

baureka.online - Forschungsdatenportal für die Historische Bauforschung

Projektantrag im Bereich „Wissenschaftliche Literaturversorgungs- und Informationssysteme“ (LIS)

LIS-Förderprogramm: Informationsinfrastrukturen für Forschungsdaten

Prof. Dr.-Ing. Anke Naujokat, Lehrstuhl für Architekturgeschichte, RWTH Aachen

Prof. Dr.-Ing. Hermann Schlimme, Fachgebiet für Bau- und Stadtbaugeschichte, TU Berlin

Matthias Razum, IT, Entwicklung und Angewandte Forschung, FIZ Karlsruhe

Beschreibung des Vorhabens

1 Ausgangslage und eigene Vorarbeiten

1.0.1 Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Historische Bauforschung im deutschsprachigen Raum stellt eine international vorbildliche Methode für den wissenschaftlichen, denkmalpflegerischen und planerischen Umgang mit dem historischen Baubestand dar. Sie dokumentiert Baukultur am Objekt und schlüsselt Geometrie, Baukonstruktion, Material, Nutzung, Form, Bedeutung sowie Zustände und Altersschichten mitsamt ihren impliziten Entstehungsprozessen auf.

Als sach- und objektorientiertes Fach mit einer meist das Einzelprojekt ins Zentrum stellenden Herangehensweise ist die Historische Bauforschung – trotz ihrer im Kontext des Object Turn neu bescheinigten methodischen Relevanz und trotz der selbstverständlichen Nutzung digitaler Mittel im Arbeitsprozess – weniger stark im digitalen Zeitalter angekommen als andere Disziplinen. Während die Fachcommunity über Gesellschaften und Tagungen intensiv vernetzt ist,¹ fehlt es an einer zentralen Plattform zur Valorisierung und übergreifenden Auswertung wissenschaftlicher Bestandsdokumentationen. Das Projekt baureka.online versteht sich als innovative Antwort auf dieses dringende Desiderat. Mit ihm soll die Bauforschungscommunity in einem partizipativen Prozess eine digitale Infrastruktur erhalten, die es ihr ermöglicht, ihre Forschungsmethodik ins digitale Zeitalter hinein weiterzuentwickeln und sich im internationalen Kontext leistungsstark zu positionieren.

baureka.online ist als zentrale Forschungsdatenplattform für die thematisch international aufgestellte Historische Bauforschung im deutschsprachigen Raum konzipiert und soll in zwei Projektphasen modular realisiert werden. Der vorliegende Projektantrag umfasst die initiale Pilotphase, in der zunächst die beiden Basismodule *baureka.index* (zentraler Nachweiskatalog) und *baureka.storage* (Repositorium und Langzeitarchivierungsplattform) aufgebaut werden sollen. Die spezifischen Anforderungen der Historischen Bauforschung lassen sich mit den bisher verfügbaren Systemen nicht oder nur unvollständig abdecken. Gleichzeitig kann das Projekt aber auf Vorarbeiten anderer Plattformen wie RADAR, IANUS oder PROBADO² aufbauen. Die Pilotphase lässt sich daher innerhalb von drei Jahren zum Abschluss bringen. In einer anschließend zu beantragenden Ausbauphase soll

¹ Z.B. Koldewey-Gesellschaft, Gesellschaft für Bautechnikgeschichte, Fachforen wie „Digitale Rekonstruktion“, Arbeitskreis für Hausforschung.

² <https://www.radar-service.eu/>; <https://www.ianus-fdz.de/>; <http://www.probado.de> (alle abgerufen am 29.05.2020).

baureka.online dann um das Ergänzungsmodul *baureka.publications* (Portal für Datenpublikationen) erweitert werden.

baureka.online soll unter Einbindung von Techniken des Semantic Web und in enger Koordination mit spezifisch für die Bauforschung entwickelten übergreifenden Analyse- und Kommunikationstools entstehen.³ Dabei gilt es vor allem, für die zunehmend originär digital entstehenden Baudokumentationen spezifische Metadatenstandards und Schnittstellen zu entwickeln, die das Zusammenwirken wissenschaftlicher, denkmalpflegerischer und planerischer Aspekte im Umgang mit dem baukulturellen Erbe auf eine neue Grundlage stellen und die aktuell üblichen Praktiken bereichern. Durch die parallele Auswertung von Daten zu unterschiedlichen Objekten wird baureka.online die Bearbeitung neuer, quer gehender Fragestellungen, die Anwendung quantitativer Analyseverfahren sowie die Entwicklung topographischer, epistemischer oder typologischer Narrative erlauben und die Bauforschung transdisziplinär vernetzen. Die Einbindung in die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI), insbesondere die Konsortien NFDI4Objects und NFDI4Culture,⁴ stellt dabei die Anschlussfähigkeit der Plattform über Disziplingrenzen hinweg sicher und garantiert die Interoperabilität der erarbeiteten Standards. Die zur Entwicklung der Plattform benötigten, beispielhaften Forschungsdaten stehen bereit. Durch die Zusammenarbeit mit dem Forschungsdatenrepositorium RADAR ist die Langzeitarchivierung garantiert.

1.0.2 Historische Bauforschung: Eine vielgestaltige Fachcommunity und ihre Forschungsdaten

Mit „Historischer Bauforschung“ ist die Erforschung eines Bauwerks gemeint, die sich intensiv mit dem historischen Objekt beschäftigt, es vermisst, zeichnet, analysiert und interpretiert.⁵ In Abgrenzung zur Schwesterdisziplin der Archäologie untersucht die Historische Bauforschung hauptsächlich oberirdische, also weitgehend erhaltene und oft sogar noch original genutzte Bauwerke sämtlicher, auch neuzeitlicher Epochen. Als Grundlage dient hierbei neben der Archivrecherche vor allem die Bauaufnahme bzw. Baudokumentation, die zur Abbildung des Bauwerks in Planzeichnungen und 3D-Modellen führt.

Historische Bauforschung kommt in der universitären Architekturgeschichtsforschung, als Methode in der Archäologie und bei der Vorbereitung denkmalpflegerischer oder architektonischer Projekte zur Anwendung. Die Fachcommunity umfasst folglich unterschiedliche Berufsgruppen, etwa Architekt*innen, Architektur- und Kunsthistoriker*innen sowie Denkmalpfleger*innen. Diese vertreten ebenso vielfältige Institutionen in Wissenschaft und Praxis, von Universitäten und Forschungsinstituten, über freie Architektur-, Bauforschungs- und Denkmalpflegebüros sowie Denkmalämter- und -behörden auf Kommunal- und Landesebene bis hin zu Dombauhütten und baukulturellen Stiftungen (siehe Anhang I, 1.1). Ein zentrales Ziel der Plattform baureka.online ist es daher, den Austausch von Forschungsdaten und die fachinterne Kommunikation dieser vielgestaltigen Fachcommunity über die Grenze zwischen Wissenschaft und Praxis hinweg zu verbessern.

Im vorliegenden Antrag sind mit dem Begriff „Forschungsdaten“ die Daten der Baudokumentation und Bauanalyse gemeint, also sämtