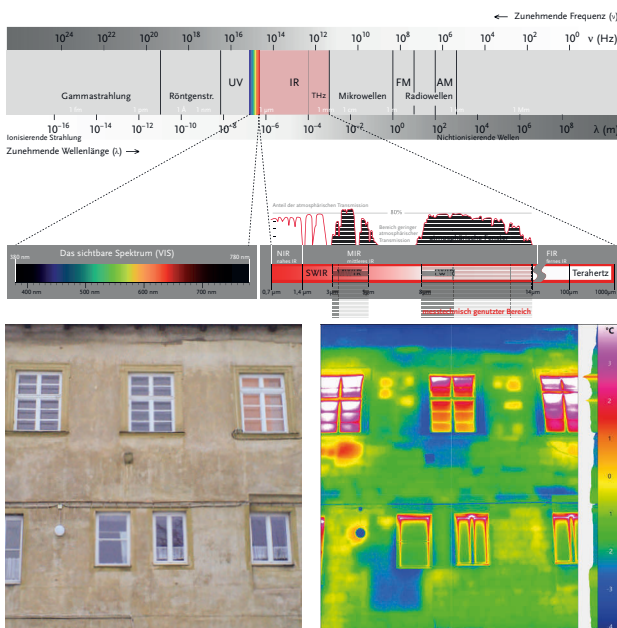


Abb. 2: Elektromagnetisches Spektrum; Fassadenvergleich im sichtbaren Licht (VIS, 380-780 nm) und in langwelligem Infrarot (LWIR, 8000-14.000 nm) [Luib 2020].

Im Zuge der Zusammenführung historischer und technischer Bauforschung werden am KDWT seit 2017 die Einsatzmöglichkeiten von zerstörungsfreien, bildgebenden Infrarot-Technologien für die bauforscherische Befunderfassung evaluiert. Im Vordergrund stehen dabei die Entwicklung einer kombinierten Untersuchungsmethodik aus IR-Thermographie und bauwerksspezifischer Untersuchungsroutine.

#### Inhalt und Ziele

Infrarot-Thermographie (IRT) wird schon seit mehreren Jahrzehnten zur Untersuchung von Gebäuden genutzt. Vor allem im Hinblick auf die energetische Bewertung von sowohl historischer als auch moderner Bausubstanz spielen thermographische Aufnahmen eine zunehmend wichtigere Rolle im Baubereich. Infrarot-Thermographie bietet als eigenständige Untersuchungsmethode jedoch weit mehr Potential als die bloße energetische beziehungsweise wärmespezifische Analyse und Dokumentation. IR-Kameras als radiometrische Messinstrumente dokumentieren und visualisieren ein breites Spektrum elektromagnetischer Strahlung sowohl qualitativ als auch quantitativ. Sie können also nicht nur Wärmeenergie darstellen, sondern wellenlängenabhängig die (bau)materialspezifischen, strahlungsbedingten Phänomene Reflexion, Absorption und Transmission dokumentieren. Aufgrund des unterschiedlichen Reaktionsverhaltens verschiedener Baustoffe lassen sich damit Rückschlüsse auf Konstruktion und Materialgefüge, aber auch Anomalien und Schäden ableiten.

Daraus ergeben sich vielseitige Anwendungsmöglichkeiten zur Klärung von Fragestellungen im Bereich historischer Gebäude. Ziel der technischen Bauwerksanalyse ist die Evaluation dieser Einsatzmöglichkeiten in der historischen Bauforschung und deren Adaption für spezifische Untersuchungskontexte. Langfristig werden daraus dann Standards für bauhistorische Untersuchungen abgeleitet.

Dies ist umso mehr von Bedeutung, als die historische Bauforschung sich im Sinne einer „Building Archaeology“ mit historischen Bauwerken als Primärquellen befasst. Die Untersuchungen finden in aller Regel direkt am beziehungsweise im Objekt statt. Dementsprechend liegt der Untersuchungsfokus - anders als bei baustoffspezifischen



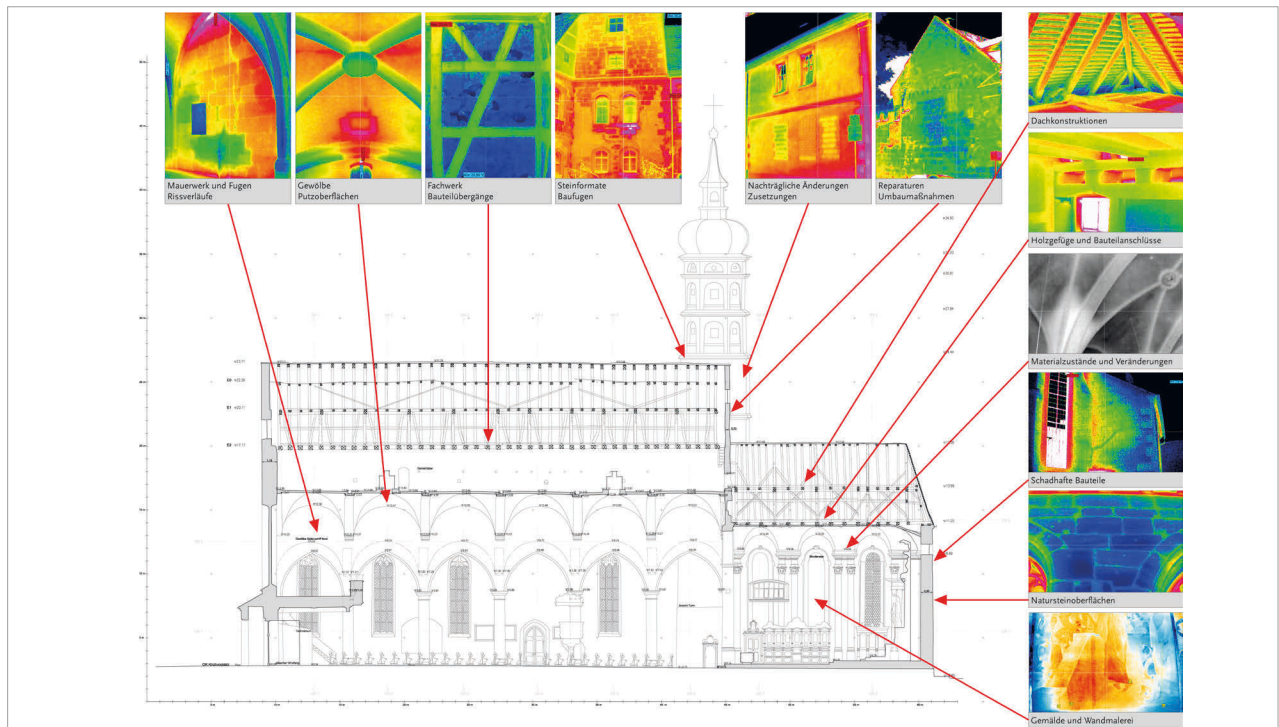


Abb. 3: Einsatzmöglichkeiten von IR-Thermographie für bauforscherische Fragestellungen. Die Anwendung der IR-Technik wird dabei immer in Abhängigkeit von Bauteil Aufbau, Materialität, Position im Gesamtgefüge und thermodynamischem Verhalten auf die spezifischen Messsituationen angepasst. [Luib, 2019].

Laboruntersuchungen - auf Bauteilen als Materialverbünden und Konstruktionseinheiten. Entsprechend flexibel müssen die Untersuchungsansätze auf vielfältige und teilweise variierende Umgebungsbedingungen anpassbar sein.

### Methode

Über ihre materialspezifische Wärmeleitfähigkeit bzw. Wärmespeicherkapazität lassen sich auch historische Baustoffen präzise beschreiben und voneinander abgrenzen. Holz reagiert im infraroten Wellenlängenspektrum anders als Naturstein, Ziegel oder Kalkputz. Durchfeuchteter Naturstein zeigt ein anderes thermisches Verhalten als trockener Naturstein. Bei bekanntem IR-Verhalten können die Baustoffe historischer Bauwerke kontaktlos in-situ detektiert werden. Die Untersuchung im IR-Spektrum liefert dabei Informationen, die über die Ergebnisse optischer Verfahren hinausgehen und diese entscheidend ergänzen können. Die bekanntesten Beispiele hierfür sind IR-bezogene Darstellungen von Gefügestrukturen unter Putz. Fachwerk, Mauerwerksverbände, Steinformat oder nachträglich zugesetzte Öffnungen unter verputzten Oberflächen werden im infraroten Bereich aufgrund ihres unterschiedlichen thermischen Reaktionsverhaltens deutlich unterscheidbar dargestellt. Allgemein lassen sich so verdeckte Strukturen in Wänden, Decken- und

Fußbodenaufbauten bei entsprechenden Umgebungsbedingungen darstellen und in ihrer Lage und konstruktiven Einbindung in das bauliche Gesamtgefüge verorten. Gleiches gilt für Materialveränderungen und Schadensphänomene wie Risse, Hohlstellen, Ablösungen und Durchfeuchtungen. Durch Anomalien im thermischen Verhalten veränderter oder geschädigter Bauteile sind diese radiometrisch von intakten Umgebungsflächen unterscheidbar.

Im Zuge der Zusammenführung historischer und technischer Bauforschung am KDWT erfolgt die Arbeit mit Infrarot-Thermographie in drei Phasen: In einer ersten Projektphase wurde der Einsatz von IR-Thermographie als Mess- und Visualisierungsmethode zunächst an einer breit gefächerten Auswahl von historischen Gebäuden und Bauteilen getestet, unter anderem an Außen- und Innenwänden, Gewölben, Dächern, Boden- und Deckenaufbauten, Kellern, Sockelzonen, Mauerwerksverbänden, Natursteinoberflächen, Putzschichten, Fassadenverkleidungen, etc. Ergänzend wurden die Untersuchungen bei veränderten Umgebungsbedingungen teilweise mehrfach wiederholt.

Die differenzierenden Messergebnisse wurden in der zweiten Projektphase vergleichend ausgewertet und kategorisiert. Zum einen konnte damit die Bedeutung von Umgebungseinflüssen bei

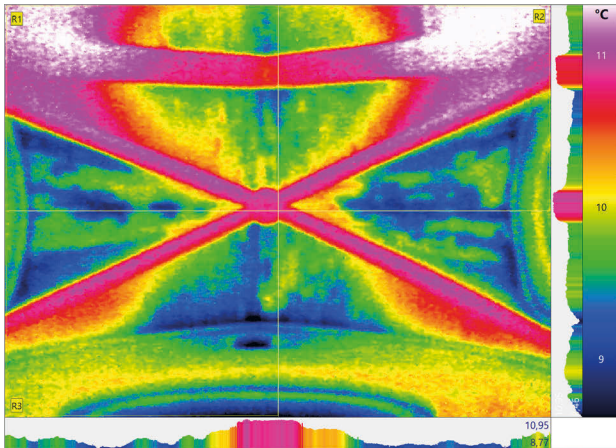


Abb. 4: Thermographische Untersuchung von Gewölbekappen; hier Falschfarbendarstellung zur Visualisierung der lokalen Temperaturverläufe [Luib / Nöbauer 2018].

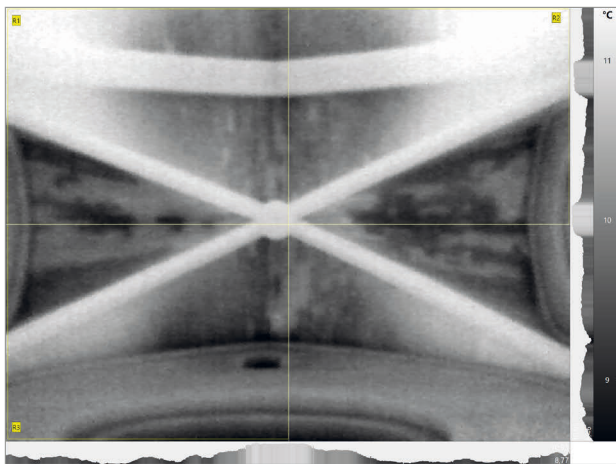


Abb. 5: Thermographische Untersuchung von Gewölbekappen; die kontrastreichere Graustufendarstellung verdeutlicht Mauerwerksgefüge und Materialwechsel in den Wölbflächen [Luib / Nöbauer 2018].



Abb. 6: Zusätzliche Objektdokumentation im sichtbaren elektromagnetischen Spektrum als Teil der vollständigen IR-Auswertung und gleichzeitig Grundlage für weitere bauforscherische Befundkartierungen [Luib / Nöbauer 2018].

typischen Messsituationen in situ abgeschätzt werden. Weiterhin bilden die erhobenen Messergebnisse die Grundlage für eine langfristige Standardisierung von bauforscherischen IR-Messungen und deren systematischer Auswertung. Ebenso wurden Messfehler, atmosphärische und klimatisch bedingte Störeinflüsse und Überlagerungen der Messergebnisse evaluiert und beispielhaft in die Untersuchungsstandards mit aufgenommen. In einer dritten Projektphase wird nun die Einbindung von IR-Thermographie in den Kanon bauforscherischer Methodik erweitert. Dabei soll die Thermographie nicht mehr nur als bloße Voruntersuchungsmaßnahme eingesetzt werden oder ausschließlich zur Lokalisierung und Visualisierung bauhistorisch relevanter Details, wie beispielsweise von Baufugen oder nachträglichen Zusetzungen, dienen. Vielmehr soll in der dritten Projektphase verstärkt die Kombination aus Thermographie und bauforscherischen Befundungsverfahren angewandt werden. Im Bereich stratigraphischer Zusammenhänge und der befundgestützten Erstellung chronologischer Bauphasenabfolgen können durch IR visualisierte Befunde bauliche Abhängigkeiten klären. Thermographie trägt so zur Erschließung komplexer Objekte der Baudenkmalpflege bei.

Im Hinblick auf den Aufbau einer Schlüsselbefundsammlung kann die Untersuchung mit thermalem Infrarot wichtige Leitbefunde ermitteln und deren baulichen Kontext visualisieren.

Weiteres Anknüpfungspotential besteht außerdem in der Einbindung thermographischer Daten in den Bereich des befundorientierten digitalen Modellbaus und übergeordnete Heritage-BIM-Systeme.

## Gesellschaftliche Relevanz und Nutzung der Ergebnisse

Parallel zur methodischen Vertiefung wird kontinuierlich der aktuelle Forschungsstand zu Infrarot-Thermographie dokumentiert und in einer eigenen Fachliteratursammlung referenziert. Durch die simultane Aufarbeitung des aktuellen Forschungsstandes können Forschungsschwerpunkte differenziert und künftige Forschungsdesiderate abgeglichen werden.

In der bauforscherischen Praxis fördert die differenzierte Adaption der Einsatzmöglichkeiten von thermalem Infrarot die Etablierung von Untersuchungsstandards. Als zerstörungsfreie, berührungslose und sehr zeiteffiziente Methode kann die Thermographie auch in verschiedenen Stadien der Denkmaldokumentation, Sanierungsplanung, -vorbereitung und



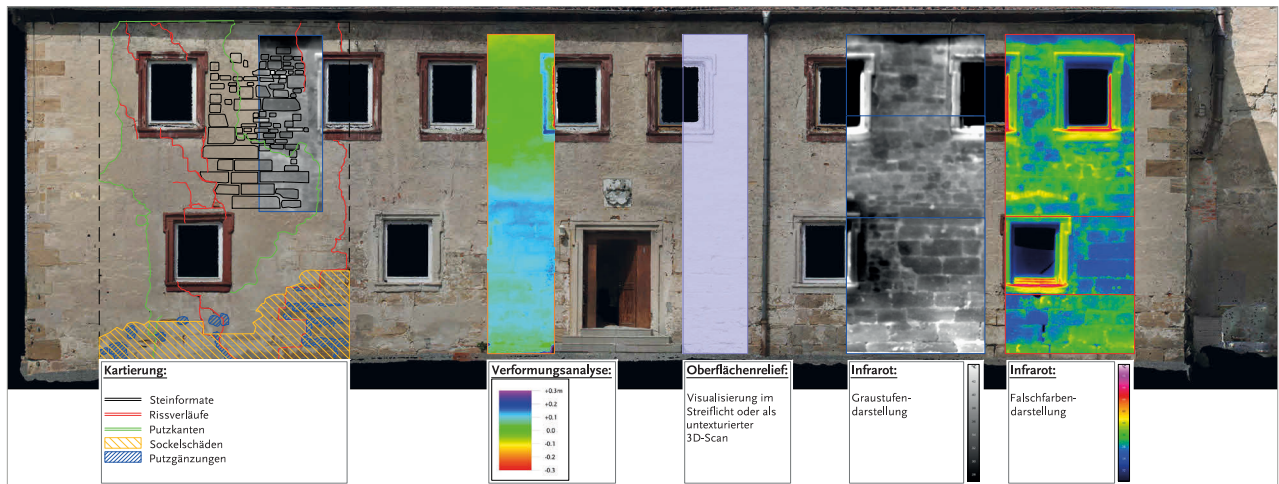


Abb. 7: Einbindung von thermalem Infrarot in den Untersuchungskanon der Bauforschung; hier Fassaden- und Außenwandanalyse (v.l.n.r.): Kartierung von Steinformaten, Rissverläufen, Putzkanten, Ergänzungen, Schäden und Reparaturstellen; Verformungsanalyse durch einen Regelflächenvergleich (Abweichung von idealer Fassadenebene); Oberflächenrelief in Streiflichtaufnahmen oder texturfreien 3D-Darstellungen und Infrarotthermographie zur ergänzenden Detektion optisch nicht erkennbarer bzw. exakt beschreibbarer Materialeigenschaften [Luib 2020].

-ausführung den jeweiligen Ist-Zustand dokumentieren sowie Fragen zu Konstruktion, Bauteilübergängen oder Schäden klären.

Darüber hinaus können im Sinne eines mittel- und langfristigen Denkmalmonitorings historische Gebäude radiometrisch wiederholt dokumentiert und analysiert werden. Die begleitende thermale Untersuchung kann beispielsweise Vor- und Nachzustand von baulichen Veränderung abgleichen, Materialdegradationen verfolgen oder die angemessene Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen prüfen.

### Bamberger Kompetenzen

Das Profil der Bamberger Bauforschung beinhaltet unter anderem die Etablierung von Qualitätsstandards für die Baudokumentation, insbesondere auch durch den fachlich evaluierten Einsatz moderner Technologien. (Vgl. dazu: *Baudokumentation am KDWT*, Berichte des KDWT 1, S. 48–51). Im Mittelpunkt steht deren konkrete Anwendung im Hinblick auf spezifische bauforscherische Fragestellungen. In Abgrenzung zur rein technologischen Evaluation, bei der das Hauptaugenmerk auf der Optimierung der Technik liegt, konzentriert sich die historische Bauforschung in Bamberg auf eine Adaption und kontinuierliche Evaluation der von ihr angewandten Technologien im Hinblick auf übergeordnete Befundungsverfahren und trägt damit zur Optimierung der fachspezifischen Methodik bei. Als sachzeugnisorientierte Disziplin implementiert die Bamberger Bauforschung neue technologische Ansätze immer zielgerichtet und abgestimmt auf die konkreten Fragestellungen zur Erforschung der historischen Objekte als primäre bauhistorische Quelle.

Die Infrarot-Thermographie als multidisziplinäre Untersuchungstechnologie steht beispielhaft für eine solche Adaption methodischer Ansätze aus angrenzenden Fachbereichen: Ursprünglich überwiegend für die energetische Untersuchung von Neubauten angewandt, wächst die Bedeutung thermographischer Untersuchungen im bauforscherischen Kontext. Die Resultate der auf historische Bausubstanz angepassten IR-Thermographie liefern kontaktlos, zerstörungsfrei und effizient entscheidende Beiträge zur Klärung bauforscherischer Fragestellungen.

(Anna Luib)

LUIB, Anna: *Infrared Thermal Imaging as a Non-Destructive Investigation Method for Building Archaeological Purposes*, in: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W15, 695–702, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-695-2019>, 2019.

LUIB, Anna: *Infrared Thermal Imaging as a Non-Destructive Investigation Method for Building Archaeological Purposes*. ICOMOS/ISPRS, 27th International CIPA-Symposium, Avila 01.09.–05.09.2017.

LUIB, Anna: *Infrarot-Thermographie in der Bauforschung und Bauwerksdokumentation - Aktuelle Projekte und Untersuchungsergebnisse*, Werkstattgespräch des IADK, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.02.2019.

## Brandschutz in historischen Wohngebäuden

### Voraussetzungen, Kriterien, Bedingungen und Anforderungen



Abb. 1: Deckenkonstruktion eines Altbaus mit Brandschaden [Schalk 2020].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling
Bearbeitung:	Dipl.-Ing. (FH) Christian Schalk M.A.
Laufzeit:	seit 2016
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Der Brandschutz im Baudenkmal funktioniert nicht nach Neubaumaßstäben. Niemand kann als Eigentümer oder Betreiber gezwungen werden, bei angemessener Nutzung und bei „normalen“ Rahmenbedingungen, Neubaustandards im Baudenkmal zu erreichen. Dafür gibt keine gesetzliche Grundlage und kein verantwortungsbewusst handelnder Fachkundiger wird überhaupt nur versuchen, die heute (zum Zeitpunkt der geplanten Maßnahme) brandschutzrechtlichen Bestimmungen der Bauordnung nebst Nebenbestimmungen auf ein Baudenkmal anzuwenden. Wer dies versucht, muss zwangsläufig scheitern. Dies gilt im Übrigen auch für jeden historischen Baubestand, der kein Schwarzbau ist.

Von außen her betrachtet wirkt der Brandschutz hermetisch, kompliziert und aufwändig. Auf Anhieb kann auch niemand sagen, welche Brandschutzbestimmungen für das Einzelbauwerk gelten, welche davon verpflichtend und welche verhandelbar sind. Um das zu beurteilen, muss man sich die benötigten Grundlagen hart erarbeiten. Von Innen her und vor allem auf der Gebäude-

ebene, also am Objekt selbst, ist in der Regel alles lösbar – vorausgesetzt, man überfordert nicht die Leistungsfähigkeit des Dreigestirns *spezielle Rahmenbedingungen, angemessene Nutzung und bauliche Gegebenheiten*.

Niemand hat im deutschsprachigen Raum bislang versucht, den Brandschutz im Bestand rein regulativ oder gar auf Gesetzes- oder Verordnungsebene vollumfänglich zu steuern – also beispielsweise mit einer Bauordnung für den Bestand. Das ist im Übrigen auch nicht notwendig, denn jedes Gebäude (selbst Schwarzbauten) wurden immer zu bestimmten Zeitpunkten errichtet bzw. erweitert oder verändert, zu denen ausnahmslos bestimmte Bauvorschriften, in welchem Umfang auch immer, galten.

Wir plädieren an dieser Stelle für einen „minimalistischen Brandschutz“, also dafür, auf zusätzliche Brandschutzmaßnahmen wie etwa Verkleidungen, aufwendige Abschottungen oder Löschanlagen möglichst und weitestgehend zu verzichten – was oftmals eher Zielsetzung und Wunsch bleiben muss, da ansonsten die Nutzung historischer Gebäude verhindert werden könnte. Dennoch setzen wir vorzugsweise auf die Leistungsfähigkeit und die technischen Parameter historischer Bauteile und Baukonstruktionen. Und auf die Fortgeltung historischer Bauvorschriften, die zu ihrer Entstehungszeit meist mit Umsicht und auf Grundlage eines großen, manchmal schmerzhaften Erfahrungsschatzes erlassen wurden.

In der Folge soll allerdings auch gezeigt werden, dass für einen großen historischen Bestand an Gebäuden, nämlich den Wohngebäuden der Gebäudeklassen 1 und 2 sowie mit Einschränkungen zudem solche der Gebäudeklasse 3, Brandschutz auch im Baudenkmal sogar nach Neubaumaßstäben funktioniert. Denn: die Anforderungen an die Gebäudeklassen 1 und 2 sind gemäß Bayerischer Bauordnung derart gering, dass nahezu jedes Baudenkmal dieser Klassen den Neubaustandard erreichen kann.

Für die höheren Gebäudeklassen 3, 4 und 5 verhält sich dies mitunter anders. Alleine die Baustoffverwendung in historischen Gebäuden, Stichwort Verwendung brennbarer Baustoffe wie etwa Holz in Form von Fachwerk und Deckenkonstruktionen, stellt hohe Anforderungen an die Kenntnisse von Brandschutzfachleuten, Statiker:innen, Behörden und Prüfsachverständigen.



Doch dafür hat der Gesetzgeber das Institut der Abweichung von bauordnungsrechtlichen Bestimmungen vorgesehen. Begründete Abweichungen, ggf. in Kombination mit Kompensationsmaßnahmen, werden regelmäßig genehmigt.

Um diesen „Dispens“ von der Regelmäßigkeit des „Systems Brandschutz in der Bauordnung“ zu erhalten, muss allerdings einiges getan werden. Es genügt nicht, das geflügelte Wort vom „Bestandsschutz“ in die Runde der fachlich Beteiligten zu rufen, und alles wäre damit abgetan. Einer Erleichterung von den Brandschutzbestimmungen hat der Gesetzgeber, das Vertragsrecht und die Denkmalschutzgesetzgebung – meist ohne sich darüber im Klaren zu sein – einige wesentliche Hürden in den Weg gestellt.

Und, um es noch einmal mit Nachdruck zu betonen: Brandschutz im Baudenkmal ist auch unter Berücksichtigung des Gebots der Wirtschaftlichkeit und des angemessenen Aufwands möglich.

Ein Hinweis sei an dieser Stelle gegeben: Vielfach wird bei den Anforderungen an Bauteile und Baukonstruktionen auf den Brandschutz geschielt, er verursache erheblichen Aufwand und hohe Kosten. Allerdings ist es in aller Regel so, dass die Anforderungen bspw. an den Schallschutz ungleich höher sind – nicht dem Gesetzestext nach, sondern vielmehr gemäß den heutigen Ansprüchen. Eine Decke brandschutztechnisch zu ertüchtigen, hat meist den Nebeneffekt, dass der Schallschutz ebenfalls verbessert wird – und umgekehrt. Dies ist jedenfalls immer dann der Fall, wenn eine fachkundige Planer:in maßvoll die vielen Anforderungen an ein Gebäude analysiert, ordnet und in Reihe stellt – diese ggf. auch hierarchisiert.

Der Denkmal- und Zeugniswert eines Gebäudes und seiner historischen Ausstattung bzw. Konstruktion wiegt schwer in der Waagschale des Abwägungsprozesses. Damit steigt in aller Regel die Bereitschaft der Beteiligten zu einem Kompromiss mit Augenmaß beim Thema Brandschutz.

Im nicht denkmalgeschützten historischen Bestand ist dies im Übrigen nicht viel anders. Auch die bauzeitlich feuerbeständige Stahlbetondecke eines Geschosswohnungsbaus der 1970er Jahre ist nach heutigen Maßstäben, also im Jahr 2020, nicht zwangsläufig feuerbeständig – alleine wegen der damals noch üblichen geringeren Betondeckungen. Doch ist das ein Problem per se? Nein, ist es nicht. Die bauzeitlich gewählten Konstruktionen eines Gebäudes sind schlichtweg technische Gegebenheit aus der Erbauungs- und/oder Veränderungszeit, das Haus und damit der Nutzer hat die Konstruktion mitsamt ihren Parametern quasi geerbt. Nun gilt es, damit umzugehen.

Dieser Umgang mit den historisch-technischen Eigenschaften eines Gebäudes ist komplex, aber weniger kompliziert als gemeinhin angenommen. Bei allem Wohlwollen gegenüber den technisch-historischen Eigenschaften eines Gebäudes darf dennoch nicht sorglos oder gar „leichtsinnig“ gehandelt werden. Brandschutz ist immer objektbezogen und eine Einzelfallentscheidung. Der Einzelfall bezieht sich dabei meist nicht auf die Bauteilebene oder auf spezielle Konstruktionen, sondern vielmehr auf die Umgebung und die Randbedingungen.

Eben die Analyse historischer Baukonstruktionen und die damit verbundene Ermittlung von Bauteilzusammenhängen, der Bau- und Veränderungsgeschichte wie auch der Materialverwendung ist eine der klassischen Aufgaben der historischen und analytischen Bauforschung. Sie ist damit Trägerin der Grundlagenermittlung für jegliche Beschäftigung mit dem historischen Baubestand – und damit auch seiner Erhaltung und Fortentwicklung. Der Beitrag der Bauforschung zum Thema Brandschutz kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Auch die datierende Einordnung von Bauphasen ermöglicht erst das korrekte Heranziehen einschlägiger bauzeitlicher Vorschriften – wann galt was unter welchen Zustandsbedingungen des Gebäudes.

Beim Umgang mit Vorschriften zum Thema Brandschutz gibt es allerdings immer Hierarchien, Überlagerungen und Querverweise. Dabei ist es wichtig zu verstehen, dass auf der Bauteilebene, also im Objekt und direkt an der historischen Baukonstruktion nur einzelne, quasi Hand verlesene Vorschriften gelten. Diese stehen stets in einem Kontext zu Anschlussbauteilen, Funktionen im Gebäude und einem teilweise abstrakt ermittelten Leistungsbedarf einer Gesamtkonstruktion.

### Wie geht man nun vor und was ist überhaupt erforderlich?

Wohngebäude stellen im Baubestand noch immer das Gros der Bestandsgebäude dar. Jeder kennt Wohngebäude, ihre Nutzung ist in aller Regel unstrittig und sie sind häufig Antragsgegenstand im bauaufsichtlichen Verfahren. An dieser Stelle soll u.a. deshalb ein knapper Versuch der Kategorisierung beim Brandschutz von Wohngebäuden im Bundesland Bayern unternommen werden. Als Checkliste dient eine Art Ablaufplan und liefert die oben angeführten „Ansatzpunkte“.

Im Folgenden soll deutlich gemacht werden, dass sich nach einer Menge Vorarbeit die konkreten Brandschutzanforderungen verhältnismäßig einfach ableiten lassen. Maßgeblich für den „brandschutzmäßigen Anforderungskatalog“ ist die Gebäudeklasse dem das zu behandelnde Gebäude angehört.

## 1.) Wohngebäude - ja oder nein?

Reine „private“ Wohngebäude gelten in der Bauordnung als besonders privilegierte Nutzungen, also solche, für die es in aller Regel erleichterte oder zumindest mit Ausnahmetatbeständen gehaftete Vorschriften gelten. Dies ist mitunter nicht weiter verwunderlich, denn aus einer reinen Wohnnutzung heraus ergeben sich zunächst keine besondere Gefahren, wie dies etwa bei Arbeitsstätten i. d. R. der Fall ist - man denke beispielhaft nur an gewerbsmäßige Schweißerarbeiten.

Natürlich kann es in Wohnungen, beispielsweise bei Umbauten, zu Arbeiten aller Art kommen, doch unterliegen diese dann dem „Baustellenrecht“, also dem weiten Feld des Arbeitsstättenrechts.

Wohngebäude sind Gebäude, die ausschließlich dem Wohnen dienen. Wohnen definiert sich u.a. gemäß Art. 46 BayBO. Gemeint ist damit das „private“ Wohnen in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern. Die Steuergesetzgebung und die Rechtsprechung gibt hierbei die wesentlichen Tatbestände vor, was alles unter Wohnen und einem bestimmungsgemäßen Gebrauch einer Wohnung zu verstehen ist. Meist fällt die freiberufliche Tätigkeit (i.S.d. Einkommenssteuergesetzes) noch unter den Begriff Wohnen.

Streng von „privaten Wohngebäuden“ zu unterscheiden sind Gebäude für soziale Zwecke oder gemeinschaftliches Wohnen, also Wohnheime, Alten- und Pflegeheime, Hotels, Unterkünfte u.ä.

Diese Gebäudearten unterliegen in aller Regel schärferen Vorschriften, auch in Bezug auf Brandschutz, Schallschutz sowie Flucht- und Rettungswege. Oftmals unterliegen Sie auch Sonderbauvorschriften, z.B. der Beherbergungsstättenrichtlinie, und werden als sogenannte „geregelte Sonderbauten“ besonderen bauordnungsrechtlichen Anforderungen unterworfen.

## 2.) Gebäudetypus, städtebauliche Stellung und Gebäudeklasse

Gleich ob Alt- oder Neubau, muss die hier angesprochene Gebäudegruppe in mindestens diese Kategorien eingeteilt werden:

### 2A.) BAUWEISE

- *geschlossene Bauweise*: Jedes aneinandergebaute Gebäude muss i.d.R. auf beiden seitlichen Grundstücksgrenzen ohne Abstand errichtet werden, außer, wenn die vorhandene Bebauung dies erfordert (= Abweichung von der Regel). Hausgruppen mit einer Länge von mehr als 50 m gelten als geschlossene Bauweise. *Beispiel*: Wohnblock in einer Blockrandbebauung

(gründerzeitliche Stadterweiterungen); historische Zeilenbauweise mit einer Länge größer 50 m (Fuggerei, Augsburg);

- *offene Bauweise* (= *Bauen mit Abstandsfläche*): Als Einzelhäuser, Doppelhäuser oder Hausgruppen mit einem Abstand zu beiden seitlichen Grundstücksgrenzen und mit einer Länge von höchstens 50 m. Die Abstandsflächen sind nachzuweisen an allen freien Seiten; nicht jedoch dann, wenn die Trennung einzelner Gebäude auf der Grundstücksgrenze stattfindet. *Beispiel*: vgl. nächsten Punkt.

### 2B.) STÄDTEBAULICHE UND BAUORDNUNGSRECHTLICHE STELLUNG VON GEBÄUDEN

- *Freistehend*, also mit in berücksichtigbarer Weise ausreichendem Abstand zu anderen Gebäuden errichtet: Das Attribut „freistehend“ bedingt in aller Regel die offene Bauweise, vgl. oben. *Beispiel*: freistehendes Wohnstallhaus mit freistehender Scheune und Gesindehaus; freistehendes Mühlengebäude;
- *Aneinandergesetzt* (i.S.d. Art. 6 Abs. 6 Satz 3 BayBO 2019), synonym für „zusammengesetzt“ oder „angebaut“;
- *Anbau, Erweiterung, Aufstockung*, Anbauten sind abhängig und/oder unabhängig vom Hauptgebäude errichtete Gebäude oder Gebäudeteile, die gegenüber der Hauptanlage untergeordnet sind und einzeln bzw. gemeinsam mit der Hauptanlage keine höheren Brandchutzanordnungen auslösen.

### 2C.) NUTZUNGSEINHEITEN

Der Begriff der Nutzungseinheit ist in der Bayerischen Bauordnung nur unbefriedigend definiert, was stellenweise als sehr problematisch bezeichnet werden muss, da die BayBO immer wieder auf diesen Begriff Bezug nimmt.

Herleitung aus dem Kommentar zur BayBO, mangels Definition: Die „Nutzungseinheit“ ist „... eine Summe von Räumen, die auf Grund der organisatorischen und räumlichen Struktur als Einheit betrachtet werden können.“ Im Zweifelsfall sind weitere Definitionen anzuwenden.

### 2D.) GEBÄUDETYPUS, SYNONYM GEBÄUDEART, AUCH NUTZUNGSART DER WOHNGEBÄUDE IN BAYERN

(wie auch in statistischen und steuerrechtlichen Erhebungen üblich):

- Einfamilienhaus, auch Wohn- und Lebensgemeinschaften, ein gemeinsamer Haushalt;
- (Einfamilienhaus/Hauptwohnhaus mit) Einliegerwohnung;



- Zweifamilienhaus (zwei Wohneinheiten i.d.R. geschossweise getrennt);
- Doppelhaus (bestehend aus zwei Doppelhaushälften), welche vertikal getrennt auf zwei Grundstücken stehen;
- Mehrfamilienhaus (mehr als 2 Wohneinheiten, geschossweise oder vertikal getrennt);
- gereihtes Haus (bestehend aus mehr als zwei aneinandergebauten Wohnhäusern), synonym für „Hausgruppe“;
- anderer Gebäudetyp(-us); Bei statistischen Erhebungen und im Steuerrecht gebräuchlich, jedoch i.d.R. für die brandschutztechnische Einordnung der hier behandelten Wohngebäude ohne Belang.

## 2E.) DIMENSIONEN, FLÄCHEN

Die Bayerische Bauordnung, aber auch die Musterbauordnung, stellt häufig auf maximal zulässige Bezugsgrößen ab. Dabei ist es wesentlich zu verstehen, dass die Flächen stets als BGF = Bruttogrundfläche angesprochen werden und sich damit auf die Außenabmessungen der Nutzungseinheiten beziehen.

## 2F.) OBERSTES GESCHOSS, IN DEM MINDESTENS EIN AUFENTHALTSRAUM MÖGLICH IST

Die Bayerische Bauordnung definiert oberirdische Geschosse wie folgt:

- Deckenoberkanten im Mittel mehr als 1,40m über der Geländeoberfläche;
- Im Übrigen sind sie Kellergeschosse;
- (Echte) Hohlräume sind keine Geschosse, Kriterium ist streng auszulegen;
- Mindestmaße Geschoss: ein Lichtraum mit einer Höhe von 2 m in einer Breite von min. 1m.

Ein „Aufenthaltsraum“ ist in der BayBO nur teilweise bestimmt. Für alle Gebäudeklassen (vgl. weiter unten) gilt:

- Aufenthaltsräume sind Räume, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt oder geeignet sind;
- ausreichend belüftet und mit Tageslicht belichtet sind;
- Fenster (auch Dachflächenfenster) mit einem Rohbaumaß der Fensteröffnungen von mindestens einem Achtel der Netto-Grundfläche des Raums einschließlich der Netto-Grundfläche verglaster Vorbauten und Loggien haben.

Die Anforderungen an die Abmessungen von Aufenthaltsräumen in Gebäuden der Gebäudeklasse 1 und 2 sind nicht bzw. nur unscharf definiert.

Für Gebäude der Gebäudeklasse 3, 4 und 5 gilt (vgl. weiter unten):

- Mindesthöhe eines Geschosses 2,40m lichte Raumhöhe; *Hinweis:* Unterschreitungen sind möglich, insbesondere beim Einzeldenkmal, jedoch in aller Regel als Abweichung aufzufassen;
- Mindesthöhe in Dachgeschossen 2,20 m, 50% NF bei Höhe 1,50 m.

## 2G.) HÖHE I. S. D. ART. 2 ABS. 3 SATZ 1 BAYBO

Die Beurteilung der Eigenschaften von Geschossen und Aufenthaltsräumen erfolgt regelmäßig in den Bauplänen, einschließlich des letzten Geschosses, über der Geländeoberfläche im Mittel, in dem Aufenthaltsräume möglich sind.

Die angesprochene Höhe ist eines der wesentlichen Kriterien zur Ermittlung der Gebäudeklasse. Sie bezieht sich auf die Höhe des Fertigfußbodens eines Geschosses im Mittel über der natürlichen Geländeoberkante. Unterirdische Geschosse (z.B. Kellergeschosse) werden dabei nicht berücksichtigt.

## 3.) Gebäudeklasse, synonym Gebäudeklassifizierung, Bundesland Bayern für Wohngebäude

Erst im Anschluss an die Klärung der oben genannten Sachverhalte ist es möglich, die Gebäudeklasse anhand der Vorgaben des Art. 2 Abs. 3 Satz 1 zu ermitteln. Die Gebäudeklasse kann nun an Hand der beigefügten Tabelle ermittelt werden (Abb. 2). Sie enthält zudem Brandschutzanforderungen wesentlicher Bauteile. Die verkürzte Darstellung ist dem hier vorgelegten Format geschuldet.

## 4.) „Dreigestirn“

Jedes Wohngebäude muss mindestens auf diese drei wesentlichen Belange hin überprüft werden. Denn Brandschutz mit Augenmaß ist an vernünftige und der Leistungsfähigkeit des Gebäudes angepassten Zielvorstellungen gebunden. Man darf ein historisches Gebäude nicht überfordern. Die nachfolgenden Kriterien sind selbstverständlich nicht abschließend aufgeführt, auf eine umfangreiche Darstellung muss an dieser Stelle verzichtet werden.

## (SPEZIELLE) RAHMENBEDINGUNGEN - EINBINDUNG IN DIE UMGEBUNG

Maßgeblich sind (beispielhaft aufgeführt):

- Lage im Stadt- bzw. Dorfraum, eingebaut, beengte Verhältnisse;
- Erschließung und Zufahrten, Befestigung von Zuwegungen;

- Feuerwehranfahrtswege, Löschwasserversorgung und -mengen;
- Zugänglichkeit des Gebäudes für Feuerwehr, Polizei und Rettungskräfte;
- Gefährdungspotential im Falle eines Brandes für die Nachbarbebauung;
- „verbaute“ Lagen, enge oder eng stehende Nachbargebäude;
- Eingrünungen, Bäume, Einfriedungen, Poller, Absperrungen u.ä.;
- ruhender Verkehr, Parkplatzsituation, Falschparker, Geräte, Maschinen;
- Baustellen, Gerüste, Absperrungen, Straßenbaumaßnahmen

Tabellarisch und in Form von Checklisten sind die Rahmenbedingungen hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Brandschutz einzuordnen - und letztlich möglichst „freizumelden“ oder eben bei der Erstellung von Brandschutznachweisen oder -gutachten ausreichend zu berücksichtigen.

### ANGEMESSENE NUTZUNG

Grundlage eines minimalistischen Brandschutzes unter Beibehaltung möglichst vieler Bestandskonstruktionen, Baumaterialien und der Ausstattung ist eine der Leistungsfähigkeit des Gebäudes angepasste Nutzung.

Insbesondere kleinere Häuser, die eigentlich der Gebäudeklasse 1 und 2 angehören würden und damit hinsichtlich der Brandschutzanforderungen besonders privilegiert sind, verlieren unter der Maßgabe, dass mehr als zwei Wohnungen eingebaut werden sollen, ihren „Sonderstatus“ und wechseln in die Gebäudeklasse 3 – mit allen Konsequenzen, denn damit verbunden ist z.B. die Forderung nach einem (abgeschlossenen) Treppenraum.

So bleibt an dieser Stelle der Hinweis, dass man, besonders zu Beginn einer Konzeptionierung für ein historisches Gebäude, die meisten und schwerwiegendsten „Fehler“ begehen kann. Ein Nutzungskonzept alleine kann also viel verderben – insbesondere beim Brandschutz.

### BAULICHE GEGEBENHEITEN - HISTORISCHE KONSTRUKTIONEN, EIGENARTEN UND MATERIALIEN

Auf der Gebäudeebene selbst gilt es die historischen Bauweisen zu beachten. Je nach Region, Gebäudetypus, Wirtschaftskraft oder Repräsentationsbedürfnis u.v.m. wurden bauzeitlich Materialien und Konstruktionen gewählt.

Die Verwendung brennbarer Baustoffe stellt, wie bereits angesprochen, in den Gebäudeklassen 1,

2 und 3 in aller Regel noch kein Problem dar. Allerdings liegt ab der Gebäudeklasse 4 die Messlatte deutlich höher. Insbesondere die hochfeuerhemmende Bauweise hat, ihrer komplexen Rahmenbedingungen wegen, ihre Tücken, insbesondere bei der Umsetzung von Baumaßnahmen.

Gebundene Stäube, lose, also beispielsweise nicht oder nicht mehr in Lehm eingepackte organische Materialien (Streu, Häcksel, Späne, Kohlenstaub u.ä.) sind im wahrsten Sinne des Wortes wegen ihrer hohen Entzündlichkeit brandgefährlich.

Die baulichen Gegebenheiten werden am allerbesten mittels der klassischen Untersuchungsmethoden der historischen und bauanalytischen Bauforschung ermittelt – am besten von erfahrenen Bauforschern mit entsprechender Zusatzqualifikation.

### Brandschutz in historischen Wohngebäuden – Thesen und Ausblick

An dieser Stelle sollen einige wesentliche Aspekte zum Umgang mit Brandschutz in historischen Wohngebäuden exemplarisch dargestellt werden.

#### GEBÄUDEKLASSE 1

- tragende und aussteifende Bauteile ohne Anforderung an die Feuerwiderstandsdauer;
- kein abgeschlossener Treppenraum nötig;
- alle Materialien erlaubt, mit Ausnahme von leichtentflammenden Baustoffen;
- keine/kaum Anforderung an Abschottungen, da kein Raumabschluss gefordert;
- Nutzung und Flächenausdehnung verhältnismäßig stark beschränkt;
- wenig Spielraum bei Nutzungsänderungen.

#### GEBÄUDEKLASSE 2

- wenige, meist lösbare Brandschutzanforderungen, ansonsten wie Gebäudeklasse 1.

#### GEBÄUDEKLASSE 3

- feuerhemmende Bauweise erlaubt die Verwendung brennbarer Baumaterialien;
- die üblichen historischen Baukonstruktionen erreichen die Brandschutzanforderungen meist;
- die Anzahl der Nutzungseinheiten ist nicht beschränkt;
- auch gereifte Häusergruppen möglich;
- Anforderungen u.a. an Treppenräume und den Raumabschluss von Bauteilen.



#### GEBÄUDEKLASSE 4

- historische Massivbauten erfüllen die Anforderung hochfeuerhemmend in aller Regel;
- liegen besondere Topografien vor (z.B. Hanglagen), können Erleichterungen erwirkt werden;
- in der Praxis ist der Nachweis „hochfeuerhemmend“ für Geschossdecken im Bestand schwierig;
- Historische Gebäude der GK 4 weisen häufig Flächenausdehnungen größer 400m<sup>2</sup> auf.

#### GEBÄUDEKLASSE 5

- keine Flächenbeschränkung;
- im historischen Baubestand ist die Höhe kleiner 22m (Hochhausgrenze) meist ausreichend;
- Zusatzmaßnahmen ermöglichen eine Ausführung in F90-B, Abweichungen sind möglich;
- zahlreiche Anforderungen an Trennwände und andere brandschutzrelevante Bauteile;
- hohe Gebäude stellen hohe Anforderungen an die Feuerwehren im Zuge der Brandbekämpfung.

#### Empfehlung

In aller Regel kann, unter gewissen Rahmenbedingungen und mit unaufgeregten Kompensationsmaßnahmen, bis hin zur Gebäudeklasse 5 eine Abweichung von den Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer – nicht jedoch an den Raumabschluss – erwirkt werden. Wir empfehlen, beispielsweise bei Gründerzeithäusern der Gebäudeklasse 4 und 5, die Herabsetzung der Feuerwiderstandsdauer für die wesentlichen Bauteile, insbesondere tragende Wände und Decken, auf feuerhemmend anstelle von hochfeuerhemmend bauaufsichtlich zu beantragen. Somit kann der Erhalt beispielsweise von Geschossdecken auch ohne Brandschutzverkleidungen ermöglicht werden. Denkbare Kompensationsmaßnahmen sind, wenn alle Rettungswege funktionieren, eine Brandfrüherkennung, beispielsweise in Form eines Hausalarms. Dennoch bleibt festzustellen: Brandschutzbelange sind stets im Kontext vieler Anforderungen zu sehen und bleiben, wohl für immer und auch zu Recht, Einzelfallentscheidungen der fachlich Beteiligten. Der Arbeitsbereich 3: Bauforschung des KDWT wird, unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling, in seiner Reihe „Bamberger Empfehlungen zur Baudenkmalpflege und zum Bau-erhalt“ im kommenden Jahr einen Band zum Thema „Brandschutz im Baudenkmal“ veröffentlichen.

(Christian Schalk)

Tabellarische Übersicht Anforderungen		GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
Nr.	Kriterium					
1.)	Wohngebäude	x	x	x	x	x
2a.)	Bauweise					
	geschlossen			x	x	x
	offen	x	x	x	x	x
2b.)	Stellung					
	Freistehend	x		x	x	x
	Aneinandergelagert		x	x	x	x
	Anbau, Erweiterung	u.U.*	u.U.*	u.U.*	u.U.*	u.U.*
	Aufstockung	u.U.*	u.U.*	u.U.*	u.U.*	u.U.*
2c.)	Nutzungseinheiten					
	max. 2 insgesamt	x				
	max. 2 pro DHH		x			
	Keine Beschränkung NE			x	x	x
2d.)	Gebäudetypus					
	Einfamilienhaus	x				
	EFH+Einliegerwohnung	x				
	Zweifamilienhaus	x				
	Doppelhaus, DHH		x			
	Mehrfamilienhaus			x	x	x
	gereihtes Haus			x	x	x
2e.)	Dimensionen, Flächen					
	max. 400m <sup>2</sup> insgesamt	x	x			
	jeweils (einz.) max. 400m <sup>2</sup>				x	
	Keine Flächenbeschränkung			x		x
2f.)	Aufenthaltsraum möglich	x	x	x	x	x
2g.)	Höhe über Gelände i.M.					
	max. 7m	x	x	x		
	max. 13m				x	
	höher 13m und kleiner 22m (über 22m = Hochhaus; Sonderbauvorschrift)					x
4.)	"Dreigestirn"					
4.1)	(Spezielle) Rahmenbedingungen					
	Im Wesentlichen erfüllt	x	x	x	x	x
4.2)	Angemessene Nutzung					
	Im Wesentlichen erfüllt	x	x	x	x	x
4.3)	Bauliche Gegebenheiten					
	Im Wesentlichen erfüllt	x	x	x	x	x
BayBO	Bauteilanforderungen wesentlicher Bauteile	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
Art. 25	Tragende Wände, Stützen					
	Kellergeschoss	fh	fh	fb	fb	fb
	Normalgeschoss	o.A.	fh	fh	fh	fb
	Untere Dachgeschossebene(n)					
	ohne Aufenthaltsraum in 2. Ebene	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
	mit Aufenthaltsraum in 2. Ebene	o.A.	o.A.	fh	fh	fb
	Oberste Dachgeschossebene					
	ohne Aufenthaltsraum	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
	mit Aufenthaltsraum	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
Art. 26	Außenwände					
	Sofern tragend gilt Art. 25 vgl. oben	---	---	---	---	---
	Nichttragende Außenwandbauteile	o.A.	o.A.	o.A.	fh od. nb	fh od. nb
	Oberflächen/Bekleidungen/Dämmstoffe	o.A.	o.A.	o.A.	se	se
	Jeweils mit und ohne Aufenthaltsraum					
	in der 2. Dachebene					
Art. 27	Trennwände					
	zwischen Nutzungseinheiten	nicht erf.	nicht erf.	fh	fh	fb
	zwischen NE und anders genutzten Räumen	nicht erf.	nicht erf.	fh	fh	fb
	zw. NE/and. gen. R. und notw. Fluren im KG	nicht erf.	nicht erf.	fh	fh	fb
	zw. Aufenth.r. und anderes gen. R. im KG	nicht erf.	nicht erf.	fb	fb	fb
Art. 29	Decken (Geschossdecken)					
	Kellergeschoss	fh	fh	fb-R.A.	fb-R.A.	fb-R.A.
	Normalgeschoss					
	DG ohne Aufenth.r. i.d. 2.DG Ebene	o.A.	fh	fh-R.A.	fh-R.A.	fb-R.A.
	DG mit Aufenth.r. i.d. 2.DG Ebene	o.A.	fh	fh-R.A.	fh-R.A.	fb-R.A.
	Decken in Dachgeschossen					
	DG ohne Aufenth.r. i.d. 2.DG Ebene	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
	DG mit Aufenth.r. i.d. 2.DG Ebene	o.A.	fh	fh-R.A.	fh-R.A.	fb-R.A.
Art. 30	Dächer					
	Grundsätzlich gilt	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
	Ausnahmen bestehen, hier nicht dargelegt					

\* Sofern nicht andere Kriterien davon berührt werden

Abkürzungen	
x	Kriterium muss erfüllt sein
o.A.	Ohne Anforderung an die Feuerwiderstandsdauer
nicht erf.	Nicht erforderlich
fh	feuerhemmend i.S. BayBO/BayTB
hfh	hochfeuerhemmend i.S. BayBO/BayTB
fb	feuerbeständig i.S. BayBO/BayTB
-R.A.	Zusatz: mit Raumabschluss i.S. BayBO/BayTB

Abb. 2: Tabellarische Übersicht der Brandschutzanforderungen im Bestand [Schalk 2020].

## Semantische Modellbildung in der Bauforschung

### Fachspezifische Anforderungen an virtuelle 3D-Modelle



Abb. 1: Durch 3D-Modelle werden nicht mehr existierende Raumgefüge erlebbar und überprüfbar, hier ein transloziertes Ausstattungsstück in seinem ursprünglichen Kontext innerhalb von St. Lorenz in Nürnberg [Nöbauer / Schalk 2020].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling, Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik
Bearbeitung:	Anna Nöbauer M.A., Anna Luib M.A., Dipl.-Ing. Angel Menargues M.A., Patrick Schalk M.Eng.
Partner:	Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik (IFIS) der Universität Passau
Laufzeit:	seit 2018
Finanzierung:	Bundesministerium für Bildung und Forschung, KDWT-Eigenmittel

Die Nutzung modellierter 3D-Darstellungen gehört auch in den Fächern, die sich mit Objekten des kulturellen Erbes befassen, inzwischen zum Alltag. In aller Regel dienen sie der Präsentation von Forschungsergebnissen für eine erweiterte Fachcommunity oder zur Vermittlung von Inhalten an eine breitere Öffentlichkeit (Abb. 1).

Demgegenüber verwendet die Bauplanung 3D-Modelle zwar auch zu reinen Darstellungs- und Vermittlungszwecken, beispielsweise zur Überprüfung von Entwurfsentscheidungen oder als gemeinsame Diskussionsgrundlage mit den Bauherren, ihr Anwendungsbereich ist aber inzwischen unter dem Label des sogenannten *Building Information Modelling (BIM)* weit enger mit dem Entwurfs- und Planungsprozess verzahnt. Einzelne Komponenten des Modells werden hierbei mit Informationen verschiedener Gewerke sowie mit Parametern für die halbautomatische Aktualisierung der Geometrie verknüpft. Das Ziel ist die Zusammenführung aller relevanten Daten in ein und derselben Planungsgrundlage und damit eine entscheidende Verbesserung des kollaborativen Arbeitens im Planungs- und Bauprozess, aber auch die Fortschreibbarkeit des Informationsbestands im Laufe der Gebäudebewirtschaftung.

In den Geisteswissenschaften, insbesondere in den textorientierten Fächern zeichnen sich seit mehreren Jahrzehnten unter dem Label der sogenannten *Digital Humanities* oder auch *e-Humanities* im gewissen Sinne ähnliche Tendenzen ab. XML-basierte Auszeichnungsstandards des „klassischen“ Internets oder Graphentechnologien des sogenannten „Semantic Web“ haben die Erschließung von Daten für die Analyse mit algorithmischen Methoden, eine verbesserte Anschlussfähigkeit von Forschungsergebnissen oder die eng vernetzte, kollaborative und disziplinenübergreifende Kontextualisierung von Informationen zum Ziel. Inzwischen hat die Arbeitsweise längst auch ihren Weg in die Musik- und Bildwissenschaften oder auch die Archäologie gefunden und wird folglich immer öfter als *digitale Geistes- und Kulturwissenschaften* bezeichnet.

Die historische Bauforschung sieht sich als Schnittstellendisziplin, die sowohl der wissenschaftlichen Analyse in den kulturhistorischen Fächern als auch der Planung für die praktische Umsetzung von Maßnahmen Grundlagen liefert. Durch die Ausdifferenzierung der Denkmalfächer finden zunehmend mehr Informationen von der geisteswissenschaftlichen Geschichtsforschung bis hin zu naturwissenschaftlichen Materialanalysen in den Bauwerkserfassungen Eingang. Solche Dokumentationen enthalten zudem eine große Vielfalt multimodaler Darstellungsmethoden wie die Einzelblätter sogenannter Raumbücher, Plan-



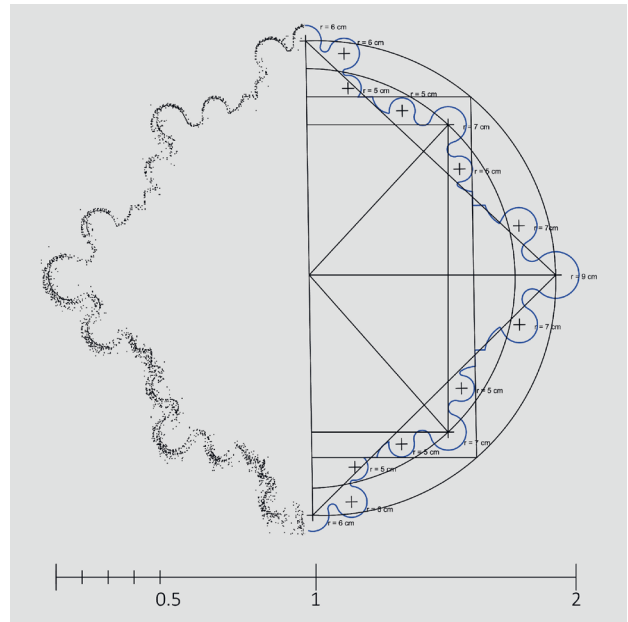
zeichnungen unterschiedlicher Maßstäbe und Genauigkeitsstufen, Listen, Skizzen, Kartierungen diverser Inhalte und schließlich auch 3D-Modelle. Bei alledem zählt zu den wesentlichen Qualitätsmerkmalen die möglichst dicht vernetzte Kontextualisierung dieser Daten am Gesamtgebäude und darüber hinaus. Um die Relevanz der Dokumentationen der Bauforschung möglichst effizient in Planungsprozesse einzubinden und um wichtige Erkenntnisse für die kulturhistorische Forschung weiterhin verwertbar zur Verfügung zu stellen, wird im Sinne der Zukunftssicherung des Faches die Nutzung der Leistungsmerkmale von BIM-Systemen auf der einen Seite und semantischer Technologien auf der anderen zunehmend eine ernstzunehmende Aufgabe, die weit über reine Präsentationszwecke hinausgeht. Weil der Arbeitsbereich Bauforschung – Baugeschichte – Bauernhalt am KDWT bezüglich des Personals auf eine den begrenzten Zeitrahmen von klassischen Drittmitteln hinausgehende Dauerfinanzierung zurückgreifen kann, hat sich die Abteilung zum Ziel gesetzt, diese Aufgabe langfristig zu begleiten. Anlass dafür bilden verschiedene abgeschlossene und laufende Vorhaben, die die Modellbildung mehr oder weniger berühren, zuletzt ein BMBF-gefördertes Verbundprojekt (siehe dazu *Die Nürnberger Großkirchen*, 18–23).

### Die Geometrie – eine Frage der Genauigkeit

Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von 3D-Darstellungen unterscheiden, die in der historischen Bauforschung Anwendung finden:

- 3D-Oberflächenmodelle, die durch automatisiertes Vermaschen von photogrammetrisch oder mit 3D-Scannern erstellten Punktwolken generiert werden;
- 3D-Volumenmodelle, die mehr oder weniger von Hand in entsprechender Software nach und nach aufgebaut sind.

Während erstere als „objektives“ Aufmaßprodukt angesprochen werden können, weil ihre Geometrie weitgehend automatisiert mithilfe von Geräten und Algorithmen aufgenommen wird, benötigen letztere durch händisches Abstrahieren und Nachmodellieren wesentlich mehr Eingriffe durch den menschlichen Geist und weisen entsprechend einen deutlich höheren Grad an „Subjektivität“ auf (siehe dazu auch: *Baudokumentation am KDWT*, Berichte des KDWT 1, S. 48–51). Auch wenn dieser Umstand zunächst den Anschein hat, sich nachteilig auf wissenschaftliches Arbeiten im Allgemeinen auszuwirken, stellt eine differenzierte Hinterfragung des Begriffes „Genauigkeit“ die



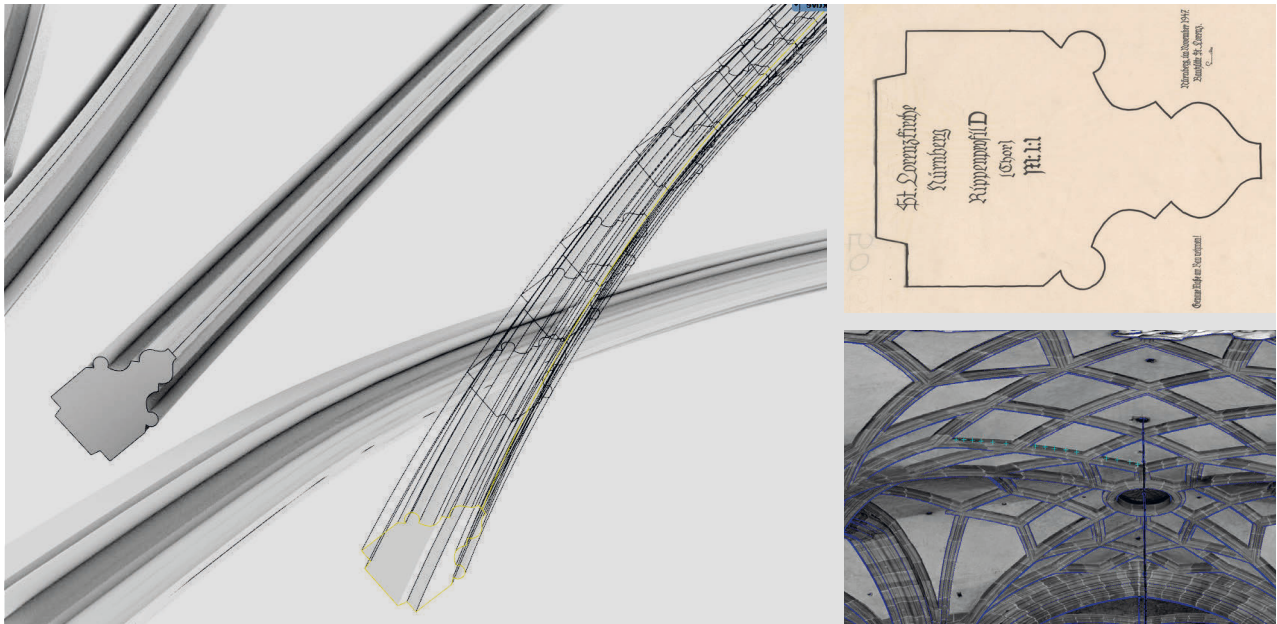


Abb. 3: Die Modellierung von Volumendarstellungen ist zugleich auch eine Zusammenführung unterschiedlicher Grundlagen. Zur Konstruktion der Gesamtgeometrie der hier dargestellten Gewölberippen (links) dienen die Punktwolken moderner Laserscanner (rechts unten). Profilverfolgen des Rippenquerschnitts sind hingegen in händischen, historischen Aufmaßen bauteilgerecht abgebildet (rechts oben). Auf diese Weise fließen die Qualitäten und Genauigkeiten unterschiedlicher Verfahren ins Modell ein [Nöbauer / Salzer / Luib 2018].

Bei genauerer Betrachtung des Herstellungsprozesses wird dieser Aspekt umso deutlicher. Aufgrund der sich rasant entwickelnden Aufmaßtechniken und zur Wahrung der internen Genauigkeit werden Oberflächenmodelle in der Regel gänzlich neu produziert. Demgegenüber ist die händische Modellierung von Volumendarstellungen auf vorhandene Grundlagen angewiesen (Abb. 3). Insbesondere bei Großbauten existiert oft eine lange Forschungsgeschichte und damit ein vielfältiges Angebot bereits vorhandener Bauaufnahmen. Diese Grundlagen werden in die Modellbildung einbezogen und gleichsam fortgeschrieben. Im Projekt zu den Nürnberger Großkirchen orientiert sich die Gesamtgeometrie des 3D-Modells grundsätzlich an vorhandenen Punktwolken eines terrestrischen Laserscans, weil hier die Lagegenauigkeit von Punkten bezüglich der Gesamtgeometrie gegeben ist. Für die Ausmodellierung von Details wie Profile von Pfeilern, Arkadenbögen und Gewölberippen werden hingegen händische Aufmaßzeichnungen aus einhundert Jahren Forschungsgeschichte herangezogen, weil sie Einzelheiten ohne Unschärfe bauteilgerecht darstellen. Schließlich steuern beispielsweise restauratorische Voruntersuchungen den am Bauwerk überprüften Steinschnitt bei. Das Volumenmodell ist demnach ein durch Zusammenführung vorhandener Grundlagen entstandenes Aggregat, wobei jede Quelle durch das verwendete Verfahren

ihre integralen Qualitäten beisteuert. Das 3D-Volumenmodell weist also eine bedarfsgerechte, wechselnde Tiefenschärfe bzw. Genauigkeit auf.

## Die Separation – eine Frage des Blickwinkels

Ein weiterer Vorteil von konstruierten Modellen liegt darin, dass ihre Aussagekraft nicht an der Oberfläche endet, sondern in das Innere der Bauwerksstruktur eindringt und so die Wirkzusammenhänge einzelner Bauteile realitätsnah simuliert. Auf diese Weise kann in das 3D-Modell eine Darstellungstiefe einfließen, die in der Bauaufnahme schon lange als Qualitätsmerkmal definiert ist. Um dieses Ziel zu realisieren, besteht dieses Volumenmodell nicht aus einem Guss, sondern wird durch Separation in entsprechende Teilelemente aufgeschlüsselt. Dabei gibt es aber nicht einen universellen Weg, der in der Lage wäre, die Wirklichkeit objektiv wiederzugeben. Jedes mit Objekten des kulturellen Erbes befasste Fach besitzt seine ganz eigene Perspektive auf das Sachzeugnis. Weil die Bauforschung als Schnittstellendisziplin Belange der Nachbarfächer berücksichtigen möchte, bieten ihre 3D-Modelle mehrere parallel zueinander existierende Separationslogiken an:

- Die *strukturelle Separation* zerlegt das Volumenmodell in Bauelemente entsprechend der Entwurfslogik. Bei einem gotischen Sakralbau sind dies zum Beispiel Pfeiler, Dienste, Gewölberippen, -kappen, Wandabschnitte;



- Die *konstruktive Separation* stellt die Aufgliederung entsprechend der Herstellung und Fügung tatsächlich vorhandener Bauglieder in den Vordergrund. Hier wird der einzelne Werkstein oder ein Holzbalken ungeachtet seiner Zugehörigkeit zu strukturellen Bauelementen herausgegriffen;
- Die *entwicklungsgeschichtliche Separation* trennt das Volumen in Entsprechung zu den Entstehungszeitpunkten bestimmter Bauwerkspartien auf. Diese Grenzen können mitunter über strukturelle Bauelemente oder konstruktive Bauglieder hinweg reichen (Abb 4.).

Es ist kein Zufall, dass die genannten Zerlegungsmethoden den an anderer Stelle diskutierten *fachspezifischen Kontexten* ähneln (siehe dazu: *Die Nürnberger Großkirchen*, ab S. #), denn Sinn und Zweck der Modellseparation ist die Anreicherung desselben mit zahlreichen fachübergreifenden Hintergrundinformationen aus der wissenschaftlichen Forschung sowie dem praktischen Denkmalerhalt. Die adäquate Aufschlüsselung der Geometrie ermöglicht so die Anwendung der Darstellung als Informationssystem mit dem jeweiligen Zweck und der jeweiligen Nutzergruppe entsprechender Tiefenschärfe.

#### Die Semantik – eine Frage der Anschlussfähigkeit

Mithilfe der Modellseparation stünden der Bauforschung ausreichend Softwaresysteme zur Verfügung, um virtuelle 3D-Modelle sogleich mit Informationen anzureichern. In der Planungspraxis zunehmend an Bedeutung gewinnende BIM-Systeme können hierbei aber nur bedingt den Anforderungen in der historischen Bauforschung gerecht werden:

1. Die proprietären Systeme sind abhängig von bestimmten Herstellern. Die fragwürdige Anschlussfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Daten widerspricht dem Dokumentationsauftrag der Bauforschung.
2. Die Bauforschung ist als Schnittstellendisziplin nicht nur an der Adaption von Planungsinstrumenten der Ingenieurfächer, sondern desgleichen am Schulterschluss mit den Geisteswissenschaften interessiert. Folglich wird im Sinne der Anschlussfähigkeit für die Modellierung einer „semantischen Schicht“ auf die in den Digital Humanities etablierten Graphentechnologien zurückgegriffen.

Nicht nur aus den genannten Gründen hat der Arbeitsbereich entschieden, für die Anreicherung von Volumendarstellungen mit Informationen eine weitgehend unabhängige „semantische



Abb. 4: Die Aufgliederung des Modells in verschiedene Kontexte, erlaubt die Referenzierung nutzerspezifischer Informationen und die Zusammenstellung fachspezifischer Darstellungen. Hier ermöglicht die entwicklungsgeschichtliche Separation die Abbildung verschiedener Bauzustände von drei ausgewählten Zeitpunkten [Nöbauer / Luib 2018].

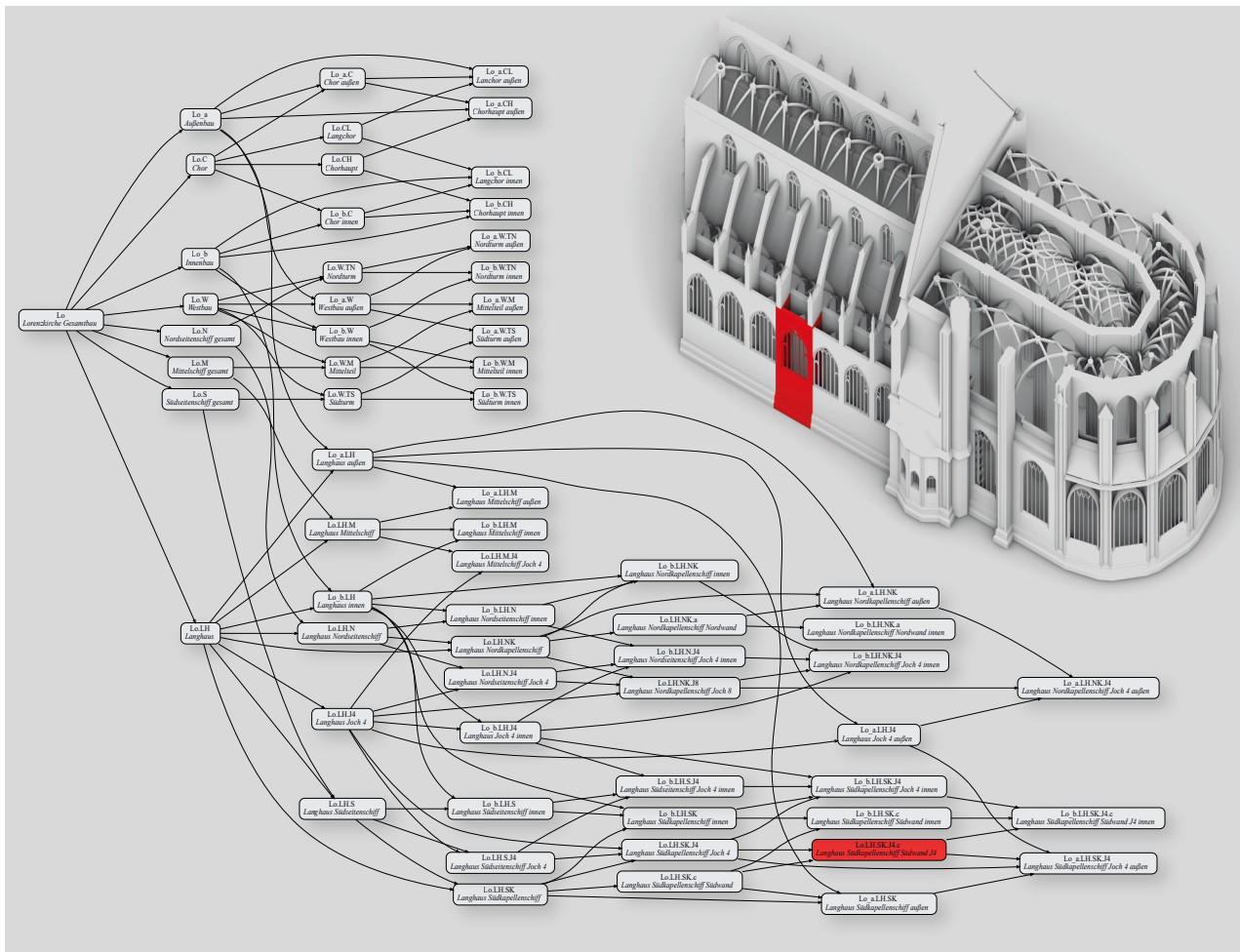


Abb. 5: Die Gebäudestruktur wird als virtueller Graph sich wechselseitig übergreifender Teilobjekte aufgelöst und mit dem separierten 3D-Modell verknüpft [Arera-Rütenik / Nöbauer / Salzer / Luib / Schalk 2020].

Schicht“ als virtuellen Graph zu modellieren. Sie stellt die Beziehungen der einzelnen Bauelemente zueinander umfassend dar und berücksichtigt dabei desgleichen unterschiedliche Nutzerkontexte (siehe dazu: *Die Nürnberger Großkirchen*, ab S. #). Das Vorgehen lässt Gruppierungen von Bauelementen und Raumeinheiten zu übergeordneten Bauteilen zu, berücksichtigt, angelehnt an BIM, konstruktive Verbindungen und erlaubt bei alledem Mehrfachzuordnungen von sich wechselseitig übergreifenden Einzelgliedern. D.h., hier wird beispielsweise ein Mittelschiffspfeiler als sogenannter *Knoten* im virtuellen Strukturgraphen mit zugehörigen Nummern unterschiedlicher Inventarisierungssysteme angelegt. Beziehungen – sogenannte *Kanten* – formulieren, dass dieser Pfeiler als Einzelsegment einer entsprechenden Arkade aufzufassen ist, selbst in Basis, Schaft, Kapitell, mehrere Dienstbündel und einzelne Werksteine unterteilt werden kann und darüber hinaus als raumtrennende Einheit zwischen zwei Seiten- und zwei Mittelschiffsjochen fungiert. Zur Differenzierung dieses Geflechts können Knoten und

Kanten unterschiedliche Eigenschaften besitzen. Erstere lassen sich als:

- *Baugruppen* (Ensemble von Einzelgebäuden, z.B. „Vorburg“, „Hauptburg“ oder „Wirtschaftshof“ bei Adelssitzen),
- *Einzelbauten* („Kirche“, „Pallas“, „Klausur“, „Torkapelle“ etc.)
- *Bauteile* (Gruppen von Bauelementen und Räumen, z.B. „Doppelturmfront“, „Langhaus“ und „Chor“ bei Kirchengebäuden),
- *Raumeinheiten* (z.B. „Joch“ und „Schiff“ bei Sakralbauten oder „Geschoss“ und „Raum“ bei Profanbauten),
- *Bauelemente* (z.B. „Pfeiler“, „Fenster“, „Wandabschnitt“) oder ...
- *Aspekte* (z.B. „Innen-“ oder „Außenansicht“, „Grundriss-“ und „Schnittebenen“ eines dreidimensionalen Bauteils oder Bauelements) definieren.

In Entsprechung zu den Knoten charakterisieren desgleichen verschiedene Kantentypen die Art der Beziehung zu über- oder untergeordneten bzw. nachbarschaftlichen Knoten:



- Die *part of*-Beziehung stellt existenzielle Abhängigkeiten zwischen einem Objekt und seinen Einzelteilen dar.
- Die *belongs to*-Beziehung formuliert eine weniger strenge Abhängigkeit, sondern eher eine Gruppierung und erlaubt zudem mehrfache Zuordnungen zu übergeordneten Einheiten.
- Die *connects*-Beziehung beschreibt die bauliche bzw. geometrische Berührung zwischen zwei Elementen, wird auch in BIM verwendet und garantiert Anschlussfähigkeit zu entsprechenden Systemen.

Diese topologische Struktur als virtueller Graph aus Knoten und Kanten verbleibt zunächst in gewissem Sinne „inhaltslos“. Die einzelnen Instanzen werden mittels Zuweisung von Begriffen erst in zweiter Instanz durch qualitative Beschreibungen charakterisiert. Dazu dienen Themen aus einem kontrollierten Vokabular, dessen Aufbau und Funktionsweise an anderer Stelle genauer beschrieben wird (siehe dazu: *Bamberger Vokabular für historische Architektur*, 146–149). Hierdurch wird schließlich geklärt, dass ein bestimmter *Bauelement*-Knoten in der virtuellen Struktur den Form-Typ „Bündelpfeiler“, den Funktions-Typ „Arkadenpfeiler“ und den Lage-Typ „Freipfeiler“ aufweist. Entsprechend wird mit seinen über- und untergeordneten Knoten verfahren. Im Ergebnis liegt eine semantische Schicht als gleichsam unsichtbare Parallelstruktur vor, die alle relevanten topologischen und thematischen Informationen enthält.

Für deren technische Umsetzung wird mit verschiedenen offenen Dateiformaten experimentiert. Im Projekt zu mehreren hundert Adelssitzen im Altmühltal dienen hochstrukturierte XML-Dateien der semantischen Modellierung virtueller Bauwerksstrukturen und ihrer thematischen Auszeichnung. Bei St. Lorenz in Nürnberg stellt ein Linked-Open-Data-fähiges Graphenmodell als SKOS (Simple Knowledge Organization System) im RDF-Format (Resource Description Framework) die virtuelle Struktur zur Verfügung – eine Technologie, die normalerweise für Normdaten Anwendung findet. Welche technische Herangehensweise auch immer für die semantischen Graphen verwendet werden, als eigentlicher Träger beliebig erweiterbarer Inhalte verbleiben sie zunächst eigenständig und unabhängig von der geometrischen Repräsentation. Durch Referenzierung einzelner Knoten, inklusive ihrer thematischen Bezüge auf einzelne Elemente der separierten Volumendarstellung entsteht schließlich das semantische Gesamtmodell (Abb 5). Damit ist es

möglich, inhaltliche Abfragen aus dem „unsichtbaren“ semantischen Graphen automatisiert in die Modelle auszukartieren. Umgekehrt lässt sich die separierte Volumendarstellung als Interface benutzen, um umfassende objektbezogene Hintergrundinformationen zu ihren Einzelelementen zu erreichen. Die Parallelführung beider Repräsentationen hat darüber hinaus verschiedene Vorteile im Sinne der Anschlussfähigkeit:

- Der topologisch-thematische Graph wie auch die visuelle Darstellung können unabhängig voneinander ausgewertet werden. Dazu gehören quantitative Analysen ebenso wie die Suche von Einzelphänomenen mithilfe komplexer Filterungsmechanismen oder auch geometrisch-geographische Abfragen.
- Die gegenseitige Referenzierung der beiden weitgehend selbständigen Instanzen erlaubt die flexible Nachverdichtung oder Umstrukturierung sowohl innerhalb der semantischen Schicht als auch im separierten Modell.
- Derselbe topologisch-thematische Graph lässt sich gleichzeitig auch auf andere Daten referenzieren, dabei kann es sich um Pixelbilder, Raumbücher, Volltexte, 2D-Pläne und dergleichen handeln.
- Die Aufteilung des semantischen Modells in eigenständige Schichten kommt der kollaborativen Arbeit in Verbünden entgegen.
- Weil die semantische Schicht und das Volumenmodell unabhängig voneinander in offenen Dateiformaten vorliegen, können ihre Inhalte durch Export und Transformation innerhalb ganz anderer Strukturen und Zusammenhänge – darunter auch BIM-Systeme – nachgenutzt werden.

Durch die beschriebenen, aufgrund der entsprechenden Anforderungen entstandenen Überlegungen gehen semantische Modelle in der Bauforschung weit über reine Vermittlungszwecke hinaus. Sie unterstreichen durch Zusammenführung sowie möglichst dauerhafte Anschlussfähigkeit den Dokumentationsauftrag der Bauforschung. Als Informationsinfrastruktursysteme sind sie folglich leistungsfähige Arbeitsmittel, die die Vielfalt relevanter Informationen aus kulturgeschichtlicher Forschung und praxisbezogener Planung bündeln, übersichtlich erschließen, mit nutzerspezifischen Kontexten vernetzen, dadurch dem Anspruch der Bauforschung als Schnittstellendisziplin gerecht werden und schließlich die Bedeutung des Objekts als Informationsträger angemessen hervorheben.

(Tobias Arera-Rütenik, Anna Nöbauer, Patrick Schalk)

## Bamberger Vokabular für historische Architektur

### Normdaten für die Erfassung von Schlüsselbefunden



Abb. 1: Lexikalisches Wissen der Bauforschung steht bisher oft nur in analoger Form ohne Referenzierungsmöglichkeiten zur Verfügung [Arera-Rütenik 2020].

Leitung:	Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik
Bearbeitung:	Anna Nöbauer M.A., Leonhard Salzer M.A., Anna Luib M.A., Simon Schmidt B.A., Ronnie Arendt B.A., Johannes Paulus, Dr. phil. Markéta Ederová
Partner:	Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik (IFIS) der Universität Passau, Mittelalterl. Kunstgeschichte der Universität Bamberg, Institut für Deutsch-Tschechisch Areale Studien und Germanistik der Südböhmischen Universität in Budweis
Laufzeit:	seit 2018
Finanzierung:	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bayerisch-Tschechische Hochschulagentur, KDWT-Eigenmittel

Der Informationsgehalt eines Sachzeugnisses als Quelle wird insbesondere durch dessen Setzung in einen Gesamtkontext wirksam. Dokumentationen in der historischen Bauforschung binden deshalb durch Querbezüge den Einzelfund in

unterschiedliche Darstellungsformate wie Raumbücher, Befundpläne, Kartierungen und Ergebnisberichte ein. Der Befund nimmt so seine Rolle als Puzzleteil für die Rekonstruktion des Gesamtbildes eines komplexen Prozesses oder eines ebenso komplexen Baugesüges wahr.

Vor allem durch die digitale Verarbeitung von Daten haben sich die Vernetzungsmöglichkeiten von Informationen vervielfacht und bieten so der Bauforschung neue Methoden der Kontextualisierung von Befunden. Insbesondere die Linked-Open-Data-Technologien des Semantic Web liefern den Fachwissenschaften weitreichende Perspektiven zur Modellierung hochstrukturierter, fortschreibbarer und nachträglich ausdifferenzierbarer Wissensnetze. Das Semantic Web setzt vor allem Ressourcen miteinander in Beziehung. Das heißt, um den Bedeutungsgehalt eines Objektes eindeutig bezeichnen und unverwechselbar festlegen zu können, werden Datenobjekte benötigt, die diesen Bedeutungsgehalt zweifelsfrei definieren. Dazu dienen Normdaten in Form von sogenannten kontrollierten Vokabularen.

Eine Besonderheit solcher Normdaten besteht darin, dass sie nicht nur den Zusammenhalt von Begriffsdefinitionen mit mehrsprachigen bevorzugten oder alternativen Bezeichnungen gewährleisten, sondern darüber hinaus die Bedeutungsspanne eines Terminus einem mehr oder weniger hierarchischen Geflecht mit weiter gefassten Überbegriffen oder spezialisierenden Unterbegriffen zuordnen. Auch Querbezüge zwischen Begriffspaaren, also Assoziationen, lassen sich technisch modellieren. Auf diese Weise entsteht eine Wissensontologie, die umso umfangreicher wird, je dichter mehrere solcher Ontologien bzw. Normdatensätze miteinander verlinkt werden.

Zusammen mit dem Semantic Web haben sich getragen durch nationale und internationale Großinstitutionen verschiedene Normdatensätze entwickelt, darunter beispielsweise die *Gemeinsame Normdatei (GND)* der Deutschen Nationalbibliothek (DNB) in Zusammenarbeit mit den Bibliotheksverbünden oder – speziell für den Kulturbereich – der *Art and Architecture Thesaurus des Getty Research Institute (Getty AAT)*, um nur zwei bedeutende Beispiele zu nennen. Weil diese Vokabulare eine große Breite von fachwissenschaftlichen Themen bedienen müssen, bleiben sie für die historische Bauforschung in weiten Teilen unspezifisch



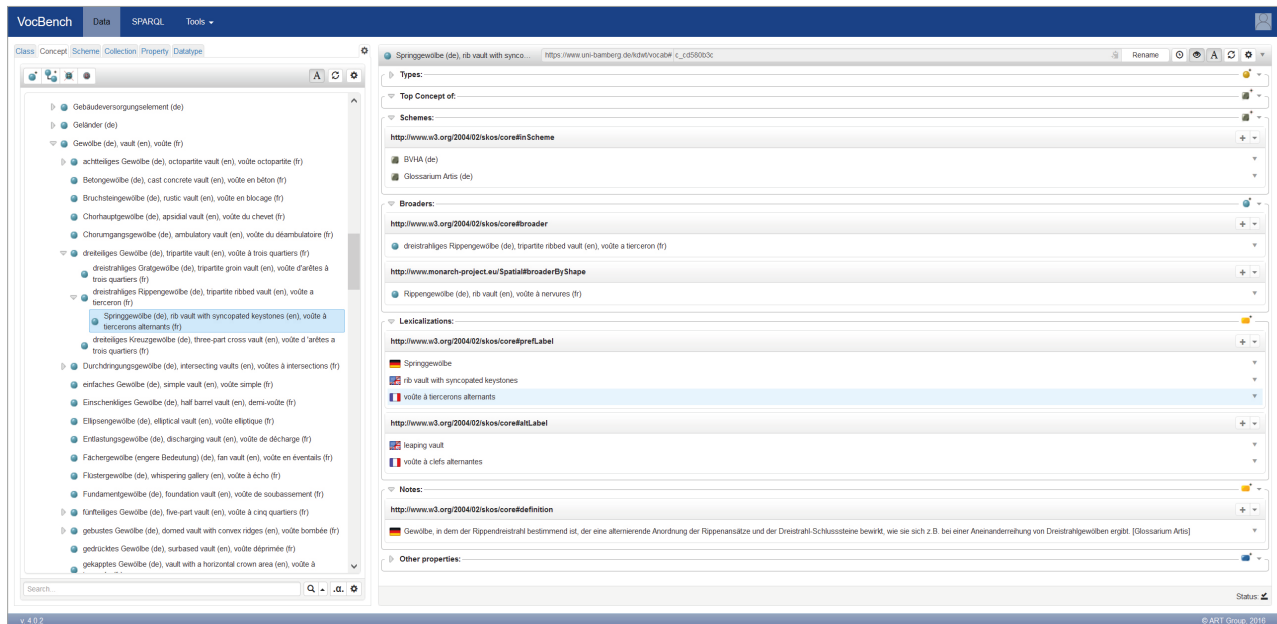


Abb. 2: Die Darstellung eines Fachbegriffs im Vokabulareditor zeigt links seine Stellung innerhalb der Begriffsstruktur, rechts die aufgenommenen Inhalte wie bevorzugte und alternative Bezeichnungen in mehreren Sprachen, Definitionen sowie Beziehungen zu anderen Begriffen [Arera-Rütenik 2020].

und decken nicht im Mindesten die Begrifflichkeiten ab, die für die Erfassung von Schlüsselbefunden notwendig sind. Das terminologische Wissen dazu liegt überwiegend noch in der Form gedruckter Publikationen vor (Abb. 1). Weil durch das KDWT die Bamberger Bauforschung an einer Institution mit dauerhaft gewährleistetem Betrieb beteiligt ist, wurde entschieden, einen eigenen Normdatensatz für die fachspezifischen Belange der Bauforschung aufzubauen, langfristig zu betreiben und fortlaufend zu erweitern.

Einen ersten Anlass dafür bildet das Projekt *Die Nürnberger Großkirchen* (siehe dazu, 18–23), in dem die Erstellung eines kontrollierten Vokabulars als Arbeitspaket enthalten ist. Noch vor Ablauf dieses Projekts wurde innerhalb des Vorhabens *Bayerisch-Tschechisches Vokabular für Burgen- und Bauforschung* bereits mit einer ersten Ergänzung begonnen.

### Struktur und Technologie

Aus technischer Sicht wird das Bamberger Vokabular für historische Architektur als SKOS (Simple Knowledge Organization System) im RDF-Format (Resource Description Framework) entsprechend den Vorgaben des W3C (World Wide Web Consortium) modelliert – eine Form, die sich im Allgemeinen für linked-open-data-fähige Thesauri durchgesetzt hat. Damit folgt die Bamberger Bauforschung im eigenen Vorhaben dem aktuellen Stand der Technik und garantiert so die Anschlussfähigkeit seiner Arbeit.

Jeder einzelne Eintrag im Vokabular – in der Fachsprache *Concept* genannt – setzt sich dabei aus einer Reihe von Informationen zusammen (Abb. 2). Dazu gehört selbstverständlich ein bevorzugter Fachbegriff, der das Thema bezeichnet (*preferred label*). Dieser Begriff kann in mehreren Sprachen vorliegen, wodurch gleichsam automatisch Übersetzungen generiert und Sprachbarrieren innerhalb internationaler wissenschaftlicher Kollaborationen umgangen werden können. Ferner besitzt ein *Concept* verschiedene Alternativbezeichnungen (*alternative labels*), die ebenfalls in unterschiedlichen Sprachen vorliegen dürfen. Sie besitzen eine wichtige Bedeutung für die Konsistenz der Ergebnismenge bei künftigen Suchanfragen. Beispielsweise schließt die Ergebnismenge von Objekten mit „achteckiger“ Form dann auch jene ein, die als „Oktogon“ ausgezeichnet wurden. Neben den bevorzugten und alternativen Begriffen in mehreren Sprachen erklären vor allem umfassende Definitionen oder kurze *scope notes* den Inhalt des Vokabulareintrags. Sie beugen so einer falschen Anwendung von Termini und folglich einer Inkonsistenz von Anwenderdaten vor. Im Projekt werden oft mehrere solcher Definitionen erfasst und durch die Zuweisung sogenannter *schemes* rückverfolgbar mit ihrer ursprünglichen Quelle referenziert. Die Zuordnung zu einem Schema spiegelt auf diese Weise aber auch die Zuordnung zu einem spezifischen Nutzerkontext wider, weil die Quellvokabulare im Zusammenhang mit einer bestimmten Fachkultur stehen. Schließlich regelt

eine Reihe von Beziehungen die begrifflichen Zusammenhänge von *Concepts* innerhalb des eigenen Vokabulars oder gegenüber Fremdvokabularen wie der eingangs erwähnten GND oder dem Getty AAT. Sie verweisen auf über- oder untergeordnete Einträge (*broadener, narrower*) oder verwandte Begriffe (*related*). Auf diese Weise wird modelliert (*broadener, narrower*), dass beispielsweise die Begriffe „Säule“ und „Pfeiler“ Spezialisierungen von „Stütze“ sind und besagte „Pfeiler“ wiederum die Unterkategorien „Bündelpfeiler“, „Strebpfeiler“ oder „Wandpfeiler“ (alternativ „Pilaster“) besitzen können. Genauso lässt sich darstellen (*related*), dass die Werksteinbearbeitungsspur „Punktspitzung“ mit dem Werkzeug „Zweispitz“ in Beziehung steht, das auch „Schrotspickel“ genannt wurde und seit der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts Anwendung fand. Die Beziehungen der Begriffe untereinander besitzen eine große Bedeutung für die Formulierung von Suchanfragen. Eine Suchanfrage nach „Pfeiler“ schließt automatisch „Bündel-“ und „Strebpfeiler“ sowie Pilaster mit ein. Das Phänomen „Punktspitzung“ gibt gleichzeitig eine Datierung „ab 1. Hälfte 11. Jahrhundert“ mit. Fachlich fundierte Zusammenhänge sind auf Normdatenebene modelliert und müssen nicht mehr innerhalb der Realdaten formuliert werden.

Um hier die Beziehungen innerhalb des Vokabulars noch besser für unterschiedliche Nutzergruppen brauchbar zu machen, wurden die vorangehend beschriebenen Beziehungen zwischen den Begriffen zusätzlich mithilfe sogenannter *sub-properties* inhaltlich konnotiert. So existieren *broadener*-Beziehungen ...

- nach Form (*broadenerByShape*),
- nach Funktion (*broadenerByFunction*),
- nach Konstruktion (*broadenerByConstruction*),
- nach Position und Stellung im Gebäude (*broadenerByPosition*),
- nach Konstruktionsmaterial (*broadenerByConstructionMaterial*) und
- nach Herstellung (*broadenerByProcessing*).

Sie ermöglichen nicht nur die inhaltliche Spezifizierung der Untergliederung eines Hauptbegriffs für eine verbesserte Übersichtlichkeit und Auffindbarkeit. Sie ordnen zugleich den mehrdimensionalen Wissensgraphen entsprechend der Sichtweise der jeweiligen Fachwissenschaft. So können dem allgemeinen Begriff „Pfeiler“ beispielsweise folgende Unterbegriffe thematisch spezifiziert zugeordnet werden:

- *formal*: „Bündelpfeiler“, „Rechteckpfeiler“ ...,
- *funktional*: „Arkadenpfeiler“, „Strebpfeiler“ ...,
- *topologisch*: „Freipfeiler“, „Wandpfeiler“ ....

Auf vergleichbare Weise wurden auch für die symmetrische *related*-Beziehung *sub-properties* gebildet. Sie dienen z.B. dazu, Einzelelemente von Bauelementen und -teilen den letzteren zuzuordnen. So ist das Einzelelement „Gewölberippe“ kein Unterbegriff von „Rippengewölbe“, da es sich nicht um eine Spezialisierung dieser Gewölbeart handelt. Mithilfe der *sub-properties* lässt sich aber dennoch der Zusammenhang von Bauelementen mit ihren einzelnen Bestandteilen wahren und in Suchanfragen wirksam modellieren.

### Inhalte, Anwendung, Schlüsselbefunde

Weil die historische Bauforschung als Schnittstellendisziplin vielfältige Überschneidungen mit Nachbarfächern wie der Kunstgeschichte, den Archäologien, den Ingenieurwissenschaften, der Dendrochronologie und Gefügekunde sowie den Restaurierungswissenschaften hat, finden ebenso vielfältige Themenfelder Eingang in das Bamberger Vokabular. Auch wenn bereits nach etwa zwei Jahren Bearbeitungszeit rund 4.500 Fachbegriffe erfasst wurden, kann die Gesamtaufgabe nur langfristig mit vorhabenbezogenen Ergänzungen durchgeführt werden.

Aufgrund der derzeitigen Einbettung in das Projekt zu den *Nürnberger Großkirchen* (siehe dort) stehen derzeit die folgenden Schwerpunkte bezogen auf bauforscherische Befunderfassung, bau- und kunstgeschichtliche Forschung, Bauerhalt und Baurestaurierung mittelalterlicher Sakralarchitektur im Fokus:

- Allgemeine Formmerkmale;
- Typen und Formen von Bauwerken, Bauteilen und Ausstattungsstücken;
- Baukonstruktive Merkmale;
- Architekturoberflächen;
- Historische Bearbeitungs- und Handwerkstechniken, Berufsgruppen und Werkzeuge;
- Historisches Baumaterial, insbesondere Natursteinarten;
- Schäden von Natursteinen, Bindemitteln und Architekturfassungen;
- Restaurierungstechniken.

Als Grundlagen dienen vor allem analoge oder halb-analoge Begriffssammlungen, die sich in den jeweiligen Fächern weitgehend durchgesetzt haben. Es handelt sich demnach um die Zusammenführung, Strukturierung und vor allem Erschließung bzw. Nutzbarmachung von vielfach bereits vorhandenem Wissen. Folgende beispielhafte Quellvokabulare wurden bisher umfänglich digital erschlossen: das *Glossarium Artis* – ein zehnbändiges Glossar der Kunst, die *Baustilkunde*



(Koch 2002), *Vorindustrieller Holzbau in Südwestdeutschland und der deutschsprachigen Schweiz* (Eißing et al. 2012), das *Bildwörterbuch der Architektur* (Koepf / Binding 2016) und in Ergänzung das *Bauhistorische Lexikon* (Schrader / Voigt 2003), der *Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland* (Grimm 2018), *Werkplanung und Steinbearbeitung im Mittelalter* (Voelkle 2016), das *European illustrated glossary of conservation terms for wall paintings and architectural surfaces – EwaGlos* (verschiedene 2016), das *Illustrated glossary on stone deterioration patterns – ISCS* (ICOMOS), die *Terminologie für historische Fenster in Sachsen bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts* (Noky 1996) und als Ergänzung für den modernen, industriellen Fenster- und Türbau sowie für Normbegriffe das *Online-Vokabular Pax - Fenster & Türen Fachbegriffe*. Bei Bedarf werden fortlaufend weitere Grundlagenwerke hinzugezogen, um das Vokabular um fachlich relevante Inhalte zu ergänzen. So widmet sich ein Folgevorhaben der bauarchäologischen Erforschung von Adelssitzen in Bayern und Tschechien und stellt derzeit deutsch-tschechische Termini zur Erfassung von Burgen und Schlössern hinzu. Der Schwerpunkt „mittelalterlicher Sakralbau“ kann demnach künftig um „Wehr- und Herrschaftsbau des Mittelalters und der frühen Neuzeit“ ergänzt werden.

Bei alledem erfolgt der Aufbau des Bamberger Vokabulars für historische Architektur nicht als isolierte lexikalische Edition unter „Laborbedingungen“, sondern stets im Zusammenhang mit praktischer Anwendung zur ständigen Evaluation seiner Nutzbarkeit. Im Projekt zu den *Nürnberger Großkirchen* dienen die Fachtermini direkt zur Annotation von Bauteilen, Planzeichnungen und vor allem bauforscherischen und restaurierungswissenschaftlichen Befunden. Weil das Vokabular hier durch den Projektpartner IFIS der Universität Passau im Monumentalbau-Managementsystem *MonArch* zur Verfügung gestellt wird, können auch alle anderen Anwender dieses digitalen Systems bei Bedarf vom Bamberger Vokabular nutzen, so beispielsweise die Kaiserthermen in Trier, der Regensburger Dom, die Brandenburger Domklausur, der Bamberger Dom etc. Im Folgeprojekt ergänzte Begriffe zu Burgen und Schlössern lassen sich automatisch mit einem Datensatz zu etwa 500 Adelssitzen im Altmühltal verlinken. Durch gemeinsame Nutzung wirkt das Vokabular gleichsam automatisch als Vernetzungsinstanz und erlaubt konsistente Analysen über die Grenzen einzelner Bestände hinweg. Die mehrfach erwähnte Einbeziehung der Sichtweisen un-

terschiedlicher Nutzergruppen schafft dabei nicht nur die Möglichkeit der Vernetzung von Beständen, sondern zudem auch durch vormodellierte fachübergreifende Bezüge ein wirksames Werkzeug Disziplinen übergreifender Kollaboration.

Doch wie kann bei alledem das Vorhaben der Erfassung von *Schlüsselbefunden* dienen? Übersichten zu Schlüsselbefunden sind vor allem deshalb ein Desiderat, weil aufgrund der Individualität des Einzelbefunds eine solche Sammlung nur mit Mühe durchsuchbar wäre (siehe auch: Berichte des KDWT 1, S. 70–73). Ohne umfassende Vorkenntnisse – zum Beispiel die Verortung des gesuchten Befunds an einem bestimmten Bauwerk – würde insbesondere bei einer umfangreichen Sammlung eine Recherche nur mit äußerstem Aufwand zu einem Ziel führen. Entscheidend ist hier demnach die Anwendung einer hochdifferenzierten und breit angelegten Verschlagwortung, die nur eine dicht vernetzte Ontologie wie das Bamberger Vokabular bieten kann. Die Bamberger Normdateninitiative ist in diesem Zusammenhang aber nicht ausschließlich eine langwierige Vorarbeit, der in ferner Zukunft eine noch langwierigere Zusammenstellung der eigentlichen Schlüsselbefunde folgen soll. Das Vokabular sammelt schon jetzt die Schlüsselbefunde selbständig. Denn der Vorteil semantischer Technologien liegt darin, dass die erzeugten Daten nicht nur in einer Richtung lesbar sind. Jedes Bogenprofil spätmittelalterlicher Kirchen, dass in Bild und Planzeichnung im Projekt zu den *Nürnberger Großkirchen* mit dem Vokabular annotiert, jeder Hocheingang an einem Bergfried, der im Vorhaben zu den *Adelssitzen im Altmühltal* mithilfe des Thesaurus bezeichnet wird, heftet auch umgekehrt am „idealisierten“ Begriff als real existierendes Fallbeispiel. Durch Mehrfachannotationen von Befunden – ihre Form, Materialität, Herstellung, konstruktive Wirkung oder Erhaltung – entsteht allein bei rein praktischer Anwendung des Vokabulars automatisch eine umfangreiche Verschlagwortung. Die Qualifizierung von Planzeichnungen und Situationsphotos mit Fachbegriffen aus dem Thesaurus liefert die notwendigen multimodalen Erfassungsroutinen zurück. Und schließlich stellt die Anwendung von Termini an Befunden des konkreten Sachzeugnisses auch umgekehrt dem Begriff dessen Verortungsinformationen (Bauwerk, Bauteil, Geokoordinaten) zur Verfügung. Allein die konsequente Anwendung von Normdaten in der Bauforschung kann folglich eine Schlüsselbefundsammlung als Synergieeffekt generieren.

(Tobias Arera-Rütenik, Anna Nöbauer)

## Sammeln und Bewerten von Schlüsselbefunden

### Am Beispiel von Eisentüren vom Mittelalter bis zum Barock



Abb. 1: Schloss Thurnau, Verschlussmechanismus einer Tresortür [Breitling 2014].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling
Bearbeitung:	Leonhard Salzer M.A.
Laufzeit:	seit 2020
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

Die Untersuchung von Details der Gebäudeausstattung fristete in der architekturgeschichtlichen Forschung aus mehreren Gründen über Jahrzehnte hinweg ein Nischendasein. Zum einen ist das im ausgehenden 19. Jahrhundert noch sehr hohe Interesse der Kunst- und Architekturgeschichte am weiten Feld des Kunsthandwerks im Laufe des 20. Jahrhunderts merklich zurückgegangen und beschränkt sich heutzutage weitestgehend auf die Erforschung einzelner musealer Sammlungsbestände, ohne dabei die Objekte aus ihrem baulichen Befundkontext heraus verstehen und datieren zu können. Zum anderen überwiegt in der Bauforschung noch immer die baumonographische Ergebnisdarstellung zulasten von Querschnittsbetrachtungen und entwicklungsgeschichtlich-vergleichenden Arbeiten, was auch darauf zurückzuführen ist, dass sich die Baugeschichte eines Gebäudes schneller erforschen und schreiben lässt als die Geschichte eines Bauelements. Für letzteren Forschungsansatz ist nämlich eine Mehrzahl an Einzelbeobachtungen an verschiedenen Objekten als Datengrundlage erforderlich, was eines längeren systematischen Suchens und Sammelns von Befundbeobachtungen und Befunddokumentationen bedarf. Mit dieser

Grundlage können systematisierende Typologien herausgebildet werden, die über die Datierung und geographische Verortung die Darstellung einzelner Entwicklungsstränge in unterschiedlichen regionalen wie überregionalen Betrachtungsrahmen ermöglichen. Erst die verallgemeinernde Betrachtung eines Phänomens lässt es im Umkehrschluss zu, den Grad der Abweichung des Einzelbefundes vom Regelfall zu bemessen und damit dessen Besonderheit hervorzuheben. Dies mag manchem Bauforscher und Denkmalpfleger im Laufe langjähriger Berufserfahrung für seinen regional begrenzten Wirkungskreis gelingen, für eine geographisch weiträumigere Betrachtung, wie in unserem konkreten Fall zum Auftreten und Andauern bestimmter Türtypen und Fertigungstechniken, sind zeitaufwendigere Recherchen notwendig.

Wenngleich es außer Frage steht, dass eine gewisse Menge an Daten benötigt wird, ist es ein Trugschluss, dass erst ‚alles‘ gesammelt worden sein müsste, um erst dann valide Typologien und Entwicklungen herausarbeiten zu können. Denn dieses Stadium der flächendeckenden Vollständigkeit ist letztlich nicht erreichbar, sobald ein etwas überregionales Forschungsinteresse gehegt wird. Der imaginäre Zustand des vollständigen, flächendeckenden Datensatzes wäre zudem lediglich eine Selektion aufgrund der nur schwer einzuschätzenden Ausschnitthaftigkeit der historischen Überlieferung. Die unterschiedliche Durchdringungstiefe des jeweiligen aus der Literatur entnommenen Einzelbefundes mit teilweise nicht mehr gänzlich nachzuvollziehenden Datierungskriterien trägt ihr Übriges dazu bei, dass das Stadium einer vollumfassenden objektiven Datengrundlage nie erreicht werden kann.

Allerdings lassen sich bereits mit einer vergleichsweise begrenzten Anzahl an Schlüsselbefunden erste als Tendenzen zu formulierende Aussagen zur Verbreitung, Entwicklung und Typologie eines Phänomens machen, die immer den Querschnitt eines vorläufigen Forschungsstandes repräsentieren. Durch einen sukzessiven Zuwachs an erhobenen Einzelbefunden lassen sich bestehende Deutungsmuster und Narrative zunehmend differenzieren, detailreicher und vertiefend mit unterschiedlichen Aspekten darstellen. Der Vorgang der befundreferenzierten Typologiebildung und der damit verbundenen Begriffsfindung ist ferner

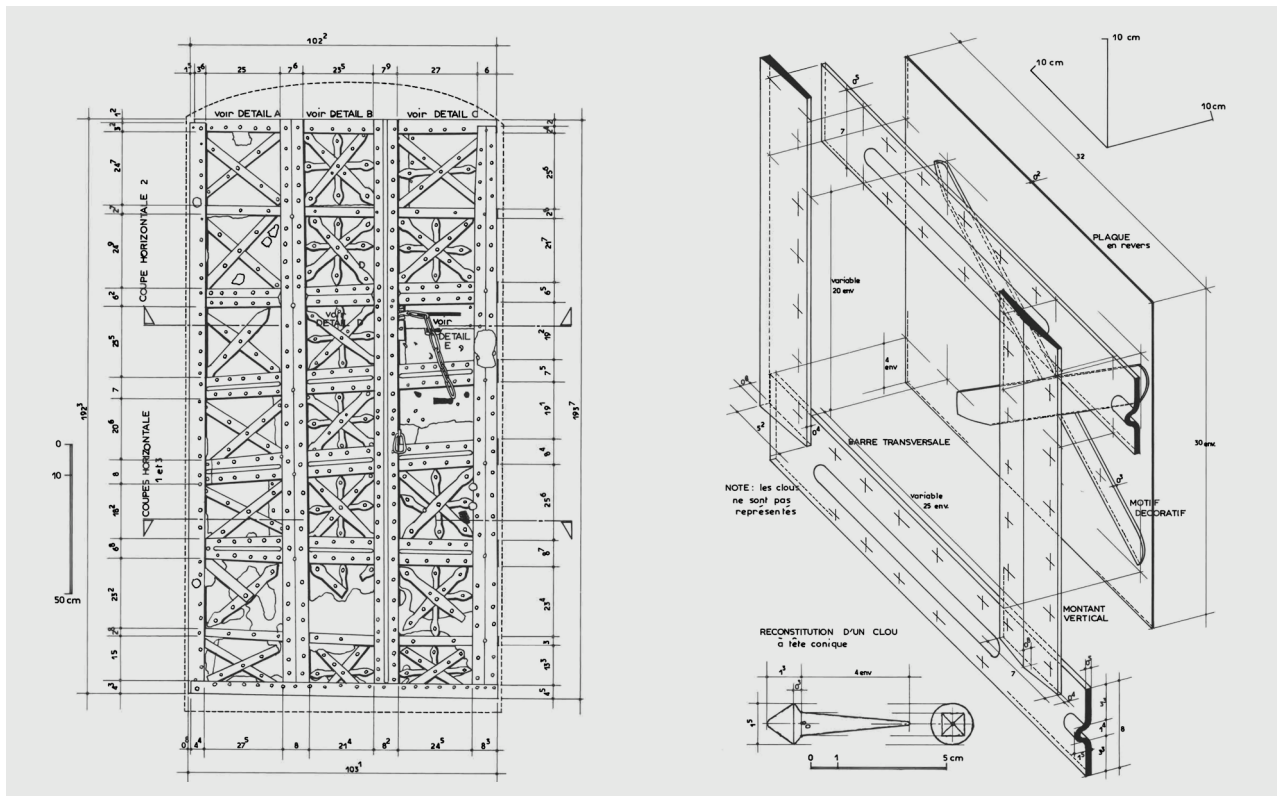


Abb. 2: Abtei Saint-Aubin in Angers; links: verformungsgerechte Befundaufnahme einer vollständig aus Eisen gefertigten Tür des 15. Jahrhunderts; rechts: Explosionszeichnung der Türkonstruktion [Rezza 1982].

zugleich die Grundlage für die Erarbeitung und Ausdifferenzierung kontrollierter und mit Definitionen versehener Fachvokabulare. Dementsprechend ist eine Forschung nach Typologien und Entwicklungslinien grundlegend, aber immer ein prozessualer, nie abgeschlossener Vorgang. Als wissenschaftliches Werkzeug für dieses Wechselspiel von induktiven und deduktiven Erkenntnisvorgängen in der Bauforschung und Architekturgeschichte sind moderne Datenbanksysteme, denen kontrollierte Vokabulare als Begriffsentologien zugrunde liegen, eine sinnvolle Hilfe (siehe dazu auch *Bamberger Vokabular für historische Architektur*, 146–149).

#### Typologiebildung anhand von Schlüsselbefunden

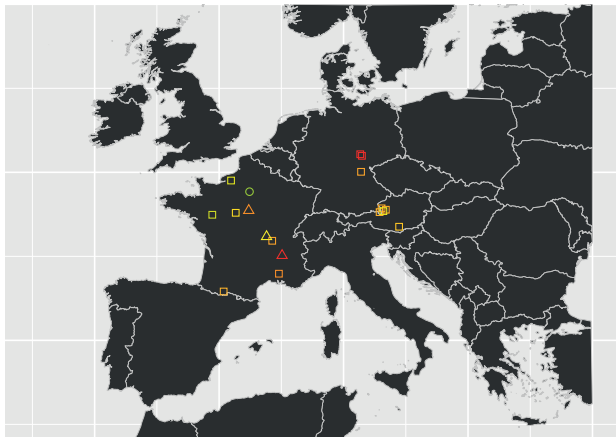
Mit einer anfänglichen Sammlung von etwa 100 Schlüsselbefunden, die sich aus eigener Befundkenntnis und aus dem publizierten Forschungsstand zusammensetzt und auf Mitteleuropa fokussiert ist, lässt sich bereits die Bandbreite der Konstruktionsformen von Eisentüren erkennen und in sechs konstruktive Typen gliedern. Dabei sind als Übergruppen vollständig aus Eisen gefertigte Türen und Holztüren zu unterscheiden, die zumindest auf einer Seite des Türblatts eine die komplette Oberfläche überspannende Eisenverkleidung aufweisen.

Unter den vollständig aus Eisen gefertigten Türen lassen sich ähnliche Typen wie bei der Konstruktion von hölzernen Türblättern feststellen. Als einfachste Konstruktion wurden mehrere eiserne Platten, die sich leicht überlappen, durch zwei seitlich aufgenietete Leisten zu einem Türflügel zusammengesetzt; eine Machart, die an eine hölzerne Brettertür denken lässt und deshalb als ‚einfache Eisenplattentür‘ bezeichnet werden kann. Aufwendiger gestaltete sich die Herstellung eines zum Teil dekorativen Gitters aus horizontalen, vertikalen und diagonalen Eisenbändern als eine Rahmenkonstruktion, auf die Eisenbleche aufgenietet wurden (Abb. 2). Seltener, da konstruktiv anspruchsvoller, kommen Füllungstüren mit in Nuten liegenden Eisenplatten vor.

Unter den ‚Eisentüren mit Holzkern‘ lässt sich als gängigster Typus die Verkleidung des Türflügels mit aufgenieteten rechteckigen Eisenblechen ausmachen. Zur Aussteifung konnte darüber ein Netz aus Diagonalbändern angebracht werden. Als handwerklich kunstvoller Typus konnten in die rautenförmigen oder quadratischen Freiflächen eines Gitters aus Diagonalbändern passend geschnittene Eisenbleche eingelegt sein, die mit verschiedenen eingetriebenen Darstellungen versehen sind.

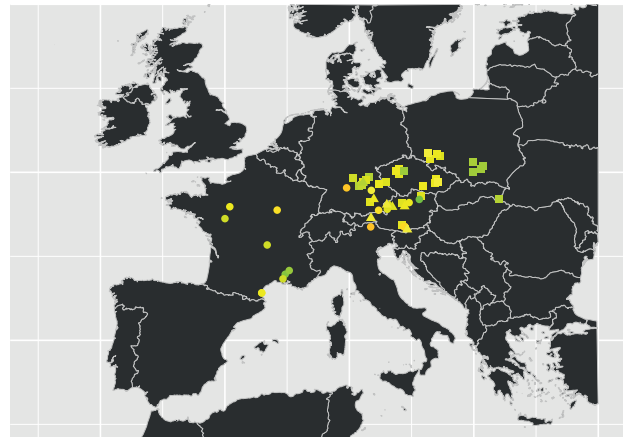
Erst vor dem Hintergrund der verallgemeinernden Typen lassen sich Befunde weiter im Detail ausdifferenzieren, beispielsweise ob bei einer ‚einfachen





Eisentür

- Eisen­tür (Eisenplattenverkleidung auf eisernem Rahmen aufgedoppelt)
- Eisen­tür (Füllungstür)
- △ Eisen­tür (verbundene Eisenplatten)
- Holz­tür mit Diagonalbändern und dekorierten Eisenblechen
- Holz­tür mit Eisenplattenverkleidung
- ▲ Holz­tür mit Eisenplattenverkleidung und verstärkenden Diagonalbändern



Holz­tür mit vollständiger Eisenverkleidung

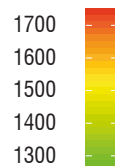


Abb. 3: Kartierung der Schlüsselbefunde: Räumliche Verteilung der Konstruktionstypen mit farblicher Kennzeichnung der Datierung. Daraus lässt sich die Tendenz ablesen, dass die Verkleidung von Holztüren ein vornehmlich mittelalterliches Phänomen ist und die jüngsten Beispiele aus dem 16. Jahrhundert stammen. Der Typus mit dekorierten Eisenblechen lässt sich verbreitet im Raum Südpolen, Tschechien, Österreich, Bayern nachweisen, wohingegen aus Frankreich kein Beispiel belegt ist. Demgegenüber lassen sich kaum mittelalterliche Eisentüren ausmachen, und wenn ja, sind diese in Frankreich belegt. Der grüne Kreis als Symbol für die eiserne Füllungstür in Vincennes sticht als zeitliches wie konstruktives Unikum besonders hervor und gibt Anlass für weiterführende Recherchen [Arera-Rütenik / Salzer 2020].

Eisenplattentür‘ die Platten vertikal oder horizontal angebracht oder ob für die Eisenverkleidung einer Holztür die Platten in Lagen oder ungeordnet aufgenietet sind. Durch Abweichungen und Sonderformen lässt sich die Singularität des Einzelbefundes erst bemessen.

## Geographische Verbreitung und zeitliches Auftreten – Tendenzen für das Weiterforschen

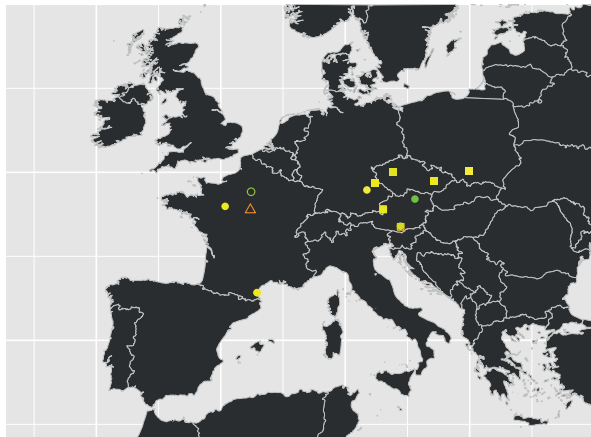
Die geographische wie zeitliche Verteilung von Schlüsselbefunden spiegelt natürlich immer die regional wie auch epochenspezifisch unterschiedliche Intensität der Forschungsarbeit wider und kann nie den Anspruch einer gleichmäßigen, flächendeckenden Erfassung erheben. Jedoch lassen sich schon mit einem kleineren Umfang an Schlüsselbefunden erste Tendenzen erkennen, die als widerlegbare oder zu bestätigende Arbeitsthese für zukünftige Forschungsarbeiten herangezogen werden müssen, sowie gleichermaßen Desiderate und Forschungslücken aufzeigen. So fordert und zugleich unterstützt doch eine aus der Schlüsselbefundanalyse gewonnene Hypothese, wie hier das überwiegende Auftreten der reinen Eisentüren ab 1500, ein konstruktiv wie zeitlicher Ausreißer in der Datengrundlage, wie die Eisentür in Vincennes, oder ein leerer Fleck auf der

Landkarte das überprüfende Weiterforschen im großen Kontext wie auch im Einzelfall (Abb. 3).

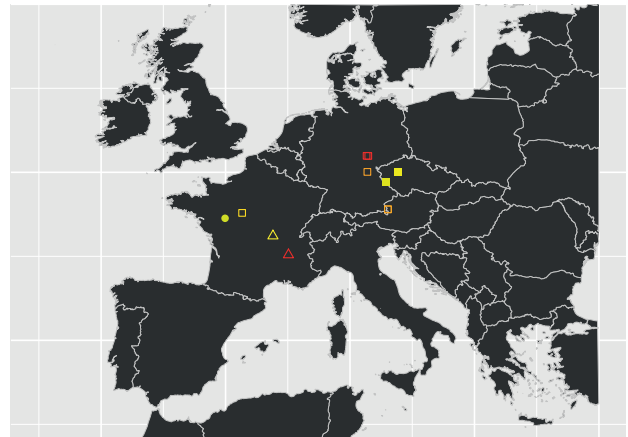
## Befundkontext – Funktionszusammenhang Anbringungsort

Das Sammeln von Schlüsselbefunden sollte nicht bloß eine phänomenologische Beschreibung und Verortung des Objektes an sich sein, sondern muss zugleich immer dem baulichen Befundkontext Rechnung tragen, um sowohl relativ chronologisch datierende als auch funktionale Zusammenhänge abrufen zu können. Damit lassen sich, wie im vorliegenden Untersuchungsbeispiel, Tendenzen erkennen, dass bestimmte Türtypen zum Verschluss bestimmter Räume besonders Verwendung fanden, wohingegen sie an anderen Anbringungsorten kaum nachzuweisen sind. (Abb. 4)

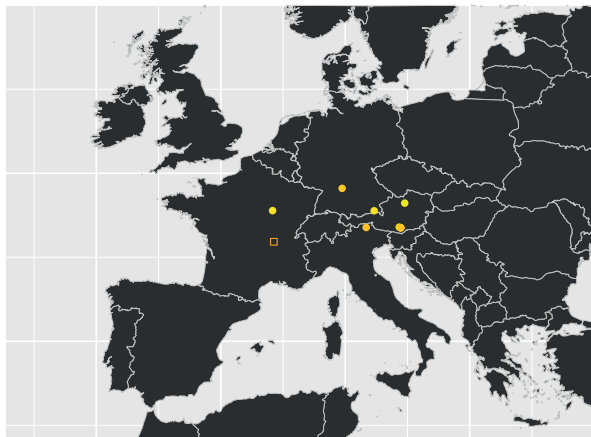
Die beispielhafte Forschungsarbeit anhand einer ersten Schlüsselbefundsammlung zu historischen Eisentüren zeigt, dass eine anzustrebende Schlüsselbefunddatenbank nicht den (vermeintlich) allgemeingültigen Charakter eines Handbuchs haben kann, sie jedoch transparenter, fortschreibbarer und offener für Querbezüge und neue Fragestellungen ist, als jedes Handbuch es jemals vermag. (Leonhard Salzer)



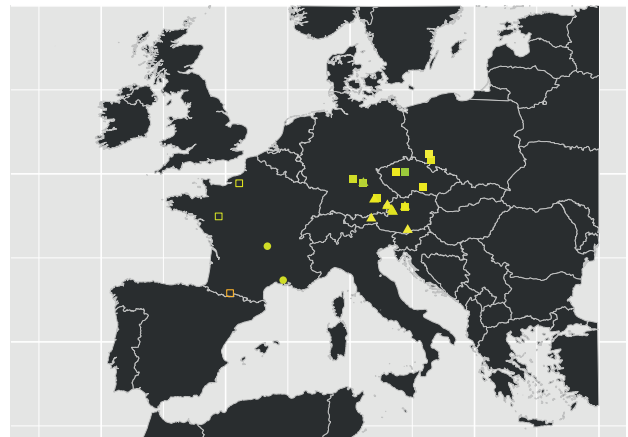
Burg/Schloss, Eingangstür zu Wohngebäuden/Türmen



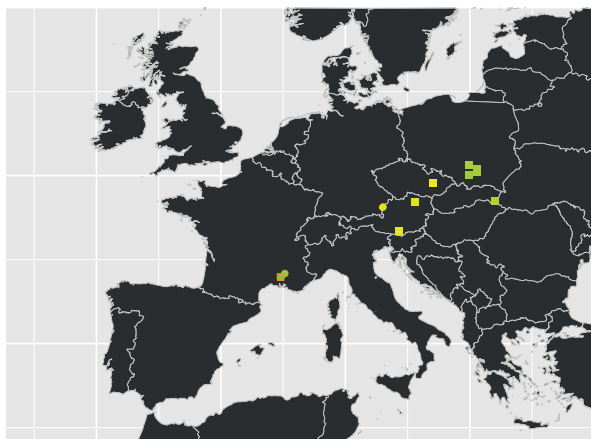
Burg/Schloss, Schatzkammer/Registratur/Kapelle



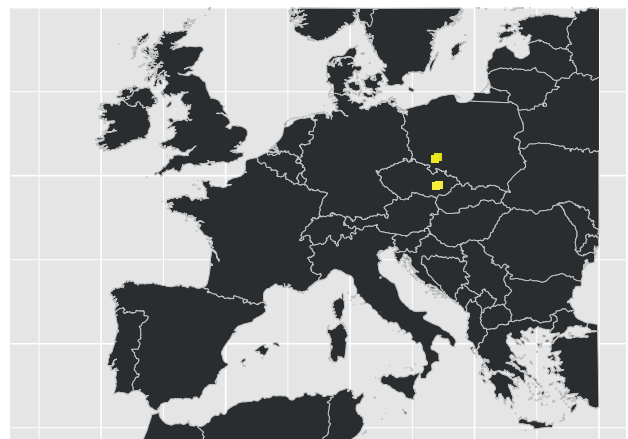
Burgtor



Kirche, Sakristei/Seitenkapelle



Kirchenportal



Rathaus/Bürgerhaus

- ◻ Eisentür (Eisenplattenverkleidung auf eisernem Rahmen aufgedoppelt)
- Eisentür (Füllungstür)
- △ Eisentür (verbundene Eisenplatten)
- Holztür mit Diagonalbändern und dekorierten Eisenblechen
- Holztür mit Eisenplattenverkleidung
- ▲ Holztür mit Eisenplattenverkleidung und verstärkenden Diagonalbändern

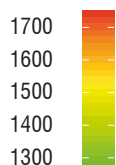


Abb. 4: Kartierung der Schlüsselbefunde: Gruppierung der datierten Konstruktionstypen nach Bauwerkstyp und dem dortigen Anbringungsort. Die Karten zeigen nicht nur die Bandbreite der Verwendung dieser Türtypen vom Sakralbau bis zum Bürgerhaus, sondern lassen auch funktionale Tendenzen erkennen. Unter den erhobenen Schlüsselbefunden sind Türen zu Räumen mit wertvollem Inhalt in der Burg oder im Schloss, wie bspw. zur Schatzkammer oder Registratur, oftmals vollständig aus Eisen, wohingegen für Sakristeitüren rein aus Eisen sich bislang nur französische Beispiele fanden. Schlüsselbefunde, die Einzelfälle darstellen, wie die Eisentür als Schlosstor oder als Kirchenportal, zeigen zugleich Forschungsdesiderate auf. [Arera-Rütenik / Salzer 2020].





RESTAURIERUNGSWISSENSCHAFT



Die Restaurierungswissenschaft beschäftigt sich mit der Frage wer hat wann, was, warum gemacht und was ist seitdem mit dem Objekt geschehen. Der Arbeitsbereich steht damit als Bindeglied zwischen den Fachdisziplinen der Geisteswissenschaften und den Naturwissenschaften und leistet einen essentiellen Beitrag zur Beantwortung der komplexen Fragestellungen rund um den Erhalt des Kulturguts. Im Zentrum steht die materialbezogene Ansprache des Objekts mit seiner individuellen Herstellungs- sowie Veränderungsgeschichte. Die Restaurierungswissenschaft am KDWT in Bamberg bildet als naturwissenschaftlich orientierte Einrichtung die Brücke zwischen den praktisch am Objekt arbeitenden Restauratorinnen und Restauratoren und den rein grundlagenorientierten Forscherinnen und Forschern in den Laboren. Der Arbeitsbereich der Restaurierungswissenschaft am KDWT konnte sich in den letzten Jahren national und international weiter etablieren. Die mit der Gründung des KDWT zur Verfügung gestellten Räume, die apparative Ausstattung sowie die personelle Unterstützung wurden konsequent zur weiteren Verstärkung des Fachbereichs eingesetzt. Im Rahmen von nationalen und internationalen Projekten konnte die Bamberger Expertise der Restaurierungswissenschaft wichtige Fragestellungen in den etablierten Profildisziplinen (Mikroanalyse, Objektdokumentation, Kulturtechniken) sowie in dem neuen Schwerpunkt „Kulturgut und Klimawandel“ liefern.

Mit Prof. Dr. Paul Bellendorf wurde im Oktober 2018 die vorgezogene Neubesetzung der Professur für Restaurierungswissenschaft vollzogen. Als diplomierter Werkstoffwissenschaftler mit einem Master in Denkmalpflege und einer Promotion in der Restaurierungswissenschaft verbindet er die Fachdisziplinen der Naturwissenschaften mit den Geisteswissenschaften, ganz so wie es dem Fach der Restaurierungswissenschaft zu eigen ist.

Die Denomination der Professur für „Restaurierungswissenschaften in der Baudenkmalpflege“ wurde 2020 in „Restaurierungswissenschaft“ geändert. Das bei seiner Gründung im Jahre 2000 in Deutschland noch neue Fach hat sich heute in Forschung und Lehre etabliert. Wie ursprünglich intendiert bildet es die Brücke zwischen der klassischen Restauratorenausbildung und einer geistes- und naturwissenschaftlichen Ausbildung und Forschung. Da sich die Fragestellungen der Baudenkmalpflege und des

Kulturgüterschutzes hinsichtlich Problemstellung und Methodenkanon stark überschneiden und als Folge daraus in Bamberg auch bearbeitet wurden, konnte die einschränkende Denomination auf die Baudenkmalpflege dem Fach nicht mehr gerecht werden.

Der Fachbereich der Restaurierungswissenschaft an der Universität Bamberg und damit auch am KDWT wird weiter ausgebaut. Zum 01.12.2020 hat Prof. Dr. Ralf Kilian die Professur für „Präventive Konservierung in der Baudenkmalpflege“ angetreten, zum 01.10.2021 folgt Frau Prof. Dr. Marianne Tauber auf die Professur für „Forensische Restaurierungswissenschaft organischer Polymere“. Mit den beiden neu geschaffenen Professuren werden damit in Bamberg wichtige Zukunftsthemen der Denkmalpflege und der Restaurierungswissenschaft in Forschung und Lehre vertreten sein.

### Neuer Profilierungsschwerpunkt Kulturgut und Klimawandel

Die Auswirkungen des anthropogen induzierten Klimawandels auf das Kulturgut werden immer deutlicher. Die Klimasimulationen prognostizieren für Deutschland vor allem in den Sommermonaten steigende Temperaturen und geringere Niederschläge. Gleichzeitig wird die Anzahl an Wetterextremereignissen, wie Starkregenereignisse, zunehmen. Diese Änderungen haben Auswirkungen auf das Kulturgut, und zwar nicht erst in mehreren Jahren oder Jahrzehnten, sondern bereits heute.

Garten- und Parkbetreiber kämpfen bereits u. a. mit den Folgen der verringerten Niederschläge in den vergangenen Sommern, aber auch mit geänderten Vegetationszyklen. Gleichzeitig stellen die Starkregenereignisse die Verantwortlichen vor großen Herausforderungen. Aber auch das Baudenkmal und seine Ausstattung ist von den geänderten Klimabedingungen betroffen. Vor allem die heißen Sommermonate der Jahre 2018 und 2019 haben das Kulturgut nachhaltig geschädigt. Aus Sachsen und Sachsen-Anhalt ist bekannt, dass die relative Luftfeuchte in Kirchen und historischen Gebäuden zum Teil auf unter 40 % sank: Werte, die bislang fast ausschließlich in Verbindung mit dem (unzureichenden) Betrieb von Heizungsanlagen in den Wintermonaten gebracht wurden. Vor allem Ausstattungsbestandteile aus organischen Materialien, wie Holz oder polychrome Fassungen, reagieren auf die niedrigen Werte sehr empfindlich.

Die Restaurierungswissenschaft des KDWT hat auf den Umstand des Klimawandels reagiert und einen neuen Profilierungsschwerpunkt „Kultur- gut und Klimawandel“ initiiert. Um die Auswirkungen des sich geänderten Klimas auf das Kulturgut untersuchen zu können, wurde am KDWT ein Klimaprüfschrank installiert. In diesem können Modellsubstrate einem künstlichen und sich wechselnden Klima ausgesetzt werden. Vor allem die Auswirkungen der bislang nicht gekannten Trockenheit von Innenräumen in den Sommermonaten können hier nachgestellt, simuliert und mittels der vorhandenen Methoden der digitalen 3D-Objektdokumentation und des Oberflächenmonitorings evaluiert werden.

Ein erstes Forschungsprojekt mit dem Titel *„Schadensrisiko für Kulturgut aufgrund zu geringer relativer Luftfeuchte in Innenräumen von national wertvollen Kulturgütern. Analyse und Empfehlungen zum Umgang hinsichtlich der Auswirkungen der globalen, anthropogenen Klimaerwärmung“* wurde zum März 2020 gestartet (Fördermittelgeber: Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Projektpartner: Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.). Ziel des Vorhabens ist es u. a., mehr Qualität in die Diskussion rund um die Auswirkungen des Klimawandels auf das Kulturgut zu bringen. Hierzu wurde eine Umfrage unter den Denkmalverantwortlichen in Deutschland initiiert, um eine Aussage zu den bereits heute bestehenden Problemen im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Veränderungen des Klimawandels zu erhalten.

Die ersten Rückläufer der Umfrage zeigen, dass die klimawandelbedingten Auswirkungen auf das Kulturgut heute bereits deutschlandweit akut und sichtbar sind. Zum Problem werden zunehmend nicht nur die niedrigen relativen Luftfeuchten in Innenräumen von historischen Gebäuden, sondern auch sinkende Grundwasserspiegel, was vor allem im Zusammenhang mit der Gründung zu massiven statischen Schäden führen kann.

Parallel zur Umfrage werden an ausgewählten Teilen der Ausstattung in der Moritzburg, der Augustusburg und der Albrechtsburg Klimaaufzeichnungen durchgeführt. Musterflächen werden zusätzlich mehrmals mittels hochauflösenden 3D-Scannern erfasst, um etwaige Veränderungen der Oberflächen zu detektieren. Mehr zur angewendeten Methodik des 3D-Scannens zur Dokumentation der Oberflächengeometrie und des Soll-Ist-Vergleichs von 3D-Aufnahmen von unterschiedlichen Zeitpunkten ist dem Beitrag „Historische Glasfenster in Polen“ zu entnehmen.

Der Klimawandel und seine Auswirkungen wird in Zukunft in vielen Fachdisziplinen zwangsläufig eine immer wichtigere Rolle einnehmen. Mit dem Profilschwerpunkt Klimawandel und Kulturgut stellt die Restaurierungswissenschaft des KDWT damit frühzeitig die Weichen, um dieses wichtige Zukunftsthema des Kulturgüterschutzes im Bereich der Forschung aktiv voranzubringen.

### Profilierungsschwerpunkt Mikroanalyse

Das KDWT hat für die Restaurierungswissenschaft die Arbeitsgrundlage geschaffen, um im naturwissenschaftlichen Labor eine komplementäre und partinomische Mikroanalyse von Proben aus dem Bereich der Baudenkmalpflege und der Kulturgutsicherung durchzuführen. Im Labor finden keine Reihenuntersuchungen von großen Probenkonvoluten statt, vielmehr ist jede Materialprobe mit ihrer individuellen Geschichte und Fragestellung verbunden.

Vielfach ist die Menge an Probenmaterial geradezu minimal, da nur winzige Reste von historischen Befunden die Zeit überdauert haben oder aus denkmalpflegerischen Gründen nur geringe Mengen entnommen werden dürfen. Damit ist jede Probe einzigartig! Die Tätigkeiten im Labor wurden auf diese Herausforderungen angepasst. Die Proben werden mittels (digitalen) Lichtmikroskopen erfasst und charakterisiert. Ausgewählte Partikel werden zur weiteren Untersuchung in Kunstharz eingebettet und die Untersuchungsfläche plan geschliffen und poliert. Anschliffe ermöglichen so einen Blick auf die Schichtenabfolge einer historischen Farbfassung und können damit Aussagen zur historischen Gestaltung von Gebäuden oder Ausstattungsteilen liefern. Die Schliffe werden im Lichtmikroskop untersucht und die Proben können anschließend im KDWT-eigenen Rasterelektronenmikroskop (REM) weiter untersucht werden. Zur Bestimmung von Elementen ist das REM mit einer energiedispersiven Spektroskopie ausgestattet. Für die Identifikation von Molekülen steht im Labor ein Infrarotspektroskop zur Verfügung. Spezialfragestellungen können mittels einer thermogravimetrischen Analyse, in Kombination mit einem Infrarotspektrometer und einer nachgeschalteten Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung untersucht werden. Details zu den einzelnen Verfahren finden sich in den nachfolgenden Berichten.

Die Mikroanalyse in der Restaurierungswissenschaft hat sich immer weiter etabliert. Die neue Professur für Forensische Restaurierungswissenschaft organischer Polymere wird darüber hinaus

in Zukunft zusätzliche Impulse liefern, um die Bamberger Expertise für die denkmalbezogene, naturwissenschaftliche Untersuchung von Materialien rund um die Denkmalpflege und den Kulturgüterschutz weiter voranzutreiben.

### Profilierungsschwerpunkt Objektdokumentation

Neben den analytischen Arbeiten im Labor verwendet die Restaurierungswissenschaft unterschiedliche Methoden zur Erfassung und Digitalisierung von Oberflächen. Dabei kommen ndt-Methoden (,non-destructive testing methods‘) zum Einsatz, welche primär aus dem Bereich der zerstörungsfreien Materialuntersuchung stammen und auf die Fragestellungen des Kulturgüterschutzes angepasst werden. Ergänzt werden diese durch terrestrische Laserscanner, wie sie aus der Gebäudeerfassung bekannt sind.

Je nach Aufgabenstellung verwendet die Restaurierungswissenschaft unterschiedliche ndt-Methoden. So dienen sie als Werkzeug zur Erfassung der Geometrie eines Bauwerks oder eines Ausstattungsteils, also zur Dokumentation von Be- und Zustand. Je nach Objektgröße und geforderten Detailgrad werden 3D-Sanner mit einer Auflösung im Millimeterbereich (terrestrische Laserscanner; TLS) oder im Mikrometerbereich (Structured Light Scanner; SLS) verwendet.

Die mittels 3D-Scannern erhobenen Daten spiegeln den Status quo zum Zeitpunkt der Aufnahme wider. Werden von der gleichen Stelle mehrere Scans mit einem zeitlichen Abstand durchgeführt, so kann eine Veränderung der Oberfläche sichtbar gemacht werden. Hierfür werden in einer Inspektionssoftware Scans übereinandergelegt und die Abweichungen in Fehlfarbenbildern dargestellt. Durch externe Faktoren, wie ein sich änderndes Klima, hervorgerufene Bewegungen oder Veränderungen können so nachgewiesen werden.

Zur Sichtbarmachung von mit bloßem Auge nicht wahrnehmbaren Phänomenen, wie losen Malschichten, überdeckten Untermalungen, Retuschen in Malereien etc. stehen am KDWT zwei Thermografiekameras, eine Shearografie und eine Multispektralkamera (UV-VIS-IR) zur Verfügung.

Das Potential der unterschiedlichen Methoden am KDWT besteht darin, dass die Verfahren nicht nur singulär, sondern komplementär eingesetzt werden. Durch die Verknüpfung der verschiedenen Ergebnisse können validere Aussagen zu den individuellen Befunden erstellt werden, die dann – wo nötig und möglich – durch eine Mikroanalyse intensiver untersucht werden können.

### Profilierungsschwerpunkt Kulturtechniken am Bau

Immer mehr Handwerksbetriebe finden keine Auszubildenden oder gar Nachfolger, an die die (Traditions-)Betriebe übergeben werden können. Damit einher geht ein vielschichtiger Verlust an tradiertem Wissen, warum, was, womit, wie hergestellt und/oder benutzt wurde. Diese Fragen bilden gleichzeitig den Kanon für das Fach der Restaurierungswissenschaft. Mit einem Verlust der Handwerksberufe würde die Restaurierungswissenschaft also auch eine ihrer Primärquellen verlieren.

Zusammen mit der Hochschule Coburg und der Handwerkskammer für Oberfranken wurde daher ein dualer Bachelorstudiengang „Bauerhalt und historische Werktechniken“ entwickelt; eine Entscheidung zur Einführung steht noch aus. Dieser könnte zukünftig als Schnittstelle zwischen Hochschulbildung und Handwerksausbildung fungieren und könnte die Möglichkeit bieten parallel zur Ausbildung im Handwerk ein Bachelorstudiengang an der Hochschule Coburg zu absolvieren.

Gleichzeitig würde an der Hochschule Coburg und an der Universität Bamberg der Bezug zum Handwerk intensiviert werden. Für den Bauerhalt ist Wissen und die praktische Fertigkeit der Handwerker aber ebenso unerlässlich, wie das der Restauratoren. Die Restaurierungswissenschaft strebt daher weitere Kooperationen mit Hochschulen im Bereich der Restaurierung an. Anbahnungen in dieser Richtung wurden unternommen, sind zum Zeitpunkt der Drucklegung allerdings noch nicht spruchreif.

Durch geeignete Kooperationen mit den unterschiedlichen Fachdisziplinen im Bereich der Restaurierung und des Handwerks verstärkt das KDWT sein interdisziplinäres Netzwerk zum denkmalpflegerischen Erhalt von Kulturtechniken am Bau. Denn nur durch ein gemeinsames Miteinander sind wir in der Lage das komplexe System des Denkmals in seiner Gesamtheit zu erfassen, die bestehenden Problemfelder zu identifizieren und im interdisziplinären Diskurs denkmalverträgliche, also nachhaltige Lösungswege zu erarbeiten. Die dafür notwendige Grundlage wurde mit der Gründung des KDWT gelegt. Darauf gilt es in Zukunft aufzubauen, worunter vor allem auch eine Erweiterung und Verstärkung der Netzwerke in die unterschiedlichen Bereiche hinein zählt.

(Paul Bellendorf)



## Spurensuche am Querhaus der Notre-Dame in Paris



Abb. 1: Ansicht des Südportals als Orthofoto auf Grundlage der Punktwolke [Tenschert 2019].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing Rainer Drewello
Bearbeitung:	Prof. Dr.-Ing Rainer Drewello, Ruth Tenschert M.A., Dipl. Geol. Martina Pristl
Partner:	Prof. Dr. Stephan Albrecht, Prof. Dr.-Ing. Stefan Breitling
Laufzeit:	seit 2012
Finanzierung:	BMBF 2015-2018, KDWT-Eigenmittel



Abb. 2: Tympanon des Nordportals am Querhaus [Klahr 2016].

Am 15. April 2019 brannte die Kathedrale Notre-Dame in Paris. Der verheerende Brand war aber nicht nur ein einschneidendes Ereignis in der über 800-jährigen Geschichte des imposanten und weithin bekannten Bauwerks an der Seine. Es war auch der Startschuss und Motivation für die Bamberger Wissenschaftler, die sich bereits im Rahmen des BMBF-Projektes „Mittelalterliche Portale als Orte der Transformation“ mit den Querhausportalen beschäftigt hatten, die Forschungen weiter zu intensivieren und ihre Erkenntnisse für die Unterstützung des Wiederaufbaus aufzuarbeiten. Noch 2020 wird daher eine umfassende Publikation zu den beiden gotischen Querhausportalen der Notre-Dame erscheinen.

Die Restaurierungswissenschaft hatte bereits im Projektverlauf faszinierende Einblicke auf und unter die Oberflächen der Portale und ihrer Revers gewinnen können und dabei spannende Beobachtungen gemacht. Die Auswertung und Verknüpfung der Einzelbefunde erfolgte im Anschluss an die minimalinvasive, zerstörungsarme Mikroanalyse im Labor am KDWT. An die lichtmikroskopische Charakterisierung des Probenmaterials mit einem digitalen Fasermikroskop, schloss sich einerseits die Analyse der angefertigten Querschliffe an, die neben der Betrachtung im Lichtmikroskop (LM/POL, UV und DF) auch mittels REM-EDS untersucht wurden. Das Resultat der Stratigrafie der Proben und der Elementverteilung, wurde mit den Analyseergebnissen der FT-IR Untersuchungen verknüpft und ermöglichte schlüssige Interpretationen, die sich mit den historischen Quellen in Einklang bringen lassen.

### Die Bauinschrift

Bei der eingehenden Untersuchung der Bauinschrift an der Südquerhausfassade mittels moderner hochauflösender 3D-Scan-Technik ließen sich interessante Neuerungen über die Arbeiten von Viollet-le-Duc während des 19. Jahrhunderts am südlichen Querhaus erkennen. Bisher war von einem gänzlichen Austausch des monumentalen Inschriftbandes, welches sich über die gesamte Fassadenbreite zieht, ausgegangen worden. Die Beobachtungen vor Ort hatten Zweifel an dieser Forschungsmeinung aufkommen lassen. Die akribische Untersuchung der Geometrie der einzelnen Buchstaben und der Machart, des in den Quader eingetieften Bandes, konnte aber zeigen, dass viele Teile noch original mittelalterlich sind und nur einzelne – im 19. Jahrhundert bereits



Abb. 3: Übersicht der über 8 Meter langen Bauinschrift am Südquerhaus mit Steinnummerierung auf Grundlage des hochauflösenden 3D-Modells, oben westlicher Teil, unten östlicher. Rot markierte Steine: Austausch des 19. Jahrhunderts, gelb markierte Steine: mittelalterliche Originale [Tenschert 2018].

nahezu unleserlich abgewitterte – Steine ausgetauscht wurden. Die Analyse in der Form wurde erst durch das hochauflösende 3D-Modell möglich. Rekonstruktionsversuche mit den mittelalterlichen Buchstaben ergaben zudem, dass die Steinmetze des 19. Jahrhunderts zwar leicht von dem ursprünglichen Wortlaut abwichen, aber im Großen und Ganzen äußerst nahe am Vorbild arbeiteten, der Machart des Mittelalters Tribut zollten und ihre Interpretation gotischer Minuskeln in den Bestand einfügten.

### Die Portale

Diese neuen Erkenntnisse zur Arbeitsweise der Restaurierungsmannschaft um Viollet-le-Duc konnten durch die vor Ort entnommenen Mikroproben zudem durch Beobachtungen zur ursprünglichen Gestalt und Oberflächenbeschaffenheit der Portale und deren Veränderungsgeschichte ergänzt werden. Vor allem die Untersuchungen der Portalreverswände im Inneren ermöglichten es schließlich diese in ein schlüssiges Bild der großangelegten Kathedralrestaurierung im 19. Jahrhundert zu stellen.

### Das Südportal

Die wenigen erhaltenen originalen Oberflächen am Südportal zeugen von einer ausgesprochen qualitätvollen Arbeit. Heute ist das Erscheinungsbild von Verwitterung und Korrosion geprägt. Die Untersuchungen zeigen, dass das Südportal, hingegen den weit verbreiteten Vorstellung polychromer mittelalterlicher Portale, keine aufwändige

farbige Fassung erhielt. Das Stephanusportal war sowohl in der ersten als auch in der zweiten Fassung weitgehend zurückhaltend monochrom lasiert und in einigen Bereichen leicht abgesetzt. Instandsetzungsarbeiten am Südquerhaus, 1725, markieren einen terminus post quem für die Überfassung der ebenfalls zurückhaltenden Gestaltung im Innenraum, mit weißen Wänden und einer gelbocker bis rotockerbraunen Betonung der architektonischen Gliederung. Der Nachweis ließ sich über Proben von Ergänzungen, Fugmassen und Malschichtpaketen mit der stratigrafischen Abfolge der Anstriche führen. Im Zusammenhang



Abb. 4: Figurengesichter mit Korrosionserscheinungen, Südportal, Tympanon [Drewello 2012].





Abb. 5: Blattmaske mit Resten der Polychromie des 19. Jhd., Südquerhausrevers [Drewello 2012].

mit dem Südportal waren auch die Figurenfragmente im Musée Cluny in Augenschein genommen worden, die im Zuge der Französischen Revolution aus dem Portal genommen wurden, um ausschließen zu können, dass es sich bei den Befunden um Reste jüngerer Maßnahmen handelt.

#### Viollet-Le-Duc

Besonders interessant ist, dass man sich während der großangelegten Maßnahme im 19. Jahrhundert unter Viollet-Le-Duc für eine neue Gestaltung des gesamten Inneren des Querhauses entschied. Man plante, wie für die anschließenden Langhaus- und Chorkapellen, eine aufwändige polychrome Neufassung mit einer bemerkenswerten Fasstechnik zu realisieren. Die Analysen der Malschichten lieferten eindeutige Schlüsselbefunde, die diese Ausmalungsphase zweifelsfrei ins 19. Jahrhundert datieren. Neben Zinkweiß, das überhaupt erst ab dem 19. Jahrhundert gebräuchlich war, finden sich auch andere für die Zeit typische Pigmente.

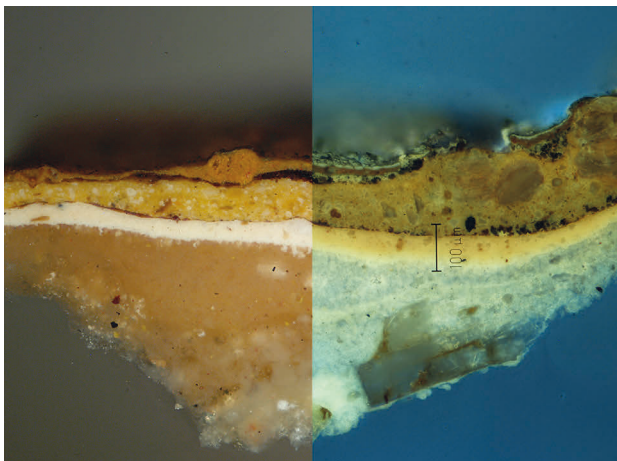


Abb. 6: Querschliff der Probe T11 von der Türleibung, Südportal (LM/DF und UV) [Pristl 2020].



Abb. 7: 3D-Modell der Trumeaumadonna des Nordportals am Querhaus [Tenschert 2016].

Zusammen mit der ornamentalen und figuralen Gestaltung sowie dem umfassenden Gesamtkonzept muss es einen faszinierenden Eindruck im Innenraum ergeben haben. Für die Außenbereiche ging Viollet-le-Duc farblich weit zurückhaltender vor, so lässt sich für das Südportal zwar die Verwendung des damals neuen Wasserglases zur Festigung nachweisen, aber keine Spuren einer polychromen Gestaltung. Vor der Anwendung des neuen Konsolidierungsmittels erfolgte eine umfangreiche mechanische Reinigung, die die verschwärzten Oberflächen betraf. Um der Vorstellung des mittelalterlichen Figurenportals wieder näher zu kommen, ergänzte Viollet-Le-Duc die Standfiguren am Gewände und Trumeau.

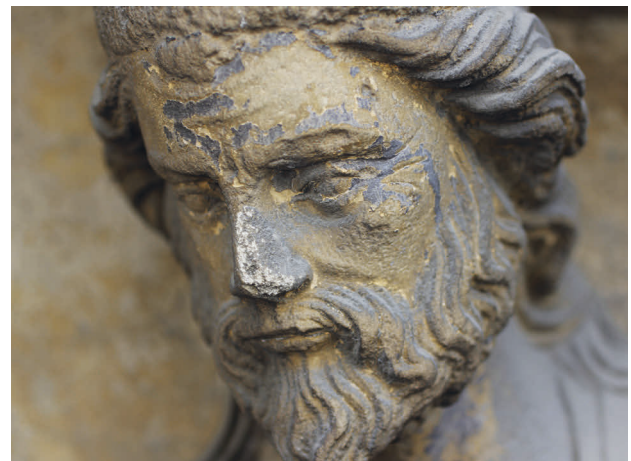


Abb. 8: Kopf mit Oberflächenkorrosion am Tympanon des Nordportals am Querhaus [Tenschert 2016].



## Das Nordportal

Die Oberflächen des Nordportals zeigen heute ähnliche Verwitterungs- und Korrosionserscheinungen wie am Südportal. Im Gegensatz zu seinem Pendant weist das Nordportal aber noch Reste mittelalterlicher Polychromie auf. Besonders augenfällig sind die Fassungsreste auf der zentralen Trumeaumadonna. Neben Ornamenten am Mantel und strahlend blauen Resten in Gewandfalten lassen sich, mit bloßem Auge, Spuren von Metallaufträgen am Gewand der Marienfigur erkennen. Der stratigraphische Aufbau lässt auf zwei frühe Ausstattungsphasen schließen. Die blauen Spuren konnten als Lapislazuli- und Azurit-Malschichten charakterisiert werden, die Metallaufträge als Blattgold. Die verwendeten Pigmente und das Schlagmetall zeugen von einer prächtigen und aufwändigen Ausgestaltung. Außerdem finden sich auch am restlichen Portal und abgenommenen Fragmenten im Musée de Cluny Hinweise auf eine reiche mittelalterliche Polychromie im Norden. Wahrscheinlich gab es sogar eine zweite ebenfalls farbig gestaltete (Teil-) Fassung am Nordportal und eine spätere, bislang nicht näher zu datierende.

Die polychromen Befunde am Nordportal lassen sich mit denen an der Westfassade kontextualisieren. Obwohl im 19. Jahrhundert im Norden auch gearbeitet wurde, erfolgte hier im Außenbereich weder eine polychrome Neufassung noch eine Rekonstruktion der fehlenden Figuren am Gewände. Die Umsetzung der Polychromie des 19. Jahrhunderts nach mittelalterlichem Vorbild beschränkte sich auf den Innenraum.

Insgesamt konnten wertvolle Erkenntnisse über die ursprüngliche Gestalt und Veränderungsgeschichte des Querhauses und seiner Portale gesammelt werden, welche die weiteren Forschungen an diesem herausragenden Bau bereichern.

(Ruth Tenschert, Rainer Drewello)

DREWELLO, Rainer / TENSCHERT, Ruth: Portale unter dem Mikroskop: Spurensuche am Pariser Querhaus, in: ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stephan / DREWELLO, Rainer (Hg.): Die Querhausportale der Kathedrale Notre-Dame in Paris, Petersberg (im Druck)

TENSCHERT, Ruth: Cathedral Notre Dame in Paris – The inscription of the south transepts façade: Medieval relict or 19th century recreation?, in: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W15, 2019, S. 1141–1147.

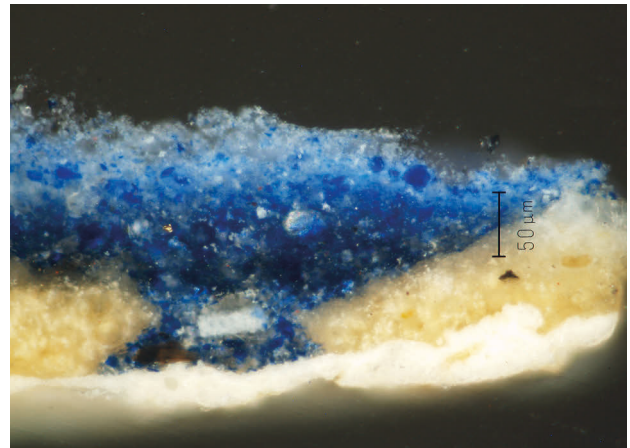


Abb. 9: Lichtmikroskopische Aufnahme des Querschliffes einer Probe des Gewandes der Trumeaumadonna mit mittelalterlicher Lapislazuli-Blaufassung. (LM/DF) [Pristl 2016].

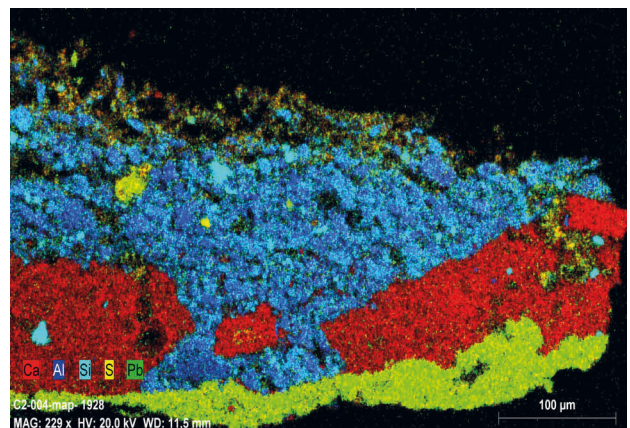


Abb. 10: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen mit Elementverteilung (REM-EDS, Elemente: Ca, Al, Si, S, Pb) der Probe von Abb. 9 [Pristl 2016].

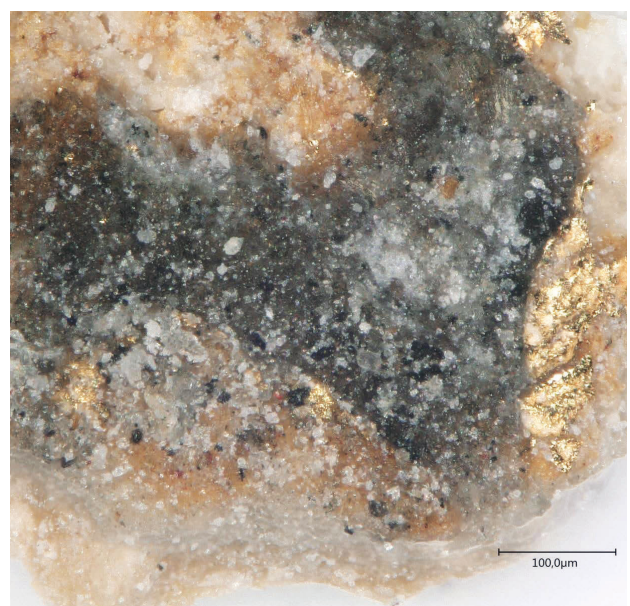


Abb. 11: Mikroskopische Aufnahme eines Probenpartikels mit Blattgoldauflage von dem Gewand der Trumeaumadonna am Nordportal [Tenschert 2019].

## Die „Wolkenmädchen“ von Sigiriya, Sri Lanka

### Dokumentation und Konservierung bedrohter Wandmalereien



Abb. 1: Der Löwenfelsen von Sigiriya [Höpfner 2018].

Leitung:	Prof. Dr. Rainer Drewello, Prof. Bilinda D. Nandadewa (University of Kelaniya)
Bearbeitung:	Max Rahrig M.A. (Koordinator), David Höpfner, Eva Basse M.A., Anna Luib M.A., Dr.-Ing. Tobias Arera-Rütenik, Katrin Vill M.A., Dipl.-Rest. Eva Höfle
Partner:	University of Kelaniya, Department of Archaeology of Sri Lanka (DoA), Central Cultural Fund (CCF)
Laufzeit:	seit 2018
Finanzierung:	Gerda Henkel Stiftung und Central Cultural Fund, Sri Lanka

180 km von der heutigen Hauptstadt Sri Lankas entfernt, liegt im Landesinneren die einstige Königsstadt Sigiriya. Benannt wurde sie nach dem monolithischen Felsen, der fast 200 Meter über die bewaldete Ebene herausragt. Sein Name leitet sich von „Singha Giri“ ab, was so viel wie „Löwenfelsen“ bedeutet. An diesen Ort legte der singhalesische König Kashyapa I. zwischen 473 und 495 n. Chr. den Regierungssitz und machte Sigiriya zur Hauptstadt und zum kulturellen Zentrum seines Reiches.

Seinen Winterpalast baute der König auf dem Plateau des markanten Löwenfelsen, mit weitem Ausblick über das Land. Am Fuße des Felsen ließ er eine umfangreiche Anlage errichten, bestehend aus einem Sommerpalast, ausgedehnten Terrassen, Parkanlagen mit Lustgärten und ausgefeilten Wasserspielen, aber auch Befestigungsringen mit hohen Mauern, Wällen und Wassergräben.

Nach etwas mehr als zwanzig Jahren endete die Herrschaft von Kashyapa. Unter seinem Nachfolger wechselte der Regierungssitz erneut nach Aanuradhapura und Sigiriya verlor seine Bedeutung. In den folgenden Jahrhunderten wurde der Ort zunächst als buddhistisches Kloster genutzt, bevor er im 17. und 18. Jahrhundert als Militärstützpunkt genutzt wurde. Im 19. Jahrhundert wurde der Ort von Historikern, Archäologen und Restauratoren wiederentdeckt. Seitdem wächst das wissenschaftliche und kulturelle Interesse an Sigiriya stetig.

Durch die geschichtliche und identitätsstiftende Bedeutung des Ortes erklärte die UNESCO Sigiriya bereits 1982 zum Weltkulturerbe. Der Status ist nicht zuletzt der bedeutenden Monumentalmalerei geschuldet, welche sich über dem Aufstieg zum Winterpalast befand. Ursprünglich umfasste es eine Fläche von etwa 140 m Länge und 40 m Höhe auf der westlichen Hauptseite des Felsens. Die Malerei zeigte eine Himmels- und Wolkenlandschaft, die dem Betrachter den Eindruck vermitteln sollte, der darüber liegende Felsenpalast würde frei in den Wolken schweben. In der prächtigen Wolkenlandschaft sollen laut einer Inschrift 500 figürliche Darstellungen abgebildet gewesen sein. Unter einem Felsüberhang, der so genannten „Frescoe Pocket“, geschützt vor den starken Regenfällen des Landes, hat sich ein Teil der höchst qualitätvollen Malerei mit 22 farbenprächtigen, figürlichen Frauendarstellungen erhalten – den sogenannten „Wolkenmädchen“. Die Darstellungen werden als Apsaras, halb menschliche und halb göttliche Frauen aus der buddhistischen und hinduistischen Mythologie gedeutet. Es handelt sich um das früheste, erhaltene Beispiel der sri-lankischen Schule des Klassischen Realismus, welcher hier bereits vollständig entwickelt ist.

Eine Begutachtung durch ICCROM und den Central Cultural Fund (CCF), Sri Lanka erbrachte, dass die Malereien akut gefährdet sind. Als Ursachen werden vor allem die Alterung eines vor etwa





Abb. 2: Das Team der ersten Kampagne vor den Wandmalereien in der „Frescoe Pocket“ [Höpfner 2018].

35 Jahren aufgebrauchten Konservierungsmitteln sowie die negativen Auswirkungen der extremen Touristenströme angenommen.

Um den Verlust des bedeutsamen Kulturgutes entgegen zu wirken, sprach ICCROM die Empfehlung aus, eine 3D-Dokumentation sowohl der „Wolkenmädchen“ als auch der bislang noch nicht dokumentierten Malereien und Putzfragmente in unzugänglichen Felsbereichen außerhalb des großen Felsüberhangs durchzuführen. Aufbauend auf dieser grundlegenden Dokumentation sollen ein Maßnahmenkonzept für eine nachhaltige Sicherung des Malereibestandes und ein präventives Schutzkonzept vor Ort erarbeitet werden.

Dank der Unterstützung durch die Gerda Henkel Stiftung und dem CCF konnte 2018 ein Projekt in Kooperation zwischen KDWT, der Universität Kelaniya, dem CCF und des Department of Archaeology (DoA) initiiert werden. Schwerpunkt des Projektes ist die Dokumentation und eingehende Untersuchung der Malerei sowie die Schulung und Weiterbildung sri-lankischer Archäologen und Restauratoren im Umgang mit modernen zerstörungsfreien Prüf- und Dokumentationsmethoden.

Während der ersten vierwöchigen Kampagne im Oktober und November 2018 wurde zunächst eine präzise 3D-Dokumentation der Wandmalerei in der Felsnische mittels Structured-Light-Scanning

(SLS) und terrestrischem Laserscanning (TLS) erstellt. Die Erfassung wurde zusätzlich mit einer hochauflösenden fotografischen Dokumentation der Oberflächen und gezielten Streiflichtaufnahmen der Malereien ergänzt. Der SLS dient der hochauflösenden Dokumentation der Oberflächengeometrie in einer Genauigkeit von etwa 0,1 mm, sodass selbst kleinste Details, wie Pinselstriche erfasst werden konnten. Da es sich um eine sehr große Fläche (ca. 25 x 4 m) handelt wurde der TLS verwendet um eine Referenzmessung der gesamten Fläche zu erhalten. Dies war technisch notwendig, da keine Referenzmarkierungen zur Kontrolle der SLS-Daten auf den Malereien angebracht werden durften. Das Oberflächenmodell der SLS-Daten wurde anschließend mit farbechten, gleichmäßig ausgeleuchteten Fotos verknüpft. Hierdurch ließ sich ein fotorealistisch texturiertes 3D-Modell erzeugen. Zusätzlich wurden Streiflichtaufnahmen der figürlichen Darstellungen angefertigt, wodurch Materialwechsel zwischen originaler Malerei, Ergänzungen und Retuschen schneller identifiziert werden können. Zum Einsatz kam ein Comet L3D SLS der Firma Zeiss Optotechnik, ein Faro Focus 3D TLS sowie eine Canon EOS 5D Mark IV Digitalkamera mit zwei Scangrip NOVA 5KC LED-Strahlern. Die Arbeiten wurden in einem Team aus zwölf sri-lankischen Kollegen und drei Mitarbeitern des KDWT





Abb. 3: Teamwork ohne Hierarchie: V. l. n. r. Menika Rodrigo M.Sc. (Restauratorin), Nilanta Pramala (Assistent), Prof. Bilinda Nandadewa (Projektleiter), Mithrananda Dharmasiri M.Sc. (leitender Restaurator), Dias Wagachchi M.Sc. (stellvertretender Direktor des CCF) und Lalith Kumarasiri (Restaurator) bei der gemeinschaftlichen Erstellung von 3D-Scans mit dem SLS in der „Frescoe Pocket“ [Höpfner 2019].

durchgeführt. Die Tätigkeiten am Objekt erfolgten in den Abend- und Nachtstunden, außerhalb der regulären Öffnungszeiten der Anlage. Tagsüber konnten in der nahegelegenen Forschungseinrichtung des CCF eine erste Vorverarbeitung der Messdaten im Team durchgeführt werden.

Zusätzlich zum Felsüberhang an der Hauptseite des Löwenfelsens wurden zwei „Rock shelters“ dokumentiert. Sie enthalten mehrschichtige Wandmalereien aus der jüngeren klösterlichen Nutzung der Anlage zwischen dem 5. und 14. Jahrhundert. Die sogenannte „Cobra-hood cave“, dessen Felsformation an eine aufgerichtete Kobra erinnert, enthält zudem Zeugnisse der frühesten Nutzung des Ortes. So wurde am oberen Rand der Malereien eine Inschrift identifiziert, welche in das Gestein gearbeitet wurde. Sie stammt aus den letzten Jahrhunderten vor Christi.

Nach Abschluss der ersten Kampagne wurden aus den SLS-Daten und der fotografischen Dokumentation hochauflösende texturierte 3D-Oberflächenmodelle der Wandmalereien erstellt. Diese bilden die Grundlage für eine ausführliche Be- und Zustandskartierung, welche in der noch ausstehenden zweiten Kampagne angefertigt werden soll. Zeitgleich sollen die Daten durch eine multispektrale Dokumentation der Malerei (UV-VIS-IR Fotografie, sowie aktiver IR Thermografie) und einer drohnengestützten, flächendeckenden

Erfassung der Felswand ergänzt werden. Diese Untersuchungen sollen weiteren Aufschluss zu den Herstellungstechniken der Malerei und den Schadensphänomenen liefern. Darüber hinaus ist eine Entnahme von Mikroproben von Malerei, Putzschichten und dem schädigenden, gealterten Konservierungsmittel für eine komplementäre und partinomische Mikroanalyse geplant. Hierdurch sollen historische Werkstoffe detektiert und Umwandlungsprozesse des schadhaften Konservierungsmittels erfasst werden, um gemeinsam mit sri-lankischen Kollegen Empfehlungen für gezielte Konservierungsmaßnahmen aussprechen zu können.

Neben der Dokumentation des aktuellen Zustands der Malerei und ihrer Grundlage für Kartierungen sowie zur Planung von Maßnahmen, lassen sich die texturierten 3D-Modelle für die Öffentlichkeitsarbeit verwenden. In Zusammenarbeit mit dem CADET-VR Lab der Deakin University in Melbourne, Australien, konnte ein erster Prototyp einer virtuellen Museumspräsentation der historischen Wandmalereien erstellt werden. Im Rahmen der zweiten Projektkampagne gilt daher zu prüfen, inwiefern sich eine solche digitale Präsentation vor Ort im Museum installieren lässt und hierdurch ggf. die Besucherströme direkt an den Originalen reduzieren lassen.

(Max Rahrig, Eva Basse und Rainer Drewello)





Abb. 4: Farbechtes, neutral ausgeleuchtetes Foto als Grundlage für die fotorealistische Textur des 3D-Modells [Höpfner 2019].



Abb. 5: Ergänzende Aufnahme unter Streiflicht zur besseren Differenzierung von Materialunterschieden [Höpfner 2019].



Abb. 6: Prototyp der virtuellen Museumspräsentation der „Fresco Pocket“ [Rahrig 2019].



Abb. 7: 3D-Modell der „Asana Cave“ [Basse 2020].



Abb. 8: 3D-Modell der „Cobra Hood Cave“ [Basse 2020].



## Historisches Flachglas im Baudenkmal

### Zwischen Denkmalpflege, Ressourcenschutz und Energieeffizienz



Abb. 1: Ruth Tenschert bei der Begutachtung von historischen Fenstern in Bamberg [Basse 2020].

Leitung:	Prof. Dr.-Ing. Rainer Drewello
Bearbeitung:	Prof. Dr. Paul Bellendorf, Alexandra Schmölder M.A., Ruth Tenschert M.A.
Partner:	Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)
Laufzeit:	2018 – 2021
Finanzierung:	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

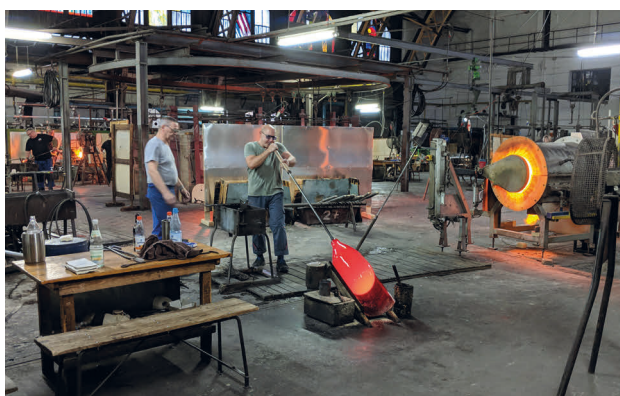


Abb. 2: Zylinderglasproduktion nach historischem Vorbild bei der Firma Lamberts in Waldsassen [Bellendorf 2018].

Fenster sind besonders stilprägende Elemente von denkmalgeschützten Gebäuden. Ihre Wirkung in der Fassade bestimmt das Erscheinungsbild und ihr Erhalt trägt per se aktiv zum Denkmalschutz bei. Bei Sanierungen werden die Fenster in der Regel komplett ersetzt, d.h. Rahmen und vor allem auch die Glasscheiben gehen unwiederbringlich verloren. Als Gründe für den Austausch werden unzureichende energetische Eigenschaften der alten Fenster, ein verbesserter Brandschutz sowie neue Schallschutzmöglichkeiten bei der Nutzung moderner Fensterkonstruktionen angeführt. Alternative Ertüchtigungsmöglichkeiten von Bestandsfenstern werden dabei häufig außer Acht gelassen. Doch gerade der Erhalt historischer Bausubstanz ist ein äußerst wichtiger denkmalpflegerischer Grundsatz, der dem Postulat der Ressourcenschonung auf vorbildliche Weise folgt.

#### Das Projekt

Das Ziel des Projekts „Innovative Lösungen für die Ertüchtigung historischer Gläser und Glasfenster – Praxisversuche in der Alten Schäferei, Kloster Benediktbeuern“ ist es Varianten zu erarbeiten, die den heutigen Anforderungen an Energieeffizienz und anderen bauphysikalischen Aspekten gerecht werden. Dazu werden in der Alten Schäferei des Klosters Benediktbeuern neue Fensterrahmenkonstruktionen entwickelt und vor Ort modellhaft eingebaut. Unter realen Bedingungen können so die Maßnahmen über einen längeren Zeitraum messtechnisch überwacht und bewertet werden. Ein weiterer Schwerpunkt der Betrachtungen liegt auf den historischen Glasscheiben selbst. Ihre Lebenszyklen und Ökobilanzen werden durch den Ressourcenverbrauch, den Einsatz an Primärenergien und der Recyclingrate bestimmt und können so heutigem Floatglas gegenüber gestellt werden. Als zusätzliche Variante für eine energetische Ertüchtigung wird das Aufbringen von Folien und Beschichtungen zur Verbesserung der bauphysikalischen Eigenschaften der Bestandsgläser erforscht und erprobt.

In Abstimmung mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege testet das Fraunhofer-Institut für Bauphysik unterschiedliche Lösungswege direkt am denkmalgeschützten Gebäude im Obergeschoss der ehemaligen Schäferei in Benediktbeuern. Vorrang hat die Erhaltung der bestehenden Rahmenkonstruktion und ihrer Glasscheiben, um





Abb. 3: Die Fassade der Alten Schäfflerei in Benediktbeuern wird - wie viele andere Denkmalfassaden - von verschiedenen Fenstertypen geprägt [Fraunhofer IBP 2016].

den ästhetischen Fassadeneindruck und das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes insgesamt zu gewährleisten. Moderne, perfekte Glasscheiben brechen und reflektieren das Licht anders als historische Gläser und würden den Gesamteindruck eines historischen Gebäudes deutlich verändern. Die Bestandsfenster von Denkmälern bestehen in der Regel aus Einfachverglasungen, für die unterschiedliche Möglichkeiten der Ertüchtigung vorhanden sind.

Eine Option besteht darin, die Einscheibenverglasung zu einer (Mini-)Isolierscheibe, bzw. Wärmeschutzglasscheibe, umzufunktionieren, das Fenster also um eine weitere Glasebene zu erweitern. Die vorsichtig ausgebaute Glasscheibe wird dabei um eine neue Floatglas- oder mundgeblasene Scheibe ergänzt. Beim Wiedereinbau bleibt die historische Scheibe als äußere Ebene erhalten, womit der ästhetische Charakter des Denkmals von außen kaum verändert wird. Eine andere Option der Ertüchtigung stellt das klassische Kastenfenster dar, das an sich sehr gute schallschutz- und wärmetechnische Eigenschaften aufweist. Traditionell wird es aus Kiefernholz gefertigt und kann in die oft tiefen Fensterlaibungen der Altbauten

eingepasst werden. Die Fensterkonstruktion und Aufteilung der Scheiben orientiert sich am Bestandsfenster. Eine moderne Variante des Kastenfensters besteht aus einer Stahlrahmenkonstruktion, die als Vorsatzfenster am raumseitigen Ende der Fensterlaibung die gesamte Fensteröffnung abdeckt. Beide Kastenfensterlösungen sind nach denkmalpflegerischen Gesichtspunkten reversibel und denkmalverträglich, allerdings sollte die Verankerung im Mauerwerk des Bestandes so substanzschonend wie möglich erfolgen. Die Berechnungen des Lebenszyklus von Bestandsgläsern basieren auf umfangreichen Recherchen zu den historischen Fertigungsmethoden und zur Rohstoffbeschaffung.

Erstmalig wurde eine Zusammenstellung der Rohstoffquellen in Deutschland ermittelt und diese in Verbindung mit den Glashütten eingehend untersucht. Neue Erkenntnisse zu den einzelnen Herstellungsverfahren im süddeutschen Raum ergeben eine profundere Vorstellung, wo welche Glassorte produziert wurde und über welchen Zeitraum hinweg. Zu den historischen Techniken zählen das Schleuderverfahren, hier insbesondere die spezialisierte Herstellung von großen



Abb. 4: Blick durch ein Fenster mit leichten Verzerrungseffekten historischer Scheiben am Beispiel des Markushauses in Bamberg [Bellendorf 2019].

Mondscheiben bis Mitte des 19. Jahrhunderts, das Zylinderblasverfahren, das bis ins frühe 20. Jahrhundert die bevorzugte Fertigungsmethode für Flachglas blieb, und schließlich die maschinellen Ziehverfahren, allen voran das Fourcaultverfahren, welches das Zylinderblasverfahren weitgehend ablöste. Die Ziehverfahren waren vor allem bis zur Einführung des Floatglases in den 1960er Jahren gebräuchlich, die neue Technik revolutionierte mit seiner perfekten Oberflächenstruktur und Produktionsmenge die Flachglasindustrie und stellte damit alle vorherigen Verfahren in den Schatten.

Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts hatte im Zuge der Industrialisierung eine Automatisierung der Arbeitsprozesse begonnen. Die Verfeuerungstechnik änderte sich und bekam durch die Erfindung des Siemens-Regenerativofens einen besonderen Entwicklungsschub, der weitgehend zur Unabhängigkeit vom Energieträger Holz führte. Gleichzeitig ermöglichte die Einführung der Eisenbahn einen kostengünstigen und schnellen Transport von Rohstoffen auch über weite Strecken. Bei



Abb. 5: Energetisch ertüchtigtes Fenster in der Alten Schöfflerei, Benediktbeuern, mit Messaufbau [Fraunhofer IBP 2019].

Neugründungen von Glashütten fand daher eine Verlagerung der Standorte in die Nähe der Eisenbahn statt. Im Hinblick auf die Rohstoffzusammensetzung der einzelnen Flachglasvarianten ergab eine umfassende Recherche der historischen Rezepturen einen überraschend hohen Anteil an Altglas. Das Prinzip des Glasrecyclings war bereits seit der frühen Neuzeit ein integraler Bestandteil des Glasherstellungsprozesses. Altglas war kostbar und wurde gesammelt, an Glashütten verkauft und wieder eingeschmolzen. Dadurch konnte das Niederschmelzen des Glasgemenges verkürzt und erleichtert werden und die erforderliche Sandmenge im Glasgemenge reduziert werden. Für klare Fensterscheiben kam allerdings nur ungefärbtes Altglas in Frage. Heute sind die Ansprüche an die Glasqualität derart hoch, dass bei der Fensterglasproduktion nur eigene Glasabfälle wiederverwendet werden.

Auf Basis der erarbeiteten Informationen bildet das Fraunhofer-Institut für Bauphysik die für das Projekt ausgewählten historischen Glasherstellungsprozesse zunächst in Prozessfließbildern



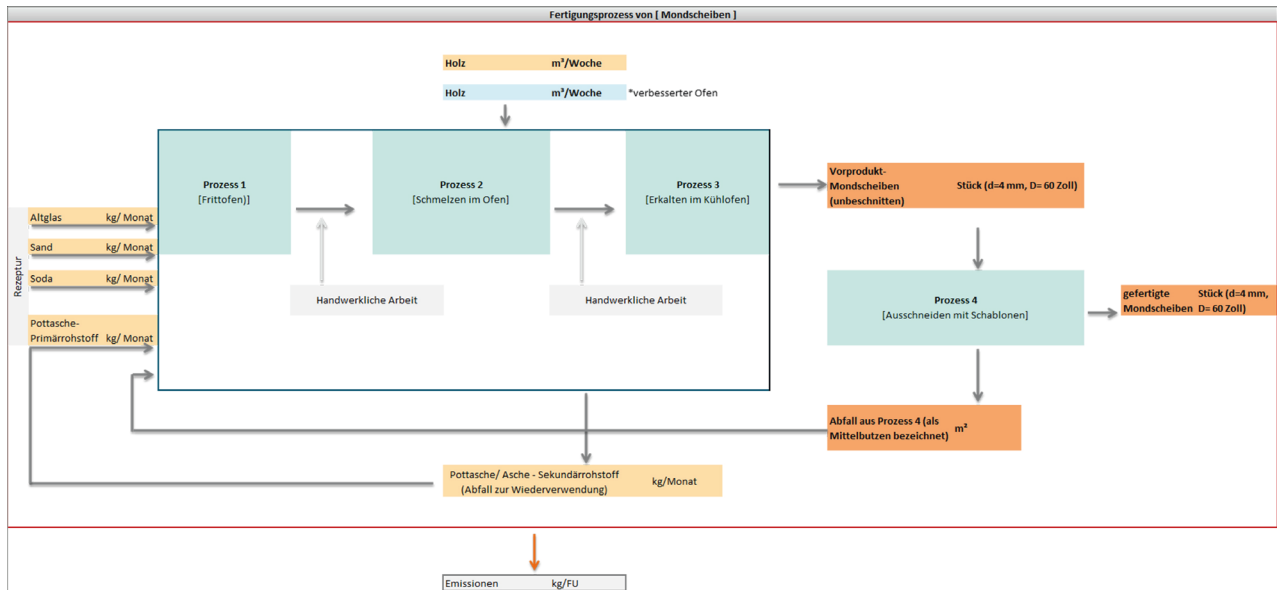


Abb. 6: Exemplarisches Prozessflussbild zum historischen Tafelglasherstellungsverfahren für Mondscheiben. [Fraunhofer IBP 2019].

ab. Diese spezifische Analyse der Stoff- und Energieflüsse ist für die Ermittlung der Ökobilanz notwendig. Besonders detaillierte Daten und Beschreibungen stehen exemplarisch für die Mondscheibenglasherstellung, das Zylinderblasverfahren aus zwei unterschiedlichen Zeitschichten und für Rezepturen von Fourcaultanlagen zur Verfügung. Häufig sind in der Fachliteratur nur die Verhältnisse der Rohstoffe für die Gemenge angegeben. Wichtig für die Berechnungen ist jedoch eine Aussage darüber, wieviel Flachglas mit welchem Energieaufwand aus einer bestimmten Menge Rohstoff produziert werden kann. Für die fünf konkreten Beispiele konnten alle erforderlichen Größen ermittelt werden. Dadurch war es möglich, für jedes Verfahren den Bezug zur funktionellen Einheit zu errechnen. Die funktionelle Einheit beschreibt, wieviel Rohstoffe und Energie pro jeweils  $1\text{ m}^2$  fertigem Glas bei der jeweiligen Glasdicke benötigt werden. Für die Ökobilanz wurden außerdem die  $\text{CO}_2$ -Emissionen aus dem Einsatz von Energieträgern, dem Glasschmelzprozess und aus der Herstellung der Vorprodukte ermittelt. Zum Einsatz kommt die Software GaBi 9, die sich an den Lebenszyklusphasen nach DIN EN 15804 orientiert. Die Betrachtung ist in die vier Bereiche Herstellungsphase bzw. Produktion, Errichtungsphase, Nutzungsphase und Entsorgungsphase gliedert.

### Ausblick

Die Berechnungsgrundlagen, Modelle und Erkenntnisse werden im weiteren Projektlauf genutzt, um die Bewertungsmethode zur ökologischen Le-

benszyklusanalyse weiter zu untersuchen. Durch die Vergleichbarkeit der historischen Glasherstellungsverfahren können nun die Bereiche Nutzungsphase und Lebensende der Glasprodukte eingehender betrachtet werden. Funktion und Nutzen der verschiedenen Lösungsvorschläge für die Fenstersanierung werden hinsichtlich einer ressourcenschonenden Ertüchtigung analysiert. Der Blick wird auch auf die Beschichtungsmethoden gelenkt und deren Auswirkungen auf den Fensterbestand getestet.

Zur Vermittlung der Projektergebnisse werden im Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbau- und Denkmalpflege Benediktbeuern die Ertüchtigungsvorschläge der Fenster didaktisch aufbereitet und für die Allgemeinheit visuell präsentiert. Außerdem fließen die Erkenntnisse aller Arbeitspakete in die Ausarbeitung eines Leitfadens für die energetische Ertüchtigung von historischen Fensterkonstruktionen ein. Dabei wird besonderer Wert auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere denkmalgeschützte Gebäudetypen gelegt. Der Leitfaden ist als Handreichung für das gesamte Bau- und Sanierungshandwerk gedacht und soll als grundlegende Entscheidungshilfe in der Abwägung zwischen der Denkmalpflege mit ihrer Forderung für den Erhalt alter Fenster und Gläser mit dem Anspruch an moderne Energiestandards dienen. Somit leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag zur Denkmalpflege und ihrem grundlegend ressourcenschonenden Ansatz.

(Alexandra Schmölder, Ruth Tenschert, Paul Bellendorf)



## Historische Glasfenster in Polen

### 3D-Scans zur Evaluierung von Restaurierungsmaßnahmen

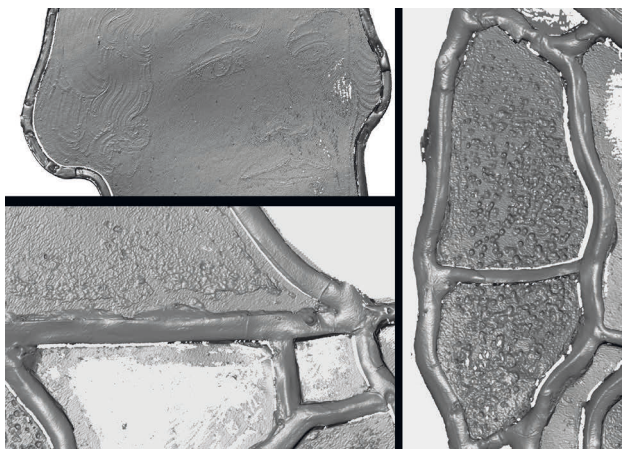


Abb. 1: In den 3D-Modellen der historischen Glas-scheiben sind sowohl die Pinselstriche der Glasmale-rei, als auch die Korrosionsphänomene deutlich sicht-bar [Rahrig 2019].

Leitung:	Prof. Dr. Rainer Drewello, Prof. Dr. Paul Bellendorf
Bearbeitung:	Max Rahrig M.A., Eva Basse M.A., Leander Pallas
Partner:	Bundesanstalt für Materialfor- schung und -prüfung (BAM); Glasrestaurierung Oleszczuk
Laufzeit:	2017 – 2020
Finanzierung:	Deutsche Bundesstiftung Um- welt (DBU) und Deutsch-Pol- nischen Stiftung Kulturpflege und Denkmalschutz (DPS)

Im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der Deutsch-Polnischen Stiftung Kulturpflege und Denkmalschutz (DPS) mit Mitteln der Bundesrepublik Deutschland geförderten Forschungsprojektes zur Ausbildung und Qualifizierung polnischer Fachkräfte für die Restaurierung von Glasmalereien, wurde unter Leitung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und des KDWT unter anderem eine exemplarische, hochauflösende 3D-Dokumentation von historischen Kirchenfenstern in Polen durchgeführt. Ziel der Messungen war eine Evaluierung von Restaurierungsmaßnahmen

an Glasmalereien unterschiedlicher Zeitepochen. Hierzu wurden die Oberflächengeometrien der bemalten Gläser vor und nach ihrer restauratorischen Behandlung mittels Structured-Light-Scanning (SLS) dreidimensional erfasst. Die Scanarbeiten wurden jeweils an den ausgebauten Scheiben in der Werkstatt des polnischen Glasrestaurators Slawomir Oleszczuk bzw. in einem Fall im Pfarrhaus der Kirche in Ausschwitz durchgeführt. Die Daten wurden anschließend in Bamberg am KDWT mit einer 3D-Inspektionssoftware analysiert, um die Unterschiede in der Geometrie zwischen den beiden Scan-Kampagnen zu detektieren.

#### Die untersuchten Glasmalereien und die jeweiligen Fragestellungen an die 3D-Scans

In der Dorfkirche von Koszewko sind Glasmalereien mit den Wappen der Familie „von Küssow“ aus dem 15. Jahrhundert erhalten. Sie zeigten Korrosionsschäden durch Umwelteinflüsse, die in einem partiellen Verlust der Malschicht resultierten. Außerdem waren Schmutzauflagerungen sowie Glasbruch und Defekte an den Bleiruten festzustellen. Im Zuge der Restaurierung wurden stark verdunkelte Partien durch manuelle Reinigung aufgehellt. Auf der Grundlage von 3D-Vergleichen sollte gezeigt werden, wie behutsam die Klebung und Reparatur gebrochener Scheiben durchgeführt wurde.

Die Fenster aus der Liebfrauenkirche in Liegnitz sind mit hochwertigen Glasmalereien aus den Jahren 1905/6 versehen, die in verschiedenen bekannten deutschen Glaswerkstätten hergestellt wurden: Franke, Naumburg; Müller, Quedlinburg; Geiges, Freiburg; Oetken, Oldenburg; Lin-nemann, Frankfurt/M. Aufgrund einer fehlenden Außenschutzverglasung waren die Schwarzlotmalereien besonders gefährdet, was zu partiellen Abplatzungen der Malerei führte. Aufgrund der Schäden lag der Fokus der Restaurierung auf einer sorgfältigen Reinigung der Gläser und einer anschließenden Konsolidierung der Malerei. Die 3D-Vergleiche auf Basis der Oberflächenscans wurden durchgeführt, um festzustellen, inwieweit mit dieser Technik die manuelle Entfernung der Schmutzschichten messbar ist.

Die Glasmalereien in der Pfarrkirche von Ausschwitz stammen aus dem Jahr 1940. Sie wurden von der Firma Müller in Quedlinburg hergestellt.

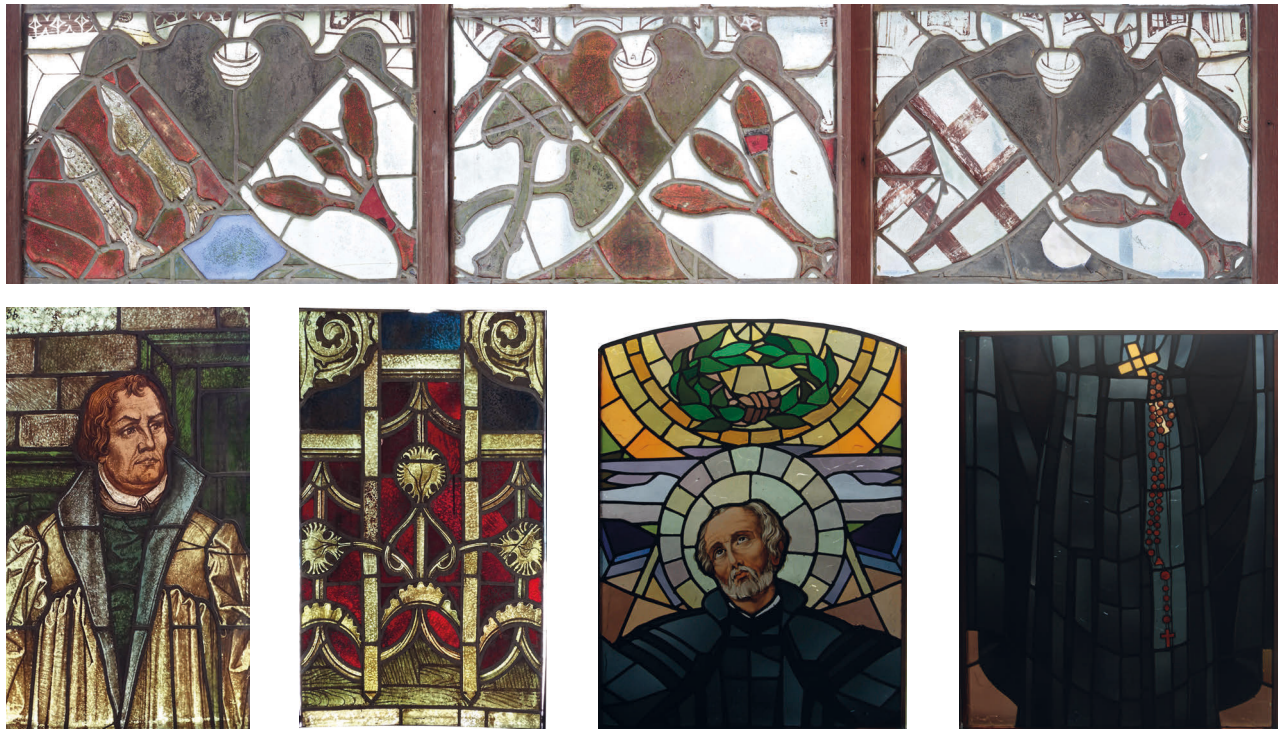


Abb. 2: Übersicht der im Projekt bearbeiteten Fensterfelder. In der oberen Reihe von links nach rechts: Koszewko nII, nIII und sIII. In der unteren Reihe: Liegnitz nx3b, nx4b und Auschwitz 3b und 2b [Oleszczuk 2017–2019].

Durch thermische Beanspruchung, vermutlich verursacht durch einen Brand, weisen die Gläser ein sehr starkes Craquelé aus Rissen und Fehlstellen auf. Zudem sind Verfärbungen im Glas detektierbar. Während der Restaurierung wurde das komplexe Rissmuster mit Acrylharz verstärkt. Mit den 3D-Vergleichen sollte geprüft werden, ob das Acrylharz nur in die Risse geflossen ist oder zusätzlich als Schicht auf der Oberfläche auflag.

### Technischer Hintergrund

Glas zeichnet sich durch seine optischen Eigenschaften als transluzentes Material aus. Aufgrund seiner Lichtdurchlässigkeit lässt sich die Glasoberfläche daher nur schwer mit optischen Messgeräten erfassen. Optische Systeme für eine 3D-Erfassung von Gläsern sind daher systembedingt deutlichen Einschränkungen ausgesetzt. Durch den denkmalpflegerischen und kunsthistorischen Wert der Fenster, in Kombination mit dem Anspruch selbst kleinste Veränderung der Glasoberfläche zu dokumentieren, war der Einsatz von Mattierungssprays oder anderen Beschichtungen zur Reduktion der Lichtdurchlässigkeit ausgeschlossen. Doch die historischen Gläser bieten im Vergleich zu modernen Gläsern einen entscheidenden Vorteil für die 3D-Erfassung mittels optischer Messtechniken. Aufgrund der zum Teil jahrhundertelangen Exposition als Trennung

zwischen Innen- und Außenraum, waren die Glasscheiben regelmäßig Wind und Wetter ausgesetzt. Hierdurch haben sich Wettersteinkrusten sowie Kalk- und Staubablagerungen auf den Oberflächen gebildet, wodurch eine hauchdünne, opake Schicht auf der Oberfläche entstanden ist. Durch die korrosionsbedingte Mattierung wird eine Erfassung der Oberflächengeometrie mit optischen Systemen möglich.

Für die Dokumentation der historischen Gläser kam der Structured-Light-Scanner (SLS) L3D der Fa. Zeiss Optotechnik des KDWT zum Einsatz. Zur Beantwortung der skizzierten Fragestellungen wurde der Scanner in zwei Konfigurationen verwendet: So wurden die Innen- und Außenseiten der gesamten Glasfelder in einer Auflösung von etwa 0,1 mm dokumentiert, zusätzlich erfolgte die Vermessung einzelner Glasscheiben mit einer Konfiguration mit einer Auflösung von etwa 45 µm. Um die Ergebnisse nicht zu verfälschen, wurden die originalen Scandaten nur sehr beschränkt nachbearbeitet. Im Datensatz wurden beispielsweise keine Löcher oder Fehlstellen geschlossen, die aufgrund der spiegelnden Oberfläche entstanden sind. Im Datensatz stellen sich diese Bereiche daher als Fehlstellen dar.

Die Hauptfragestellung zur 3D-Dokumentation der historischen Gläser lag in einem Vergleich der Oberflächen vor und nach ihrer Restaurierung.



Eine Nebeneinanderstellung der beiden Datensätze der Gläser bringt für einen optischen Vergleich aber nur wenige Aussagen. Für eine objektive Bewertung der Veränderungen bietet sich daher ein mathematischer Vergleich der 3D-Modelle mittels Inspektionssoftware an. Bei diesen Vergleichen werden die geometrischen Unterschiede zwischen den 3D-Modellen in einem Fehlfarbenbild visualisiert, siehe Abbildung 3.

## 3D-Vergleich von Fensterfeldern

Historische Glasfenster bestehen in der Regel aus einzelnen bunten und/oder bemalten Glasscheiben mit unregelmäßiger Geometrie, die mittels Bleistege zu einem größerem, z.B. rechteckigem, Verbund, so genannten Feldern, zusammengefasst werden. Beim 3D-Vergleich von Feldern haben sich deutliche Abweichungen zwischen den 3D-Daten des Vor- und Nachzustandes gezeigt. Diese sind jedoch nicht auf die Restaurierung zurückführen, sondern zeigen vielmehr die Bewegung zwischen den festen Einzelscheiben und den flexiblen Bleiruten. Dennoch lassen sich im virtuellen 3D-Vergleich der Felder bestimmte Veränderungen ablesen. So werden bspw. Verstärkungen der Randpartien in den Scans sichtbar. Dabei wurden Rahmen aus Kupferblech um die Fenster gesetzt, um ihnen mehr Stabilität zu geben und den Wiedereinbau in der Kirche zu erleichtern. Aber auch Änderungen im Bleinetz, wie Ergänzungen, Austausch oder Entfernungen, können damit nachverfolgt werden.

## 3D-Vergleich von Einzelscheiben

Zur Dokumentation der relativ dünnen Korrosionsschichten wurden, zusätzlich zu den Scans von Fensterfeldern, ausgewählte Scheiben mit einer höheren Auflösung von bis zu 45 µm dreidimensional erfasst. In den hochauflösenden 3D-Vergleichen der Einzelscheiben lassen sich diverse Informationen zu den unterschiedlichen Arbeitsschritten der Restaurierung fassen. Abbildung 4 zeigt den 3D-Vergleich der Innen- und Außenseite einer Einzelscheibe der Wappendarstellung von Fenster nII aus Koszewko. Die Scheibe zeigt einen der beiden Fische des Wappens. Da die Scheibe mittig gebrochen war, wurde die Ausrichtung der Scandaten des Vor- und Nachzustands nur auf eine der beiden Teilscheiben, nämlich den vorderen Teil des Fisches, gerechnet. An den 3D-Vergleichen lassen sich fünf restauratorische Maßnahmen ablesen. Bei einer Betrachtung der Außenseite ist zunächst auffällig, dass die hintere Teilscheibe extreme Veränderungen aufweist. Sie verlaufen von über - 1 mm im unteren Bereich der Scheibe (blaue Bereiche) bis zu + 0,6 mm im oberen Bereich (rot eingefärbte Bereiche). Hier fand also eine deutliche Verkipfung der Teilscheibe statt. Die Bewegung ist auf ein Zusammenkleben der beiden Teilscheiben zurückzuführen. Im Vorzustand waren die Teilscheiben, gesichert durch ein Reparaturblei, noch deutlich zueinander verkippt. Nach der Restaurierung bilden sie eine einheitliche Ebene. Zum Kleben der Teilscheiben war es notwendig,

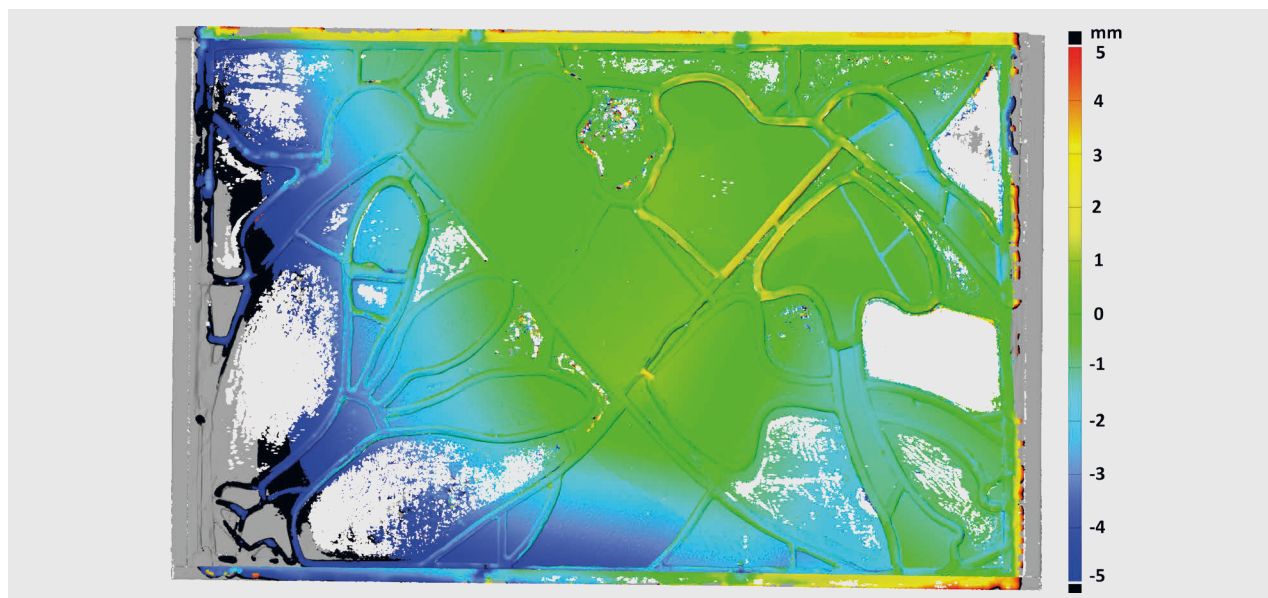


Abb. 3: 3D-Oberflächenvergleich der Außenseite des Fensterfeldes Koszewko nIII. Gezeigt werden die geometrischen Veränderungen zwischen dem Zustand vor und nach der Restaurierung. Es ist deutlich der Austausch von historischen Reparaturbleien durch eine Klebung der gebrochenen Einzelscheiben, die Verstärkung der Ränder sowie eine transportbedingte, schüsselförmige Verformung des Fensterfeldes sichtbar [Rahrig 2019].

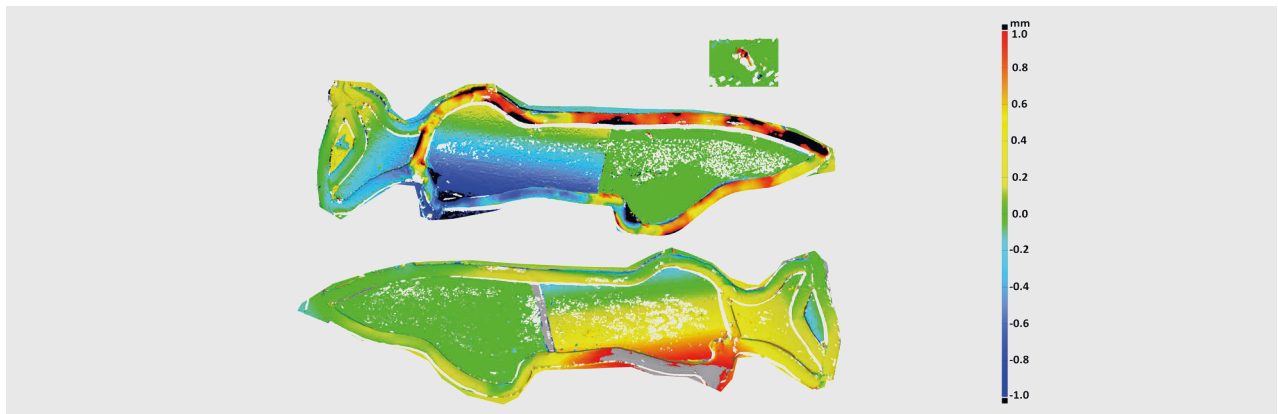


Abb. 4: 3D-Oberflächenvergleich einer Einzelscheibe von Koszewko nIII. Oben: Vergleich der Außenseite. Unten: Vergleich der Innenseite. Die Veränderungen der Bleiruten im Zuge der Klebung der Einzelscheibe sind deutlich zu erkennen, ebenso Reste des Fensterkitt (Detail oben rechts) [Rahrig 2019].

die Scheiben auszubauen. Dazu mussten die äußeren Bleiruten vorsichtig geöffnet werden. Hierdurch entstanden Verformungen der Bleiruten. Die untere wurde dabei aufgebogen, wodurch Veränderungen bis  $\pm 1$  mm entstanden. Das obere Blei wurde hingegen ausgetauscht, womit sich die deutlich stärkeren Veränderungen erklären lassen. Der Vergleich der Innenseite zeigt zudem eine starke Veränderung im Übergang zwischen den beiden Teilscheiben, die sich ebenfalls auf die erfolgte Klebung zurückführen lassen.

Es lässt sich noch eine weitere Anomalie der Oberfläche greifen. Auf der rechten Teilscheibe (Abb. 4, Außenseite, Detail) findet sich nahe der oberen Bleirute ein Bereich in dem es einen Auftrag der Oberfläche im Vergleich zum Vorzustand gab. Hierbei handelt es sich offenbar um einen Rückstand der Kittmaße. Der Zwischenraum zwischen Glasscheibe und Bleirute wird zur Abdichtung mit Fensterkitt gefüllt. Im Vergleich der Scans wird ein nicht entfernter Rest des Kitts offensichtlich.

#### Fazit

Innerhalb des Forschungsprojektes konnte gezeigt werden, dass die dreidimensionale Dokumentation historischer Glasscheiben mit einem handelsüblichen Structured Light Scanner möglich ist, ohne dass hierzu Sonderkonstruktionen, Modifikationen am Scanner oder die Beschichtung der historischen Glasoberflächen nötig ist. Die hochauflösende Betrachtung der Gläser kann hilfreiche Aussagen zur Arbeitsweise der Glasmalerei und zu Schadensphänomenen liefern.

Die großflächige Berechnung von 3D-Oberflächenvergleichen der historischen Fenster vor und nach ihrer Restaurierung oder für eine zeitliche versetzte, wiederkehrende Beobachtung für

Zwecke des Monitorings gestaltet sich jedoch problematisch. Das flexible Bleinetz bietet zu großen Bewegungsspielraum. In den Vergleichen der Felder sind demnach nur extreme Veränderungen oder Eingriffe detektierbar. Bspw. können Veränderungen des Bleinetzes und Hilfskonstruktionen wie Verstärkungen am Rand der Fenster detektiert werden. Darüber hinaus lässt sich indirekt die Veränderung der Lichtdurchlässigkeit der Gläser erfassen, etwa durch die Reinigung im Rahmen der Restaurierung.

Die Betrachtung von 3D-Vergleichen einzelner Glasscheiben liefert jedoch eindrucksvolle Ergebnisse zum Verlauf der Restaurierung. Hier lassen sich sowohl kleinteilige Veränderungen an den Bleiruten, aber auch die behutsamen restauratorischen Maßnahmen an den Glasoberflächen hochauflösend dokumentieren. Hierbei können sowohl die Entfernung von Korrosionsprodukten, das Kleben von Rissen aber auch Spuren der Fixierung der Einzelscheiben mit Fensterkitt im Bleinetz erfasst werden.

(Max Rahrig, Paul Bellendorf)

RAHRIG, Max / TORGE, Manfred: 3D Inspection of the Restoration and Conservation of Stained Glass Windows using High Resolution Structured Light Scanning, in: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W15, 2019, 965–972.

RAHRIG, Max / TORGE, Manfred: 3D Inspection of the Restoration and Conservation of Stained Glass Windows using High Resolution Structured Light Scanning, Vortrag im Rahmen des 27th International CIPA Symposium „Documenting the past for a better future“, Avila, Spanien 02.09.2019.



## Ornamentierte Gefacheputze im südwestlichen Oberfranken

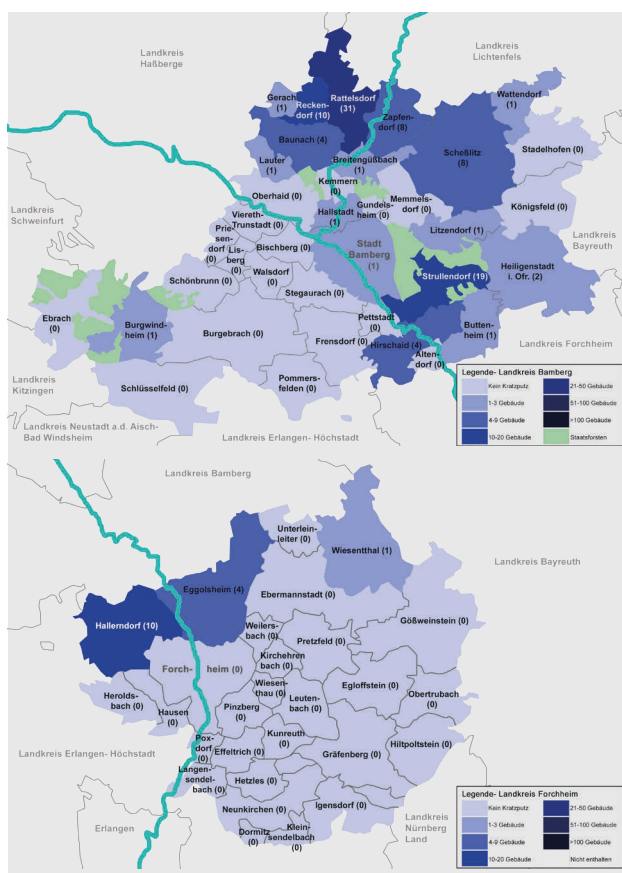


Abb. 1 und 2: Verbreitung von Kratzputzen in den Landkreisen Bamberg und Forchheim [Deglmann 2020].

Leitung:	Dr. Thomas Wenderoth
Bearbeitung:	Dr. Thomas Wenderoth, Laura Deglmann (M.A.)
Partner:	Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Laufzeit:	2020 – 2021
Finanzierung:	Oberfrankenstiftung, KDWT-Eigenmittel

Das KDWT befasst sich bereits seit 2017 mit der Erforschung der fränkischen Kratzputze. Für die grundlegenden Informationen zum Gesamtprojekt sei auf den Artikel im Berichtsheft des KDWT 1, S. 108–111, verwiesen. Als Projektförderer konnte 2019 die Oberfrankenstiftung gewonnen werden. Damit ist es möglich geworden, den erhaltenen Bestand in Oberfranken systematisch

zu erfassen. In einer ersten Projektphase wurden die Putze in den Landkreisen Bamberg und Forchheim untersucht. In einer zweiten Projektphase sollen im Rahmen eines weiteren Förderabschnitts ab 2021 die Landkreise Coburg und Lichtenfels folgen. Die bisherigen Untersuchungen haben deutlich gemacht, dass sich die Verbreitung in Oberfranken auf die vier eben genannten westlichen Landkreise des Regierungsbezirks beschränkt, im östlichen Oberfranken scheint diese Handwerkskunst dagegen nicht verbreitet gewesen zu sein. Im Folgenden sollen die Ergebnisse aus der aktuellen Projektphase vorgestellt werden:

### Lokale Verteilung der Befunde

Anhand der Kartierungen der Funde in den Landkreisen Bamberg (BA) und Forchheim (FO) lässt sich eine Grenze der Verbreitung von Kratzputz gut nachvollziehen (Abb. 1 u. 2). Während sich die historische Handwerkstechnik im Nordwesten des Landkreises Bamberg noch in großer Zahl nachweisen lässt, nehmen die Befunde nach Osten und zum Steigerwald hin stark ab. Inselartig lässt sich Kratzputz im Landkreis Forchheim nur noch in den nordwestlichen Gemeinden Hallerndorf und Eggolsheim in nennenswerter Anzahl finden.

### Datierung

Datieren lassen sich die Putze in den beiden untersuchten Landkreisen in der Regel nur anhand der Gebäude; Jahreszahlen im Putz stellen die Ausnahme dar. Die meisten Beispiele stammen aus dem 19. Jahrhundert. Nur wenige Befunde belegen, dass die Technik schon zuvor gebräuchlich war: Dazu zählen die Mühlscheune in Leesten (BA) von 1801 und ein Wirtschaftsgebäude aus dem Jahr 1774 in Schlammersdorf (Schlammersdorfer Straße 17, FO). Ein weiteres frühes Beispiel ist eine Scheune in Eggolsheim (FO) aus dem Jahr 1819. Die Tradition scheint im Untersuchungsgebiet bereits im 19. Jahrhundert auszulaufen. Jüngere Fachwerkbauten des 20. Jahrhunderts mit ornamentierten Putzen sind nur selten anzutreffen. Einen Sonderfall stellt in diesem Zusammenhang ein Scheunengiebel in Mittelsteinach (Mittelsteinach 4, BA) dar, zudem handelt es sich um das einzige Beispiel mit ornamentierten Gefacheputzen im östlichen Steigerwald (Abb. 3). Weitere späte Beispiele finden sich in Röbersdorf (Ringstraße 4, BA) aus dem Jahr 1924, in Unterleinleiter (Schulstraße 6, FO) aus dem Jahr 1932 und in Kirchschletten (Kirchschletten 18, BA) von 1937.

### Jahreszahlen, Namen, Sinnsprüche

In den beiden Landkreisen finden sich solche Hinweise selten. Eine besonders ausführliche Inschrift ist an dem Wirtschaftsgebäude in Kirchschletten (Kirchschletten 18, BA) von 1937 deutlich sichtbar: „Ausgefuchert [von] Maurermeister Val Schnapp Oberleiterbach“. In einem zweiten Gefach direkt daneben folgt: „1937 Andr. Schnapp“. Begleitet ist die Inschrift durch Ornamentik und einen Lebensbaum (Abb. 4).

In Mürsbach (Zaugendorferstraße 18, BA) findet sich folgende Inschrift: „Johann S[chober] Mürsbach 9“, „Joh[...] L[...]mann 1893“. Sinnsprüche sind an keinem Gebäude zu finden.

### Muster, Material

Trägermaterial des Putzes ist in der Regel Naturstein. Bimsbetonstein kommt ebenfalls vor, beschränkt sich jedoch auf jüngere Gebäude. Im Gegensatz zu den weiter nördlich und westlich gelegenen Gebieten findet sich im Landkreis Bamberg häufig auch Lehmflechtwerk als Ausfachung. Ziegelstein ist dagegen selten.

Der Kalkputz wurde einschichtig aufgebracht und geglättet. Besonders dünne Schichtdicken sind auf Lehmflechtwerk zu erkennen; die Haftung auf diesem Untergrund ist schlecht. Putz ist dort entsprechend nur noch fragmentarisch erhalten.

Der Kalkputz besitzt meist eine mittlere bis feine Körnung. Selten sind organische Bestandteile enthalten. Demnach wurde kaum Grubensand in den beiden Landkreisen verwendet. Die jeweiligen Sande können in ihrer spezifischen Zusammensetzung von Ortschaft zu Ortschaft stark variieren. In den noch feuchten Putz wurden mit Werkzeugen die Muster eingekratzt oder gestupft. Hierbei fanden vermutlich Lanzetten, Spachtel, Reisigbesen und ähnliche Werkzeuge Verwendung. Der begrenzte Formenreichtum der Gestaltung lässt auf eine eingeschränkte Auswahl an benutzten Werkzeugen schließen.

### Wellenlinien

Die Regel stellen parallele vertikale Wellenlinien dar (Abb. 5). Selten sind einfache Wellen in horizontaler Ausrichtung oder paragraphenartige Wellen im Wechsel mit gepunkteten Linien vorhanden (Abb. 6). Letztere finden sich ausschließlich in nördlich gelegenen Orten des Landkreises Bamberg: Kirchschletten, Schweisdorf, Pausdorf und Weichenwasserlos. Wellen, die mit einem zweizahnigen, kammartigen Werkzeug gezogen wurden, beschränken sich auf zwei Wirtschaftsgebäude in Ebing (Abb. 7).



Abb. 3: Mittelsteinach, Lkr. BA, Hs. Nr. 4; Scheunengiebel um 1900 [Wenderoth 2020].



Abb. 4: Kirchschletten, Lkr. BA, 1937, Hs. Nr. 8; Scheune, Lebensbaum [Deglmann 2020].



Abb. 5: Untermannndorf, Lkr. BA, Hs. Nr. 2; Scheune um 1850, vertikale Paragraphen im Wechsel mit Linien [Deglmann 2020].

### Ornamentik

Während im angrenzenden oberfränkischen Bereich (Lkr. Coburg) der Kreativität der Ausführenden keine Grenzen gesetzt waren, erscheinen die Kratzputzfelder in den Landkreisen Bamberg und Forchheim deutlich einfacher, der Variationsreichtum nimmt ab. Die Rahmung der Gefache besteht aus einfach geritzten Linien. Während an einigen Gebäuden diese akkurat gezogen wurden, gibt es wiederum andere Gefachputze, deren Rahmung





Abb. 6: Schweisdorf, Lkr. BA, Unterend 12; Scheune ; frühes 20. Jh.; akkurate Paragraphen im Wechsel mit gepunkteten Linien [Deglmann 2020].



Abb. 7: Ebing, Lkr. BA, Untere Straße 14; Scheunen-  
traufseite, Detail [Deglmann 2020].



Abb. 8: Mürsbach, Lkr. BA, Rentweinsdorfer Straße 12; Scheune; frühes 20. Jh.; florales Muster [Deglmann 2020].

mit wenig Sorgfalt zügig und grob aus der Hand gezogen wurde; vielfach wurde jedoch auf Rahmungen verzichtet.

Neben den beschriebenen allgemeinen Tendenzen gibt es hier Gestaltungen, die durch ihr regional stark begrenztes oder einzigartiges Vorkommen hervorstechen.

Die bereits oben erwähnte Scheune Mittelsteinach 4 im Steigerwald (Abb. 3) fällt nicht nur hinsichtlich ihrer Lage abseits des Verbreitungsgebiets auf, sondern auch hinsichtlich ihrer Ornamentik: Das straßenseitige Giebeldreieck des Bruchsteinbaus ist in Fachwerk konstruiert. Bei dem wohl bauzeitlichen Gefachputz handelt es sich um einen rötlichen Kalkputz mit Gitterritzungen. Im Zuge einer späteren Renovierungsphase wurde ein Teil der Gefachputze ergänzt, andere hat man komplett erneuert. Zu diesem Zeitpunkt kam ein gräulicher Kalkputz mit Kalkspatzen zur Anwendung, ein Zementzuschlag liegt hinsichtlich der Farbigkeit nahe. Während bei den Putzergänzungen die bestehende Ornamentik (Gitterritzungen) übernommen und fortgeführt wurde, zeigt der Ausführende bei den gänzlich neu geputzten Gefachen eine erstaunliche Kreativität: Es finden sich nunmehr menschliche Figuren, Kreise und ein Baum. Die Arbeit wirkt dabei so ungelenkt, dass man geneigt ist, die Ausführung keinem professionellen Handwerker, sondern einem Laien zuzuschreiben; vielleicht war in diesem Fall der Eigentümer selbst am Werk.

## Florale Elemente

Die Ortschaft Mürsbach, die im Nordwesten des Landkreises Bamberg liegt, ragt durch einen besonders gut erhaltenen Bestand an Kratzputz hervor. Dem Kratzputz dieser Ortschaft ist die Gestaltungsfreude der Handwerker deutlich anzusehen. Besonders auffallend sind einige Gebäude (z. B. Rentweinsdorfer Straße 12), die stark vereinfachte florale Elemente in vertikaler Ausrichtung aufweisen (Abb. 8). Eine reduzierte Darstellung eines Baumes aus dem Jahr 1912/13 befindet sich samt Inschrift bei einer Scheune in Priegendorf (St. Anna-Straße 7, BA). Weitere Sonderformen finden sich nur wenige; vorwiegend stammen diese in beiden Landkreisen aus der Spätphase des Kratzputzes.

Farbig abgesetzte florale Ornamente sind an zwei Scheunen vorhanden: So bei der bereits erwähnten Mühlscheune in Leesten aus dem Jahr 1801; die in den Mörtel gekratzten Blumen sind farbig gefasst (Farbfassung 1991), die Grundfläche ist gestupft und weist einen breiten, glatten Rand auf. Bei einer weiteren Scheune in Tiefenhöchstadt, wohl aus der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts, hat sich die originale Fassung erhalten: Blüten und der Sprößling einer Pflanze sind weiß von dem gestupften, naturfarbenen Putzfeld abgesetzt. Zudem wurden große Punkte mit Kalktünche in die Putzfelder gemalt (Abb. 9).

### Weitere Gestaltungen

Die Inschrift an einer Scheune in Eggolsheim (Hartmannstraße 4, FO) befindet sich in einem herzförmigen Ornament vor gestupftem Hintergrund mit geritzter Rahmung. Ein Herz ganz anderer Ausführung hat sich an einer Scheune in Götzendorf erhalten (Götzendorf 23, FO) (Abb. 10): Mit sich überkreuzenden, nach unten zeigenden Pfeilen wurde hier eine einfache Herzform gewählt. Die Darstellung einer Sonne ziert ein Gefach in Unterleinleiter (Schulstraße 6, BA). Eine reduzierte Darstellung eines Kopfes lässt sich an einer Scheune in Mürsbach erahnen (Am neuen Brunnen 2, BA).

### Überregionaler Vergleich

Auch wenn deutlich der Duktus des jeweiligen Handwerkers in den Landkreisen Bamberg und Forchheim auszumachen ist, so sind die Differenzen in der Ausführung keineswegs so augenscheinlich wie in den bereits erfassten Gebieten auf unterfränkischer Seite oder im westlichen Coburger Landkreis. Darüber hinaus ist der Kratzputz häufig nur noch an den straßenabgewandten Fassaden erhalten. Die ursprüngliche Ornamentik ist lediglich an einzelnen Gefachen sichtbar.

Eine Ausnahme hinsichtlich Qualität und Quantität bildet die Ortschaft Mürsbach.

Im Rahmen des Projekts zur Erfassung von Kratzputz konnten bereits viele Objekte katalogisiert und wertvolle Informationen gewonnen werden. Noch zu klären gilt, wo exakt die Grenzen des Verbreitungsgebietes im Nordosten Oberfrankens verliefen. Einzelne Funde lassen sich auch für Baden-Württemberg nachweisen, das Gebiet ist jedoch gänzlich unerforscht. Auffallend ist die weiträumige Verbreitung insbesondere der Wellenlinien in ganz Süddeutschland. Noch stärker verwundert die gleichartige Ausführung von gemalten weißen Punkten auf der Scheune in Tiefenhöchstadt und bei Fachwerkfassaden in der Nähe von Karlsruhe.

Eine flächige Ausweitung der Forschung wäre wünschenswert, um Fragen nach der ursprünglichen Ausbreitung dieser Handwerkstechnik und dem damit verbundenen Wissenstransfer beantworten zu können.

(Laura Deglmann, Thomas Wenderoth)

WENDEROTH, THOMAS: *Historische Putze und ihre Bedeutung für die Denkmalpflege*, in: GOTTSCHALK, Dieter / RODENBERG, Markus (Hg.): *Angekratz! Historische Putzgestaltung in Franken. Technik, Motive, Verbreitung*, Bad Windsheim 2022.



Abb. 9: Tiefenhöchstadt, Lkr. BA, zu Hs. Nr. 21; Scheune um 1800, farbliche Gestaltung mit Kalk, Blume gekratzt, Punkte aufgemalt [Wenderoth 2017].



Abb. 10: Götzendorf, Lkr. FO, Hs. Nr. 23; Scheune um 1900; eingekratztes Herz [Deglmann 2020].

DEGLMANN, LAURA: *Kratzputz. Die umfassende Untersuchung einer historisch tradierten Handwerkstechnik durch die Otto-Friedrich-Universität Bamberg*, in: *Unser Bayern. Kunst- und kulturhistorische Beilage der Bayerischen Staatszeitung* 17, 7. Mai 2021.

DEGLMANN, LAURA: *Inventarisierung ornamentierter Gefachputze in den Gemeinden Maroldsweisach (Unterfranken) und Seßlach (Oberfranken)*, in: GOTTSCHALK, Dieter / RODENBERG, Markus (Hg.): *Angekratz! Historische Putzgestaltung in Franken. Technik, Motive, Verbreitung*, Bad Windsheim 2022.

OLDENBURG, FELIX: *Untersuchung und Dokumentation des überlieferten Bestandes ornamentierter Gefachputze im Steigerwald, Ochsenfurter Gau, Gollachgau und im nördlichen Tauberfranken*, in: GOTTSCHALK, Dieter / RODENBERG, Markus (Hg.): *Angekratz! Historische Putzgestaltung in Franken. Technik, Motive, Verbreitung*, Bad Windsheim 2022.

RATHSAM, CAROLIN: *Historischer Kratzputz an Fachwerkfassaden im Heldburger Land*, in: GOTTSCHALK, Dieter / RODENBERG, Markus (Hg.): *Angekratz! Historische Putzgestaltung in Franken. Technik, Motive, Verbreitung*, Bad Windsheim 2022.



## Die Digitalisierung eines australischen Kultwagens

### 3D-Scanning als Werkzeug für virtuelle Museumspräsentationen



Abb. 1: 3D-Digitalisierung eines 1934er Ford Utility Coupé im Bushland westlich von Melbourne [Rahrig 2019].

Leitung:	Dr. Kaja Antlej (Deakin University), Max Rahrig M.A.
Bearbeitung:	Max Rahrig M.A., Mathew Kanjirakattu George, Leonard Waight
Partner:	Deakin University, Australien
Laufzeit:	seit 2019
Finanzierung:	BRIDGES-Network mit Mitteln des DAAD (Anteil Universität Bamberg), Deakin Science and Society Network – DSSN (Anteil Deakin University)

Bei dem „Ute“ handelt es sich um ein vergleichsweise junges Objekt australischer Kulturgeschichte, welches bis heute große Anerkennung in der Bevölkerung genießt. „Ute“ ist die umgangssprachliche Abkürzung für „utility“ oder „coupé utility“ und beschreibt eine Fahrzeugvariante in der Kombination eines normalen PKWs mit einer Pick-up-Ladefläche. Ihre Geschichte beginnt

Anfang der 1930er Jahre mit der Bitte einer Farmersfrau an Ford Australia ein Fahrzeug zu produzieren, welches gleichermaßen geeignet ist sonntags in die Kirche zu fahren und montags die Schweine auf den Markt zu bringen. 1934 wurden daraufhin die ersten Ford Coupé Utility bei Ford Australia in Geelong nach dem Design von Lewis Bandt produziert. In den folgenden Jahrzehnten entwickelt sich, auf dem dünn besiedelten Kontinent, ein wahrer Kult um die Utes und weitere Hersteller produzierten ihre eignen Varianten für den australischen Markt. 2016 wurde die inländische Produktion eingestellt und das Werk von Ford Australia in Geelong geschlossen.

Die Begeisterung und der Kult um die Fahrzeuge dauert aber ungebremst an. Als Hommage an das Ford Coupé Utility ist geplant die erste VR-Präsentation des Fahrzeugs bei der Geelong Design Week 2021, veranstaltet von der Geelong UNESCO City of Design, zu zeigen. Die virtuelle Museumspräsentation wird vom VR-Labor des Centre for Advanced Design in Engineering Training (CADET) produziert, welches auf dem Geelong Waurin Ponds Kampus der Deakin University angesiedelt ist. Das Projekt der Bamberger Partneruniversität steht unter der Leitung von Dr. Kaja Antlej.





Abb. 2: 3D-Modell des Ford Ute basierend auf den Scan- und Photogrammetriedaten [George 2020].



Abb. 3: Animierte VR-Präsentation des Ute [Williams 2020].



Abb. 4: Mat George dokumentiert den Ford Falcon mittels Photogrammetrie [Rahrig 2019].



Abb. 5: Die Kollegen der beiden Partneruniversitäten beim Workshop am CADET VR-Lab [Squire 2019].

Dank des Kooperationsverbundes „BRIDGES NETWORK – Strategic Transnational Network of Universities“, in welchem neben Bamberg und Deakin auch die Universidad Argentina de la Empresa in Buenos Aires, Argentinien, eingebunden ist, konnte das KDWT seine Expertise in der berührungslosen Dokumentation und Digitalisierung von Kulturgut in der Zusammenarbeit mit den australischen Kollegen beisteuern.

Während eines sechswöchigen Forschungsaufenthaltes am CADET VR Lab leitete Max Rahrig die 3D-Digitalisierung eines der ersten 1934er Ford Coupé Utilitys sowie eines modernen 2009er Ford Falcon XR6 Ute. Die Datenaufnahme erfolgte unter anderem im Rahmen eines Workshops zur berührungslosen Digitalisierung von Kulturgut, der allen Studierenden sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Deakin University offenstand. Dank der freundlichen Unterstützung durch die RIEGL Laser Measurement Systems GmbH konnten die beiden Fahrzeuge neben photogrammetrischen Verfahren auch mit einem terrestrischen Laserscanner (VZ400i) detailgetreu vermessen werden.

Die Digitalisierung von Fahrzeugen ist aufgrund stark reflektierender Oberflächen eine besonders große Herausforderung. Die wechselnden Spiegelungen der Umgebung im Fahrzeuglack und besonders an den Chromapplikationen erschweren hier die Berechnung der Oberflächengeometrie mittels Photogrammetrie. Hingegen war es mit dem terrestrischen Laserscanner nur bedingt möglich Hinterschneidungen und verdeckte Bereiche zufriedenstellend zu erfassen. So wurde zur Erstellung der 3D-Modelle ein kombiniertes Verfahren aus Laserscandaten und photogrammetrischen Bildverbänden angewendet. Im Rahmen der technischen Möglichkeiten liefern die Ergebnisse eine exakte Dokumentation der Utes. Für eine gute Performance bei der Wiedergabe in Virtual-Reality-Anwendungen muss die Datenmenge allerdings deutlich reduziert werden und teilweise einzelne Objekte am PC nachmodelliert und ergänzt werden. Diese Arbeiten finden unter anderem im Rahmen von zwei Abschlussarbeiten am CADET VR Lab statt, bei denen das KDWT weiterhin fachlich-technische Unterstützung liefert.

(Max Rahrig)



## 3D-Vergleiche für kunstwissenschaftliche Serienanalysen



Abb. 1: *Bambino ebreo* „Ex-Monti“ mit einer Kartierung verschiedener Merkmale für die Serienanalyse [Rahrig 2020].

Leitung:	Max Rahrig M.A.
Bearbeitung:	Max Rahrig M.A.
Partner:	Dr. Sharon Hecker, Mailand; Ronald E. Street <sup>†</sup> , Metropolitan Museum of Art, New York
Laufzeit:	2018 – 2020
Finanzierung:	KDWT-Eigenmittel

2014 konnten in der Galerie Peter Freeman, Inc. in New York zehn Ausführungen der Skulptur *Bambino ebreo* (jüdisches Kind) von Medardo Rosso (1858-1928) ausgestellt werden. Einige Varianten stammen aus privaten Sammlungen und wurden zuvor nie der Öffentlichkeit präsentiert. Initiiert von Dr. Sharon Hecker, erfolgte im Kontext der Ausstellung ein zweitägiger Expertenworkshop für eine eingehende Untersuchung der Skulpturen. Hierbei wurden die Exponate von Ronald E. Street, Senior Manager des 3D Image, Molding, and

Prototyping, Merchandise and Retail Departments, des Metropolitan Museum of Art, New York (MET), mittels Structured-Light-Scanning (SLS) hochauflösend dokumentiert. Ziel der zerstörungsfreien und berührungslosen Digitalisierung der Oberflächen waren innovative vergleichende Untersuchungen zu den Fertigungsprozessen und der Arbeitsweise des Künstlers.

Rosso's *Bambino ebreo* sind ausgezeichnete Objekte für eine solche Studie. Von 1892/93 an, während seiner Zeit in Paris, schuf Rosso diverse Versionen der Skulptur in verschiedenen Materialien. Die meisten Abgüsse des *Bambino ebreo* wurden aus Wachs gefertigt, es sind aber auch Bronzegüsse und Varianten aus Gips erhalten. Es ist bekannt, dass Rosso für seine Serienproduktion Gelatineformen verwendete, die jedoch nur bedingt wiederverwendbar sind. Nach einigen wenigen Kopien nutzt sich eine Gelatineform ab und verliert ihre Detailgenauigkeit und Schärfe. Es ist daher offensichtlich, dass Rosso mehr als eine einzige Gelatineform zum Gießen seiner *Bambino ebreo* benötigte. Aus diesem Grund wurden in der Studie die Ähnlichkeiten zwischen den Skulpturen verglichen und Unterschiede identifiziert, um neue Erkenntnisse für seine Arbeitsweise zu gewinnen. Hierzu wurden die virtuellen Derivate hochauflösend dreidimensional verglichen. Zusätzlich zu den zehn ausgestellten Varianten, konnte die Studie um die Datensätze von zwei weiteren Ausführungen ergänzt werden, sodass insgesamt zwölf Versionen des *Bambino ebreo* analysiert werden konnten.

Um eindeutige Aussagen über die Herstellungstechniken treffen zu können, ist es jedoch notwendig, alle verfügbaren Informationen über den Schaffensprozess zu berücksichtigen. Diese können sich aus der Literatur und umfangreichen Studien der Objekte ergeben. Im Fall der Abgüsse des *Bambino ebreo* war beispielsweise das Wissen, dass Rosso während des Abformungsprozesses mit sehr grob aneinander gefügten Formenhälften arbeitete wesentlich, da dies bedeutet, dass auch bei der Verwendung identischer Formenteile unterschiedlich große Skulpturen entstehen konnten. Somit war es für die Berechnung der Oberflächenvergleiche essentiell zwischen den einzelnen Teilen der Form zu differenzieren. Ohne die Informationen zur Fertigungstechnik wären die Ergebnisse des Oberflächenvergleichs irreführend gewesen, da eine für das gesamte Volumen der Skulpturen berechnete Überlagerung der Datensätze zu einer deutlichen Fehlausrichtung führen würde.

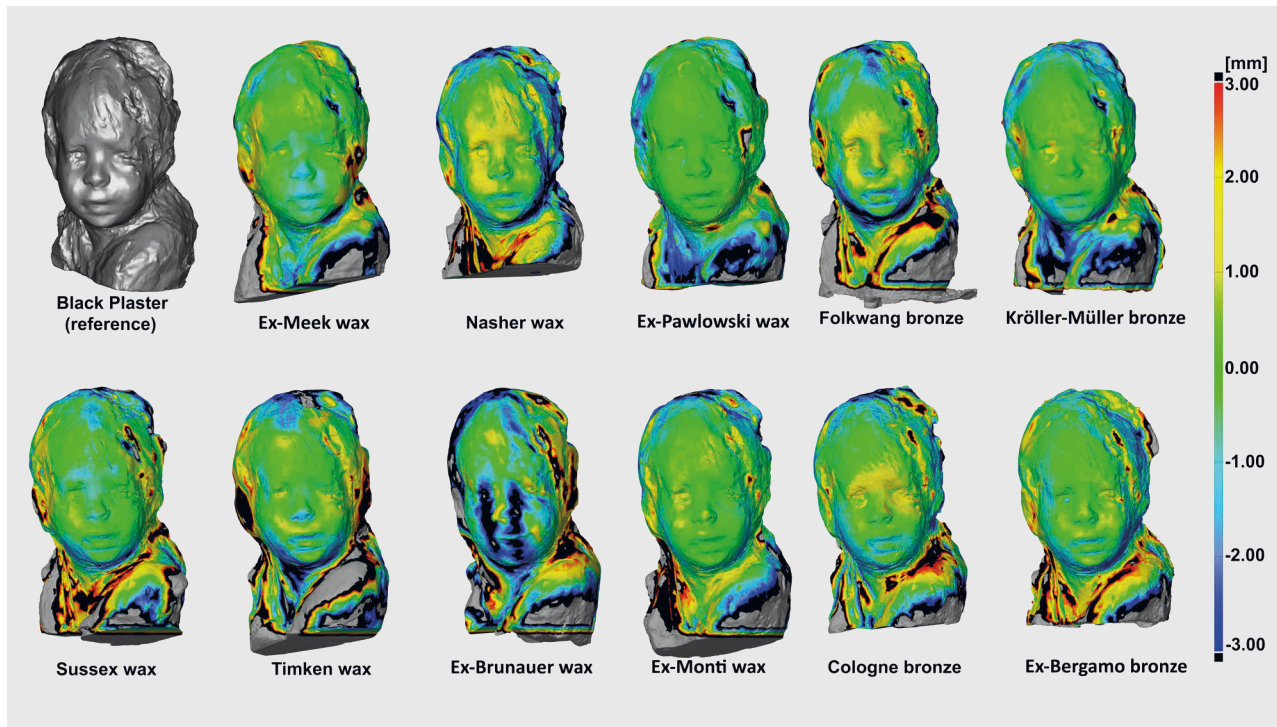


Abb. 2: Serienanalyse der Bambino ebreo durch 3D-Oberflächenvergleiche. Die hier gezeigten Vergleiche zeigen Ähnlichkeiten und Abweichungen verschiedener Exemplare des Bambino ebreo basierend auf der Referenz „Dark Plaster“ [Rahrig 2020].

Anhand von Abdrücken und Spuren der Formengrenzen konnte ermittelt werden, dass die Skulpturen im Wesentlichen aus zwei Hälften, der Vorder- und Rückseite, gefertigt wurden. Somit wurden die Oberflächenvergleiche separat für die beiden Hälften berechnet. Hierbei konnte gezeigt werden, dass sich Rosso bei der Fertigung der Skulpturen besonders auf die Form und den Detailgrad im Gesicht des Kindes konzentrierte. Die Gesichter weichen nur minimal voneinander ab, während die Rückseiten hingegen stark überarbeitet wurden und einander nur in groben Zügen ähneln.

Eine Skulptur sticht allerdings aus der Serie heraus. Die 3D-Vergleiche zeigen, dass alle anderen Ausführungen des Bambino ebreo etwas kleiner dimensioniert sind als die Skulptur mit dem Arbeitstitel „Black Plaster“. Auch hier hilft ein Blick in die historischen Arbeitstechniken zur Erstellung von Abformungen. So benötigt es für die Herstellung einer Gelatineform ein Grundmodell, welches häufig aus Gips geformt und mit Harzen und Ölen behandelt wurde, damit sich die Gelatine besser ablösen lässt. Diese Beschichtung führt zu einer Verdunkelung des Gipses. Zudem schrumpft die Gussmasse (sowohl Wachs, als auch Bronze) bei der Aushärtung und Abkühlung, weshalb ein Abguss immer kleiner dimensioniert ist, als sein Urmodell. Demnach muss es sich bei

der Variante „Black Plaster“ um ein Urmodell des Bambino ebreo handeln, welches als Grundlage zur Erstellung der Gussformen genutzt wurde. Der Einsatz hochauflösender 3D-Oberflächenvergleiche konnte Aufschluss über die Arbeitsweise des Künstlers, der Funktion einzelner Ausführungen der Skulptur und die Unterteilung in verschiedene Formengruppen liefern. Es wurde gezeigt, dass sich die Abgüsse des Bambino ebreo insofern stark ähneln, als dass sie die gleichen grundlegenden Merkmale und Proportionen aufweisen. Dennoch hat Medardo Rosso großen Wert auf das Gussverfahren und die anschließende Überarbeitung der Abgüsse gelegt, wobei jeder Bambino ebreo seinen eigenen, einzigartigen Charakter erhielt. Trotz der Tatsache, dass die Skulpturen in Serie hergestellt wurden, gibt es keine hundertprozentigen Doppelgänger.

(Max Rahrig)

RAHRIG, Max / STREET, Ronald E.: *Rethinking Uniformity: Analysis of Rosso's Serial Casts of the Bambino ebreo through Digital Surface Comparison*, in: HECKER, Sharon (Hg.): *Finding Lost Wax. The Disappearance and Recovery of an Ancient Casting Technique and the Experiments of Medardo Rosso*, *Studies in Art & Materiality Volume 3*, Leiden 2020 (im Druck), 275–302.



## Digitalisierung früher Schriftzeugnisse in Nordmakedonien



Abb. 1: Projektteilnehmer zwischen den Säulen im Kloster Sveti Naum [Kempgen 2015].

Leitung:	Prof. em. Prof. h.c. Dr. Sebastian Kempgen
Bearbeitung:	Ruth Tenschert M.A., Max Rahrig M.A., Sören Siebe M.A. und Vlatko Momirovski
Partner:	Sv. Kliment Ohridski-Universität Bitola, Nordmakedonien
Laufzeit:	seit 2015
Finanzierung:	Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultur, Wissenschaft und Kunst und die Ständige Kommission für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs (FNK) der Universität Bamberg

Das Kloster Sveti Naum im Süden von Nordmakedonien ist Teil des UNESCO Welterbes „Natur- und Kulturerbe der Region Ohrid“. Die Gegend um den Ohridsee ist nicht nur für ihr herausragendes bauliches Erbe und die Natur bekannt, sondern auch für ihr linguistisches Erbe. Der Heilige Naum hat das Kloster Sveti Naum am Ende des 9. Jahrhunderts gegründet und ist auch dort bestattet. Die Anlage ist heute ein äußerst beliebter Ausflugs- und Pilgerort. Die bis heute vielfach umgestaltete Kirche im Zentrum des Klosters birgt am Übergang von Vorkirche zum Allerheiligsten zwei Säulen des ursprünglichen Baues.

Die beiden Marmorsäulen mit Kapitellen und Basen tragen einzigartige figürliche Ritzungen sowie äußerst fein geritzte Inschriften und Graffiti von frühen Besuchern. Die Graffiti repräsentieren sehr frühe Zeugnisse des glagolitischen Alphabets, einem Vorläufer des Kyrillischen.

Im Fokus des Projektes standen die zwei Säulen aus weißem Marmor. Sie haben eine polierte, glänzende Oberfläche und sind heute zudem stark durch Rußablagerungen verschmutzt. Die Graffiti sind zum Teil nur sehr schwach in die Oberfläche geritzt. Durch die zahlreichen Touristen, die die Säulen täglich berühren und abreiben, sind diese feinen Inschriften ständig der Gefahr ausgesetzt aufgrund der sukzessiven Abarbeitung gänzlich unlesbar zu werden oder gar zu verschwinden. Die neuerliche Betrachtung zeigte, dass seit den ersten zeichnerischen Aufnahmen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts schon zahlreiche Graffiti verloren gegangen sind oder nicht mehr zu erkennen und somit zu verifizieren sind. Daher war es dringend notwendig diese seltenen Zeugnisse zu dokumentieren, eine epigraphische Auswertung zu ermöglichen und die Resultate zu archivieren.

Da die fotografische Aufnahme mit Streiflicht vor allem aufgrund der geschwungenen Struktur der Säulen und Kapitelle nicht immer zum gewünschten Ergebnis führte, wurden hochauflösende 3D Scans der Oberflächen der gesamten Säulen angefertigt. Genutzt wurde hierfür ein Structured-Light-Scanner (SLS) der Firma Carl Zeiss Optotechnik mit einer Auflösung von bis zu 30 µm. Die Oberflächen wurden dabei ohne Texturinformationen aufgenommen, die glänzenden Stellen und die Verschmutzungen können ein klares Bild schwierig machen. Die Betrachtung der reinen Topographie der extrem detaillierten Aufnahmen in Kombination mit Farbfotografien ermöglichte es hingegen sogar bisher unbekannte Graffiti zu entdecken. So wurde ein Schriftzug gefunden, der in etwa mit „Der Knecht Gottes [Name] ist verstorben“ wiederzugeben ist. Die erstellten 3D Modelle können virtuell aus verschiedenen Winkeln beleuchtet werden, wodurch jegliche Art von Streiflicht simuliert werden kann. Um die Effekte der Säulenkrümmung zu minimieren und die Lesbarkeit zu erhöhen sind zudem Abwicklungen erstellt worden.

Die Dokumentation und Digitalisierung der Inschriften trägt aktiv dazu bei, das materielle Erbe der Säulen auf der einen Seite und auf der

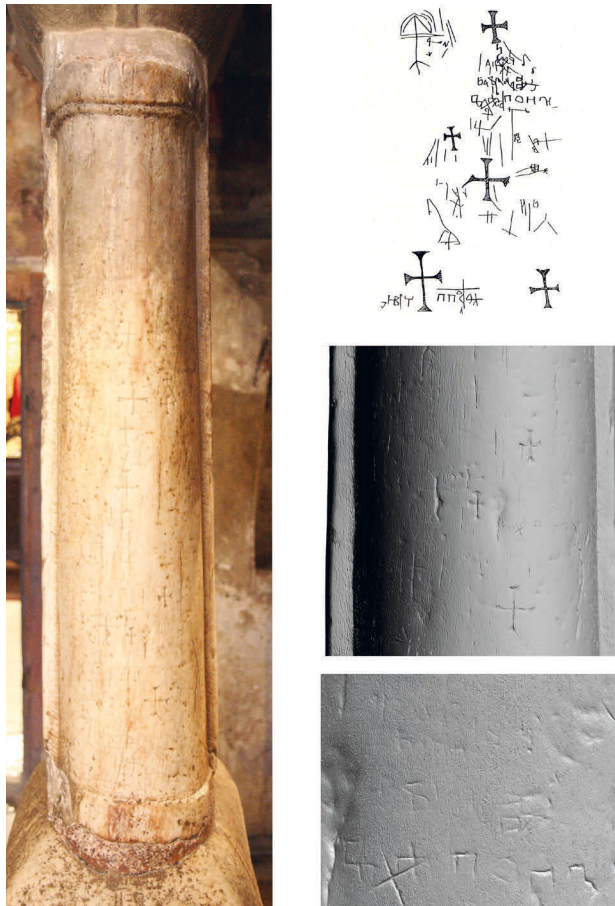


Abb. 2: Übersicht der rechten Säule, mit der Umzeichnung nach Grozdanov 1995 und neuen 3D-Visualisierungen der Graffiti [Tenschert, Rahrig 2018].

anderen Seite das immaterielle Kulturerbe früher slawischer Schriften und Alphabete zu bewahren und die weitere Erforschung auch im webbasierten Austausch zu ermöglichen.

Die 2015 mit der ersten Kampagne startende Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Slavische Sprachwissenschaft und der Professur für Restaurierungswissenschaften in der Baudenkmalpflege sollte nach der erfolgreichen Aufnahme der Säulen, gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Bildung und Kultur, Wissenschaft und Kunst, im Mai 2020 fortgesetzt werden. Die erfolgreiche Zusammenarbeit sollte genutzt werden um, finanziert durch FNK-Mittel der Universität Bamberg, weitere Inschriften in Nordmakedonien aufzunehmen. Ziel ist die Dokumentation von Inschriften auf der Grabplatte des Heiligen Kliment Ohridski in Ohrid. Neben der hochauflösenden Erfassung sollten dabei auch der Vermittlungsaspekt und die weitere Nutzung der Daten im Vordergrund stehen. Die geplante Kampagne musste aufgrund der COVID-19-Pandemie verschoben werden.

(Ruth Tenschert, Max Rahrig)



Abb. 3: 3D-Oberflächenmodell, Normalmap und Umzeichnung des neu entdeckten Graffiti: „Der Knecht Gottes [Name] ist verstorben“ [Tenschert, Rahrig, Kempgen 2018].

TENSCHERT, RUTH / RAHRIG, MAX / DREWELLO, RAINER / KEMPGEN, SEBASTIAN: *Scratches? Scribbles? Scripture! Revealing the unseen – 3D scanning of Glagolitic graffiti of the 10th century at Saint Naum*, in: Museen der Stadt Wien / Stadtarchäologie Wien (Hg.): *Proceedings of the 23th CHNT Vienna 2018*, Wien 2019, [https://www.chnt.at/ebook\\_chnt23\\_tenschert/](https://www.chnt.at/ebook_chnt23_tenschert/).

TENSCHERT, RUTH: *Scratches? Scribbles? Scripture! Revealing the unseen – 3D scanning of Glagolitic graffiti of the 10th century at Saint Naum*, Cultural Heritage – New Technologies (CHNT) 2018, Wien 13.11.2018.



## Malschichten in der Domklausur in Brandenburg/Havel

Grün ist nicht gleich grün



Abb. 1: Joch 2 der ehemaligen Bibliothek im Oberen Kreuzgang, Nordflügel der ehemaligen Domklausur, Brandenburg an der Havel [Noll-Minor].

Leitung:	Prof. Dr. Ursula Schädler-Saub
Bearbeitung:	Prof. Dr. Rainer Drewello, Dipl. Geol. Martina Prisl
Partner:	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hildesheim, Holzminden, Göttingen (HAWK); Dipl. Biol. Ursula Drewello (Labor Drewello & Weißmann GmbH)
Laufzeit:	2017–2021
Finanzierung:	Deutsche Forschungsgemein- schaft

Der Obere Kreuzgang steht u.a. im Mittelpunkt des DFG-Projektes „Der Wandmalereizyklus zu den Wissenschaften und Künsten in der Brandenburger Domklausur“. Die als „herrliche Bilder“ beschriebenen Wandmalereien aus dem 15. Jahrhundert wurden konservierungswissenschaftlich untersucht, um über Werktechnik, Bildinhalte und auch Veränderungsprozesse Aussagen treffen zu können.

Im Zuge des Wissenschaftstransfers erhielt das KDWT Proben aus den Jochen der im Nordflügel gelegenen ehemaligen Bibliothek. Diese mittelalterlichen Deckenmalereien wurden sowohl stratigraphisch als auch auf Bindemittel und Pigmente untersucht.

Die Proben aus dem Joch 2 (Abb. 1) zeigen alle Malschichtverluste, Fehlstellen und Reste einer hellbraunen Überfassung, die durch gezahnte Werkzeuge abgetragen wurden (Abb. 2).

Die Schichtenfolge ist als besonders anzusehen: Auf dem Putzträger auf Basis eines Kalks mit schwach hydraulischen Eigenschaften hat man zunächst eine Kalktünche ohne erkennbaren Trennungs- oder Karbonatisierungshorizont aufgetragen. Die nur 50 – 100 µm dünne Schicht zeichnet sich durch eine ausgezeichnete freskale Anbindung zum Untergrund aus. Darauf folgt, in Secco-Technik aufgebracht, eine dünne weiße Kalk-Gips-Grundierung (ca. 50 µm), die aufgrund ihrer Zusammensetzung gut von der Tünche und der nachfolgenden grün-gelben bis blau-grünen Farbschicht zu unterscheiden ist. Diese grüne Kalksecco-Fassung ist maximal 50 µm dick und von Fehlstellen durchsetzt. Die dazugehörige, in Teile erhaltene schwarze a secco Konturfassung besteht aus von Kalziumoxalat überformter Holzkohle. Der mittelalterliche Bestand zeigt eine gealterte, zeitlich noch nicht eingeordnete Neufassung mit Braunpigment, die eine Kalkkaseinfassung mit Gipszusatz ist.

Die in Abb. 3 im Detail gezeigte grün-gelbe Malschicht ist ein Stoffgemenge aus Kupfer- und Kohlenstoffpigmenten, abgebautem Bindemittel und sekundär eingedrungenen Verbindungen.

An Pigmenten lassen sich neben einer geringen Menge an feinkörniger Holzkohle praktisch nur Kupferphasen mit verschleppten Eisenverbindungen nachweisen. An erster Stelle findet sich ein silikatreiches und wasserhaltiges Kupfermineral, bei dem das Grünpigment mit Quarz und Feldspat vergesellschaftet vorkommt (Abb. 4). Malachit (basisches Kupferkarbonat) ist nur akzessorisch als Bestandteil des natürlichen Mineralgemenges zugemischt. Das kristalline Erscheinungsbild und die Spurenelementverteilung in Einzelkörnern (Vandium, Blei, Eisen) sprechen vielmehr für ein bergmännisch abgebautes Grünpigment aus einer Kupfergrube. An erster Stelle kommen Lagerstätten mit Chrysokoll bzw. Chrysokollquarz

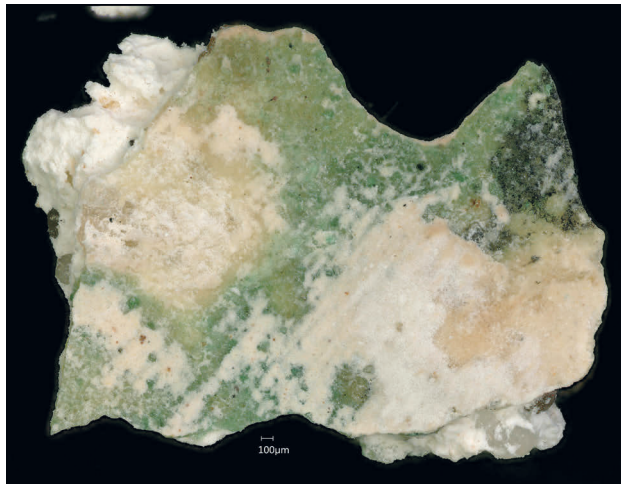


Abb. 2: Malschichtprobe, Grünfassung auf Putz mit schwarzer Zeichnung, Oberseite, Digitalmikroskop VHX 5000, Keyence [KDWT].

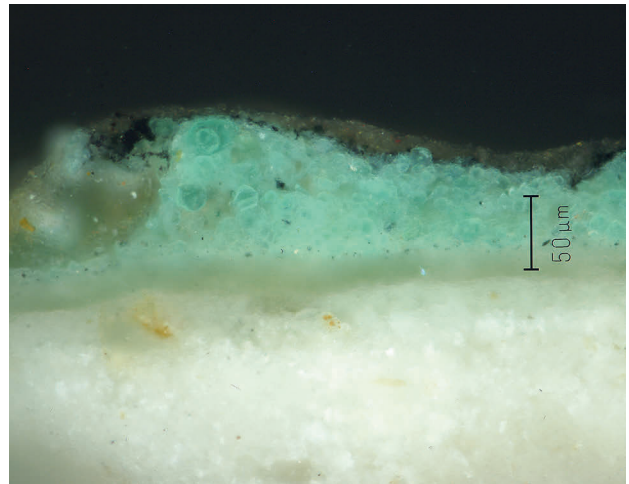


Abb. 5: Detail Malschichtprobe, Querschliff, Putz mit freilagiger Grünfassung und Übermalung, Lichtmikroskop AX70, Fa. Olympus [Drewello & Weißmann GmbH].

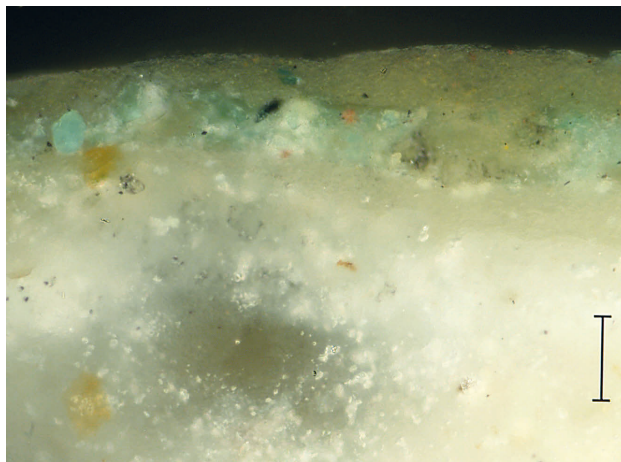


Abb. 3: Detail Malschichtprobe, Querschliff, Putz mit Grünfassung und Übermalung, Lichtmikroskop AX70, Fa. Olympus [Drewello & Weißmann GmbH].

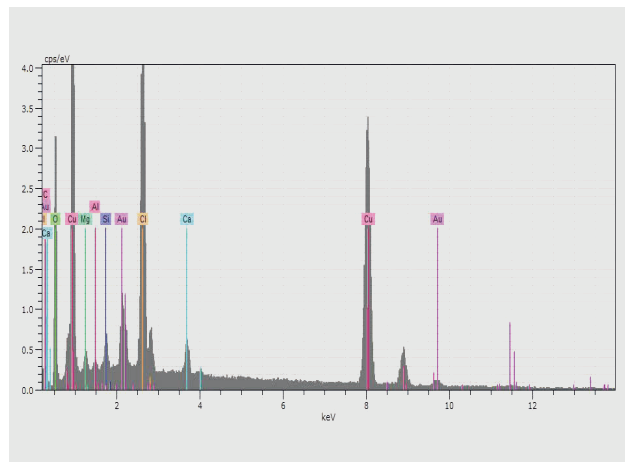


Abb. 6: REM-Punktanalyse Grünpigment (Kupferchlorid; Cu-Cl), HV: 20,0kV, ImpD.:4,50kcps [KDWT].

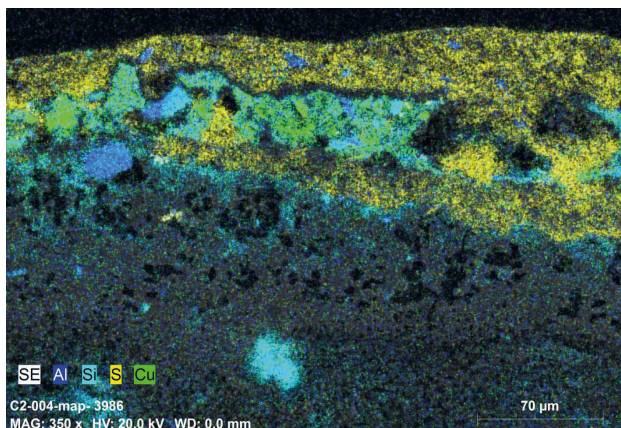


Abb. 4: Elektronenmikroskopie (SEM-BS), Elementverteilung: Si-Al-S-Cu [KDWT 2019].



Abb. 7: Mittelalterliches Blütenmotiv [Ellesat-Brümmer, HAWK Hildesheim].



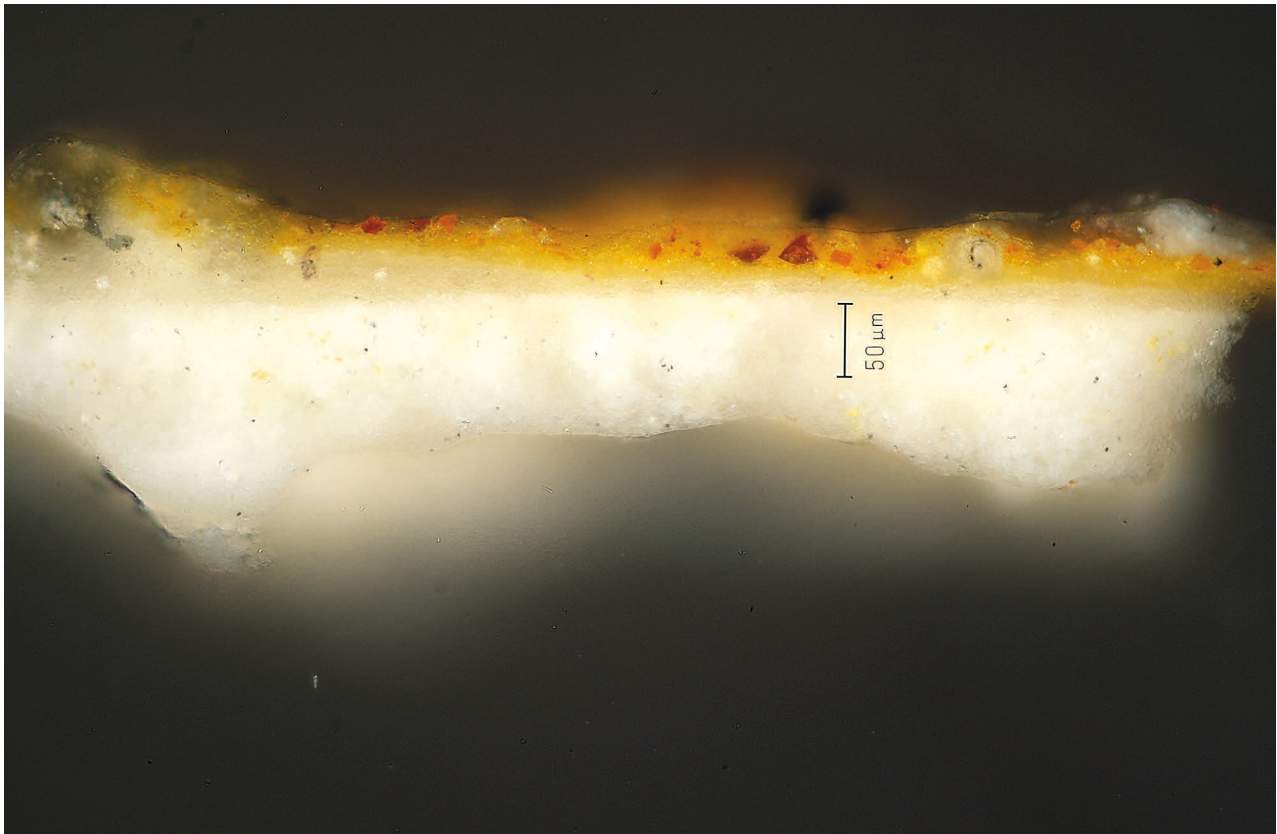


Abb. 8: Detail Malschichtprobe, Querschliff der Schichtenabfolge, Lichtmikroskop AX70, Fa. Olympus [KDWT].

in Betracht, ein Bezug aus einer in der näheren Umgebung von Brandenburg befindlichen Lagerstätte wäre denkbar (eventuell Kreischa, Schneeberg, Lauterberg, Kupferberg).

In Bereichen findet sich in den Proben auch eine mehrlagige Blaugrünfassung (Abb. 5) von höherer Farbintensität. Das hier gewählte Kupferpigment, ein Kupferchlorid (Abb. 6) aus der Gruppe der Oxihalogenide, zeichnet sich durch eine auffallend stalaktitenartige Binnenstruktur aus, was die Herkunft aus einer natürlichen Rohstoffquelle unterstreicht. IR-spektroskopisch gibt es einen Hinweis auf Atacamit oder ein ähnlich aufgebautes wasserhaltiges Kupferchlorid. Vorkommen von Kupferchloriden mit Kupfersilikaten sind für Oelsnitz (Vogtland), Halsbrücke (Sachsen) und Astfeld (Niedersachsen) beschrieben. Damit wäre eine Bezugsquelle in der näheren Umgebung von Brandenburg vorhanden, was auch die großzügige Verwendung des im Wandmalereibereich eher selten vorkommenden Pigments erklären würde. Eine exakte Klassifizierung der zum Zeitpunkt des Auftragens der beiden Grünfassung enthaltenen Kupferphasen wird durch den sauren mikrobiellen Abbau des Bindemittels mit der Abscheidung von Calciumoxalat und durch die Einlagerung von Gips aus dem nachfolgenden Anstrich erschwert. Hinzu kommt ein „Verkleistern“ der Schicht

durch die im Säuren löslichen Kupferminerale Chrysokoll, Malachit und Atacamit (?), was zur Verschmelzung der Farbschicht und zum Auswandern von Kupferverbindungen und Chloriden in den Untergrund geführt hat. Die Ansprache ist schwierig; erst eine röntgendiffraktometrische Analyse des Gemenges mit der Zuordnung zu einer bestimmten Lagerstätte könnte weitere Aufschlüsse liefern.

Was das Bindemittel betrifft, ist von einer kalk- und proteinhaltigen Lösung auszugehen, ansonsten wäre der mikrobielle Abbau der an sich toxisch wirkenden Kupferschichten kaum vorstellbar. Zur Verbesserung der Mal- und Haftungseigenschaften hat man mit einiger Wahrscheinlichkeit ein teils wasserlösliches Gummiharz zugemischt, das in blasenförmigen und kalkhaltigen Einschlüssen angereichert vorkommt. Analytisch am wahrscheinlichsten ist ein natürliches Polysaccharid, das Tragant oder ein ähnlich zusammengesetztes Gummiharz sein kann.

Die Proben der Deckenmalerei in Joch 5 (Abb. 7) zeigen hinsichtlich des Putzträgers und der Grundierung starke Gemeinsamkeiten. Unmittelbar in die Grundierung eingemalt, ist eine kanariengelbe Schicht, die als Kalkfarbe mit feinstkörnigem Gelbpigment und Gipskreid Zusatz charakterisiert werden kann (Abb. 8). Das

Pigment ist ein kaliumhaltiges Eisen-Aluminiumsilikat, das einem gelben Bolus mit schluffigem Eisenpigment und diskreten silikatischen Partikeln entspricht.

Verwendet wurden splittiger rotbrauner Ocker (Eisenoxid), der Terra di Siena-Sorten natürlichen Ursprungs zuzurechnen ist, und ein Gemenge aus hellgelben Partikeln, die weiß bis gelblich und gelbrötlich sein können. Das Pigment besteht an einer Stelle fast nur aus Zinn-Verbindungen, an anderer Stelle aus Bleikarbonat, gelbem Bleioxid oder kanariengelben Blei-Zinn-Phasen. Die Mischung gleicht einer rustikalen experimentellen Mischung, einem „Bleizinn-gelb“. Chemisch handelt es sich um Bleistannate ( $Pb_xSn_ySiO_z$ ), vermischt mit Blei(II)oxid und Bleikarbonat. Die Herstellung des Gelbpigments ist für die Zeit ab dem 15. Jahrhundert bekannt. Hinweise liefert das Bologneser Manuskript, in dem die Herstellung von „Giallonino“ und „Giallorino“ näher beschrieben wird. Für den flächigen Auftrag im Rahmen der Wandmalerei ist eine Anwendung von Bleizinn-gelb eher ungewöhnlich.

Auch diese Malschicht muss Kalk und Protein und einen Gummiharzzusatz als Bindemittel enthalten haben. Indirekt lässt sich die Bindemittelmischung wie zuvor aus den Gehalten an Calciumoxalat und den sphärischen Kalkeinschlüssen

mit einem hohen Prozentsatz an organischen Komponenten mit Anteilen von Polysacchariden erschließen (Gummiharz). Zu diskutieren bleibt der signifikant hohe Gipsgehalt in der Malschicht. Dieser kann maltechnisch begründet gewesen sein oder auf das Einwandern von Gips aus der Überfassung zurückgehen. Alternativ wären auch ungünstige Umweltbedingungen mit einer deutlich erhöhten Belastung durch schwefelsaure Verbrennungsgase denkbar (Ofenheizung, offener Kamin etc.). Eine maltechnische Besonderheit ist jedoch die wahrscheinlichste Variante – dies belegt der hauchdünne Korrosionsfilm aus Calciumoxalat und Gips, der die Farbschicht überzieht, sowie ein schwacher Schmutzbelag auf der Gelb- und Rotbraunfassung, der das Mittelalter von der nachfolgenden Überfassung scheidet.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass bei der Ausmalung der Deckenfelder für die Joche 2 und 5 nur geringe arbeitstechnische Unterschiede zu registrieren sind. Bemerkenswert ist der grundsolide Malschichtaufbau mit einer routinierten Ausführung des dekorativen Konzepts. Das Resultat ist eine qualitativ hochwertige Kalkseccomalerei mit dezidierten Farbnuancen, die als Musterbeispiel für einen gealterten mittelalterlichen Wandmalereibestand gelten kann.

(Martina Pristl)



## Die Bamberger Kaisergewänder

### Farbstoffe: KRAPP, KERMES und KARMIN

Neben dem blauen Farbstoff Indigo für die Trägerstoffe, wurden für die Haltefäden der Goldstickerei vor allem rote Farbstoffe eingesetzt.

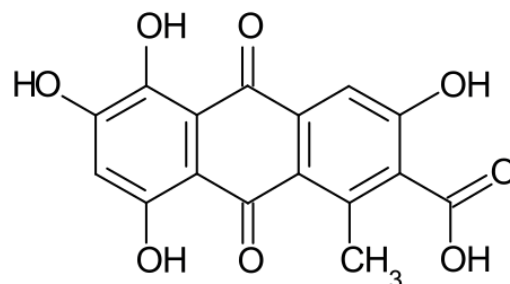
Besonders prestigeträchtige Farbmittel wie Kermes und Karmin leistete man sich nur für die roten Haltefäden des Goldlahns auf den blauen Kaisergewändern. Kermes war im Mittelalter einer der teuersten roten Farbstoffe im europäischen Raum. „Verschnitten“ – ob mit oder ohne Wissen des Endverbrauchers – wurde allerdings häufig mit dem kostengünstigeren Farbstoff aus der Krappwurzel.

KERMES, auch unechtes Karmin genannt, wird als roter Farbstoff aus der weiblichen Schildlaus Kermes vermilio gewonnen. Nach dem Absterben verbleiben die Körperhüllen auf den Kermes-Eichen, die als Wirtsorganismus dienen. Von dort können sie, Beeren gleich, für die man sie ursprünglich hielt, abgesammelt werden.

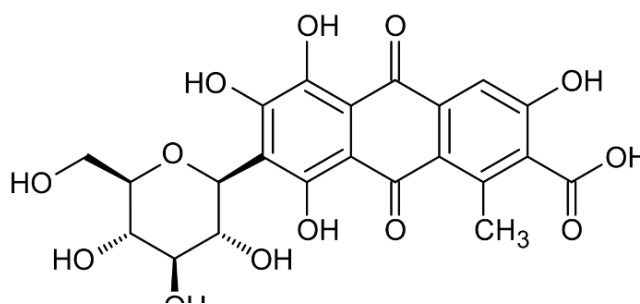
KARMIN, das echte Karmin, stammt ebenfalls von einer Schildlaus, nämlich der weiblichen Cochenillelaus: Für die Haltefäden der Kaisergewänder wurde entweder polnischer (*Porphyrophora polonica* L.) oder armenischer Cochenille (*Porphyrophora hamelii* Brandt) eingesetzt. Dies geht aus dem Verhältnis der nachgewiesenen Farbstoffmoleküle hervor. Die polnische und die armenische Cochenilleläuse leben unterirdisch an den Wurzeln eines Nelkengewächses. Die polnische Cochenille wurde erstmals bereits im Jahr 812 n. Chr. in einer Verordnung Karl des Großen erwähnt.

Zur Gewinnung des teuren roten Farbstoffs werden die auf mittel und südeuropäischen Wirtspflanzen parasitierenden Schildläuse zwei bis drei Monate nach ihrer „Animpfung“ auf der Wirtspflanze abgesammelt, getrocknet und schließlich vermahlen. Nach dem Einweichen in Wasser und einem fünfzehnminütigen Kochvorgang erhält man eine rote Färbebrühe, die durch ein Tuch abfiltriert werden muss.

Abhängig von der Vorbehandlung der Textilien mit Beize färben sich die Textilfasern unterschiedlich rot. Mit Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) werden die Fasern rotviolett, mit Weinstein (Kaliumhydrogen und Calciumtartrat) dunkelrot und mit Zinn(II)Chlorid leuchtend rot.



Strukturformel von Kermesinsäure:  
Sie ist der Hauptbestandteil von Kermes.



Strukturformel von Karminsäure: Sie unterscheidet sich durch ein Zuckermolekül von Kermesinsäure.

KRAPP wurde in allen analysierten Proben als färbender Nebenbestandteil der Haltefäden nachgewiesen. Diese Beimischung hat in jedem Fall die Farbstoffherstellung kostengünstiger gestaltet.

Krapp ist im Gegensatz zu Kermes und Karmin nicht tierischen, sondern pflanzlichen Ursprungs. Während man sich für die Haltefäden der Kaisergewänder noch Kermes und Karmin leistete, traf man für die aufwändigen roten Stickereien beim weißen Kunigundenmantel eine andere Wahl:

Der Farbstoff der Haltefäden für die Kaisermotive besteht aus kultiviertem Krapp und Sappanholz. Auch die roten Schussfäden der Tunika wurden mit Krapp gefärbt, allerdings ausschließlich mit Krapp und nicht mit Sappanholz.

Der Färberkrapp (*Rubia tinctorum*) war für Rotfärbungen allgemein verbreitet, weil günstig, und so wurde die alte Kulturpflanze im Mittelalter europaweit angebaut. Karl der Große empfahl die Kultivierung der Pflanze. Unter anderem in Speyer und im Elsass wurde Färberkrapp im Großmaßstab angebaut. Straßburg verdankte seinen Reichtum zu einem guten Teil dem florierenden Handel mit der Färberröte.

Geerntet werden die drei Jahre alten Rhizomen der *Rubia tinctorum*. Diese werden im Frühjahr und Herbst ausgegraben, anschließend ofengetrocknet und zerkleinert. Dabei bildet sich ein

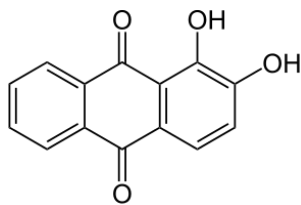


Blauer Kunigundenmantel: Detail Goldstickerei mit roten Haltefäden. USB-Mikroskop

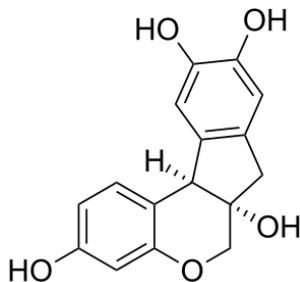


Der Goldfaden wird angelegt und nur durch den roten Haltefaden aus Seide auf dem Trägergewebe fixiert. 3D-Mikroskop

roter Farbstoff aus den gelben Rhizomen, der aufgrund seiner molekularen Struktur zunächst gelb und erst nach dem Trocknen rot erscheint. Der färbende Hauptbestandteil ist Alizarin, daneben sind Purpurin und weitere Anthrachinone enthalten. Die Farbnuance ist abhängig von der Extraktion des Farbstoffs, den Nebenbestandteilen und der vorangegangenen Beize der Textilien.



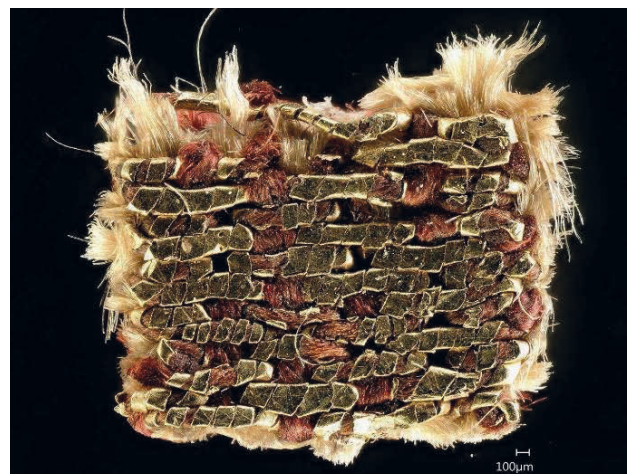
Strukturformel von Alizarin: Hauptbestandteil von Krapp, enthält in der Vorstufe wiederum ein Zuckermolekül.



Strukturformel von Alizarin: Hauptbestandteil von Krapp, enthält in der Vorstufe wiederum ein Zuckermolekül.

SAPPANHOLZ wurde in Kombination mit KRAPP ausschließlich als Farbstoff in den Garnen sowohl für die Schrift als auch für die Kaisermotive im weißen Kunigunden mantel eingesetzt. Diese Farbstoffe sollten die luxuriösen Insektenfarbstoffe Kermes und Karmin nachahmen.

Der Farbstoff aus Rotholz, der aus dem Kernholz des tropischen Sappanholzes gewonnen wird, ist dem Tropenbaum *Caesalpinia sappan* L. aus dem Orient oder Brasil bzw. Per nambukholz (*Caesalpinia brasiliensis* L.) aus Übersee zuzuordnen. Im historischen Kontext kommt jedoch ausschließlich Sappanholz in Frage.





### Farbstoffe: INDIGO

Auffallend ist der häufig tiefblaue Farbton des originalen Trägergewebes vom Blauen Kunigunden, Sternen und Reitermantel und vom Rationale.

Da man im Mittelalter auf die Verwendung von Naturstoffen angewiesen war, sind wertvolle Seidengewebe aus dieser Zeit ausschließlich mit Naturfarbstoffen aus ober- und unterirdischen Pflanzenteilen gefärbt. Das tiefblaue bis blauviolette Trägergewebe kann man heute nur bei genauer Betrachtung der Gewänder erkennen, weil es lediglich unterhalb der Goldstickereien erhalten ist.

Diese sind in einer umfassenden „Renovierungsphase“ im Spätmittelalter ausgeschnitten und auf ein neues Trägergewebe aufgebracht worden. Die Farbstoffanalysen haben ergeben, dass es sich bei dem originären blauen Farbstoff durchgehend um Indigo und seine Derivate handelt.

INDIGO wurde im Mittelalter vornehmlich aus Färberwaid (*Isatis tinctoria*) gewonnen, der zu jener Zeit insbesondere in Thüringen angebaut und von dort bis nach England exportiert wurde. Zum Färben wurden ausschließlich die Blätter



*Färberwaid Isatis tinctoria: Geerntet wird die Blattrosette (Pfeil) im ersten Jahr. Im zweiten Jahr kann der Samen gewonnen werden [https://plantsbank.com/isatistinctoria/]*



*Waidstein in Sömmerda, Thüringen: Mit ihm wurde im Mittelalter das Färberwaid zermalmmt [Sander].*

verwendet, in denen die Vorstufen des Indigos, nämlich Indican und IsatanB, enthalten sind. Von der Blätternte bis zum blau gefärbten Stoff durchlief der Waid mehrere Zwischenprodukte, in denen immer wieder eine Fermentation bzw. Gärung in der Waidmasse angestoßen wurde.

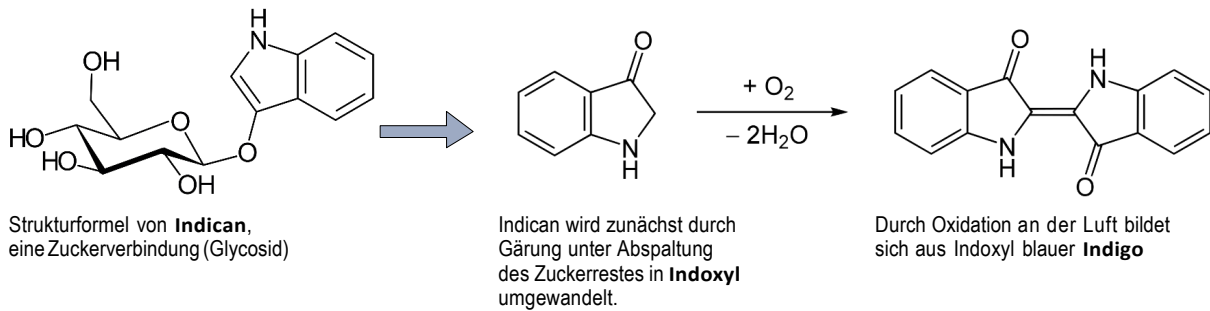
Zur Farbstoffgewinnung hat man im späten Frühjahr die Blattrosetten des Waides mit einem sogenannten Waideisen geerntet, mit dem man die Rosette von der Wurzel trennt; daher bezeichnete man dieses Ernteverfahren auch als „Stich“.

Nach der ersten Ernte bildete sich nach etwa sechs Wochen erneut eine Blattrosette, die gestochen werden konnte.

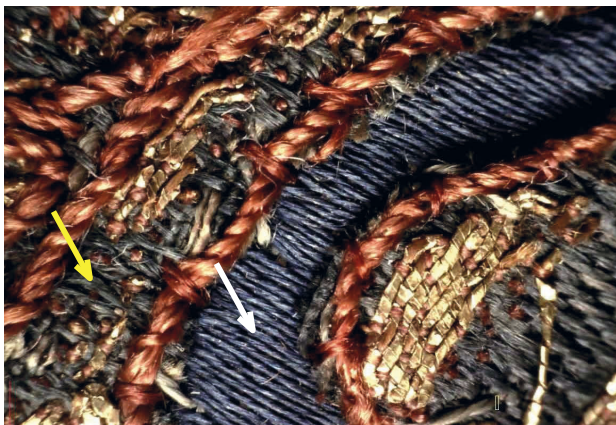
In günstigen Jahren hatte man bis zu vier Ernten. Nach dem Waschen breitete man die Blattrosetten auf Wiesen aus, wo die Blätter in die Welke übergingen und der Gärungsvorgang angestoßen wurde. Anschließend zerquetschte man in der Waidmühle mit Hilfe eines großen Steinrads mit Querrillen die welken Blätter zu Waidmus, das zu faustgroßen Waidballen geformt wurde und auf den Markt kam.



### Chemischer Prozess vom Naturfarbstoff Indican zum Indigo:



Die Waidmasse durfte nur von der Färberzunft gemäß wohlgehaltener Rezepturen weiterverarbeitet werden. Nach dem Herausziehen der gefärbten Stoffe aus der Küpe, erschienen diese zunächst gelb. Erst durch Oxidation an der Luft wurde aus dem gelben ein blaues Textil.



Blauer Kunigundenmantel, Detail: originaler blauer Trägerstoff (Pfeile gelb) und spätmittelalterlicher Trägerstoff (Pfeil weiß)

## Metallfäden: GOLD und SILBER

Gold gehört bis heute zu den begehrtesten und prestigeträchtigsten Materialien.

Das Edelmetall ist das Zeichen der Macht. Kaiser, Fürsten und Machthaber wurden bis ins Grab mit goldenen Ausstattungen und Accessoires versorgt, Dinge, die noch tausende Jahre nach dem Ableben unversehrt als Grabfunde zutage treten und unsterblich zu sein scheinen.

Der Glanz des Goldes prägt auch die Kaisergewänder. Als Stickereien mit puren Gold fäden, die mit Haltefäden fixiert, dicht an dicht gelegt, biblische Motive darstellen oder in prächtig ausgeschmückten Buchstaben die Stellung der Machthaber in der Welt und ihre Verbindung zu Gott



Gewebestück: Mit Indigo gefärbter originaler Trägerstoff, auf den mit Hilfe roter Haltefäden Goldlahn gestickt ist (3D-Digitalmikroskopie)

beschreiben. Heute zeigen sich die Kaisergewänder mit ihren reich haltigen szenischen Darstellungen anders als im ursprünglichen Zustand, da spätestens ab dem 15. Jahrhundert ein massiver Eingriff erfolgte und die Goldstickereien fast aller Gewänder auf neue Trägerstoffe übertragen wurden.

Um dem ursprünglichen Aussehen der Kaisergewänder auf die Spur zu kommen – welches Motiv war vorgesehen, welcher Buchstabe sollte dargestellt werden? – wurden neben kunsthistorischen und textiltechnologischen Studien ergänzend materialwissenschaftliche Methoden eingesetzt. Dabei ging es vor allem um eine vergleichende Materialanalyse, die im interdisziplinären Team zielgerichtet erfragt wurde. Bei den Goldfäden, die in mikrometerdicken Streifen um einen Seidenfaden gewickelt sind, waren es vor allem Fragen zur Zusammensetzung des Goldes, zu den Abmessungen der Fäden (Fadenstärke und breite) und zu den Bearbeitungsspuren (Schnittkante und Oberfläche).



## Goldfäden



Die Goldfäden wurden elementanalytisch hinsichtlich ihrer Zusammensetzung untersucht. Dass die elementare Zusammensetzung keinesfalls isoliert gesehen werden kann, ist auch der Tatsache geschuldet, dass bereits die mittelalterliche Stickereiwerkstatt verschiedene Chargen von Goldlahn zu verarbeiten hatte und Gold über lange Jahre ein Schmelzprodukt aus kursierenden Goldobjekten war. Dies kann zu signifikanten Unterschieden in der Zusammensetzung des Goldfadens innerhalb eines Gewandes und sogar eines Motivs führen. Daher war es notwendig, die Indizien der kunsthistorischen, textil technologischen und materialwissenschaftlichen Betrachtungen zusammenzuführen.

Vergleichende Untersuchungen der Goldfäden, um originale Goldstickereien von Reparaturen zu unterscheiden:

### Beispiel Weißer Kunigundenmantel

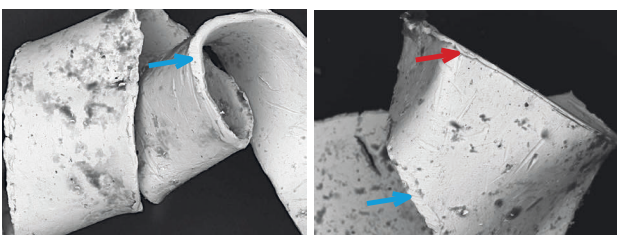
Fragestellung: Ist es wahrscheinlich, dass die Goldfäden aus den Kaisermotiven und den Schriftriemen gleichzeitig entstanden sind?

Materialanalytisches Ergebnis: Ja, sie sind mit hoher Wahrscheinlichkeit gleichzeitig entstanden. Nicht nur die Goldzusammensetzung ist vergleichbar, sondern auch der verwendete Farbstoff für die Seidenseele.

Probe aus dem Weißen Kunigundenmantel	Gold	Silber	Kupfer	Probennahmestelle	Roter Farbstoff Seidenseele
P2: Kaisermotiv Foto: Sibylle Ruß	96,79	0,78	2,43		Krapp und Sappanholz (Rotholz)
P5: Schriftriemen Foto: Sibylle Ruß	96,76	0,99	2,25		Krapp und Sappanholz (Rotholz)

### Beispiel Blauer Kunigundenmantel

Morphologische Untersuchungen von Goldfäden im Rasterelektronenmikroskop:



An den Kanten eines Goldfadens sind neben Schnittkanten (Pfeile blau) auch Quetschwulste (Pfeile rot) zu sehen, die durch das Zuschneiden entstehen (Pfeile).

## „Nürnberger Gold“ auf dem Blauen Kunigundenmantel

Die Kaisergewänder sind eine goldgestickte Vergangenheitsinszenierung. Entsprechend war diese Wertschätzung (zumindest zeitweise) immer wieder Anlass, Reparaturen durchzuführen. So wurden auch Schäden in den goldgestickten motivischen Elementen mit Goldfäden ausgebessert, die jedoch heute grau korrodiert erscheinen.

Die Frage war, weshalb sich die Goldfadenreparaturen grau verfärbt haben. Gold gilt schließlich als extrem beständiges, nicht korrodierendes Edelmetall. Im Verlauf der Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die graue Schicht auf den Goldfäden faktisch eine schwarze Korrosionsschicht ist. Dass sich eine solche bilden konnte, hat mit dem Metallfaden selbst zu tun, der in seinem Kern aus Silber besteht und lediglich eine hauchdünne Goldauflage trägt. Das Silber kann durch die Goldschicht diffundieren und in Anwesenheit von Schwefeldioxid in der Luft (Hausbrand etc.) zu Silbersulfid korrodieren.

Diese Art des „Goldes“ hat eine lange Tradition und wird Zwischgold genannt. Erst mals erwähnt wird es von Theophilus Presbyter im 12. Jhd. für die Herstellung von Metallarbeiten und Metallfäden. Vermutlich ist dieser golden erscheinende Silberlahn als eine kostengünstige Variante zu reinem Gold gesehen worden. In Deutschland wurde die Technik des kalten, rein mechanischen Auftrags einer dünnen Goldfolie unter Druck („kaltes Schweißen“) durch Aufhämmern zu einer ultradünnen Schicht auf Silber jedoch erst im 15. Jhd. populär. Dieser Zeitrahmen würde in die erste nachweisbare Erhaltungsmaßnahme der Kaisergewänder im Spätmittelalter passen, in der die Goldstickereien aus den originalen Trägerstoffen ausgeschnitten und auf neue Seidengewebe appliziert wurden.

Deutlich grenzt sich die dünne Goldschicht (rot) von der dicken Silberschicht (blau) ab. Silber kommt sowohl in der Kernmatrix des Metallfadens vor als auch oberhalb der Goldschicht, hier zusammen mit Schwefel, was den Silbersulfidbelag belegt.



Blauer Kunigundenmantel: Entnahmebereich des grauen Fadens.



Entnommener Faden mit vergrautem Goldlahn und gelber Seele (weißer Pfeil, USB Lichtmikroskop).

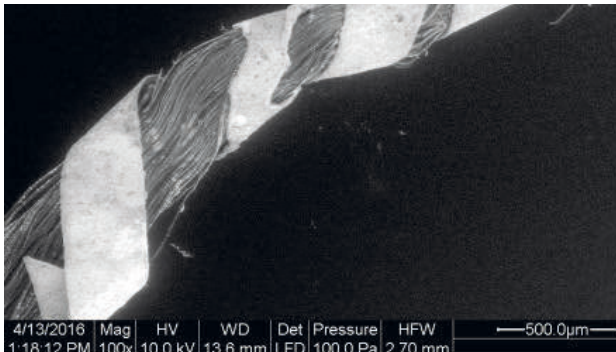
## Lichtmikroskopische und Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen des vergrauten Silberfadens:



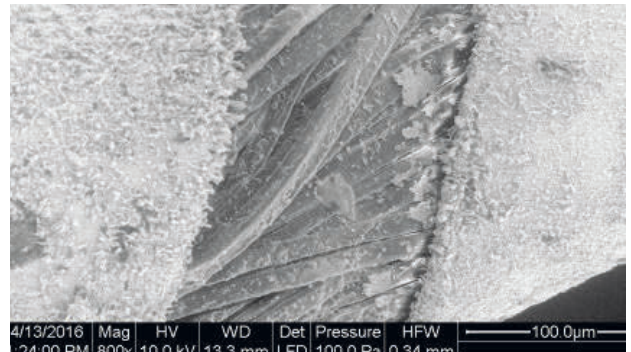
Unter der schwarzen Schicht wird eine goldfarbene Oberfläche mit Bearbeitungsspuren sichtbar (Pfeil).



Querschliff: Unter UV-Anregung ist die starke Fluoreszenz der Seidenfasern zu erkennen. Der dreieckige Querschnitt lässt auf eine Bombyx-Seide schließen.

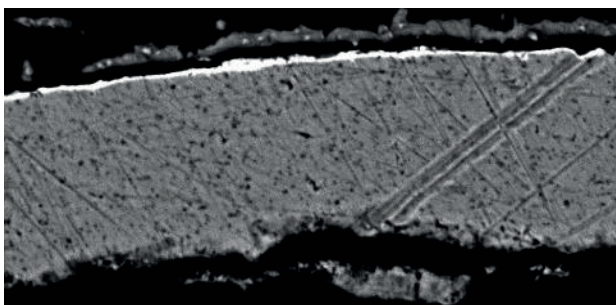


Rasterelektronenmikroskopisches (REM) Bild des „Nürnberger Goldfadens“.

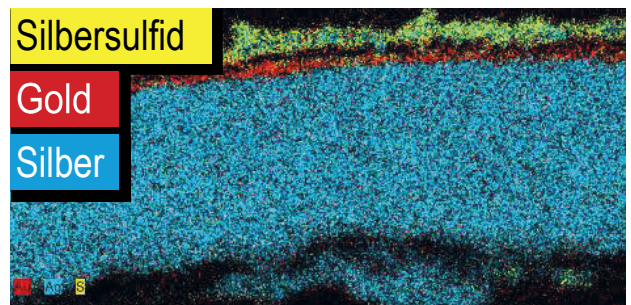


Detail zur Abbildung links mit deutlicher Korrosionsschicht auf der Metalloberfläche, die keine Bearbeitungsspuren und keine Schnittkante mehr erkennen lässt.

## In der elementanalytischen Untersuchung wird der Aufbau des vergrauten Metallfadens geklärt:



REM-Bild für die Mapping-Aufnahme: Detail des Metallfadens im Querschliff.



EDS-Mapping, in dem ein Probenbereich nach ausgewählten Elementen abgerastert wird (Überlagerungsbild).



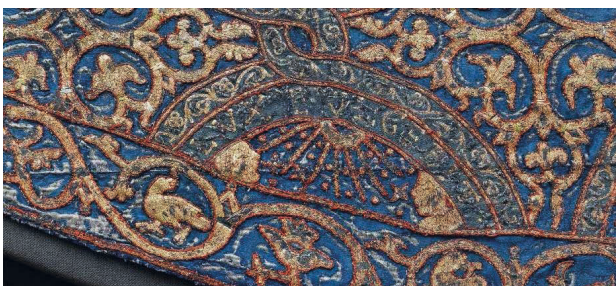
## Vorzeichnung: AURIPIGMENT, BLEIWEISS und KNOCHENASCHE

Dass für die Vielzahl an Medaillons, die auf den Kaisergewändern aufgestickt wurden, eine Vorzeichnung unabdingbar ist, leuchtet ein. Trotzdem erwies sich die Suche danach nicht einfach, denn aufgrund der zahlreichen Überarbeitungen der Gewänder konnten wir lediglich auf dem originalen Trägergewebe fündig werden, wie zum Beispiel auf dem Blauen Kunigundenmantel: Winzige weiße Partikel waren aufgrund ihrer Lage und Konsistenz eindeutig als Vorzeichnung zu identifizieren. Weiße bis eierschalenfarbene Partikel mit bräunlichen Spuren sind eine Mischung aus Knochenasche (Hydroxylapatit) und Gips, die mit Protein (Leim; Kasein) gebunden sind.

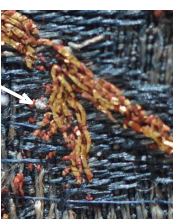
Die Masse aus Malmittel (Knochenasche und Gips) und Bindemittel kann in viskoser Konsistenz hergestellt worden sein und war somit zum Aufmalen mit einem Pinsel geeignet. Alternativ kann man auch ein festes Kreidestück benutzt haben, wie heute noch üblicherweise eine Schneiderkreide. Bei einer flüssigviskosen Auftragsweise ist von einer warmen Zubereitung der Vorzeichnungssubstanz vor Ort auszugehen, als zubereitete Kreide kann sie auch fertig im Handel angeboten worden sein.

Die Verwendung von Knochenasche war im Mittelalter in vielen Lebensbereichen üblich. In der Malerei wurde sie vor allem als Pigment und Füllmittel in Farben und Putz mörteln eingesetzt. Die Zusammensetzung der Knochenasche, die aus Schlachtabfällen hergestellt wurde, ist zu 73–84% Calciumphosphat, zu 9–10%, Calciumcarbonat, zu 2–3% Magnesiumphosphat und zu 4% Calciumfluorid 4%.

Dass Vorzeichnungspartikel nicht weiß sein



Blauer Kunigundenmantel mit dem Bereich, in dem die Vorzeichnung gefunden wurde [Gaasch].



Weißer Vorzeichnungspartikel (weißer Pfeil) [Ruß].

müssen, hat sich bei der Inaugenscheinnahme des Reitermantels gezeigt. Gelbe Partikel ließen bereits vermuten, dass die Zusammensetzung der Vorzeichnungspartikel eine andere als im Blauen Kunigundenmantel sein könnte.

Die Analysen lieferten dann auch ein erstaunliches Ergebnis: Das benutzte Pigment ist Auripigment (Arsensulfid). Auripigment war deutlich teurer als Knochenasche. Die Frage war: Sollte es tatsächlich nur eine Vorzeichnung sein? Oder hatte die Verwendung des Pigments einen anderen Hintergrund?

Auripigment ist seit der Antike bekannt und war als leuchtendes Gelbpigment unter anderem bereits in pompejanischen Wandgemälden beliebt. Bis in die Renaissance wurde es immer auch mit Gold in Verbindung gebracht, wie aus der Namensgebung schon ersichtlich wird (lat. aurum), und entsprechend als Ersatz für Vergoldungen verwendet. Wenn das Geld knapp war, mussten bspw. Heiligscheine in der Wandmalerei schon einmal mit Auripigment ausgemalt werden. In der Buchmalerei hat man bereits ab dem 8. Jahrhundert Auripigment als gelben Grund für Vergoldungen und Handschriften eingesetzt. Für die Vorzeichnung auf dem Reitermantel ist diese Tatsache von Belang, da ein frühmittelalterlicher Einsatz des Pigments auf dem Reitermantel nicht unwahrscheinlich ist. Unter Umständen liegt sogar eine ähnliche Intention vor.

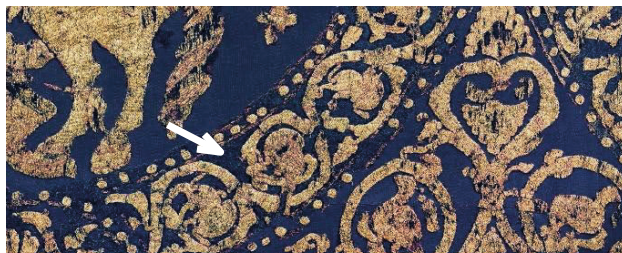
Durch die gelbe Vorzeichnung sollten die Motive auf dem Reitermantel möglicherweise weniger scharf abgegrenzt, quasi mit einer Aura, auf dem dunkelblauen Trägerstoff erscheinen. Vielleicht wollte man auch sicherstellen, dass die Vorzeichnungen zu keiner „Störung“ auf dem Reitermantel führen und diese sich an den Rändern der Goldapplikationen optisch integrieren.

Andererseits darf man sich nicht auf den maltechnischen Ansatz versteifen, denn Auripigment wird im 19. Jh. auch als Reduktionsmittel beim Färben mit Indigo empfohlen, um das Färbeergebnis zu verbessern. Nun stellte sich die Frage, ob dieses Vorgehen bereits im Frühmittelalter bekannt war und weshalb in den Vorzeichnungspartikeln Bindemittel enthalten sind.



Lichtmikroskopisch sind zwischen den Fasern des originalen blauen Trägergewebes inhomogene Vorzeichnungspartikel zu sehen, die aus einem weißen bis braunen Substanzgemisch bestehen.

Als Bindemittel ist in den Partikeln vor allem Protein mit einer Zugabe von ungesättigten Fettsäuren (Öl) nachzuweisen. Diese Rezeptur entspricht der in der Literatur angegebenen, in der darauf hingewiesen wird, dass Auripigment nur schwer in reinem Öl anzureiben ist, weshalb dieses Pigment wohl zunächst auch nur in wässrigen und Temperatechniken verwendet wurde. In mittelalterlichen Rezepten wird allerdings bereits die Zugabe von Leinöl beschrieben. Weniger spektakulär, aber dennoch interessant ist eine Substanz, die zur Vorzeichnung auf dem Sternenmantel benutzt worden ist: Bleiweiß (Bleikarbonat) – ein Weißpigment, das wiederum vor allem mit Protein (Leim; Kasein) und etwas Öl gebunden wurde.



Ausschnitt aus dem Reitermantel mit goldgesticktem Dekorrahmen, der auf dem originalen Trägerstoff liegt (Pfeil) [Gaasch].



Lichtmikroskopisch erkennt man, dass die Partikel nicht lose aufliegen, sondern in den Trägerstoff eingedrungen sind: Teilweise liegen große feste Schilben auf, teilweise dünnt sich die Masse entlang der Fasern aus, so dass davon auszugehen ist, dass die Vorzeichnung aufgemalt wurde.

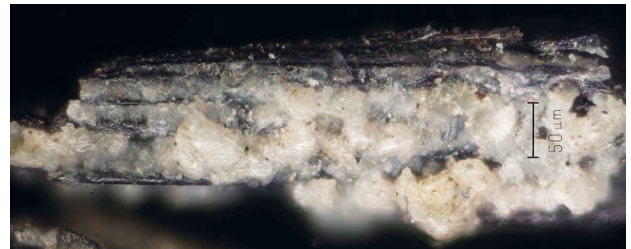
Bleiweiß ist ein basisches Bleikarbonat, das seit dem Altertum ein bedeutendes Weißpigment gewesen ist. Bis in das 19. Jahrhundert war Bleiweiß das einzige und sehr verbreitete Künstlerweiß.

Dass es zum Vorzeichnen genutzt wurde, hat mit seinen Eigenschaften zu tun: Bleiweiß lässt sich gut zu feineren Korngrößen verreiben. Wenn dann als Bindemittel ein Protein, wie beispielsweise ein Tierleim, zugesetzt wird, bleibt es geschmeidig. Die Zugabe von Öl macht die Mischung hart, da Bleiverbindungen das Aushärten trocknender Öle katalysieren. Diese Eigenschaften konnte man sich für ideale Mischungen zunutze machen.

(Ursula Drewello)



Fragment vom Reitermantel (Depot) mit gelber Vorzeichnung auf originalem blauem Trägerstoff [Ruß].

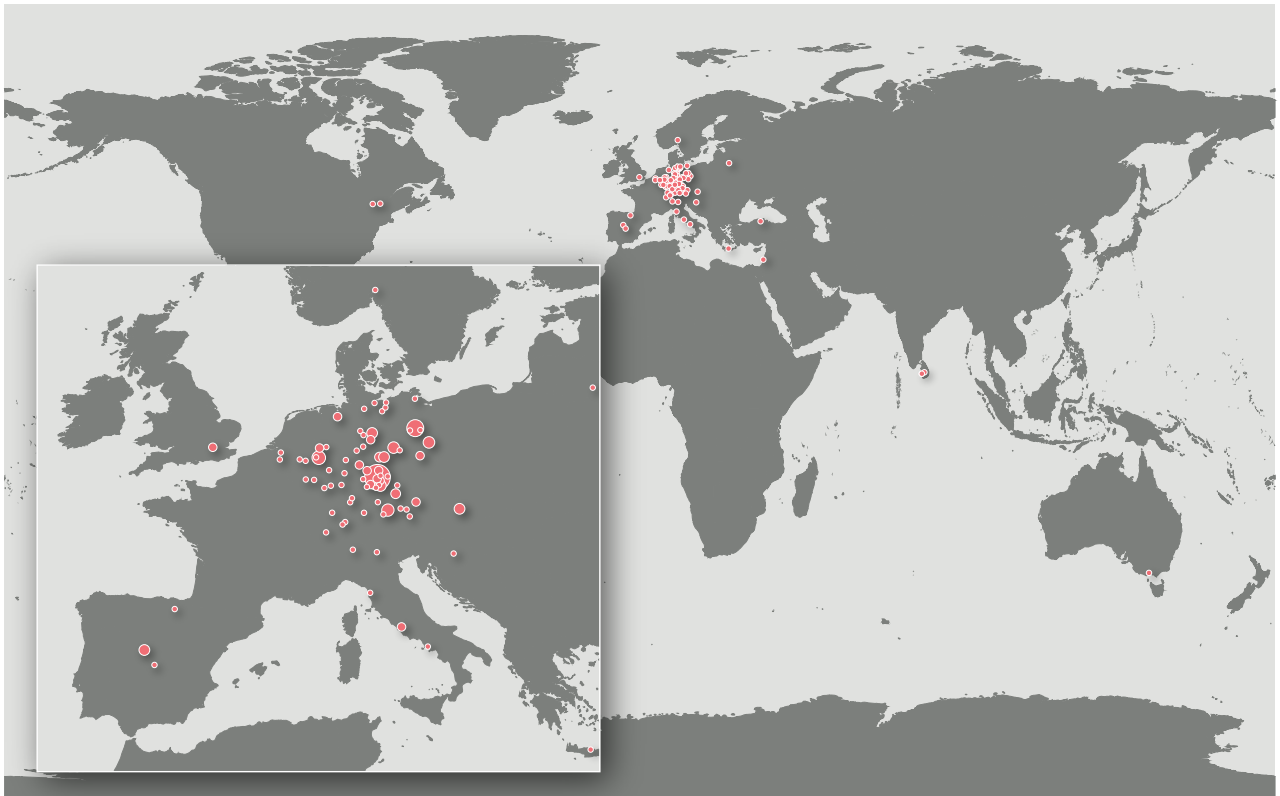


Lichtmikroskopisch ähnelt das Vorzeichnungsmaterial aus Bleiweiß dem aus Knochenasche, was auf das ähnliche Bindemittelgemisch zurückzuführen ist: Die inhomogenen Vorzeichnungspartikel auf den blauen Seidenfasern wirken glänzend und „fett“ und sind weiß bis bräunlich.

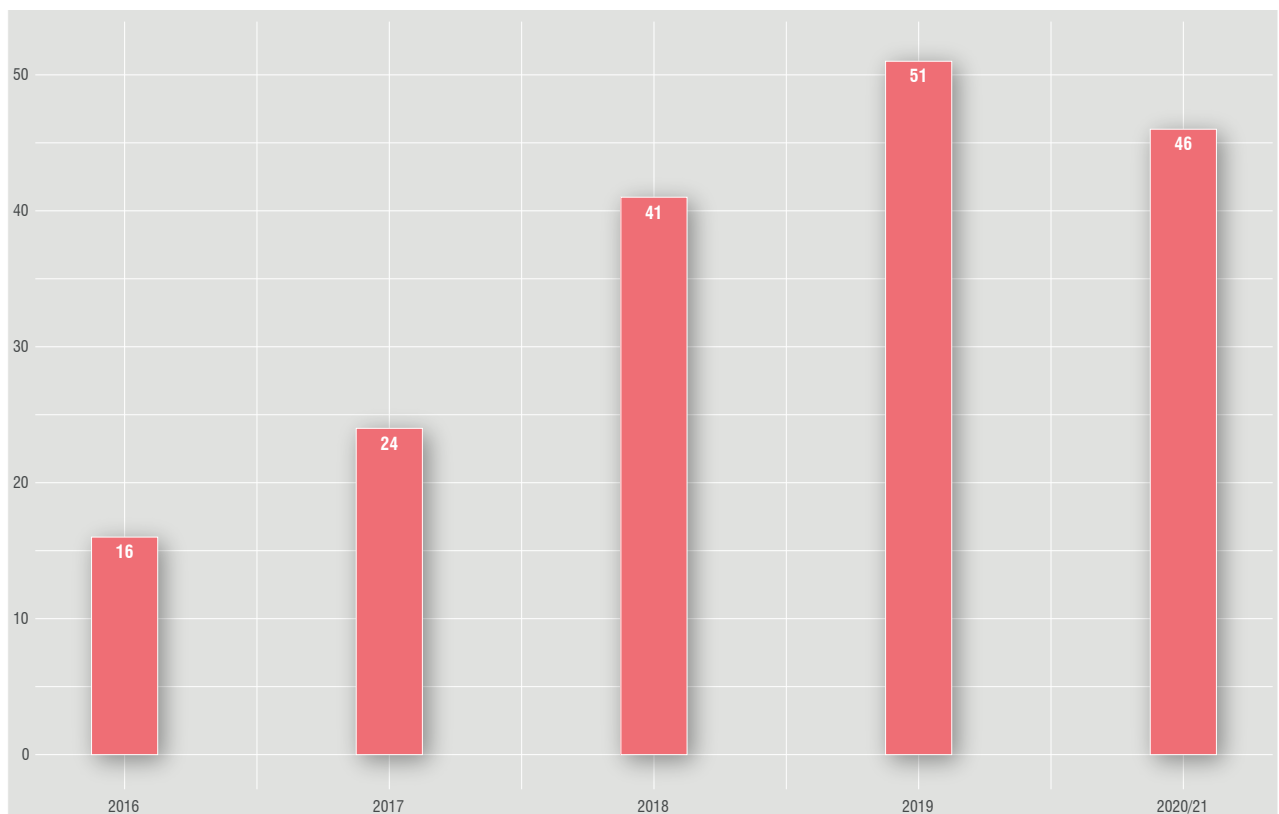




TRANSFER, VERNETZUNG UND PUBLIKATIONEN



Die intensive nationale und internationale Transfertiätigkeit des KDWT bezeugt sich unter anderem durch Vorträge, Keynotes, mediale Beiträge und Podiumsdiskussionen, die durch die Mitglieder des Zentrums abgehalten wurden. Mehr als 200 solcher Beiträge fanden in mehr als 90 Orten von Ottawa (Kanada) im Westen bis nach Waurin Ponds (Australien) im Osten zwischen 2016 und 2020 statt [Arera-Rütenik 2021].



Der intensiverte wissenschaftliche Erfolg des KDWT lässt sich beispielsweise anhand der Publikationstätigkeit seiner Mitglieder ablesen. Mehr als die Hälfte der fast 180 Veröffentlichungen erfolgten in den letzten zwei Jahren (Der letzte Balken rechts enthält die im Druck befindlichen Veröffentlichungen) [Arera-Rütenik 2021].



## Transfer und Vernetzung

### Erfolgreiche Drittmittelanträge, laufende Forschungsvorhaben

ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / ALBRECHT, Stephan / FREITAG, Burkhard / STENZER, Alexander: *Die Nürnberger Großkirchen. Best Practice für die digitale Erfassung komplexer Baudenkmale – Ein semantisch annotierter Plansatz (NGK)*, gemeinsam mit dem Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik (IFIS) der Universität Passau und dem Lehrstuhl für Kunstgeschichte, insbes. mittelalterliche Kunstgeschichte der Otto-Friedrich-Universität Bamberg, finanziert durch das eHeritage-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, 2018–2021.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Zusammenführung von Darstellungs- und Dokumentationsmethoden in der Bauforschung und praktischen Baudenkmalpflege – Datenmanagement und visualisierte Analyse*, finanziert durch KDWT-Eigenmittel, seit 2016.

BELLENDORF, Paul / HOLL, Kristina: *Schadensrisiko für Kulturgut aufgrund zu geringer relativer Luftfeuchte in Innenräumen von national wertvollen Kulturgütern. Analyse und Empfehlungen zum Umgang hinsichtlich der Auswirkungen der globalen, anthropogenen Klimaerwärmung*, finanziert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2020–2021.

BELLENDORF, Paul / SCHMÖLDER, Alexandra / LOUTER, Christian et al.: *MatGlas. Materialität und Authentizität von Glas und Glaskonstruktion im Bauwesen der Hochmoderne. Eine baukonstruktive und restaurierungswissenschaftliche Bestandsaufnahme und Analyse von Material und Konstruktion*, Tandemantrag gemeinsam mit der Technischen Universität Dresden, beantragt im Rahmen des Schwerpunktprogramms 2255 „Kulturerbe Konstruktion“ bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 2021–2024.

BREITLING, Stefan / ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Schlüsselbefunde – Digitale Sammlung von Primärquellen der Bauforschung*, finanziert durch KDWT-Eigenmittel, seit 2018.

BREITLING, Stefan / ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Digitale Erfassung der Burgenlandschaft Altmühltal*, gemeinsam mit dem Europäischen Burgeninstitut der Deutschen Burgenvereinigung e.V., finanziert durch die Bayerische Sparkassenstiftung, seit 2016.

BREITLING, Stefan / SCHALK, Christian / SCHÖPLEIN, Roman: *Die mittelalterliche Bebauung des Bamberger Dombergs*, Initiative zum Großinventar, gemeinsam mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege (BLfD), finanziert durch KDWT-Eigenmittel, seit 2016.

BREITLING, Stefan / ECKSTEIN, Claudia / APFEL, Tobias: *Baubegleitende Bauforschung am Ulmer Münster. Chor und Münsterturm*, gemeinsam mit dem Baden-Württembergischen Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart, finanziert durch das Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, seit 2012.

CASSITTI, Patrick / MAISSEN, Manuel / RAHRIG, Max: *3-dimensionale Visualisierung und Erfassung von Schadensbildern und Eingriffen an architektonischen Oberflächen im UNESCO-Welterbe Kloster St. Johann in Müstair*, zusammen mit der Stiftung Pro Kloster St. Johann in Müstair und der Eidgenössisch Technischen Hochschule (ETH) Zürich, Institut für Denkmalpflege und Bauforschung, finanziert durch die Stiftung Pro Kloster St. Johann, seit 2019.

DREWELLO, Rainer / RAHRIG, Max: *Die „Wolkenmädchen“ von Sigiriya, Sri Lanka – Digitalisierung, Dokumentation und Konservierung bedrohter Wandmalereien*, gemeinsam mit dem Department of Archaeology (DoA), dem Central Cultural Fund (CCF) und der University of Kelaniya (alle drei Sri Lanka), finanziert durch die Gerda Henkel Stiftung, 2018–2021.

EISSING, Thomas: *Digitalisierung des dendrochronologischen Archivs*, bearbeitet durch Susanne SCHÖDEL und Richard BIUM, finanziert durch KDWT-Eigenmittel, 2016–2020.

EISSING, Thomas: *Optimierung der Thüringischen Chronologien*, finanziert durch das Thüringische Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie (TLDA) im Rahmen des Kooperationsvertrages, 01.05.–30.10.2019.

EISSING, Thomas: *Sonderhölzer Pappel*, finanziert durch das Thüringische Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie (TLDA) im Rahmen des Kooperationsvertrages, 01.05.–30.10.2018.

ENSS, Carmen M.: *Projekterweiterung und Mittelaufstockung zur Erforschung der Nürnberger Schadenskarten zum laufenden Projekt Kriegsschadensaufnahme des Zweiten Weltkriegs als Heritage-Making Moment*, finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2020–2021.

ENSS, Carmen M.: *Kriegsschadensaufnahme des Zweiten Weltkriegs in deutschen Städten als Heritage-Making Moment*, finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2019–2021.

ENSS, Carmen M. / KNAUER, Birgit: *Kartieren und transformieren. Interdisziplinäre Zugriffe auf Stadtkarten als visuelles Medium urbaner Transformation in Mittel- und Osteuropa, 1939–1949*, Forschungsgruppe im Programm „Kleine Fächer – Zusammen stark“, gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften in Köln (GESIS), dem Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS) und dem Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung, finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2020.

FRANZEN, Christoph / BELLENDORF, Paul et al.: *Umwelt-, Denkmal- und Sicherheitsgerechter Umgang mit Schweinfurter Grün. Modellhafte innovative Maßnahmen zur Konfliktlösung im Schnittbereich von Denkmal- und Umweltschutz*, gemeinsam mit dem Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V., dem Büro Bau-forschung – Denkmalpflege, Dr. phil. Insa Christiane Hennen und dem Zentralen Analytischen Labor (ZAL) der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU), finanziert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2019–2022.

HASELEY, Annegret / ARERA-RÜTENIK, Tobias / NÖBAUER, Anna / SALZER, Leonhard / FREIRE SILVA, María José: *(Auf) Humboldts Spuren – Alexander von Humboldts Berghütte am Antisana nahe Quito (Ecuador)*, gemeinsam mit dem Fondo para la protección del agua (FONAG) und der Universidad Central del Ecuador, finanziert durch den Fondo para la protección del agua (FONAG) und KDWT-Eigenmittel, 2019.

HEROLD, Stephanie: *Architektur- und Planungskollektive der DDR – Institutionelle Strukturen und kreative Prozesse in der sozialistischen Architekturproduktion*, gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS), finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2019–2021.

HEROLD, Stephanie: *International Summer School German Heritage in Eastern Europe. Comparing Narratives, Finding New Perspectives*, gemeinsam mit der Estnischen Kunstakademie Tallinn, finanziert durch die Beauftragte der Bundesregierung für Kultur und Medien (BKM) und die Böckler-Mare-Balticum-Stiftung, 2019.

HÖNIG, Svenja: *Potentiale und Probleme eines Emotional Turns für Denkmalpflege und Kulturerbeforschung*, Dissertation, finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und KDWT-Eigenmittel, 2018–2021.

KEMPGEN, Sebastian / RAHRIG, Max / TENSCHERT, Ruth: *Die Inschriften der Grabplatte des Heiligen Klement Ohridski und die Digitalisierung immateriellen Kulturerbes*, finanziert durch die FNK Universität Bamberg, seit 2019.

LUIB, Anna: *Infrarot-Thermographie in der technischen Bauwerksanalyse. Einführung historischer und technischer Bauforschung*, Erprobung von ndt-Verfahren in der Bauforschung und im Bauernhalt, insbesondere anhand historischer Rathäuser, finanziert durch KDWT-Eigenmittel, seit 2017.

NÖBAUER, Anna / SALZER, Leonhard / EDEROVA, Markéta: *Bayerisch-Tschechisches Vokabular für Burgen- und Bauforschung – Eine digitale Ontologie zur grenzübergreifenden Zusammenarbeit*, gemeinsam mit dem Institut für Deutsch-Tschechisch Areale Studien und Germanistik der Südböhmischen Universität in Budweis, finanziert durch Bayerisch-tschechische akademische Projekte 2020 der Bayerisch-Tschechischen Hochschulagentur, 2020.

NÖBAUER, Anna / BREITLING, Stefan / WOLTERS, Stefan / EDEROVA, Markéta: *Wort, Bild, Baubefund – Deutsch-Tschechische Ontologie für Archäologie und historische Bauforschung*, gemeinsam mit dem Institut für Deutsch-Tschechisch Areale Studien und Germanistik sowie dem Lehrstuhl für die Archäologie des Mittelalters der Südböhmischen Universität in Budweis und dem ArchaeoCentrum Bayern-Böhmen, finanziert durch Bayerisch-tschechische akademische Projekte 2020 der Bayerisch-Tschechischen Hochschulagentur, 2020.

RAHRIG, Max: *Stipendium für einen Forschungsaufenthalt an der Deakin University, Australien*, finanziert durch das BRIDGES-Network der Universität Bamberg mit Mitteln des DAAD, November–Dezember 2019.



**RAHRIG, Max:** Mitarbeit im Projekt *Designed by Geelong: a history of invention*, unter der Leitung von Kaja Antleij, Deakin University, in Zusammenarbeit mit City of Greater Geelong, Geelong Gallery, Geelong Library and Heritage Centre – Geelong Regional Libraries und dem National Wool Museum, teilfinanziert von dem Deakin Science and Society Network (DSSN) Interdisciplinary Project Incubator und internen Fördermitteln, seit 2019.

**SEDLMEYER, Georg-Felix:** *Kriegsschadenserfassung – Stadtplanung. Deutsche Städte am Ende des Zweiten Weltkriegs*, Dissertation, finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2019–2021.

**SELITZ, Lisa Marie:** *Erhalten – Erneuern – Beteiligen. Partizipation als Verhandlungsgegenstand der städtebaulichen Denkmalpflege im Kontext der Stadterneuerung*, Dissertation, finanziert durch KDWT-Eigenmittel, 2016–2021.

**STACKMANN, Sophie:** *Integrität als Kriterium für Welterbemanagement in urbanen Räumen*, Dissertation, finanziert durch die Johannes-Rau-Gesellschaft und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2017–2020.

**VINKEN, Gerhard:** *Cities and Their Heritage*, finanziert aus Mitteln des KDWT und des Lehrstuhls für Denkmalpflege, 2016–2020.

**VINKEN, Gerhard / SELITZ, Lisa Marie:** *Kommunales Denkmalkonzept Bayern (KDK)*, Kooperationsprojekt mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege (BLfD), finanziert durch das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege (BLfD) und KDWT-Eigenmittel, 2016–2020.

**VINKEN, Gerhard / ALBRECHT, Stephan:** *Mittelalterbilder und Denkmalpflege. Leitbilder und Bildproduktion der Denkmalpflege am Beispiel mittelalterlicher Sakralbaukunst in Deutschland und Frankreich*, finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2016–2019.

**WENDEROTH, Thomas:** *Inventarisierung und Erforschung ornamentierter Gefacheputze in den Landkreisen Bamberg und Forchheim*, finanziert durch die Oberfrankenstiftung und KDWT Eigenmittel, 2019–2020.

**WENDEROTH, Thomas:** *Mietwohnungsbau in der Stadt vom Mittelalter bis zum Reichsdeputationshauptschluss*, finanziert durch KDWT-Eigenmittel, seit 2018.

## Laufende Antragsverfahren, Projekt- und Kooperationsanbahnungen

**ALBRECHT, Stephan / HESS, Mona / TENSCHERT, Ruth:** Projektanbahnung zur *digitalen Erschließung des Baudenkmals Germanisches Nationalmuseum*, gemeinsam mit Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, seit 2019.

**ARERA-RÜTENIK, Tobias / HESS, Mona / BELLENDORF, Paul / KOLLATZ, Thomas / SCHRADER, Torsten / RÜRUP, Miriam:** Projektantrag zu *Der portugiesische Teil des Jüdischen Friedhofs in Hamburg Altona – Objektorientierte Digitalisierung jüdisch-sephardischer Sachkultur für kulturhistorische Forschung und langfristigen Erhalt des Kulturerbes*, gemeinsam mit der Akademie der Wissenschaften und Literatur Mainz, Digitale Akademie und dem Institut für die Geschichte der Deutschen Juden, Hamburg, eingereicht beim eHeritage-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, 2019 (abgelehnt)

**ARERA-RÜTENIK, Tobias / FREITAG, Burkhard / KILLIAN, Ralf:** Projektanbahnung zu *Automatische und dynamische Datierungen mithilfe algorithmischer Methoden. Digitale Bearbeitung von Kernfragen der Bau- forschung, Baugeschichte und Restaurierungswissen-*

*schaft (ADAM)*, gemeinsam mit dem Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik (IFIS) der Universität Passau und dem Fraunhofer-Zentrum Benediktbeuern – Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege, Einreichung geplant bei Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur theoretischen, methodischen und technischen Weiterentwicklung der digitalen Geisteswissenschaften des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, 2019 (Einreichung zunächst zurückgezogen).

**ARERA-RÜTENIK, Tobias / KUBAN, Sabine / MOHN, Claudia / SCHWARTING, Andreas / MARKGRAF, Monika:** Projektantrag zu *Materialien moderner Konstruktionen am Beispiel der Bauhausbauten in Dessau und der Stuttgarter Weißenhofsiedlung – Einordnung und Bewertung für die Erhaltung*, gemeinsam mit dem Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG), Konstanz und dem Bauhaus-Archiv, Dessau, eingereicht beim Schwerpunktprogramm Kulturerbe Konstruktion (SPP 2255) der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 2019.

**BASSE, Eva** / REINKOWSKI-HÄFNER, Eva: Kooperationsanbahnung zum Einsatz von Faseroptischen Reflexionsspektroskopie und Absorptionsspektroskopie im Bereich der Pigmentanalyse, gemeinsam mit Dr. H. Piening (Restaurierungszentrum der Bayerischen Schlösserverwaltung München), 27.02.2020

**BELLENDORF, Paul** / **DREWELLO, Rainer** et al.: laufendes Antragverfahren zu *Cultural Heritage and Environment – Building Preservation Science as a model of sustainable heritage protection*, beantragt im Programm Weltwissen der VolkswagenStiftung, 2019.

**BELLENDORF, Paul** / **DREWELLO, Rainer** et al.: laufendes Antragverfahren einer *Laserablation gekoppelt mit ICP-MS*, beantragt als Forschungsgroßgeräte nach Art. 91b GG bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 2019.

**BELLENDORF, Paul** / **KILIAN, Ralf** / **LEISSNER, Johanna** et al.: laufendes Antragverfahren zu *Schadensprävention für Kulturgüter in Zeiten des Klimawandels*, gemeinsam mit der Fraunhofer-Gesellschaft, beantragt im Programm „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ des Umweltbundesamts, 2019.

**BELLENDORF, Paul** / **FRANZEN, Christoph** et al.: laufendes Antragverfahren zu *Sichere, umwelt- und denkmalgerechte Tätigkeiten mit Schweinfurter Grün*, gemeinsam mit dem Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. (IDK) et al., beantragt bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV), 2020.

**EISSING, Thomas**: Projektantrag zu *Dendroökologische, dendrochronologische und forsthistorische Untersuchungen zur Entwicklung der Kulturlandschaft „Montanregion Harz“*, gemeinsam mit dem Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege (NLD) und der Universität Göttingen, eingereicht bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), 17.07.2020.

**EISSING, Thomas** / **BELLENDORF, Paul**: Beitrag Arbeitsgruppe Holzforschung innerhalb des Großgeräteantrags *Laserablation gekoppelt mit ICP-MS*,

eingereicht bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), 2020.

**HEROLD, Stephanie** / **STACKMANN, Sophie**: Projektantrag zu *„Die große Kraft des Kollektivs!“ Kollaboratives Arbeiten in der Architektur vom 20. Jahrhundert bis zur Gegenwart*, Förderung der Tagung und der Tagungspublikation, eingereicht bei der Oberfrankenstiftung, 2020.

**HESS, Mona** / **BELLENDORF, Paul** / **BREITLING, Stefan** / **DREWELLO, Rainer** / **VINKEN, Gerhard** / **ARRA-RÜTENIK, Tobias** / **EISSING, Thomas** / **HEROLD, Stephanie** / **HOLL, Kristina** / **COLSON, Amandine** / **KILIAN, Ralf**: *ENCOURAGE European Centre for Cultural Heritage Conservation -Heritage Studies, Technologies and Education*, gemeinsam mit Eurac research, der Hochschule Coburg, der Fraunhofer Gesellschaft und zahlreichen weiteren europäischen Partnern, eingereicht bei der Europäischen Union als Support and Coordination Action (EU-Call DT-Transformations-20), 2020.

**RAHRIG, Max** / **HÖPFNER, David**: Projektanbahnung zur *Begutachtung der Höhlentempel von Dambulla*, zusammen mit Claudia Tietze Leiterin der Kulturabteilung der Deutschen Botschaft in Colombo, Prof. Bilinda Nandadeva von der University of Kelaniya und Ajith Jayasundara Assistant Director Scientific and Research des Central Cultural Fund, Dambulla, Sri Lanka, 15.–16.10.2018.

**VINKEN, Gerhard**: Projektantrag zu *Kulturerbe als Aufgabe. Kanonisierung, Heterogenisierung, Politisierung*, eingereicht bei der Volkswagen Stiftung, 2020.

**VINKEN, Gerhard**: Projektantrag zu *Heritage-led Urban Regeneration. Policy and Practice*, gemeinsam mit der China Academy of Urban Planning and Design Faculty of Architecture (CAUPD) und der Universität Kassel, eingereicht beim Chinesisch-Deutschen Wissenschaftszentrum, 2020.

**WENDEROTH, Thomas**: Antrag auf Projekterweiterung zur *Inventarisierung und Erforschung ornamentierter Gefacheputze in den Landkreisen Coburg und Lichtenfels*, Einreichung geplant bei der Oberfrankenstiftung, 2020.



## Ausrichtung und Unterstützung von Tagungen, Workshops und Messen

ALBRECHT, Stephan / TENSCHERT, Ruth / KEMP-KENS, Holger: Durchführung einer *Methods intensive – Masterclass (Hands on- Workshop)* am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, gemeinsam mit: Diözesanmuseum Bamberg und Lehrstuhl I für Kunstgeschichte (Bamberg), Berlin 09.05.2019–10.05.2019.

BASSE, Eva: Koordination des Workshops „*Kleine-Fächer-Wochen*“ in der Aula der Universität Bamberg, 09.11.2019 und 07.12.2019.

BASSE, Eva: Koordination „*Marktplatz Kleine Fächer*“ in der Aula der Universität Bamberg 17.01.2020

BELLENDORF, Paul / BASSE, Eva / TENSCHERT, Ruth / PRISTL, Martina / VASILCHENKO, Iustyna / PALLAS, Leander / ALTMANN, Christoph: Durchführung der Workshops *Aktuelle Methoden und Forschungsfragen der (digitalen) Denkmalwissenschaften am Beispiel der Aula der Universität Bamberg (Reihe: Hands on – Bambergs Forschung live)*, gemeinsam mit: Professur für Bauforschung und Baugeschichte (Bamberg) und Lehrstuhl für Digitale Denkmaltechnologien (Bamberg), Aula der Otto-Friedrich-Universität Bamberg 09.11.2019 und 07.12.2019.

BELLENDORF, Paul / HESS, Mona et al.: Workshop „*Kleine-Fächer-Wochen*“ in der Aula der Universität Bamberg, 09.11.2020 und 07.12.2020.

BELLENDORF, Paul: Organisation und Durchführung des Workshops *SalzWiki/SaltWiki* eine Veranstaltung des Vereins „Salze im Kulturgut e.V. (SIK)“, Deutsches Bergbau Museum, Bochum 13.12.2020.

BRÜNENBERG, Stefanie / ENGLER, Harald / HEROLD, Stephanie / STACKMANN, Sophie: Konzeption und Organisation der Tagung „*Die große Kraft des Kollektivs!*“. *Kollaboratives Arbeiten in der Architektur vom 20. Jahrhundert bis zur Gegenwart*, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 12.11.–14.11.2020.

BRÜNENBERG, Stefanie / ENGLER, Harald / HEROLD, Stephanie / STACKMANN, Sophie: Konzeption und Organisation des Workshops „*Der Architekt ist einer von ihnen!*“. *Kollektive Architekturproduktion in der DDR*, Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS) Erkner 10.09.2019.

CHIZHOVA, Maria / COLSON, Amandine: Vorstellung der Digitalen Denkmaltechnologien im Rahmen der *3D Tage Oldenburg*, Oldenburg 2020.

EISSING, Thomas: Konzeption und Organisation der Jahrestagung des Arbeitskreises für Hausforschung e.V. (AHF) 2019, Bergbau und Hausbau, Goslar 03.10.–06.10.2019.

ELŻANOWSKI, Jerzy / ENSS, Carmen M. / POPIÓŁEK-ROSSKAMP, Małgorzata: Konzeption und Organisation der Tagung *Narrating a New World. Maps, Myths, and Legends in Early Postwar Europe*, gemeinsam mit dem Zentrum für Historische Forschung Berlin der Polnischen Akademie der Wissenschaften und dem DFG-Projekt „Kriegsschadenskarten des Zweiten Weltkriegs als Heritage-Making Moment“ an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Berlin 23.10.–24.10.2019.

HEROLD, Stephanie / VINKEN, Gerhard: Konzeption und Organisation der Jahrestagung des Arbeitskreises für Theorie und Lehre in der Denkmalpflege 2020, *denkmal:emotion – mobilisierung. bindung. verführung*, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.10.–03.10.2020.

HESS, Mona: Organisation und Teilnahme –Hausinternes Weiterbildungsangebote für die Mitarbeiter des KDWT: *Kurs zum Kenntnisnachweis Drohne (Kopter Profi)*, Bamberg Februar 2019.

HESS, Mona: Organisation und Teilnahme –Hausinternes Weiterbildungsangebote für die Mitarbeiter des KDWT: *RTI-Kurs (Reflectance Transformation Imaging)*, durch Dr. Kathryn Piquette (UCL Advanced Imaging), Bamberg 25.–28.10.2019.

HESS, Mona: Präsentation der Digitalen Denkmaltechnologien: *Mastertage der Technologienallianz Oberfranken*, Bayreuth November 2018 und Bamberg November 2019.

KRIEGER, Julia / WENDEROTH, Thomas: Vorbereitung und Konzeption der Vortragsreihe: *Wohnen ohne Eigentum. Mieten und Bauen in Land und Stadt seit dem Mittelalter in Franken*, online 29.10.–25.11.2021.

NÖBAUER, Anna / SALZER, Leonhard: Organisation und Durchführung des Workshops *Geschichte im Mauerwerk lesen – Aktuelle Bauforschung an der St.*

*Lorenzkirche in Nürnberg* im Rahmen der Kleinen Fächer-Wochen, St. Lorenzkirche in Nürnberg und Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 06.12.2019 und 17.01.2020.

**NÖBAUER, Anna / SALZER, Leonhard:** Organisation und Durchführung des Onlineworkshops *Baye-risch-Tschechisches Vokabular für Burgen- und Bau-forschung – Eine digitale Ontologie zur grenzüber-greifenden Zusammenarbeit*, gemeinsam mit dem Institut für Deutsch-Tschechisch Areale Studien und Germanistik der Südböhmischen Universi-tät in Budweis und dem ArchaeoCentrum bay-ern-böhmen, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 21.-25.09.2020.

**PRISTL, Martina/ RAHRIG, Max** et al.: *Markt-platz Kleine Fächer* in der Aula der Universität, 17.01.2020.

**RAHRIG, Max:** *Digital Heritage 3D Scanning*. Lec-ture and a Walk-in Demonstration and Workshop with Max Rahrig from the University of Bamberg, organisiert von der School of Engineering 3DEC - Deakin Digital Design and Engineering Centre - CADET VR Lab und dem Alfred Deakin Institute for Citizenship and Globalisation (ADI), Deakin University, 28.-29.11.2019.

**SELITZ, Lisa Marie / SANDMEIER, Judith / VINKEN, Gerhard / GUNZELMANN, Thomas / ENSS, Carmen M. / HEROLD, Stephanie:** Konzeption und Organi-sation der Tagung *Ort und Prozess. Verhandlungen*

*von Erbe vom urbanen bis zum ländlichen Raum*, Bamberg 26.11.–28.11.2020 (verschoben vom 14.05.–16.05.2020).

**SELITZ, Lisa Marie:** Konzeptionelle und organi-satorische Mitarbeit an der 3. Jahrestagung des DFG-Graduiertenkollegs (GRK) 2227 „Identität und Erbe“ 2019, *Instabile Konstruktionen*, Berlin 21.11.–22.11.2019.

**SELITZ, Lisa Marie:** Mitorganisation und Vortrag im Rahmen des Fachdialogs: *Stadterneuerung und Denkmalpflege. Geschwister oder Antipoden?*, ge-meinsam mit dem Fachgebiet Stadtumbau+Ort-serneuerung der Technischen Universität Kai-serslautern und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege (BLfD), Regensburg 03.04.2019.

**VINKEN, Gerhard:** Co-Konzeption der internati-onalen Jahrestagung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V. 2019, *Erhal-tung. Akteure – Interessen – Utopien*, gemeinsam mit der Fakultät für Architektur an der RWTH Aa-chen University, Aachen 03.10.–05.10.2019.

**VINKEN, Gerhard:** Co-Konzeption der internati-onalen Jahrestagung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V. 2018, *Re-Na-tionalisierung oder Sharing Heritage? Wo steht die Denkmalpflege im europäischen Kulturerbejahr 2018*, gemeinsam mit ICOMOS Estland und der Estni-schen Kunstakademie (Eesti Kunstiakadeemia), Tallinn 04.10.–06.10.2018.

## Wissenschaftliche Beiräte, Expertengruppen, Vorstände, Kommissionen

**KDWT-TEAM:** Mitglieder von ICOMOS - *Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz*.

**ARERA-RÜTENIK, Tobias / RAHRIG, Max / HESS, Mona / TENSCHERT, Ruth:** Mitglieder der Arbeits-gruppe *3d-Rekonstruktion* im Regionalverband *Digital Humanities im deutschsprachigen Raum* e.V (DHd).

**ARERA-RÜTENIK, Tobias:** Mitglied im *Zentrumsrat des KDWT als Vertreter der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter*, seit 2020.

**BELLENDORF, Paul:** Mitglied der Arbeitsgruppe VDI/ DIN-Kommission *Reinhaltung der Luft (KRdL)*, NA 134-03-04-01, UAG 3798 „*Wirkungen von Luftverun-reinigungen auf Werkstoffe und Umweltsimulation*“.

**BELLENDORF, Paul:** Mitglied des Stiftungsrats der *Stiftung Schloss Friedenstein* Gotha.

**BELLENDORF, Paul:** Mitglied des Wissenschaft-lichen Beirats des *Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sach-sen-Anhalt* e.V.

**BELLENDORF, Paul:** Fachbeirat *Denkmalzentrum Benediktbeuern*.

**BELLENDORF, Paul:** Mitglied des Fachbeirats des DBU-Projektes „*SCHIK Vermeidung und Bekämp-fung von Schimmelbefall an Orgeln*“.

**BELLENDORF, Paul:** Sprecher der *Plattform Konser-vierungswissenschaften*.



**BELLENDORF, Paul:** Stellvertretender Institutsleiter des *Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte (IADK)*.

**BREITLING, Stefan:** Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats zur UNESCO-Welterbenominierung *Das Residenzenensemble Schwerin – Kulturlandschaft des romantischen Historismus* des Landes Mecklenburg-Vorpommern.

**BREITLING, Stefan:** Mitglied der ICOMOS-Monitoring-Gruppe für die UNESCO-Welterbestätte *Kloster Maulbronn*.

**BREITLING, Stefan:** Wissenschaftlicher Beirat der Initiative der Stadt und des Welterbezentrums Bamberg zur *Erstellung eines Managementplans für die UNESCO-Welterbestätte Bamberg*.

**BREITLING, Stefan:** Präsidium der *Deutschen Burgenvereinigung e. V.* in Braubach.

**BREITLING, Stefan:** Vorsitzender des Berufungsausschusses für die W2-Professur *Präventives Monitoring in der Baudenkmalpflege* (Fraunhofer-Professur) an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

**BREITLING, Stefan:** Mitglied des Berufungsausschusses für die W2-Professur *Forensische Restaurierungswissenschaft organischer Polymere* an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

**BREITLING, Stefan:** 2. Vorsitzender des ZEMAS (*Zentraleinrichtung Mittelalterstudien*) der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

**DREWELLO, Rainer / RAHRIG, Max / HESS, Mona / LUIB, Anna:** Mitglieder der *3D-Arbeitsgruppe* des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege.

**EISSING, Thomas:** Mitglied der Expertengruppe des *Inventarbandes zum Thema dendrochronologische Datierung und Bewertung der Dächer, Fachwerke und hölzernen Einbauten* im Rahmen des Inventarbandes „Domimmunitäten“ des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege (BLfD).

**EISSING, Thomas:** Erster Vorsitzender des *Arbeitskreises für Hausforschung e.V.* (AHF).

**EISSING, Thomas:** Fachgutachter zur Rekonstruktion und Bewertung der *Trockendächer der Papiermühle in Bad Homburg* im Rahmen des Welterbeantrags „European Paper Mills“.

**EISSING, Thomas:** Voting Member des *International Scientific Committees (ISC)* Wood, ICOMOS Deutschland.

**ENSS, Carmen M.:** Deutsche Repräsentantin im Verwaltungsausschuss der European Cooperation in Science and Technology (COST)-Action CA18137 *“European Middle Class Mass Housing (MCMH)”*.

**HEROLD, Stephanie:** Mitglied im Vorstand (Schriftführerin) des *Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V.*

**HESS, Mona:** Gründungsmitglied von *Forschungsnetzwerk Lateinamerika in Bayern - LATInBay* (Bayerisches Hochschulzentrum für Lateinamerika – BAYLAT), Juni 2018.

**HESS, Mona:** Mitglied des Fachbeirats in *BigPicture* (Digitalisierung, Verarbeitung und Analyse kultureller und industrieller Objekte: Wertschöpfung aus großen Daten und Datenmengen) geleitet durch Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT in Fürth/ das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, seit 2019.

**HESS, Mona:** Stellvertretende *Universitäts-Frauenbeauftragte*, seit Januar 2019.

**HESS, Mona:** *CIPA Heritage Documentation – ICOMOS*, Expert Member and part of *CIPA Emerging Professionals - Education / Ethics of Heritage Recording*, seit September 2019.

**HESS, Mona:** Gutachterin für *H2020 Marie Skłodowska Curie actions*, Oktober 2019.

**HESS, Mona / CHIZHOVA, Maria:** Qualitätszirkel für Lehre und Studium M.Sc. *Digitale Denkmaltechnologien*.

**HESS, Mona:** Mitglied in Berufungskommissionen: *Digitale Geschichtswissenschaften und Präventive Konservierung, Forensische Restaurierungswissenschaften organischer Polymere* (beide Fakultät Geistes- und Kulturwissenschaften), W3 Betriebswirtschaftslehre insbes. Controlling (Fakultät Sozial- und Wirtschaftswissenschaften).

**HESS, Mona:** Evaluationssitzungsausschuss Prof. Dr. Monika Heupel und Prof. Dr. Till Sonnemann.

**Hess, Mona:** Honorary Senior Research Fellow des *Centre for Digital Humanities*, UCL, London, UK, ab Oktober 2019. Davor: Honorary Senior Research Fellow der *3DIMPact Research Group*, Civil, Environmental and Geomatic Engineering, UCL, London, UK, ab September 2017.

**Hönig, Svenja:** Stellvertretende Vertretung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Mittelbaus des KDWT im Zentrumsrat, 2020.

**Hönig, Svenja:** Kollegiatin des DFG-Graduiertenkollegs (GRK) 2227 „Identität und Erbe“, Bauhaus-Universität Weimar, seit 2019.

**Luib, Anna:** Mitglied in der AG Gleichstellung der Otto-Friedrich-Universität Bamberg als Mittelbauvertreterin.

**Luib, Anna:** Mitglied in der AG Nachhaltigkeit der Otto-Friedrich-Universität Bamberg als Mittelbauvertreterin.

**Rahrig, Max:** Mitglied der Plattform Konservierungswissenschaften.

**Rahrig, Max:** Mitglied im Zentrumsrat des KDWT als Vertreter der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, 2016–2020.

**Rahrig, Max / Tenschert, Ruth:** Expertenmitglied bei CIPA Heritage Documentation – The International Committee for Documentation of Cultural Heritage.

**Selitz, Lisa Marie:** Assoziierte Kollegiatin des DFG-Graduiertenkollegs (GRK) 2227 „Identität und Erbe“ der Bauhaus-Universität Weimar und der Technischen Universität Berlin, seit 2016.

**Vinken, Gerhard:** Mitglied der Jury der 11. Messeakademie (Architekturwettbewerb für Studierende) „Entwerfen im historischen Umfeld – Altbau. Umbau. Neubau.“, Leipzig 2020.

**Vinken, Gerhard:** Mitglied der Jury des 3. ICOMOS-Studierendenwettbewerbs „60plus – U-Bahnen und Verkehrsanlagen“, Berlin 2019.

**Vinken, Gerhard:** Assoziiertes Mitglied des DFG-Graduiertenkollegs (GRK) 2227 „Identität und Erbe“ der Bauhaus-Universität Weimar und der Technischen Universität Berlin, seit 2016.

**Vinken, Gerhard:** Erster Vorsitzender des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., seit 2016.

**Vinken, Gerhard:** Mitglied der Dehio Vereinigung e.V., seit 2010.

## Inhaltliche, methodische und technische Unterstützung und Beratung

**Basse, Eva:** Unterstützung einer Masterarbeit im Bereich der *Faseroptischen Reflexionsspektroskopie*, WiSe 2019/2020.

**Bellendorf, Paul:** Unterstützung der Glashütte Lamberts bei Stellung eines Forschungsantrags.

**Bellendorf, Paul:** Workshop „International Summer Seminar for Young Academics (ISA)“, 24.01.2020.

**Breitling, Stefan / Luib, Anna / Nöbauer, Anna:** Infrarot-Thermographische Untersuchung der Oberen Karolinenstraße 4 in Bamberg, Unterstützung der Weiterführung des Inventars Die Kunstdenkmäler von Bayern, Domberg, unter Federführung des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege (BLFD).

**Hess, Mona:** Mentoring für das Weimar Graduiertenkolleg, seit Februar 2020.

**Luib, Anna:** Tachymetrische Vermessung einer archäologischen Grabungskampagne, Referenzierung von Katasterplänen und geomagnetischen Daten sowie SfM-Modellierung der Grabungsschnitte. Projekt *Archäologische und bauhistorische Prospektionen eines mittelalterlichen Stadtviertels Rab-e Rashidi, Tabriz, Iran.* (Gerda-Henkel-Stiftung), Professur für Islamische Kunstgeschichte und Archäologie der Otto-Friedrich-Universität Bamberg; Deutsches Archäologisches Institut, Eurasien-Abteilung, Außenstelle Teheran; Iranische Behörde für Kulturelles Erbe (ICHHTO) der Provinz Ost-Azerbaidjan; Tabriz Islamic Art University (TabrizIAU).

**Luib, Anna:** Infrarot-Thermographische Untersuchung von *Kürnstube und Saal der Elisabethenkurie in Bamberg*, Unterstützung der Inventarisierung des Domberges, Bayerisches Landesamtes für Denkmalpflege BLFD.



**LUIB, Anna:** *Das nördliche und südliche Querhausportal von Notre Dame in Paris.* Planfortschreibung und -aufbereitung, Visualisierung von Befundzusammenhängen und Publikationsvorbereitung, im Rahmen des BMBF-Projekts Mittelalterliche Portale als Orte der Transformation, Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

**LUIB, Anna:** Fortschreibung formtreuer Plansätze und Integration geomagnetischer und Archäologischer Daten für das Projekt *Moschee und Siedlung von Cuatrovitas. Archäologische und baugeschichtliche Untersuchung einer almohaden-zeitlichen Moschee und Wüstung* (DFG), Professur für Islamische Kunstgeschichte und Archäologie der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

**LUIB, Anna / VASILCHENKO, Iustyna:** Aktive Infrarot-Thermographie der *Wandmalereifragmente im Torbau von Schloss Neuschwanstein*, ergänzende NDT-Untersuchung zu den Befunderhebungen zur Ausmalung. Bauabteilung der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen; Münchner Büro für Denkmalpflege Schmickl & Umminger, Schloss Neuschwanstein.

**LUIB, Anna / VASILCHENKO, Iustyna:** Aktive Infrarot-Thermographie der *Wand- und Deckenmalereifragmente in den fürstbischöflichen Wohnräumen der Residenz Bamberg*, Unterstützung der restauratorischen Befunderhebung zur Stratigraphie, Bauabteilung der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen, ProDenkmal GmbH.

**LUIB, Anna / VASILCHENKO, Iustyna:** *Aktive Infrarot-Thermographie am Bischofstor, St. Stephan, Wien.* Unterstützung der multispektralen Analyse zur Untersuchung der Autorenschaft der düererzeitlichen Wandmalerei, Bundesdenkmalamt Wien, Dombauhütte St. Stephan, Domkirche St. Stephan Wien.

**LUIB, Anna / RAHRIG, Max:** Aktive Infrarot-Thermographie und Streiflicht-Scanning der *Wandmalerei am Sängersaal von Schloss Neuschwanstein*, ergänzende NDT-Untersuchung zur Klärung restauratorischer Befunde zu einer nachträglichen Übermalung. Bauabteilung der Bayerischen Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen; Münchner Büro für Denkmalpflege Schmickl & Umminger, Schloss Neuschwanstein.

**NÖBAUER, Anna:** Methodische und technische Unterstützung bei der Vermessung und Planerstellung zur Verortung des Grundsteines in den Außenmauern von Schloss Neuschwanstein, Bayerische Verwaltung der staatlichen Schlösser, Gärten und Seen; Bayerisches Landeskriminalamt.

**NÖBAUER, Anna:** Methodische Unterstützung und Beratung beim Aufbau des digitalen Domarchivs für den Regensburger Dom.

**NÖBAUER, Anna:** Methodische und Technische Unterstützung bei der Maßnahmenbegleitenden Baudokumentation während der Innenraumrestaurierung am Bamberger Dom

**NÖBAUER, Anna:** technisch-methodische Unterstützung von fünf Masterarbeiten im Bereich der digitalen Bauwerksdokumentation und Erfassung von komplexen Gebäudestrukturen.

**PRISTL, Martina:** technisch-apparative Unterstützung von **7 Forschungsprojekten**, **4 Promotionen** und **7 Masterarbeiten** in NCh-Labor.

**RAHRIG, Max:** technisch-apparative Unterstützung von **6 Masterarbeiten** im ndt-Labor.

**SCHMÖLDER, Alexandra:** Wissenschaftliche Unterstützung einer *Masterarbeit*.

## Unterstützung und Durchführung von Lehrveranstaltungen

Die Abteilung Denkmalwissenschaften der Otto-Friedrich-Universität Bamberg und die hier angesiedelten, höchst erfolgreichen Studiengänge profitieren von der engen Vernetzung mit dem Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien. Forschung und Lehre der im KDWT federführenden Professoren sind in den vier Fachbereichen Denkmalpflege, Bauforschung, Restaurierungswissenschaften und Digitale Denkmaltechnologien für die Profilbildung der in der Abteilung angesiedelten Studiengänge wesentlich. Darüber hinaus haben die Mitarbeiter des KDWT das Curriculum der Denkmalpflegestudiengänge durch Zusatzangebote bereichert oder die Kompetenz der Einrichtung durch Gastlehrveranstaltungen in anderen Bamberger Studiengängen bzw. in Studiengängen anderer Universitäten und Hochschulen vertreten:

**ARERA-RÜTENIK, Tobias / VINKEN, Gerhard / BELLENDORF, Paul:** *Kulturgutsicherung. Eine Einführung*, Ringvorlesung, Bachelorstudiengang Kulturgutsicherung, Otto-Friedrich-Universität Bamberg SoSe 2019.

**ARERA-RÜTENIK, Tobias:** *Bauforschung an mittelalterlichen Großbauten*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg SoSe 2019.

**ARERA-RÜTENIK, Tobias / SALZER, Leonhard / NÖBAUER, Anna / LUIB, Anna:** *Bauforschung an mittelalterlichen Großbauten*, Anwendungswoche und Projektwerkstatt zum Forschungsprojekt Die Nürnberger Großkirchen, Otto-Friedrich-Universität Bamberg SoSe 2019.

**BASSE, Eva:** Erstellung von Lehrvideos für das Seminar „Was ist das denn?“, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**BELLENDORF, Paul / TENSCHERT, Ruth:** *Restaurierungswissenschaftliche 3D-Objekterfassung*, Anwendungswoche, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**BLOKKER, Johanna / HEROLD, Stephanie:** *Heimat(-gefühle). Geschichte und Aktualität eines Konzepts zwischen Zugehörigkeit und Ausgrenzung*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2019/20.

**CHIZHOVA, Maria / HINDMARCH, John / HESS, Mona:** *Digitale Objekterfassung (M-DDT-GL-3)*, Vorlesung, Seminar, Anwendungswoche Masterstudiengang M.Sc. Digitale Denkmaltechnologien, Otto-Friedrich-Universität Bamberg WS 2017/18, WS 2018/19, WS2019/20.

**EISSING, Thomas:** Regelmäßige Lehrveranstaltungen zu *Dendrochronologie und Gefügekunde* im Masterstudiengang Denkmalpflege.

**ENSS, Carmen M. / SEDLMEYER, Georg-Felix:** *Ruinen und urbanes Kulturerbe. Stadtkartierung in Nürnberg*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2019/20.

**ENSS, Carmen M.:** *Architekturbeschreibung am Objekt: acht Jahrhunderte Baugeschichte an Profanbauten*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019.

**ENSS, Carmen M. / HEROLD, Stephanie:** *Riesen in der Stadt. Qualitäten großer Bauten der 1960er und 1970er Jahre in Franken*, Profilierungsseminar des Masterstudiengangs Heritage Sciences der Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2018/19.

**GUNZELMANN, Thomas / SANDMEIER, Judith / VINKEN, Gerhard:** *Städtebauliche Denkmalpflege und Baudenkmalpflege in der Praxis*, Blockseminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019 und SoSe 2020.

**HEROLD, Stephanie:** *Erbe DDR? Über den Umgang mit Architektur und städtebaulichen Strukturen der DDR seit 1990*, Seminar, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**HEROLD, Stephanie:** *Zisterziensische Kulturlandschaft in Franken*, Anwendungswoche, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019.

**HESS, Mona:** *Einführung in die Digitale Denkmaltechnologien (M-DDT-GL-1)*, Vorlesung, Masterstudiengang M.Sc. Digitale Denkmaltechnologien, Otto-Friedrich-Universität Bamberg WS 2017/18, WS 2018/19, WS2019/20.



**Hess, Mona** / TOMMASI, Cizia: *Digitale Modellbildung in der Denkmalpflege* (M-DDT-GL-1), (Digitale räumliche Modellbildung mit HBIM – Historic Building Information Modelling) (M-DDT-V-9), Seminar, Masterstudiengang M.Sc. Digitale Denkmaltechnologien, Otto-Friedrich-Universität Bamberg SoSe 2018, SoSe 2019, SoSe 2020.

**Hess, Mona** / CHIZHOVA, Maria : *Digitale Modellbildung in der Denkmalpflege - HBIM* (Historic Building Information Modelling) ( M-DDT-P-12), Seminar, Anwendungswoche und Korrektur, Masterstudiengang M.Sc. Digitale Denkmaltechnologien, Otto-Friedrich-Universität Bamberg WS 2018/19, WS2019/20.

**Hess, Mona** / **Karl, Anne** : *Einführung in die Digitale Denkmaltechnologien* (M-DDT-GL-1), Seminar, Masterstudiengang M.Sc. Digitale Denkmaltechnologien, Otto-Friedrich-Universität Bamberg WS 2017/18, WS 2018/19, WS2019/20.

**Hess, Mona**: Dozentin an der *Summer School LEVERAGE ICTs : Information and Communication Technologies in Tourism for preserving Living Heritage*, Lugano & Müstair, Schweiz, zusammen mit der Università della Svizzera Italiana, Schweiz, 24.-31.08.2019.

**Hess, Mona**: Dozentin für *Digital Technologies in Heritage Conservation - integration of optical surveying and measurement methods and sensor technologies into classical heritage conservation*, Master annuale di II livello "Didattica Museale Generale", Master di II livello in "Studi avanzati di educazione museale", Università degli Studi di Roma Tre, Italien, Mai 2019 und September 2020 (online).

**Hess, Mona** / **Hindmarch, John** / **Sonnemann, Till** / **Pacheco Martinez, Jesus**: *International Summer School Monitoring Heritage 2018*, interdisziplinärer Kurs, interdisziplinäre Kurs, offen für externe und uni-interne Studierende der Denkmalwissenschaften und Ingenieurwesen, in Zusammenarbeit mit der Dombauhütte Bamberg und der Diözese Bamberg, gefördert durch die Oberfrankenstiftung und die Otto-Friedrich-Universität Bamberg, August 2018.

**Hess, Mona** / **Hindmarch, John** / **Sonnemann, Till**: *International Summer School Monitoring Heritage 2019*, in Zusammenarbeit mit der Universidad de la Habana/Kuba. Gemeinsam mit Prof. Dr. Sergio Raymant Arencibia Iglesias des Colegio

Universitario San Geronimo, zeigen Prof. Dr. Till Sonnemann (IVGA), Prof. Dr. Mona Hess, Dr. John Hindmarch (Digitale Denkmalwissenschaften) Studierenden der Archäologie und Denkmalwissenschaften des Colegio zerstörungsfreie Untersuchungsmethoden und wenden diese an denkmalgeschützten Bauwerken Havannas (5 Hofhäuser) an. Dieses von BAYLAT (Bayerisches Hochschulzentrum für Lateinamerika) und der kubanischen Botschaft in Berlin initiierte Projekt zur Förderung von Kooperationen zwischen deutschen und kubanischen Wissenschaftlern wird finanziell unterstützt durch BayIntAn/BayFor (Bayerische Forschungsallianz GmbH), September 2019.

**Hess, Mona** / **Burghard, Phil** / **Sonnemann, Till**: Interdisziplinäre Veranstaltung für Studierende der Archäologie. Geophysikalische und denkmaltechnologische Erfassung der Burgvine Neideck in der Fränkischen Schweiz und Datenauswertung, August 2020.

**Karl, Anne**: Tutorium Digitale Denkmaltechnologien/DDT, Masterstudiengang M.Sc. Digitale Denkmaltechnologien, Otto-Friedrich-Universität Bamberg WS2019/20.

**Luib, Anna**: Lehrauftrag für die Exkursion *Baugeschichte und Bildnerisches Gestalten* am Lehrstuhl für Baugeschichte, Historische Bauforschung und Denkmalpflege (Elke Nagel, Manfred Schuller), TU München, SoSe 2019.

**Luib, Anna**: *Einführung in die bauforschungsspezifische Infrarotthermographie*, Gastvortrag im Seminar der Digitalen Denkmaltechnologien (Mona Hess), Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WS 19/20.

**Luib, Anna**: *Infrarot-Kameratechnik, thermographische Aufnahmen und Auswertung von Thermogrammen*, individuelle Einführung für Master-Studierende, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, seit SoSe 2018.

**Nitschel, Susanne** / **Wenderoth, Thomas**: *Das Fenster in der Baudenkmalpflege*, Anwendungswoche im Bauarchiv des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, Thierhaupten, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019.

**Nöbauer, Anna**: Unterstützung der Anwendungswoche: *Virtuelle Rekonstruktion am Beispiel*

von *Architektur zur Zeit Karls IV*, Praxisseminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**PRISTL, Martina:** *Mörtelanalyse*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2018/19, SoSe 2019.

**PRISTL, Martina / VASILCHENKO, Iustyna:** *Naturwissenschaftliche Untersuchungsverfahren in Denkmalpflege und Kulturgutsicherung*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019.

**PRISTL, Martina:** *Einführung in die Restaurierungswissenschaften*, Seminar, Nebenfach Kulturgutsicherung, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2019/20.

**PRISTL, Martina:** *Historische Arbeitstechniken: Metalle*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2019/20.

**PRISTL, Martina:** *Naturwissenschaftliche Analysemethoden für Nebenfächler*, Seminar, Nebenfach Kulturgutsicherung, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**PRISTL, Martina:** *Naturwissenschaftliche Untersuchungsverfahren in Denkmalpflege und Kulturgutsicherung*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**PRISTL, Martina:** *Was ist das denn - Bestimmungsübung historischer Werkstoffe und unbekannter Phänomene*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**RAHRIG, Max:** *3D-Scantechnik - Auswertung von 3D-Scandaten*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2018/19.

**RAHRIG, Max:** *Auswertung von Daten der zerstörungsfreien, restaurierungswissenschaftlichen Bestandserfassung*, Seminar, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2019/20.

**SCHMÖLDER, Alexandra:** *Historische Fertigungsverfahren für Flachglas*, Gastvortrag in Anwendungswoche, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019.

**SCHMÖLDER, Alexandra / TENSCHERT, Ruth:** Betreuung im Seminar *Geschichte, Verwendung und Restaurierung von Glas und Email*, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2018/19.

**SCHMÖLDER, Alexandra:** Betreuung im Seminar *Historische Arbeitstechniken*, Bachelorstudiengang Kulturgutsicherung, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019.

**STACKMANN, Sophie:** Seminar zur Vorlesung *Geschichte und Theorie der Denkmalpflege*, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, WiSe 2019/20.

**TENSCHERT, Ruth / WETTER, Nils:** *3D-Scanning, Anwendungswoche*, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2018.

**TENSCHERT, Ruth / WETTER, Nils:** *Zerstörungsfreie restaurierungswissenschaftliche Objekterfassung*, Anwendungswoche, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2019.

**VINKEN, Gerhard:** Verantwortlich für den Masterstudiengang *Denkmalpflege / Heritage Conservation* an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg in Kooperation mit der Hochschule Coburg; Leitung des Prüfungsausschusses, seit 2012.

**WENDEROTH, Thomas:** *Historische Putztechniken*, Anwendungswoche mit Exkursionen, Masterstudiengang Denkmalpflege, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, SoSe 2020.

**WENDEROTH, Thomas:** *Einführung in die Theorie und Praxis der Denkmalpflege*, Seminar mit Exkursionen, Institut für Kunstgeschichte, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, SoSe 2020.

**WENDEROTH, Thomas:** *Energieberater/in für Baudenkmale*, Dozent für die Themen: Baugeschichte, Denkmalpflege, Fördermöglichkeiten, DGS Nürnberg seit 2014.

**WENDEROTH, Thomas:** *Historische Dachdeckungen*, berufsbegleitende Fortbildung in Denkmalpflege und Altbauerneuerung, Propstei Johannesburg GmbH, seit 2019.



## Veröffentlichungen und Vorträge

### Selbständige und unselbständige Schriften, Herausgeberschaften

ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan: *Das Paradiesportal im Paderborner Dom*, in: STIEGEMANN, Christoph (Hg.): *Gotik – Der Paderborner Dom und die Baukultur des 13. Jahrhunderts in Europa*, Petersberg 2018, S. 144-159.

ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan: *Die Querhausportale von Notre Dame in Paris – Architektur und Skulptur*, in: ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Die Querhausportale von Notre Dame in Paris*, Petersberg 2021.

ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan: *Die Querhausportale der Kathedrale in Paris – Architektur und Skulptur*, in: BRASSAT, Wolfgang (Hg.): *Komplexität und Diversität des kulturellen Erbes. Forschungsbeiträge aus dem Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 10*, Bamberg 2020, S. 53–108 (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-48742>).

ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Die Querhausportale von Notre Dame in Paris*, Petersberg 2021.

ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Das Kirchenportal im Mittelalter*, Petersberg 2019.

ALBRECHT, Stephan / DREWELLO, Rainer / TENSCHERT, Ruth: *Die mittelalterliche Bauinschrift am Südquerhausportal von Notre Dame in Paris*, in: ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Die Querhausportale der Kathedrale Notre-Dame in Paris*, Petersberg 2021.

ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien 2016-2018*, Bamberg 2019.

ARERA-RÜTENIK, Tobias / ECKSTEIN, Claudia: *Chor und Westturm des Ulmer Münsters. Baubegleitende Bauforschung in Kooperation mit dem Landesamt*, in: ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan /

DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien. 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1*, Bamberg 2019, 54–55.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Datenmanagement in der Bauforschung und Baudenkmalpflege. Zusammenführung von Darstellungs- und Dokumentationsmethoden*, in: ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien. 2016 - 2018, Berichte des KDWT 1*, Bamberg 2019, 56–59.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Digitale Erfassung der Burgenlandschaft Altmühltal. Wissensdistribution in die Öffentlichkeit*, in: ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien. 2016 - 2018, Berichte des KDWT 1*, Bamberg 2019, 64–67.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Die Nürnberger Großkirchen. Vernetzung und Beteiligung auf der Denkmalbaustelle*, in: ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien. 2016 - 2018, Berichte des KDWT 1*, Bamberg 2019, 68–69.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Schlüsselbefunde. Digitale Sammlung von Primärquellen der Bauforschung*, in: ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien. 2016 - 2018, Berichte des KDWT 1*, Bamberg 2019, 70–73.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Aparejo toledano – Kosteneffizienz und Rationalisierung in der Architektur Zentralspaniens zwischen dem 10. und 16. Jahrhundert*, in: HOLZER, Stefan M. / TRAGBAR, Klaus / RAUHUT, Christoph / MEYER, Torsten / KRAFTCYK, Christina (Hg.): *„Mit den wohlfeilsten Mitteln dauerhaft, feuersicher und bequem“. Sparsamkeit als Prinzip, Rationalität als Weltanschauung? Tagungsband der Dritten Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte vom 4. bis 6. Mai 2017 in Potsdam*, Dresden 2019, 17–32.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Von der Integrität des Digitalisats in den Fachwissenschaften*, NIKE-Bulletin 2020/2, Kulturerbe im digitalen Zeitalter, 2020, 8–13.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Die Entwicklung der Backsteinbaukunst in Spanien*, in: EUROPÄISCHES ZENTRUM FÜR BACKSTEINBAUKUNST E.V. (Hg.): *Backsteinbaukunst. Zur Denkmalkultur in Europa* 8, Wismar 2020, 86–95.

BASTGEN, Michael Maria / BREITLING, Stefan: *Baumeister und Ingenieure – Konstruktives Verständnis und baupraktisches Handeln bei der Restaurierung von Sakralbauten im 19. und 20. Jahrhundert*, Cottbus 2020 (Im Druck).

BELLENDORF, Paul: *Alles ist vergänglich. Zum Umgang mit dem Verfall von Kulturgut*, in: Generaldirektion der Stiftung Preussische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg (Hg.): *Historische Gärten und Gesellschaft. Kultur - Natur - Verantwortung*, Regensburg 2020, S. 153–155.

BELLENDORF, Paul: *Denkmalschutz und Ressourcenschutz. Denkmale und historische Profanverglasungen unter dem Gesichtspunkt der „Ziele der nachhaltigen Entwicklung“*, in: BRASSAT, Wolfgang (Hg.): *Komplexität und Diversität des kulturellen Erbes. Forschungsbeiträge aus dem Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 10, Bamberg 2020, S. 145–152 (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-48742>).

BELLENDORF, Paul: *Quo vadis Konservierungswissenschaften: Status quo, Herausforderungen und Perspektiven*, München 2019.

BELLENDORF, Paul: *The Curse and Blessing of the Digitisation of Cultural Heritage*, in: POLLMER, Uta (Hg.): *Cultural Heritage in Crisis: Cultural Heritage Research at European Level - Challenges in times of Climate Change and Digitalization*, Leipzig 2020, 31–34.

BELLENDORF, Paul: *Die Ziele der nachhaltigen Entwicklung und ihre Bedeutung für das baukulturelle Erbe*, Denkmalpflege in Niederösterreich 61, St. Pölten 2019, 21–25.

BREITLING, Stefan / ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Bauforschung, Baugeschichte, Bauerhalt*, in: ARERA-RÜTENIK, Tobias / BREITLING, Stefan / DREWELLO,

Rainer / HESS, Mona / VINKEN, Gerhard (Hg.): *Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien*. 2016 - 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 45–47.

BREITLING, Stefan: *Die Querhausportale von Notre Dame in Paris – Entwurf und Ausführung*, in: KOLDEWEY-GESELLSCHAFT (Hg.): *Bericht über die 50. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung vom 9.-13.5.2018 in Braunschweig* (Im Druck).

BREITLING, Stefan: *Die Wiener Fürstenportale – Beobachtungen zur Baukonstruktion und zum Bauablauf*, in: SCHEDL, Barbara / ZEHETNER, Wolfgang / ZEHETNER, Franz (Hg.): *St. Stephan in Wien – Die Herzogswerkstatt* (Im Druck).

BREITLING, Stefan / APFEL, Tobias / ECKSTEIN, Claudia: *Zur Baugeschichte des Ulmer Münsterchors*, in: LANDESAMT FÜR DENKMALPFLEGE BADEN-WÜRTTEMBERG (Hg.): *Der Chor des Ulmer Münsters* (Im Druck).

BREITLING, Stefan / GIESE, Jürgen (Hg.): *Bauforschung in der Denkmalpflege – Qualitätsstandards und Wissensdistribution*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften und Kunstgeschichte 5. Bamberg 2018, S. 163-186.

CHIZHOVA, Maria / KOROVIN, M. / HESS, Mona / HINDMARCH, John: *Mathematical modelling of laser scanning process*. Conference on “Modern mathematics and concepts, innovative mathematical education” Moskau, 25.06.2020.

CHIZHOVA, Maria / GURIANOV, A. / HESS, Mona / LUHMANN, T. / BRUNN, A. / STILLA, U.: *Semantic segmentation of building elements using point cloud hashing*, in: ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Presented at the ISPRS TC II Mid-term Symposium “Towards Photogrammetry 2020”, June 2018, Copernicus GmbH, Riva del Garda, Italy, pp. 241–250 ([doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-241-2018](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-241-2018)).

CHIZHOVA, Maria / POPOVAS, D. / GORKOVCHUK, D. / GORKOVCHUK, J. / HESS, Mona / LUHMANN, T.: *Virtual terrestrial laser scanner simulator for digitalization of teaching environments: concepts and first results*. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020.



CHIZHOVA, Maria / HESS, Mona / HINDMARCH, John / PAVLOVSKIS, M.: *Application of multi-criteria decision making for the selection of sensing tools for historical gravestones*. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020.

DREWELLO, Rainer / TENSCHERT, Ruth: *Portale unter dem Mikroskop: Spurensuche am Pariser Querhaus*, in: ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Die Querhausportale der Kathedrale Notre-Dame in Paris*, Petersberg (im Druck).

ECKSTEIN, Claudia / BREITLING, Stefan: *Der Westturm des Ulmer Münsters und seine Bauphasen nach dem Befund – Die Untersuchungen des Fachbereichs Bauforschung der Universität Bamberg in den Jahren 2015–2018*, in: KOLDEWEY-GESELLSCHAFT (Hg.): *Bericht über die 50. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung vom 9.-13.5.2018 in Braunschweig* (im Druck).

EISSING, Thomas: *Datierung und Konstruktion des Daches über Haus F*, in: PERLICH, Barbara (Hg.): *Wohnen, beten, handeln. Das hochmittelalterliche jüdische Quartier ante pontem in Erfurt*, Schriftenreihe Bet Tfila-Forschungsstelle 11, Petersberg 2019, 154–156.

EISSING, Thomas: *Dendrochronologie und Herkunftsbestimmung am Beispiel des Landauer Altars aus dem Germanischen Nationalmuseum*, in: GOER, Michael / BÜREN, Guido von (Hg.): *Burgen – Schlösser – Häuser. Festschrift für G. Ulrich Großmann zum 65. Geburtstag*, Berichte zur Haus- und Bauforschung 9, zugleich Forschungen zu Burgen und Schlössern Sonderband 6, Fulda 2019, 180–191.

EISSING, Thomas: *Die dendrochronologische Datierung der Dachwerke und des Rittersaals der Veste Coburg*, in: DUPPER, Jürgen / BUCHHOLD, Stefanie / FORSTER, Bernhard (Hg.): *800 Jahre Veste Oberhaus. Mächtig prächtig! Fürstbischöfliche Repräsentation zwischen Spätmittelalter und Früher Neuzeit*, Regensburg 2019, 199–202.

EISSING, Thomas: *Die dendrochronologische Datierung der Deckenbalken und Deckenbretter von nach 1247*, in: PERLICH, Barbara (Hg.): *Wohnen, beten, handeln. Das hochmittelalterliche jüdische Quartier ante pontem in Erfurt*, Schriftenreihe Bet Tfila-Forschungsstelle 11, Petersberg 2019, 91–98.

EISSING, Thomas: *Die dendrochronologische Datierung von Bauhölzern aus den Dachwerken und dem Turm des Berner Münsters*, in: NICOLAI, Bernd / SCHWEIZER, Jürg (Hg.): *Das Berner Münster*, Regensburg 2019, 208–217.

EISSING, Thomas: *Die dendrochronologische und 14C-Datierung der Stichbalken im Obergeschoss von Haus E*, in: PERLICH, Barbara (Hg.): *Wohnen, beten, handeln. Das hochmittelalterliche jüdische Quartier ante pontem in Erfurt*, Schriftenreihe Bet Tfila-Forschungsstelle 11, Petersberg 2019, 84–86.

EISSING, Thomas: *Erkenntnisse aus Dendrochronologie und Gefügeforschung*, in: PUFKE, Andrea (Hg.): *Gebäude aus Fachwerk. Konstruktion – Schäden – Instandsetzung. Dokumentation zum 27. Kölner Gespräch zur Architektur und Denkmalpflege in Brauweiler*, 12. November 2018, Mitteilungen aus dem LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland 34, Brauweiler 2019, 31–42.

EISSING, Thomas: *Dendrochronologische Datierung des hölzernen Figurenschmucks vom Paradiesportal des Hohen Doms in Paderborn*, in: STIEGEMANN, Christoph (Hg.): *Gotik – Der Paderborner Dom und die Baukultur des 13. Jahrhunderts in Europa*, Fulda 2018, 97–105.

EISSING, Thomas: *Nachhaltigkeit und dauerhafte Archivierung dendrochronologischer Datierungen*, in: BREITLING, Stefan / GIESE, Jürgen (Hg.): *Bauforschung in der Denkmalpflege – Qualitätsstandards und Wissensdistribution*, Forschungen des Instituts für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte 5, Bamberg 2018, 197–212.

EISSING, Thomas: *Von der Bausubstanz als Bedeutungsträger. Das Waisenhaus und das Lange Haus der Franckeschen Stiftungen – die Analyse des materiellen Bestands als Beitrag zum Verständnis von Franckes Bauintentionen*, in: ENGELBERG, Meinrad von / EISSING, Thomas / HEISER, Sabine / SÜSSMANN, Johannes / ZAUNSTÖCK, Holger (Hg.): *„Modell“ Waisenhaus? Perspektiven auf die Architektur von Franckes Schulstadt*, Halle 2018, 37–72.

EISSING, Thomas / BETTAUER, Walter: *Dachwerke*, in: BRANDL, Heiko / LUDWIG, Matthias / RITTER, Oliver (Hg.): *Der Dom zu Naumburg. Band 1. Architektur*, Regensburg 2018, 537–546.

ENSS, Carmen M. / SEDLMAYER, Georg-Felix (Hg.): *Ruinen und urbanes Kulturerbe. Stadtkartierung*

in Nürnberg 1942 – 1952. Ergebnisse aus dem Profilierungsseminar des Masterstudiengangs Heritage Conservation, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Bamberg 2020 (<https://doi.org/10.20378/irb-47932>).

ENSS, Carmen M.: *Producing Heritage. Gustavo Giovannoni and Theodor Fischer as Town Planning Pioneers and Preservers of the Historic City*, in: BONACCORSO, Giuseppe / MOSCHINI, Francesco (Hg.): *Gustavo Giovannoni e l'architetto integrale*, Atti del Convegno, Rom 2019, 179–185.

ENSS, Carmen M. / HEROLD, Stephanie (Hg.): *Riesen in der Stadt. Qualitäten großer Bauten der 1960er und 1970er Jahre in Franken*, Bamberg 2019.

ENSS, Carmen M. / HEROLD, Stephanie: *Yesterday's Utopia and Today's Prototype. Large Housing Estates of the 1960s in Northern Bavaria*, in: GOSPODINI, Aspa (Hg.): *Proceedings of the International Conference on Changing Cities IV: Spatial, Design, Landscape & Socio-economic Dimensions*, Volos 2019, 507–516.

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi (Hg.): *Townscapes in Transition. Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period*, Bielefeld 2019.

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi: *Editing Cities in Interwar Italy*, in: DIES. (Hg.): *Townscapes in Transition. Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period*, Bielefeld 2019, 9–46.

ENSS, Carmen M. / MONZO, Luigi: *Terms and Conditions of Interwar Architecture and Urbanism in Italy. A Tentative Glossary*, in: DIES. (Hg.): *Townscapes in Transition. Transformation and Reorganization of Italian Cities and Their Architecture in the Interwar Period*, Bielefeld 2019, 263–270.

HEROLD, Stephanie: *Sublime, Kitschy, Atmospheric. Aesthetic Practices of Urban Explorers between Aestheticization and ‚Authentic‘ Feeling*, in: JOST, Christofer (Hg.): *Cool Retro Camp Trash. Aesthetic Concepts in Popular Culture*, Münster (erscheint 2020).

HEROLD, Stephanie / RAABE, Christian (Hg.): *Erhaltung. Akteure, Interessen, Utopien*, Veröffentlichungen des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V. 29, Holzminden 2020.

HEROLD, Stephanie / RANDLA, Anneli / SCHEURMANN, Ingrid (Hg.): *Renationalisierung oder Sharing Heritage. Wo steht die Denkmalpflege im Europäischen Kulturerbejahr 2018?*, Veröffentlichungen des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V. 28, Holzminden 2019.

HEROLD, Stephanie / SCHEURMANN, Ingrid: „Shared Heritage“ oder „Sharing Heritage“? Perspektiven auf das kulturelle Erbe in Europa, in: HEROLD, Stephanie / RANDLA, Anneli / SCHEURMANN, Ingrid (Hg.): *Renationalisierung oder Sharing Heritage. Wo steht die Denkmalpflege im Europäischen Kulturerbejahr 2018?*, Holzminden 2019, 152–155.

HEROLD, Stephanie: *Bilder vergangener Utopien. Inszenierungen des Leerstands in der Bildproduktion der Urban Explorer*, in: BLUNK, Julian (Hg.): *Vakanz. Ästhetiken und Semantiken architektonischen Leerstands*, kritische berichte 46/3, 2018, 47–54.

HESS, Mona / HUTH, Olaf / JAGFELD, Matthias / TROI, Alexandra: *Digitale Denkmaltechnologien - neue Ansätze zur Fortschreibung der Denkmalpflege*, in: *Die Denkmalpflege* 77/2, 2019, 145–151 (<https://fis.uni-bamberg.de/handle/uniba/47312>).

HESS, Mona / HENRICH, Andreas / HINDMARCH, John / JAGFELD, Matthias / SCHLIEDER, Christoph / TROI, Alexandra: *Digital Technologies in Heritage Conservation. Methods of teaching and learning this M.Sc. degree, unique in Germany*, in: LUIGINI, Alessandro (Hg.): *Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage (EARTH 2018)*, *Advances in Intelligent Systems and Computing* 919, Cham 2019, 53–63 ([doi.org/10.1007/978-3-030-12240-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12240-9_7)).

HESS, Mona / SCHÜTZ, Astrid / SZCZEPANIAK, Renata (Hg.): *Kolloquium Forschende Frauen 2019. Beiträge Bamberger Nachwuchswissenschaftlerinnen*, *Forschende Frauen in Bamberg* 11, Bamberg 2019 (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-47039>).

HESS, Mona / COLSON, Amandine / HINDMARCH, John: *Capacity Building and Knowledge Exchange of Digital Technologies in Cultural Heritage Institutions*, *Museum International* 70/1-2, 2018, 48–61 ([doi.org/10.1111/muse.12192](https://doi.org/10.1111/muse.12192)).

HESS, Mona / DREWELLO, Rainer / ENGEL, Ute / RAHRIG, Max: *Welttheater in 3D. Wie barocke Deckenmalereien ihre Geheimnisse offenbaren*, in: *Der*



universelle Wert. Neue Perspektiven auf das Welt-erbe in Bamberg und in aller Welt. Uni.vers For-schung Mai 2018, 20–23.

**Hess, Mona:** *Digitalisierung für Kultur*, in: Eppele, Philipp (Hg.): *Digitalisierung, Zwischen den Wel-ten* 13, Göttingen 2018, 53–74.

**Hess, Mona:** *Das Puppenhaus als Vorläufer des im-mersiven virtuellen 3D-Modells*, in: Fuchs, B. / Holt-orf, C. / Spiller, C. (Hrsg.): *Modelle die die Welt Bedeuten. Wie Wissen entsteht*. Erich Weiss Ver-lag, Bamberg, Germany, 2018, 60–65.

**Hess, Mona / MacDonald, Lindsay W. / Valach, Jaroslav:** *Application of multi-modal 2D and 3D ima-ging and analytical techniques to document and exa-mine coins on the example of two Roman silver dena-rii*, in: *Heritage Science*, 6/5, 2018 (<https://doi.org/10.1186/s40494-018-0169-2>).

**Holl, Kristina / Rahrig, Max / Janis, Katrin:** *La surveillance à vues multiples des modifications dimensionnelles des panneaux en bois dues aux fluctuations climatiques au château de Linderhof*, in: Forelo, Danilo (Hg.): *Dans la conservation préventive dans les demeures historiques et les châteaux-musées. Méthodologies d'évaluation et applications*, actes du colloque organisé par l'Éta-blisement public du château, du musée et du domaine national de Versailles, l'Association des résidences royales européennes et le Centre de recherche du château de Versailles, en collabora-tion avec le Comité international pour les deme-ures historiques-musées [Château de Versailles, 29 novembre – 1er décembre 2017], sous la dir. de Danilo Forleo, Milan, Silvana Editoriale, 2020, 272–283, (<http://www.europeanroyalresidences.eu/epico/>).

**Holl, Kristina / Rahrig, Max / Janis, Katrin:** *Multi-View-Monitoring of Dimensional Changes of Wooden Panels Due to Changes in the Microclima-te at Linderhof Palace*, in: Forelo, Danilo (Hg.): *Preventive Conservation in Historic Houses and Palace Museums. Assesment Methodologies and Applications*, conference proceedings organised by the Public Establishment of the Palace, by the National Museum of the Palace of Versailles, the Association of European Royal Residences and the Research Centre of the Palace of Versailles, in col-laboration with the International Committee for Historic House Museums [Palace of Versailles, 29 th of November - 1st December 2017 novembre

2017], under the scientific dir. of Danilo Forleo, Milan, Silvana Editoriale, 2020, 272–283, (<http://www.europeanroyalresidences.eu/epico/>).

**Hönig, Svenja:** *Neue Kompetenzen auf bewährtem Fundament – Die Bamberger Denkmalwissenschaf-ten*, in: Landesamt für Denkmalpflege Rhein-land-Pfalz (Hg.): *Kulturerbejahr 2018 – Erinne-rung und Aufbruch*, Jahrestagung der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, 10.–13. Juni 2018, (erscheint 2020).

**Hönig, Svenja / Stackmann, Sophie:** *[W]Ort der lebendigen Geschichte. Die sprachliche Produktion von Erbe am Beispiel des POLIN-Museums in War-schau*, in: Franz, Ute (Hg.): *Forschende Frauen* 2019, Beiträge Bamberger Nachwuchswissen-schaftlerinnen 11, Bamberg 2020, 73–102.

**Hönig, Svenja:** *Das atmosphärische Ensemble. Bauliche Objektgruppe oder stimmungshafte Erschei-nung?*, in: *archimaera – architektur. kultur. Kon-text* 8, 2019, 49–63.

Hoppe, Stephan / **Breitling, Stefan** / De Jonge, Krista (Hg.) / Gálady, Andrea (red.): *The Interior as an Embodiment of Power – The Image of the Prin-cely Patron and its Spatial Setting (1400-1700)*, PA-LATIUM e-Publication 5, Heidelberg 2018.

Huth, Olaf: *Entwurfs- und Konstruktionsprinzipi-en des spätgotischen Netzgewölbes der Kirche St. Pe-ter und Paul in der Lutherstadt Eisleben*, **Breitling, Stefan** (Hg.): *Forschungen des Instituts für Ar-chäologische Wissenschaften und Kunstgeschich-te* 4, Bamberg 2020.

**Knauer, Birgit:** *Wege der Erhaltung des historischen Stadtzentrums von Wien. Akteure – Interessen – Kon-flikte*, in: **Herold, Stephanie** / Raabe, Christian (Hg.): *Erhaltung. Akteure, Interessen, Utopien*, Holzminden 2020, 14–21.

**Luib, Anna:** *Infrared Thermal Imaging as a Non-De-structive Investigation Method for Building Archaeo-logical Purposes*, in: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial In-formation Sciences* 2019, XLII-2/W15, 695–702, (<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-695-2019>).

**Luib, Anna:** *Systemgerechte Sanierungen? Repa-raturen an historischen Rathäusern seit 1975*, in: GESELLSCHAFT FÜR BAUTECHNIKGESCHICHTE E.V.

(Hg.): Reparieren – Ertüchtigen – Erhalten. Ansätze und Strategien seit der Antike. Tagungsband der Vierten Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte 9. bis 11. Mai 2019 in Hannover,chriftenreihe der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte 13, Petersberg (erscheint 2021).

**LUIB, Anna:** *Infrarot-Thermographie in der technischen Bauwerksanalyse. Engführung historischer und technischer Bauforschung*, in: **ARERA-RÜTENIK, Tobias**, et al. (Hg.). Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien, 2016-2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 74–77.

**NÖBAUER, Anna** / **STENZER, Alexander:** *Das Mon-Arch-System – ein Werkzeug für semantische 3D-Modelle*, in: **BIENERT, Andreas** / **EMENLAUER-BIÖMERS, Eva** / **HEMSLEY, James R.** (Hg.): Konferenzband EVA Berlin 2019. Elektronische Medien & Kunst, Kultur und Historie. 6. Berliner Veranstaltung der internationalen EVA-Serie Electronic Media and Visual Arts, Berlin 2019, 98–99.

**NÖBAUER, Anna** / **STENZER, Alexander:** *Modellierung komplexer Gebäudestrukturen als digitaler Sammlungsraum*, in: **BIENERT, Andreas** / **EMENLAUER-BIÖMERS, Eva** / **HEMSLEY, James R.** (Hg.): Konferenzband EVA Berlin 2019. Elektronische Medien & Kunst, Kultur und Historie. 6. Berliner Veranstaltung der internationalen EVA-Serie Electronic Media and Visual Arts, Berlin 2019, 68–88.

**RAHRIG, Max:** *Bildgebende zerstörungsfreie Prüfmethoden in der Kulturerbeforschung*, Dissertationsschrift Universität Bamberg (im Druck).

**RAHRIG, Max** / **STREET, Ronald E.:** *Rethinking Uniformity. Analysis of Rosso's Serial Casts of the Bambino Ebreo through Digital Surface Comparison*, in: **Hecker, Sharon.** (Hg.): *Finding Lost Wax: the Disappearance and Recovery of an Ancient Casting Technique and the Experiments of Medardo Rosso*, Brill Publishing, Studies in Art and Materiality Vol. 3, im Druck.

**RAHRIG, Max:** *Praxistaugliche Digitalisierung barocker Prunkräume. Hochauflösende 3D-Dokumentation des Kaisersaals der Neuen Residenz in Bamberg*, in: **HOPPE, Stephan** / **BURIONI, Matteo** (Hg.): Publikation zum 3D-Workshop Digitale Raumdarstellungen. Barocke Kunst im Kontext aktueller Zugriffe der „spatial humanities“, am 3.-4. April 2017 in Marburg (im Druck).

**RAHRIG, Max** / **TORGE, Manfred:** *3D Inspection of the restoration and conservation of Stained Glass Windows using high resolution Structured Light Scanning*, in: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W15, 2019, 965–972, (<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-965-2019>).

**RAHRIG, Max** / **DREWELLO, Rainer:** *Profilierungsgebiete der Restaurierungswissenschaft*, in: **ARERA-RÜTENIK, Tobias** / **BREITLING, Stefan** / **DREWELLO, Rainer** / **HESS, Mona** / **VINKEN, Gerhard** (Hg.): Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 86–89 (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-46643>).

**RAHRIG, Max:** *Monitoring historischer Oberflächen. Verwendung von Shearographie und Structured Light Scanning*, in: **ARERA-RÜTENIK, Tobias** / **BREITLING, Stefan** / **DREWELLO, Rainer** / **HESS, Mona** / **VINKEN, Gerhard** (Hg.): Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 90–91 (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-46653>).

**RAHRIG, Max:** *Der Kernbereich des Zahntempels in Kandy (Sri Lanka)*, in: **ARERA-RÜTENIK, Tobias** / **BREITLING, Stefan** / **DREWELLO, Rainer** / **HESS, Mona** / **VINKEN, Gerhard** (Hg.): Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 92–95 (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-46654>).

**RAHRIG, Max:** *Langzeitarchivierung von 3D-Daten*, in: **ARERA-RÜTENIK, Tobias** / **BREITLING, Stefan** / **DREWELLO, Rainer** / **HESS, Mona** / **VINKEN, Gerhard** (Hg.): Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 98–99 (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-46655>).

**SANDMEIER, Judith** / **SELITZ, Lisa Marie:** *Das Kommunale Denkmalkonzept Bayern. Städtebauliche Denkmalpflege als integrierte Praxis*, in: **SCHMIDT, Holger** et al. (Hg.): *Stadterneuerung in Klein- und Mittelstädten*, Jahrbuch Stadterneuerung (erscheint 2020).

**SCHMÖLDER, Alexandra** / **JUHÁSZ, Zoltan** / **RAHRIG, Max:** *EU-Projekt Nano-Cathedral*, in: **ARERA-RÜTENIK, Tobias** / **BREITLING, Stefan** / **DREWELLO, Rainer** / **HESS, Mona** / **VINKEN, Gerhard** (Hg.):



Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien 2016 – 2018, Berichte des KDWT 1, Bamberg 2019, 100–103, (<http://dx.doi.org/10.20378/irb-46656>).

SEDLMEYER, Georg-Felix: *Augsburg. Die Funktion der Kriegsschadenserfassung in der Wiederaufbauplanung*, in: SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie (Hg.): *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in historischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 7, Bamberg 2018, 13–53 (<https://doi.org/10.20378/irbo-53592>).

SELITZ, Lisa Marie: *Bad Münstereifel. Altstadt als Outlet*, in: SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie (Hg.): *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in historischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 7, Bamberg 2019, 155–206 (<https://doi.org/10.20378/irbo-53592>).

SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie: *Perspektiven für die städtebauliche Denkmalpflege. Einführung in den Sammelband*, in: SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie (Hg.): *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in historischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 7, Bamberg 2019, 9–11 (<https://doi.org/10.20378/irbo-53592>).

SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie (Hg.): *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in historischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 7, Bamberg 2019 (<https://doi.org/10.20378/irbo-53592>).

STACKMANN, Sophie: *Der Holzschnitt*, in: EHRL, Franziska / JUNTUNEN, Eveliina (Hg.): *Joseph Heller und die Kunst des Sammelns. Ein Vermächtnis im Herzen Bambergs*, Forschungen des Instituts für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte 9, Bamberg 2020, 66–67.

STACKMANN, Sophie: *Druckgraphische Referenzwerke: „Der Bartsch“*, in: EHRL, Franziska / JUNTUNEN,

Eveliina (Hg.): *Joseph Heller und die Kunst des Sammelns. Ein Vermächtnis im Herzen Bambergs*, Forschungen des Instituts für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte 9, Bamberg 2020, 82–83.

STACKMANN, Sophie: *Framing Bauhaus. The Reception of the Housing Estate Dessau-Törten*, in: MELENHORST, Michel / POTTGIESSER, Uta (Hg.): *100 Years Bauhaus. What Interest do We Take in Modern Movement today?*, erscheint 2020, 23–33.

STACKMANN, Sophie: *Wohnen in der Kathedrale der Zukunft. Die Veränderungsgeschichte der Siedlung Dessau-Törten*, in: SELITZ, Lisa Marie / STACKMANN, Sophie (Hg.): *Wertzuschreibungen und Planungslogiken in historischen Stadträumen. Neue Beiträge zur städtebaulichen Denkmalpflege*, Forschungen des Instituts für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 7, Bamberg 2019, 89–123 (<https://doi.org/10.20378/irbo-53592>).

TENSCHERT, Ruth: *Varianten der Restaurierung - Beobachtungen zu Restaurierungsmaßnahmen an mittelalterlichen Portalen am Beispiel der Gnadenpforte des Bamberger Doms*, in: ALBRECHT, Stephan / BREITLING, Stefan / DREWELLO, Rainer (Hg.): *Das Kirchenportal im Mittelalter*, Petersberg 2019, S. 250–261.

TENSCHERT, Ruth: *Cathedral Notre Dame in Paris – The inscription of the south transepts façade: Medieval relict or 19th century recreation?*, in: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W15, 2019, S. 1141–1147, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2 W15-1141-2019>

TENSCHERT, Ruth / BELLENDORF, Paul / DREWELLO, Rainer: *Portale als Orte der Transformation – Neue Erkenntnisse zu Farbfassungen mittelalterlicher Portale*, in: DEUTSCHES BERGBAU-MUSEUM BOCHUM (Hg.): *Metalla. Forschungsberichte des Deutschen Bergbau-Museums*, Sonderheft 9, Bochum 2019, 48–51.

TENSCHERT, Ruth / RAHRIG, Max / DREWELLO, Rainer / KEMPGEN, Sebastian: *Scratches? Scribbles? Scripture! Revealing the Unseen – 3D Scanning of Glagolitic Graffiti of the 10th Century at the Monastery of St. Naum*, in: *Museen der Stadt Wien – Stadtarchäologie* (Hg.): *Proceedings of the 23rd International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2018*, CHNT 23, 2018, Wien 2019 ([https://www.chnt.at/ebook\\_chnt23\\_tenschert/](https://www.chnt.at/ebook_chnt23_tenschert/)).

VINKEN, Gerhard: *Zones of Traditions, Places of Identity. Cities and Their Heritage*, Bielefeld (erscheint 2020/21).

VINKEN, Gerhard: „Kritische Potentiale der Geschichte“? Häuserkampf, Bürgerbewegung und die behördliche Denkmalpflege: die Wiederentdeckung der alten Stadt seit den 1960er Jahren, in: BRASSAT, Wolfgang (Hg.): *Forschungen des Instituts für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte*, Bamberg (erscheint 2020).

VINKEN, Gerhard: *Die Räume des Denkmals. ›Bildmacht‹ als Ergebnis räumlicher Praktiken*, in: HESBERG, Henner von / KUNOW, Jürgen / OTTEN, Thomas (Hg.): *Die Bildmacht des Denkmals – Ikonisierung und Erleben archäologischer Denkmäler im Stadtbild*, Archäologisches Gedächtnis der Städte, Schriftenreihe des Arbeitskreises Bodendenkmäler der Fritz Thyssen Stiftung 5, Regensburg 2020, 145–157.

VINKEN, Gerhard: *Palermo oder Überleben als Erinnern*, in: KREN, Reinhard / LEISCH-KIESL, Monika (Hg.): *Kultur – Erbe – Ethik. „Heritage“ im Wandel gesellschaftlicher Orientierungen*. Festschrift für Wilfried Lipp, Linzer Beiträge zur Kunstwissenschaft und Philosophie 12, Bielefeld 2020, 349–361.

WENDEROTH, Thomas: *Typenhaus und serielles Bauen in der Barockzeit. Der Erfolg des „Erlanger“ Hauses*, in: ONNEN, Elke / SPOHN, Thomas (Hg.): *Die neuen Häuser in den neuen Städten und Dörfern – Neuerungen im Hausbau unter dem Einfluss der Landesherren und ihrer Baumeister zwischen 1650 und 1830*, Jahrbuch für Hausforschung 69, Petersberg 2019, 119–127.

WENDEROTH, Thomas: *Mietshaus und Mietwohnung auf dem Land. Entwicklung, Verbreitung und Typologie am Beispiel des Nürnberger Umlandes*,

1500–1800, Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege 18, München 2019.

WENDEROTH, Thomas et al: *Temperierung. Ein Leitfaden für die Museumspraxis*, Bayerische Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen (Hg.), Museumsbausteine 21, Berlin / München 2020.

WENDEROTH, Thomas: *Prahlern mit Mietwohnung. Barocke Torhäuser in Franken dienten dörflicher Repräsentation und waren ein Wohnort der Unterschichten*, in: *Unser Bayern* 7,8/2020 Jahrgang 69, 12–20.

WENDEROTH, Thomas: *Erlangen – eine komplexe barocke Stadtplanung*, in: *Zeitschrift für Weltgeschichte* 20/1, 2019, 59–78.

WENDEROTH, Thomas: *Historische Putze und ihre Bedeutung für die Denkmalpflege*, in: GOTTSCHALK, Dieter / RODENBERG, Markus (Hg.): *Angekratzt! Historische Putzgestaltung in Franken. Technik, Motive, Verbreitung*, Bad Windsheim 2022, 12–15.

WENDEROTH, Thomas: *Frühneuzeitliche Arbeiter-siedlungen um Nürnberg*, in: SCHMID-ENGBRODT, Anja et al (Hg.): *Bergbau und Hausbau – Zum Einfluss bergbaulicher Aktivitäten auf den Haus- und Siedlungsbau in Europa vom 15. bis ins frühe 20. Jahrhundert*, Jahrbuch des Arbeitskreises für Hausforschung (erscheint vsl. 2022).

WENDEROTH, Thomas: *Huldigungslisten. Eine kaum beachtete Quelle zur Landesgeschichte*, in: *Jahrbuch des Historischen Vereins für Mittelfranken* (in Vorbereitung).

WEILAND, Gerhard / BREITLING, Stefan / NÖBAUER, Anna: *Die Skulpturenkonsolen in den Seitenschiffen des Bamberger Domes – Überlegungen zur ursprünglichen Funktion im Kontext der Baugeschichte des 13. Jahrhunderts* (Im Druck).



## Vorträge, Keynotes, mediale Beiträge, Podiumsdiskussionen

ALZHEIMER, Heidrun / BLOKKER, Johanna / HEROLD, Stephanie / REDEPENNING, Marc / HÖNIG, Svenja / SELITZ, Lisa Marie / SCHREG, Rainer / VINKEN, Gerhard: Round Table mit Prof. Dr. Andrea Witcomb (Deakin University, Melbourne, Australien) zum Thema „Emotional Turn?“, Bamberg 11.12.2019.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Die Nürnberger Großkirchen. Ein semantisch annotierter Planansatz*, Das MonArch-System – ein Werkzeug für semantische Technologien, Universität Passau 10.10.2019.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Umnutzung – Umbau – Abbruch. Die Transformation von Moscheen zu Kirchen auf der Iberischen Halbinsel zwischen 1085 und 1600*, Sektion: Passagen unterbrochen? Ablehnung und Transformation von Objekten im Mittelalter, Forum Kunst des Mittelalters. Ponti, Peaks, Passages, Internationaler Kongress, Universität Bern 20.09.2019.

ARERA-RÜTENIK, Tobias: *Entwicklung der Backsteinbaukunst in Spanien*, 14. Internationaler Kongress Backsteinbaukunst. Backstein - farbig und zeitlos, Europäisches Zentrum Backsteinbaukunst e.V. / Deutsche Stiftung Denkmalschutz, St. Georgenkirche Wismar 06.09.2019.

ARERA-RÜTENIK, Tobias / SALZER, Leonhard / NÖBAUER, Anna / LUIB, Anna / MÖLLENDORFF, Nathalie-Josephine von: *Die Nürnberger Großkirchen. Projektvorstellung*, Das MonArch System – Grundlagen, Erfahrungen, Weiterentwicklung, Universität Passau 18.03.2019.

BELLENDORF, Paul: *Das Förderprogramm der Deutschen Bundesstiftung Umwelt oder Gerhard Eggert als Antragsteller*, Fachkolloquium zu Ehren von Herrn Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Eggert zum 65. Geburtstag veranstaltet durch das Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart (LAD im RPS) und dem Förderverein für Objektrestaurierung, 13.02.2020.

BELLENDORF, Paul: *Curse and blessing of the digitization of cultural heritage*, German-Italian Scientific Symposium at Villa Vigoni, "Cultural heritage in crisis": Cultural Heritage Research at European Level – Challenges in Times of Climate Change and Digitalization, Menaggio, Italien, 27.–29.11.2019.

BELLENDORF, Paul: / RAHRIG, Max: *Von der Steinoberfläche bis zur Kathedrale: 3D-Scans als Werkzeuge des Monitorings*, IX International Conference of European Cathedrals, Pisa, 25.10.2019.

BELLENDORF, Paul: / RAHRIG, Max: *Fachgespräch Konsolidierung Archäologischer Gläser*, Dombauhütte Köln, 02.–03.07.2019.

BELLENDORF, Paul: *Restaurierungswissenschaften in Bamberg: Kulturgüterschutz im Kontext der Ziele nachhaltiger Entwicklung*, Antrittsvorlesung Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 06.06.2019.

BELLENDORF, Paul: *Akteure der Denkmalpflege: Informationen eines ehemaligen DBU-Referatsleiter*, Vortrag im Rahmen der Vorlesungsreihe Akteure der Denkmalpflege im Master Denkmalpflege, 30.04.2019.

BELLENDORF, Paul: *Kleine Fächer im Porträt: Restaurierungswissenschaften in der Baudenkmalpflege*, Vorstellung der Restaurierungswissenschaft im Webportal der Kleinen Fächer.

BENTLIN, Felix / HEROLD, Stephanie / HUTTERER, Florian: *Der Hobrechtplan*, Podcast, Planologie 014, 2020 (<https://planologie-podcast.de/2020/03/22/pln014-hobrecht/>).

BRÜNNENBERG, Stefanie / STACKMANN, Sophie: *Architektenkollektive in den Medien der DDR*, Leibniz-Institut für Raumbezogene Sozialforschung (IRS), 16. Werkstattgespräche zur DDR-Planungsgeschichte, Erkner 23.01.2020.

EISSING, Thomas: *Was die Jahresringe eines Baumes erzählen*, 2. Forchheimer Kinder-Uni in der Kaiserpfalz Forchheim, Forchheim 01.02.2020.

EISSING, Thomas: *Die Anwendungen der Dendrochronologie in den Kulturwissenschaften. Von der Datierung hölzerner Objekte bis zu Fragen nach der Holzherkunft und Waldbewirtschaftung*, „Gut Holz“. Bauen mit Holz in Vergangenheit und Gegenwart, Neusath-Perschen 08.11.–09.11.2019.

EISSING, Thomas: *Das Mansard- oder „Pagodendach“ der Homburger Papiermühle. Eine singuläre konstruktive Innovation zur Trocknung von Papierbögen*, Kolloquium zum Welterbeantrag

„European Paper Mills on Their Way to UNESCO World Heritage“, Homburg am Main 28.10.–30.10.2019.

**EISSING, Thomas:** *Holznutzung und Holzressourcen im Harz*, Jahrestagung des Arbeitskreises für Hausforschung, Goslar 03.10.–06.10.2019.

**EISSING, Thomas:** *Von St. Magdalena in Herzogenaurach zum „Lusthaus“ nach Stuttgart. Zwei weit gespannte Holztonnendachwerke im Vergleich als Quelle konstruktiver Innovationen, Herausforderung der Spannweite*, Holzbau 1500–1900 in der Schweiz und anderswo, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH) 27.06.–28.06.2019.

**EISSING, Thomas:** *Die Verwendung der Weißtanne als Bauholz in mittelalterlichen Gebäuden*, Abschlussagung der Arbeitsgemeinschaft naturgemäße Waldwirtschaft (ANW) im Kloster Michaelsberg in Bamberg, Bamberg 25.06.2019.

**EISSING, Thomas:** *Was ist noch zu tun? Forschungsfragen aus der Sicht der Bauforschung an die Franckeschen Stiftungen*, Wissenschaftliches Kolloquium aus Anlass des 60. Geburtstages von Thomas Müller-Bahlke, Freylinghausen-Saal der Franckeschen Stiftungen, Halle 26.04.2019.

**EISSING, Thomas:** *Nicht nur Datierungen. Flöße- rei, Holzherkunftsbestimmung, Waldmanagement als zusätzliche Erkenntnisse aus der Dendrochronologie*, Prähistorisches Kolloquium an der Universität Köln, Köln 24.01.2019.

**EISSING, Thomas:** *Erkenntnisse der Dendrochronologie und Gefügeforschung*, „Kölner Gespräche“ des Landschaftsverband Rheinland (LVR-Kulturzentrum) Abtei Brauweiler, Köln 12.11.2018.

**EISSING, Thomas:** *Dendrochronologie und Gefügekunde. Methode und Beispiele*, Masterstudiengang Denkmalpflege, Bamberg 06.11.2018.

**EISSING, Thomas:** *Dachwerke in Coburg*, Jahrestagung der Restauratoren im Zimmererhandwerk, Coburg 12.10.2018.

ELŻANOWSKI, Jerzy / **ENSS, Carmen M.:** *wardamagatlas.org. Offene Forschungsdatenbank zu Kriegsschadenskarten*, Kooperationsprojekt zwischen der Carleton University Ottawa und der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

**ENSS, Carmen M.:** *Stadtplanung und Denkmalpflege in der Stadt: Zwei Seiten einer Medaille*, Probevortrag für die Professur für Städtebauliche Denkmalpflege und urbanes Kulturerbe, Technische Universität Berlin 16.01.2020.

**ENSS, Carmen M.:** *Flächenoptimierung versus Historie – Widerspruch oder Chance? Stadt unter Druck!* Podiumsdiskussion bei der Jahrestagung Städtebauliche Denkmalpflege: Klimawandel und kulturelles Erbe, Dortmund 31.10.2019.

**ENSS, Carmen M.:** *Case Study Heuchelhof*, Poster für CA18137 – Haifa Event, Work Group 1, Technion Haifa Institute of Technology, Haifa (Israel) 29.10.2019.

**ENSS, Carmen M.:** *Rebuilding and (Re-)Producing the Old Town of Munich After 1945*, Gastvorlesung an der Philosophischen Fakultät der Universität Zagreb, Kroatien, Institut für Kunstgeschichte, Prof. Dr. Marko Špikić, Zagreb 20.09.2019.

**ENSS, Carmen M. / HEROLD, Stephanie:** *Yesterday's Utopia and Today's Prototype. Large Housing Estates of the 1960s in Northern Bavaria*, Konferenz Changing Cities IV, Kreta 28.06.2019.

**ENSS, Carmen M.:** *Produkt Altstadt. Wie Denkmalpfleger, Stadtplaner und Vereine historische Räume erschaffen*, Fachseminar Architektur + Denkmalpflege, organisiert durch das Salzburger Bildungswerk und das Bundesdenkmalamt, Salzburg 22.11.2018.

**ENSS, Carmen M.:** *Städtisches Erbe und Wiederaufbau in München nach 1944. Städtebau, Trümmerräumung, Denkmalpflege*, Vortrag im Rahmen einer Reihe des Deutschen Werkbund Hessen, Stadtmuseum Kassel 20.11.2018.

**ENSS, Carmen M.:** *Cartographies of Catastrophe: Mapping World War Two Destruction in Germany and Poland*, gemeinsam mit Jerzy ELŻANOWSKI (Carleton University Ottawa), im Rahmen der Ringvorlesung des DFG-Graduiertenkollegs (GRK) 2227 „Identität und Erbe“ an der Bauhausuniversität Weimar, Weimar 06.11.2018.

**ENSS, Carmen M.:** *Heritage Planning for a Polycentric City*, Symposium Urban Integration – From Walled City to Integrated City, Transforming City Regions III, Zeche Zollverein Essen 29.05.2018.



GIESE, Jürgen / LUIB, Anna: Marktplatz der Kleinen Fächer & Reihe „Hands on – Bamberg's Forschung live“ – *aktuelle Methoden und Forschungsfragen der (digitalen) Denkmalwissenschaften am Beispiel der Aula der Universität Bamberg*, Universität Bamberg 09.11.2019 / 07.12.2019 / 17.01.2020.

HEROLD, Stephanie: *Ästhetik in der Denkmalpflege*, Tagung Ästhetik im Recht der Denkmalpflege, Tagungsreihe zum Recht des Heimatschutzes und der Denkmalpflege, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur 20.11.2020.

HEROLD, Stephanie: *Einfühlung und Empathie. Die Renaissance eines Konzepts und sein Bezug zur Denkmalpflege*, Jahrestagung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., denkmal:emotion – mobilisierung. bindung. verführung, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 02.10.2020.

HEROLD, Stephanie / HÖNIG, Svenja: *Denkmalerschutz, Stadtentwicklung, Emotionen*, Podiumsdiskussion, Wir sind Fürth e.V., Fürth (geplant für 27.05.2020, verschoben auf Herbst 2020).

HEROLD, Stephanie: *Empathic Encounters. Emotional Experiences at Historic Places and Heritage Sites*, Cultural Heritage Festival HERITAS, Vilnius (geplant für 15.05.2020, verschoben auf Herbst 2020).

HEROLD, Stephanie: *Von Häusern und Menschen. ‚Erben‘ als emotionaler Prozess*, Berufungsvortrag für die Professur Städtebauliche Denkmalpflege, Technische Universität Berlin 16.01.2020.

HEROLD, Stephanie: *Die Umbauung des Fernsehturms*, Vortragsreihe Praktiken und Potentiale von Bautechnikgeschichte, veranstaltet von der Vereinigung Deutscher Ingenieure (VDI) und der Brandenburgisch Technischen Universität (BTU) Cottbus, Berlin 07.11.2019.

HEROLD, Stephanie: *Collective Architectures: Structures and Processes of Architectural Work in the GDR*, Tagung Architecture and Bureaucracy: Entangled Sites of Knowledge Production and Exchange, Brüssel 31.10.2019.

HEROLD, Stephanie: *Visionen, Wünsche, Werte. Die Inwertsetzung städtebaulicher Planungen in historisch vergleichender Perspektive*, Tagung Wertewandel, Prozesse, Strategien und Konflikte in der gebauten Umwelt, Brandenburgisch Technische Universität (BTU) Cottbus 27.09.2019.

HEROLD, Stephanie: *Was ist schön?* Podiumsdiskussion in der Reihe Wir müssen reden, Fachhochschule Erfurt 06.02.2019.

Hess, Mona: *Digitale Denkmaltechnologien - Möglichkeiten und Grenzen der Digitalisierung in der Denkmalpflege und digitalen Kulturgüterdokumentation*, Eingeladener Vortrag bei Soroptimist International, Club Würgau, Juli 2020.

Hess, Mona: *Optische Vermessungsmethoden und Sensoren zur Integration der Digitalisierung in der klassischen Denkmalpflege und im Kulturgüterschutz*, Eingeladener Vortrag bei wissenschaftlichen Symposium ‚Visualisierungsmethoden in der Architektur und Denkmalpflege‘ des Verein Volkspark Halle e.V, Februar 2020.

Hess, Mona: KDWT, University of Bamberg: *Using information and communication technologies (ICT): challenges and opportunities*, 2nd UNESCO Regional Workshop for Europe, Oktober 2019.

Hess, Mona: *Documenting the tangible and the intangible - qualitative and quantitative values in cultural heritage and a dialogue between humanities and STEM subjects.*, invited keynote speaker CIPA ICOMOS Avila, September 2019 (<https://www.cipa2019.org/wp-content/uploads/2019/09/2019-09HessCIPAAvila2.pdf>).

Hess, Mona: *Mediation zwischen Geisteswissenschaften und MINT-Fächern*, Keynote bei der Woche der Forschung 2019– Digitalisierung der Wissenschaften, Februar 2019.

Hess, Mona: Guest Speaker at CrossCult H2020 Projekt an der Universität Luxembourg: *Genius loci and digital cultural heritage*, Januar 2019.

Hess, Mona: *Digitale Denkmaltechnologien – Digitalisierung von Kulturgut in allen Maßstäben und Dimensionen*, Eingeladener Vortrag am Informatikkolloquium der Universität Würzburg, Januar 2019.

Hess, Mona: *Digitale Denkmaltechnologien - optische Vermessungsmethoden und Sensortechnik integriert in der klassischen Denkmalpflege*, Eingeladener Vortrag am Geodätischen Kolloquium, Jade Hochschule Oldenburg, Dezember 2018.

Hess, Mona: *Kulturgüter besser erforschen und überwachen*, Antrittsvorlesung an der Otto-Friedrich Universität Bamberg, Oktober 2018.

**Hess, Mona:** *Digital Technologies in Heritage Conservation - integration of optical surveying and measurement methods and sensor technologies into classical heritage conservation*, Eingeladener Vortrag Digital Humanities-Kolloquium an der Universität Köln, Oktober 2018.

**Hess, Mona:** Einladung zur Podiumsdiskussion zur Sektion Lehre „Digitale Studiengänge“, Jahrestagung der Deutschen Archäologen, „Archäologie im Zeitalter der digitalen Wende“, Juni 2018.

**Hess, Mona:** *Digitales Erbe: Möglichkeiten der Digitalisierung im Bereich Denkmalpflege und Museumskunde*, Eingeladener Vortrag im Rahmen des Europäischen Kulturerbejahr 2018 ‚Sharing Heritage‘ und im Rahmen der 25-jährigen Feier des Weltkulturerbes Bamberg, Mai 2018.

**Hönig, Svenja:** *Heritage in Harlem. Edifical? Emotional? Ethnic?*, Conference of Urban History „Cities in Emotion? Urban Milieus of Exile, Refuge, and Belonging“, Main Session, European Association of Urban History, Antwerpen (geplant für 02.09.–05.09.2020, verschoben auf 01.09.–04.09.2021).

**Hönig, Svenja:** *Sense of Place und Historic Districts in Central Harlem (NYC)*, Jahrestagung denkmal:emotion – mobilisierung, bindung, verführung, Arbeitskreis Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.10.–03.10.2020.

**Hönig, Svenja:** *Emotion – ein Wert für bauliches Kulturerbe?*, Doktorandenkolloquium DFG-Graduiertenkolleg (GRK) 1913 „Kulturelle und technische Werte historischer Bauten“, Brandenburgisch Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg 04.12.2019.

**Hönig, Svenja / Stackmann, Sophie:** *[W]Ort der lebendigen Geschichte. Die sprachliche Produktion von Erbe am Beispiel des POLIN-Museums in Warschau*, Kolloquium „Forschende Frauen in Bamberg“ zum Thema Sprache Macht Gesellschaft, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 04.06.2019.

**Luib, Anna:** *Infrarot-Thermographie in der Bau-forschung und Bauwerksdokumentation - Aktuelle Projekte und Untersuchungsergebnisse*, Werkstattgespräch des IADK, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.02.2019.

**Luib, Anna:** *Systemgerechte Sanierungen? Reparaturen an historischen Rathäusern seit 1975*, Vierte Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte e.V., 9. bis 11. Mai 2019 in Hannover.

**Luib, Anna:** *Infrared Thermal Imaging as a NDT Investigation Method for Building Archaeological Purposes*, ICOMOS/ISPRS International Scientific Committee on Heritage Documentation, 27th International CIPA-Symposium, Avila 01.09.–05.09.2019.

**Luib, Anna:** *Sanierungsmaßnahmen? Reparaturen und bauliche Veränderungen an historischen Rathäusern seit 1975*, Kolloquium des DFG-Graduiertenkollegs 1913 „Kulturelle und technische Werte historischer Bauten“, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, 20.11.2019.

**Michler, Annegret / Selitz, Lisa Marie:** *Vermittlungs- und Beteiligungskonzepte im KDK in Theorie und Praxis*, Praxisseminar für Planer: *Das Kommunale Denkmalkonzept*, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Mühldorf am Inn 17.10.–18.10.2019.

**Nöbauer, Anna / Salzer, Leonhard / Mölledorf, Nathalie-Josephine von:** *Die Nürnberger Großkirchen. St. Lorenz als digitaler Sammlungsraum*, #arthistoCamp zum XXXV. Deutschen Kunsthistorikertag 2019 zum Thema „Digitale Forschung zu den Dingen“, Göttingen 26.03.2020.

**Nöbauer, Anna / Salzer, Leonhard / Alexander Stenzer:** *Die Nürnberger Großkirchen – Best Practice für die digitale Erfassung komplexer Baudenkmale – Ein semantisch annotierter Plansatz*, Postersession zur 26. EVA Konferenz. BASED ON TRUST! Kulturerbe in Virtual Environments, Berlin 07.11.2019.

**Nöbauer, Anna / Stenzer, Alexander:** *Modellierung komplexer Gebäudestrukturen als digitaler Sammlungsraum*, 26. EVA Konferenz. BASED ON TRUST! Kulturerbe in Virtual Environments, Berlin 07.11.2019.

**Rahrig, Max:** *Vortrag 3D-Documentation of the Temple of the Sacred Tooth Relic in Kandy*, im Rahmen der Pressekonferenz zum Beginn der ersten Projektkampagne von SigiriyaCLOUD, zusammen mit Minister of higher education and cultural affairs of Sri Lanka Dr. Wijeyedasa Rajapakshe, dem Director General des Central Cultural Fund



Professor Prishantha Gunawardena und Professor Bilinda Nandadeva von der University of Kelaniya, Sigiriya (Sri Lanka) 14.10.2018.

**RAHRIG, Max:** *Introduction to 3D Documentation Techniques for Heritage Preservation*, Special Lecture organisiert von ICOMOS-Sri Lanka, am Postgraduate Institute of Archaeology, University of Kelaniya, Colombo (Sri Lanka) 07.11.2018.

**RAHRIG, Max:** *Nachts im Dschungel. Ein Überblick zur ersten Projektkampagne an den Wandmalereien von Sigiriya*, Vortrag im Rahmen des IADK Werkstattgesprächs, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 01.02.2019.

**RAHRIG, Max:** *3D Inspection of the restoration and conservation of Stained Glass Windows using high resolution Structured Light Scanning*, Vortrag im Rahmen des 27th International CIPA Symposium, Avila (Spanien) 01.–05.09.2019.

**RAHRIG, Max:** *Wohin mit all den Scans? Ein Beitrag zur Langzeit-archivierung von 3D-Daten zur Dokumentation bedeutender Kunst- und Kulturgüter*, Vortrag auf der Tagung PRÄVENTIV?! Die Präventive Konservierung im archäologischen Fachbereich.6. Fachtagung der VDR Fachgruppe Archäologische Objekte, Mannheim 24.–26.10.2019.

**RAHRIG, Max:** *3D Scanning for Cultural Heritage*, Vortrag im Rahmen des Workshop 3D Scanning for Cultural Heritage an der Deakin University, Warun Ponds (Australien) 28.11.2019.

**SANDMEIER, Judith / SELITZ, Lisa Marie:** *Engagement für die historische Stadt. Einsatz und Wirkung am Beispiel des KDK Viechtach*, Fachdialog: Stadterneuerung und Denkmalpflege. Geschwister oder Antipoden?, eine Kooperation des KDWT, des Fachgebiets Stadtumbau+Ortserneuerung der Technischen Universität Kaiserslautern und des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege zu Gast bei der Stadt Regensburg, Regensburg 03.04.2019.

**SEDLMEYER, Georg-Felix:** *War Damage Recording in Nürnberg: Actors, Methods and Maps*, Konferenz „Narrating a New World. Maps, Myths, and Legends in Early Postwar Europe“, Centre for Historical Research in Berlin of the Polish Academy of Sciences, Berlin 23.10.2019.

**SELITZ, Lisa Marie:** *Kommunale Denkmalpflege zwischen lokaler Wertschätzung und institutioneller*

*Verankerung in der Stadterneuerung*, Doktorandenkolloquium DFG-Graduiertenkolleg (GRK) 1913 „Kulturelle und technische Werte historischer Bauten“, Brandenburgisch Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg 12.06.2019.

**STACKMANN, Sophie:** *Framing Bauhaus – Die Siedlung Dessau-Törten in der Rezeption*, Docomomo / Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe / Reuse of Modernist Buildings (RMB), 100 Jahre Bauhaus – Was interessiert uns heute an der Moderne?, Haus der Kulturen Berlin 01.03.–02.03.2019.

**TENSCHERT, Ruth / BELLENDORF, Paul / DREWELLO, Rainer:** *Portale als Orte der Transformation – Neue Erkenntnisse zu Farbfassungen Mittelalterlicher Portale*, Jahrestagung „Archäometrie und Denkmalpflege 2019, Wien, 11.11.2019.

**TENSCHERT, Ruth:** *Scratches? Scribbles? Scripture! Revealing the unseen – 3D scanning of Glagolitic graffiti of the 10th century at Saint Naum*, Cultural Heritage – New Technologies (CHNT) 2018, Wien 13.11.2018.

**TENSCHERT, Ruth:** *High-resolution documentation for cultural heritage, Methods intensive – Masterclass (Hands-on Workshop)*, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin 09.05.2019.

**TENSCHERT, Ruth:** *Cathedral Notre Dame in Paris – The inscription of the south facade: Medieval relict or 19th century recreation?*, 27th International Symposium CIPA Avila 2019. Documenting the past for a better future, CIPA Heritage Documentation, Avila 02.09.2019.

**TENSCHERT, Ruth:** *Die Inschrift am Südquerhaus der Notre Dame in Paris*, Werkstattgespräch des IADK, Bamberg 24.01.2020.

**VINKEN, Gerhard:** *Emotion und Erbe*, Jahrestagung denkmal:emotion – mobilisierung. bindung. verführung, Arbeitskreis Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Universität Bamberg 01.10.–03.10.2020.

**VINKEN, Gerhard:** *Denkmallandschaft im Umbruch? Die Situation an den Hochschulen* (Podiumsdiskussion mit Prof. Dr. Silke Langenberg, Hochschule München, Prof. Dr. Christian Raabe, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen, Prof. Dr. Daniela Spiegel, Hochschule Anhalt, Prof. Dr. Thomas Wilms, Technische Universität Dresden),

Tagung Erhaltung. Akteure – Interessen – Utopien, Jahrestagung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V. in Kooperation mit der RWTH Aachen, Fakultät für Architektur, Aachen 05.10.2019.

**VINKEN, Gerhard:** *Denkmal-Politik zwischen Prunksucht, Reinigungsphantasien und Geschichts-Revisionismus. Anmerkungen zu jüngeren Denkmal-Projekten in Deutschland*, Symposium Die Frankfurter Paulskirche – Ort der deutschen Demokratie, Institut für Stadtgeschichte Frankfurt in Zusammenarbeit mit der Hessischen Landeszentrale für politische Bildung, Frankfurt 01.10.2019.

**VINKEN, Gerhard:** *Stadterneuerung und Denkmalpflege: Geschwister oder Antipoden?* Fachdialog Stadterneuerung und Denkmalpflege, veranstaltet durch das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege (BLfD), die Technische Universität Kaiserslautern und das KDWT, Regensburg 03.04.2019.

**WENDEROTH, Thomas:** *Wie man halt so wohnt. Mietsverhältnisse in Franken in den letzten Jahrhunderten*, Radiointerview mit Tanja Oppelt, Fränkisch vor 7, BR Heimat (ausgestrahlt am 23.03.2020, 18:05 Uhr).

**WENDEROTH, Thomas:** *Frühneuzeitliche Arbeitersiedlungen um Nürnberg, Bergbau und Hausbau*

– *Zum Einfluss bergbaulicher Aktivitäten auf den Haus- und Siedlungsbau in Europa vom 15. bis ins frühe 20. Jahrhundert*, Jahrestagung des Arbeitskreises für Hausforschung e.V., Goslar 03.10.2019.

**WENDEROTH, Thomas:** *Farbiges Franken – Neue Funde zur historischen Architekturfarbigkeit*, Tag der offenen Tür, Kompetenzzentrum für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien Otto-Friedrich-Universität Bamberg 08.09.2019.

**WENDEROTH, Thomas:** *Die Entwicklung des städtischen Mietwohnungsbaus in Deutschland vom späten Mittelalter bis in die frühe Neuzeit*, Werkstattgespräch des IADK, Otto-Friedrich-Universität Bamberg 19.07.2019.

**WENDEROTH, Thomas:** *Dacheindeckungen in Deutschland unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten*, Dialog Handwerk und Denkmalpflege 2019, Propstei Johannesberg Fulda 14.05.2019.

**WENDEROTH, Thomas:** *Von Bauern und Mietern. Soziale Situation und Wohnformen der eigentumslosen Schicht in Franken in der frühen Neuzeit*, Jahrestagung des Nordwestdeutschen Arbeitskreises für ländliche Hausforschung, Hagenow 30.03.2019.



### Autorenverzeichnis

#### Stephan Albrecht

studierte Kunstgeschichte, Archäologie und Kirchengeschichte in Kiel, Wien, Berlin, Freiburg und Leiden. Nach der Promotion wechselte er als Wissenschaftlicher Assistent an das Kunsthistorische Institut der Universität Tübingen, nach der Habilitation folgten Professurvertretungen in Berlin, Kiel, Tübingen, Stuttgart, München, Bern, längere Forschungsaufenthalte an den Max Planck-Instituten in Rom und Paris, und am Zentralinstitut für Kunstgeschichte in München. Seit 2009 leitet er den Lehrstuhl für Kunstgeschichte an der Universität Bamberg, seit 2019 begleitet er in verschiedenen Arbeitsgruppen des *chantier scientifique* den Wiederaufbau der Kathedrale von Paris. Er veröffentlichte zahlreiche Studien zum mittelalterlichen Rathausbau und zu gotischen Architektur und Skulptur in Frankreich, England und Deutschland.

#### Tobias Arera-Rütenik

studierte zwischen 1998 und 2007 Architektur an der TU Berlin, war dort von 2007 bis 2016 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bau- und Stadtbaugeschichte mit der Lehre beschäftigt und leitete mehrere drittmittelgeförderte Forschungsvorhaben im In- und Ausland. Seine Promotion ebendort widmete sich der *Transformation von Moscheen zu Kirchen auf der Iberischen Halbinsel*. Im KDWT ist er seit 2016 Forschungsgruppenleiter im Arbeitsbereich Bauforschung, Baugeschichte und Bauerhalt tätig.

#### Eva Basse

studierte von 2003 bis 2015 an der Philipps-Universität Marburg im Magisterstudiengang Kunstgeschichte mit den Nebenfächern Klassische Archäologie und Vor- und Frühgeschichte. Die Schwerpunktausrichtung Architektur führte nach einem Praktikum in der Unteren Denkmalschutzbehörde und in der Bauforschung 2013 zum Masterstudium Denkmalpflege nach Bamberg. Seit 2016 arbeitet sie im KDWT, zunächst an dem Literaturerschließungsprojekt *Fachdienst Bauforschung*. Anschließend wechselte sie in den Arbeitsbereich Restaurierungswissenschaft, um am *Sigiriya-Projekt* mitzuwirken.

#### Paul Bellendorf

studierte Werkstoffwissenschaften an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg. Im Anschluss daran absolvierte er den Masterstu-

diengang Denkmalpflege – Heritage Conservation an der Otto-Friedrich-Universität in Bamberg. Dort promovierte er im Fachbereich der Restaurierungswissenschaft über Metallene Grabplatten in Franken und Thüringen aus dem 15. bis 18. Jahrhundert. Von 2009 bis 2012 leitete er das Kompetenzfeld *Umweltmonitoring und Kulturgüterschutz* am Fraunhofer-Institut für Silicatforschung in Würzburg, Außenstelle Bronnbach, und von 2012 bis 2018 das Referat „Kulturgüterschutz“ bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück. Seit Oktober 2018 hat er die Professur für Restaurierungswissenschaft in Bamberg inne.

#### Bernhard Bischoff

studierte von 2014 bis 2018 Architektur in Leipzig und absolvierte anschließend das Masterstudium Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Von 2019 bis 2020 war er Mitarbeiter im Projekt *Fachdienst Bauforschung und Baudenkmalpflege* im KDWT.

#### Stefan Breitling

hat in Freiburg im Breisgau Klassische Archäologie und an der Technischen Universität Berlin Architektur studiert. Von 1998 bis 2003 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter, danach Wissenschaftlicher Assistent am Fachgebiet Bau- und Stadtbaugeschichte der Technischen Universität Berlin. Seine Promotion mit dem Thema *Adelssitze zwischen Elbe und Oder 1400–1600* schloss er 2001 an der Fakultät für Architektur der Leibniz-Universität Hannover ab. Seit 2006 ist er Professor für Bauforschung und Baugeschichte an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Als geschäftsführender Direktor leitet er das Institut für Archäologische Wissenschaften, Kunstgeschichte und Denkmalwissenschaften von 2017 bis 2019 und ist seit 2021 Sprecher des KDWT.

#### Matteo Burioni

studierte Kunstgeschichte, Soziologie, Altphilologie und Klassische Archäologie an der J. W.-Goethe Universität Frankfurt am Main und an der Scuola Normale Superiore di Pisa. Nach einem Doktorandenstipendiat am Kunsthistorischen Institut in Florenz (Max-Planck-Institut) promovierte er über G. Vasaris Architektenviten an der J. W. Goethe-Universität. 2005–2008 war er Post-Doc bei eikones, dem Nationalen Forschungsschwerpunkt *Bildkritik* der Universität Basel. Seit Mai 2008 ist er am Lehrstuhl für Allgemeine Kunstgeschichte

an der Ludwig-Maximilians Universität München tätig. Im April 2014 erfolgte die Habilitation (LMU) zum Thema *Mobile Monumente. Imaginäre Geographien und fremde Vergangenheiten in der Architekturtheorie der Frühen Neuzeit 1400–1650*. Seit 2019 ist er Projektkoordinator und Leiter der Arbeitsstelle München des *Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland*, Forschungsprojekt im Akademienprogramm der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften am Institut für Kunstgeschichte der LMU München mit Kooperationsvertrag mit dem KDWT der Uni Bamberg.

#### **Chizhova, Maria**

hat ihr Diplomstudium „Vermessung“ an der Staatlichen Agrarakademie in Iwanowo (Russland) absolviert und an der Technischen Universität München in der Kooperation mit der Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt zum Thema *Modellbasierte geometrische 3D Rekonstruktion von Bauwerken aus Punktwolken unter der Nutzung statistischer Nachbarschaften* promoviert. Seit 2015 arbeitete sie in der wissenschaftlichen Forschung zu Photogrammetrie, 3D bildgebenden Verfahren und Interpretation von 3D Daten. Im Oktober 2017 hat sie an der Universität Bamberg als Wissenschaftlerin in den DDT angefangen und seit Januar 2021 ist sie Akademische Rätin am KDWT. Parallel ist sie im Projekt *VRScan3D* zur Entwicklung eines Laserscanning-Simulators in Kooperation mit Jade HS Oldenburg und KNUCA (Kiew, Ukraine) involviert.

#### **Deglmann, Laura**

absolvierte eine Ausbildung als Kirchenmalerin. Darauf aufbauend studierte sie Restaurierung und Konservierung von Wandmalerei, Architekturoberfläche und Stein an der Technischen Hochschule Köln sowie Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Anschließend war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt *Ornamentierte Gefachputze* tätig.

#### **Rainer Drewello**

absolvierte eine Berufsausbildung als Steinmetz und Bildhauer und war Restaurator am Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege. Anschließend studierte er Chemie, Wahlfach Informatik an der Universität Erlangen-Nürnberg, war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstoffwissenschaften und promovierte 1998 zur mikrobiellen Korrosion von Silikatglas. Ab 1997 leitete er das naturwissenschaftliche Labor am Germanischen Nationalmuseum Nürnberg. Seit

2000 ist er Universitätsprofessor für Restaurierungswissenschaften an der Universität Bamberg, war 2004–2008 Vizepräsident für Forschung und Wissenschaftlichen Nachwuchs und von 2016 bis 2021 Sprecher des KDWT der Universität.

#### **Ursula Drewello**

studierte von 1987 bis 1993 Biologie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen im Diplomstudiengang mit dem Schwerpunkt pharmazeutische Biologie, Mikrobiologie, Botanik und Toxikologie. Nebenberuflich war sie in dieser Zeit und darüber hinaus bis 1997 bereits in der Denkmalpflege tätig und beschäftigte sich mit der Dokumentation von Befunden und der digitalen Aufnahme von Kartierungen für Denkmalobjekte. Von 1997 bis 2000 betreute sie im Rahmen eines DBU-Projektes, das sich mit der Laserreinigung von historischen Glasmalereien beschäftigte, das Aufgabengebiet der Biofilmsimulation. Parallel dazu gründete sie zusammen mit den Gesellschaftern Prof. Rudolf Weißmann, Dr. Johanna Leissner und Prof. Rainer Drewello das Labor im Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg (Labor im GNM GmbH), das 2004 in Labor Drewello & Weißmann GmbH umfirmierte und nach Bamberg umzog. Seit 2003 ist sie Geschäftsführerin dieses Labors, das sich schwerpunktmäßig mit materialwissenschaftlichen und mikrobiologischen Fragestellungen im Bereich der Denkmalpflege beschäftigt.

#### **Isabell Ebner (geb. Garbe)**

studierte an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald von 2011 bis 2016 Kunstgeschichte und Wirtschaft. 2016 arbeitet sie in der Verwaltung der Künstlerischen Holzgestaltung Bergmann GmbH, um ihre wirtschaftlichen Kompetenzen zu vertiefen. 2017 absolvierte sie ein Praktikum auf der Festung Königstein, das sie zur Bauforschung motivierte. Sie studierte ab 2018 den Master in Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität in Bamberg, arbeitete zwei Jahre als wissenschaftliche Hilfskraft unter Professor Mona Hess beim KDWT und schloss 2021 das Studium ab. Derzeit erstellt sie Denkmalpflegerische Erhebungsbögen für das Amt für ländliche Entwicklung in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege.

#### **Claudia Eckstein**

studierte von 2008 bis 2011 Historische Linguistik und Klassische Archäologie an der Humboldt-Universität zu Berlin und absolvierte im



Anschluss bis 2014 das Masterstudium der Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. An der dortigen Professur für Bauforschung und Baugeschichte ist sie seit 2014 wiss. Mitarbeiterin. Sie arbeitet innerhalb einer Projektkooperation (LAD Baden-Württemberg / Bauforschung Uni Bamberg) am Ulmer Münster und als freie Bauforscherin. Derzeit entsteht eine Dissertation zum spätmittelalterlichen Backsteinbau in der Region Bayerisch-Schwaben.

### Thomas Eißing

studierte nach der Ausbildung zum Schreiner Holzwirtschaft in Hamburg und anschließend Denkmalpflege im Aufbaustudium an der Otto-Friedrich-Universität in Bamberg. 2004 promovierte er an der TU Berlin zum Thema *Kirchendächer in Thüringen und dem südlichen Sachsen-Anhalt. Dendrochronologie – Flößerei – Konstruktion*. Am Aufbau des dendrochronologischen Labors der Otto-Friedrich-Universität ist er seit 1993 beteiligt, seit 1997 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am IADK, seit 2012 wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl Denkmalpflege und heute am KDWT assoziiert. Seine Schwerpunkte liegen im Dendroprovenancing, der Optimierung des Chronologieaufbaus, der Gefügekunde und historischen Dach- und Fachwerken.

### Carmen M. Enss

studierte Architektur und Denkmalpflege in Weimar, München und Bamberg. Sie wurde 2013 an der TU München mit einer baugeschichtlichen Arbeit promoviert (*Münchens geplante Altstadt. Städtebau und Denkmalpflege ab 1944 für den Wiederaufbau*, München 2016). Seit 2013 forscht sie an der Universität Bamberg und warb 2015 eine eigene Stelle im DFG-Projekt *Geplantes Erbe* zu Städtebau- und Denkmaltheorien im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts ein. Seit Ende 2017 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin KDWT zuständig für städtebauliche Denkmalpflege.

### Jürgen Giese

absolvierte nach einem Studium der Klassischen Archäologie und einer Ausbildung zum Vermesungstechniker den Aufbaustudiengang Denkmalpflege in Bamberg. Von 2003 bis 2007 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Historische Bauforschung der Technischen Universität Berlin. Seit 2007 ist er im Fachbereich Bauforschung und Baugeschichte der Otto-Friedrich-Universität beschäftigt und lehrt hier Themen der Baugeschichte sowie Verfahren und Techniken der Baudokumentation im Masterstudiengang

Denkmalpflege. In seiner Promotion bearbeitete er den Dionysos-Tempel auf Santorin sowie spät-klassische Mauerwerksdekorationen.

### Stephanie Herold

studierte Kunstgeschichte, Volkskunde/Europäische Ethnologie und Denkmalpflege in Bamberg, Bergen (Norwegen) und Berlin. Nach dem Abschluss des Masterstudiengangs Denkmalpflege an der TU Berlin arbeitete sie von 2008–2016 am Fachgebiet Denkmalpflege des dortigen Instituts für Stadt- und Regionalplanung als wissenschaftliche Mitarbeiterin, wo sie 2016 mit einer Arbeit zur Rolle des Schönen in der Denkmalpflege promovierte. Seit 2016 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin im Arbeitsbereich Denkmalpflege am KDWT, mit den Forschungsschwerpunkten Bewertung und Inwertsetzung sowie Emotion und Erbe.

### Mona Hess

hat in den Studien der Architektur (Dipl.-Ing. Univ., TUM) und der Denkmalpflege (M.A.) abgeschlossen und promovierte an der Fakultät für Ingenieurwesen des University College London zum Thema *3D Imaging Metrology for Cultural Heritage* (PhD, Geomatic Engineering, UCL, UK). Seit 2004 arbeitete sie in der wissenschaftlichen Forschung und als Projektmanagerin bei interdisziplinären Forschungsprojekten zu 3D bildgebenden Verfahren, digitaler Dokumentation und Visualisierung von historischen Gebäuden und Museumsobjekten an der Universität Bamberg, Getty Conservation Institute und University College London. Seit Oktober 2017 baut sie als Universitätsprofessorin, Lehrstuhlinhaberin und Studiengangsleiterin (M.Sc.) den Bereich Digitale Denkmaltechnologien (Digital Technologies in Heritage Conservation) an der Universität Bamberg auf.

### Svenja Hönig

absolvierte ihr Bachelorstudium der Kunstgeschichte und Philologie Französisch an der Ruhr-Universität Bochum (2010–2014). Hieran schloss sie ihr Masterstudium Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg an (2014–2016). Seit 2016 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Kompetenzzentrum für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien im Arbeitsbereich Denkmalpflege. Seit 2016 promovierte sie im Fach Denkmalpflege zum Thema Emotion und bauliches Erbe. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Denkmaltheorie, Wertekonzepte, Denkmalwahrnehmung, Emotionsforschung und Heritage Studies.

**Birgit Knauer**

studierte Kunstgeschichte und Romanistik und promovierte 2018 am Forschungsbereich Denkmalpflege und Bauen im Bestand der Technischen Universität Wien zur Assanierung (Gesundung) der Stadt Wien in den Jahren 1934–1938. Von 2013 bis 2019 war sie ebendort Universitäts- und Projektassistentin und vor allem in der Lehre tätig. Seit März 2020 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin des DFG-Forschungsprojekts *Kriegsschadensaufnahme des Zweiten Weltkriegs als Heritage Making Moment* am KDWT. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Denkmalpflege und Stadtplanung im 20. Jahrhundert und Junges Erbe (Denkmalpflege der Nachkriegsmoderne).

**Lorenz Korn**

studierte Islamkunde, Politikwissenschaft, Kunstgeschichte und Islamic Art and Archaeology in Tübingen und Oxford. An der Universität Tübingen promovierte 1999 er mit einer Arbeit zur Bautätigkeit unter den Ayyubiden in Ägypten und Syrien (12.-13. Jahrhundert). Nach einem Postdoc-Fellowship an der Harvard University war er in verschiedenen Forschungsprojekten zur islamischen Architekturgeschichte, zu Münzprägung und Metallarbeiten aus Ostiran und zur Entwicklungsgeschichte von Oasen in Oman tätig. Seit 2003 ist er Professor für Islamische Kunstgeschichte und Archäologie an der Universität Bamberg. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der Architekturgeschichte der Kernländer der islamischen Welt (10.-16. Jahrhundert), Metallkunst, arabischer Epigraphik, sowie religiöser Symbolik des Islam.

**Anna Luib**

studierte von 2010-2013 Architektur an der Hochschule Biberach und absolvierte im Anschluss das Masterstudium Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Seit 2015 war sie in den Fachbereichen Bau-forschung und Restaurierungswissenschaften in verschiedenen Forschungsvorhaben beschäftigt. Am KDWT arbeitet sie seit 2017 im Bereich der technischen Bauwerksanalyse, insbesondere Infrarotthermographie in der Bau-forschung. In diesem Zusammenhang entsteht derzeit auch ihre Dissertation zum Thema *Denkmal-Reparatur*. Seit April 2020 ist sie außerdem assoziiert im DFG-Graduiertenkollegs 1913 *Kulturelle und technische Werte historischer Bauten*.

**Martina Prisl**

studierte Geowissenschaften an der LMU München (Diplom 1998) und kam dadurch zu paläontologischen Grabungen in Südafrika und paläoanthropologischen Forschungen in Malawi. Anschließend arbeitete sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Geographischen Institut der Universität Köln mit den Schwerpunkten Sedimentologie und Geochemie. Von da aus war es nur noch ein kleiner Schritt über archäologische Befunde in den Bereich der instrumentellen Analytik der Restaurierungswissenschaften des KDWT.

**Jan-Eric Lutteroth**

studierte zwischen 2007 und 2012 Kunstgeschichte an der LMU München. Er war nach einem Forschungsaufenthalt an der KU Leuven, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Herder Institut Marburg (Schloss Friedrichstein) sowie ebenso im Projekt *Kulturliegenschaften 4.0* der Schlösserverwaltung Baden-Württemberg (Schloss Weikersheim). Nach Lehrveranstaltungen zur digitalen 3D-Rekonstruktion an der LMU München ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am *Corpus der barocken Deckenmalerei in Deutschland*. Seine Promotion beschäftigt sich mit der digitalen 3D-Rekonstruktion der Münchner Residenz in der frühen Neuzeit.

**Anna Nöbauer**

studierte Kunst- und Kulturgeschichte mit Germanistik in Augsburg, absolvierte im Anschluss den Masterstudiengang Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität in Bamberg. Sie war im KDWT von 2018 bis 2021 wissenschaftliche Mitarbeiterin im Arbeitsbereich Bauforschung, Baugeschichte und Bauerhalt im BMBF-geförderten Projekt *Die Nürnberger Großkirchen* und leitete selbst eingeworbene deutsch-tschechische Kooperationsvorhaben. 2021 gründete sie ein Büro für digitale Gebäudeerfassung und Bauforschung.

**Max Rahrig**

studierte Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit, Restaurierungswissenschaften und Bau-forschung und Baugeschichte an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg (Magister Artium 2012). Nach seinem Studium arbeitet er zunächst bei der Arctron Vermessungs- und Softwareentwicklung GmbH bei Regensburg und war dort im Bereich der digitalen Dokumentation von Kunst und Kulturgütern tätig. 2014 wechselte er zurück nach Bamberg, um zunächst die Format4plus GmbH Digitale Aufmaßtechniken zu gründen, welche er bis Mitte 2016 als Geschäftsführer leitete. Eben-



falls 2014 wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Professur für Restaurierungswissenschaften. Seit 2016 ist er am KDWT zuständig für die Betreuung der Hochauflösenden 3D- und NDT-Technologien und promoviert im selbigen Bereich.

### Leonhard Salzer

studierte von 2012 bis 2015 Kunstgeschichte und Geschichte an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen und von 2015 bis 2018 Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Seit 2018 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich Bauforschung des KDWT. Schwerpunkt seiner Tätigkeit ist die Mitarbeit im Forschungsprojekt *Die Nürnberger Großkirchen: Best Practice für die digitale Erfassung komplexer Baudenkmale - Ein semantisch annotierter Plansatz*.

### Christian Schalk

studierte von 1989 bis 1994 Architektur an der Georg-Simon-Ohm Fachhochschule Nürnberg mit dem Abschluss Dipl.-Ing.(FH) Architektur. Nach einem Auslandsaufenthalt in den USA arbeitete er in verschiedenen Architekturbüros. Von 2006 bis 2008 studierte er an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg den Masterstudiengang Denkmalpflege und wirkte bei verschiedenen Bauforschungsprojekten mit. Seit 1999 ist er selbständig als freischaffender Architekt mit Bürositz in Nürnberg und Bamberg mit den Schwerpunkten Bauen im Bestand und Baudenkmalpflege tätig. Im Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien bearbeitet er den Bereich Bauernhalt und promoviert zu diesem Thema.

### Patrick Schalk

studierte von 2011 bis 2019 Bauingenieurwesen in Nürnberg und Graz und schloss 2020 das Masterstudium Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg ab. Von 2019 bis 2020 war er Mitarbeiter im Projekt *Die Nürnberger Großkirchen* im Bereich Bauforschung und Baugeschichte des KDWT.

### Alexandra Schmölder

absolvierte 1985 an der Londoner University ein Studium der Kunstgeschichte. Danach wurde sie Pressesprecherin beim Auktionshaus Christie's. Nach einer Familienphase erwarb sie 2012 an der Universität Bamberg den Masterabschluss in Denkmalpflege mit Schwerpunkt Weltkulturerbe Bamberg und Kulturlandschaftsinventarisierung. Seit 2016 arbeitet sie als Wissenschaftliche

Mitarbeiterin am KDWT, wo sie zunächst das EU-Projekt Nano-Cathedral betreute und seit 2018 an einem Projekt des Bayerischen Umweltministeriums zur energetischen Ertüchtigung historischer Flachgläser forscht. Die Beschäftigung mit dem Thema historische Glasherstellung führte zu einem Promotionsvorhaben.

### Schulz, Regine

ist eine deutsche Ägyptologin. Sie studierte Ägyptologie, Vorderasiatische Archäologie, Kunstgeschichte und Publizistik an der FU Berlin und an der Universität München (Promotion 1985). Von 1985 bis 1995 war sie Assistentin an der Universität München, wo sie bei Dietrich Wildung promovierte und 1995 auch habilitiert wurde. 2001 erfolgte ihre Ernennung zur außerplanmäßigen Professorin an der LMU im Institut für Ägyptologie und Koptologie. 2001 ging sie als Kuratorin der Antikensammlung an das Walters Art Museum in Baltimore. Seit 2004 lehrte sie auch Ägyptologie an der Johns Hopkins University, zuletzt als Adjunct Professor. Seit dem 1. Oktober 2011 ist sie Direktorin des Roemer- und Pelizaeus-Museums in Hildesheim. Sie hat zahlreiche Funktionen inne, unter anderem ist sie seit 2016 Präsidentin des Advisory Council und ex-officio Mitglied des Executive Board of ICOM.

### Georg-Felix Sedlmeyer

ist Doktorand an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Seine Dissertation beschäftigt sich mit den Wechselwirkungen von Kriegsschadensbewertung und zeitgenössischer Stadt- und Wiederaufbauplanung in deutschen Städten am Ende des Zweiten Weltkriegs. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter ist Sedlmeyer seit April 2019 im DFG-Forschungsprojekt „Kriegsschadensaufnahme des Zweiten Weltkriegs als Heritage Making Moment“ am Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien der Otto-Friedrich-Universität Bamberg beschäftigt. Sedlmeyer studierte von 2010 bis 2017 Geschichte, Denkmalpflege und Soziologie an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

### Lisa Marie Selitz

studierte ab 2010 Kunstgeschichte sowie Kultur- und Sozialanthropologie an der Universität Münster und anschließend Denkmalpflege in Bamberg. Seit 2016 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin im Arbeitsbereich Denkmalpflege des KDWT. Hier arbeitet sie im Kooperationsprojekt „Kommunales Denkmalkonzept Bayern“

gemeinsam mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege. Sie ist darüber hinaus seit 2016 assoziiert im Graduiertenkolleg „Identität und Erbe“ der TU Berlin und der Bauhaus-Universität Weimar.

#### **Sonnemann, Till**

studierte zwischen 1998 und 2005 Geophysik an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, und promovierte nach verschiedenen Projektstätigkeiten bei wissenschaftlichen Instituten in Mexiko, Spanien und der Schweiz im Jahr 2012 an der University of Sydney mit einer landschaftsarchäologischen Studie zu Angkor in Kambodscha. Nach einer dreijährigen Postdoktorandenstelle an der Universität Leiden wurde er 2016 Juniorprofessor für Informationsverarbeitung in der Geoarchäologie an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der zerstörungsfreien Datenaufnahme und Analyse.

#### **Sophie Stackmann**

absolvierte ihr Bachelorstudium der Kunstgeschichte, Kulturgutsicherung und Archäologie an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg (2011–2014). Anschließend studierte sie die Masterstudiengänge Kunstgeschichte und Denkmalpflege an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg (2014–2017). Von 2017 bis 2019 war sie Promotionsstipendiatin der Johannes-Rau-Gesellschaft. Seit 2019 ist Stackmann wissenschaftliche Mitarbeiterin im DFG-Projekt Architektur- und Planungskollektive der DDR: Institutionelle Strukturen und kreative Prozesse in der sozialistischen Architekturproduktion.

#### **Stenzer, Alexander**

studierte Diplom-Informatik an der Universität Passau, wo er 2018 über *Ein Ansatz zur semantik-basierten Anfragerelaxation für hierarchische Strukturen* promovierte. In seiner Zeit als Doktorand und Postdoktorand an der Universität Passau entwickelte er unter der Leitung von Professor Freitag am Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik das *MonArch-System* zur strukturellen, raumbezogenen digitalen Dokumentation von baulichem Kulturgut. Die neueste *MonArch-Software* basiert auf den in seiner Dissertation erlangten Erkenntnissen. Seit 2021 ist Dr. Alexander Stenzer Geschäftsführer der Ari-InfoWare GmbH, die sich die Weiterentwicklung und Wartung des *MonArch-Systems* zum Ziel gesetzt hat.

#### **Ruth Tenschert**

studierte ab 2006 Kunstgeschichte an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg und der Paris-Lodron-Universität Salzburg (Magister Artium 2011). Anschließend folgte das Masterstudium Denkmalpflege-Heritage Conservation in Bamberg. Nach dem Abschluss war sie von 2014 bis 2017 Mitarbeiterin bei Format4plus GmbH und ab 2015 auch wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Restaurierungswissenschaft im BMBF-Projekt *Mittelalterliche Portale als Orte der Transformation*. Ab 2017 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am neuen Lehrstuhl für Digitale Denkmaltechnologien und seit 2018 ist sie wieder im Fachbereich Restaurierungswissenschaft am KDWT beschäftigt und hier zuständig für ein Projekt zur energetischen Ertüchtigung historischer Gläser und Fenster (finanziert durch das bayerische StMUV). Außerdem sie promoviert im selben Fachbereich zur Veränderungsgeschichte mittelalterlicher Portale.

#### **Ullmann, Martina**

studierte Ägyptologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München, wo sie 1998 mit einer Arbeit über den Königs kult und königliche Kultanlagen im alten Ägypten promovierte. Die Habilitation erfolgte 2007 mit einer Studie zu den ägyptischen Tempeln des Neuen Reiches (ca. 1550–1070 v. Chr.) in Nubien. Neben ihrer Lehr- und Forschungstätigkeit an der LMU verbrachte sie zwei Jahre als Research Scholar an der Yale University und vertrat 2015/16 den Lehrstuhl für Ägyptologie in Köln. Sie forscht v. a. zu Architektur, Dekorationsprogramm, Theologie und Kult ägyptischer Tempelanlagen sowie der Morphologie und Genese sakraler Landschaftsräume in Ägypten und Nubien. Aktuell liegt der Fokus auf einem Projekt zum Tempel Amenophis' III. von Wadi es-Sebua in seinem sich wandelnden kulturhistorischen Kontext.

#### **Vasilchenko, Iustyna**

studierte an der Polytechnischen Universität Tomsk, wo sie ihren Bachelor- und Master-Abschluss in Silikat- und Nanomaterialien-Chemie machte. Sie promovierte in Physik der kondensierten Materie an der Universität Trient (Italien) und arbeitete als Post-doc an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg. Von 2018 bis 2020 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am KDWT-Forschungslabor Analytik an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.



### Gerhard Vinken

promovierte nach dem Studium der Kunstgeschichte, Geschichte und Philosophie an der FU Berlin (*Kult und Baustruktur. Romanische Sakralarchitektur in der Auvergne*, Worms 1997). Nach seiner Habilitation an der Universität Bern (*Zone Heimat. Altstadt im modernen Städtebau*, München/Berlin 2010) nahm er Professuren für Architekturtheorie an der RWTH Aachen und für Interdisziplinäre Stadtforschung an der TU Darmstadt wahr. Seit 2012 ist er Inhaber des Lehrstuhls für Denkmalpflege/Heritage Conservation an der Universität Bamberg. Seine Forschungsschwerpunkte sind Geschichte und Theorie des Kulturerbes, städtebauliche Denkmalpflege, Erbe und Emotionen, Raumtheorie.

### Nathalie-Josephine von Möllendorff

studierte Kunstgeschichte und Musikwissenschaften an der TU Berlin sowie der University of Edinburgh. 2019 wurde sie an der Universität Bern mit dem Thema *Bildtopographien und Raumkontexte. Das Thomas-Retabel an seinen historischen Orten der Kölner Kartause, der Sammlung Lyversberg und des ersten Walraff-Richartz-Museums* promoviert. Von 2013 bis 2017 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin an der TU Dortmund und ist seit 2016 am Lehrstuhl

für Kunstgeschichte I, insbesondere mittelalterliche Kunstgeschichte an der Otto-Friedrich-Universität in Bamberg tätig. 2022 warb sie eine eigene Stelle im DFG-Projekt *Die Erfindung der Kathedralen* ein, mit dem sie sich derzeit an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg habilitiert. Ihre Forschungsinteressen liegen mit den Schwerpunkten Objektbiographien, Raumkontexte, Sakraltopographien und kulturelle Aneignungsprozesse gattungsübergreifend in der Kunst des Mittelalters sowie den Mittelalter-Rezeptionen im 19. und 20. Jahrhundert.

### Thomas Wenderoth

studierte von 1990–1997 Architektur in Darmstadt, Glasgow und Zürich. Nach dem Wissenschaftlichen Volontariat beim Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege 1997–1998 und Projektleitung im Architekturbüro Theo Keller, München, von 2002–2017 Gebietsreferent Praktische Bau- und Kunstdenkmalpflege am Bayerischen Landesamt. Parallel Lehrtätigkeit an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. 2018 Promotion zum Dr. phil. über frühneuzeitlichen Mietwohnungsbau. Weitere Forschungen zu historischen Architekturoberflächen und Bautechniken, zur Denkmalinstandsetzung und Methoden der Denkmalpflege.



University  
of Bamberg  
Press

Das Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien (KDWT) wurde als zentrale Forschungseinrichtung der Otto-Friedrich-Universität Bamberg im Frühjahr 2016 gegründet. In der interdisziplinären Ausrichtung zwischen Geistes-, Ingenieur- und Materialwissenschaften unter ausgeprägtem Praxisbezug in Forschung und Lehre haben sich die Mitglieder die fachübergreifende, regionale, nationale und internationale Vernetzung der Forschung zu Zukunftsthemen der Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien zum Ziel gesetzt. Neben dem Ausbau des Wissens- und Technologietransfers zu universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, zu Hochschulen, zur Wirtschaft und zum Handwerk unterstützt das Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien universitäre Lehre inhaltlich und technisch apparativ.



ISBN 978-3-86309-865-0



[www.uni-bamberg.de/ubp/](http://www.uni-bamberg.de/ubp/)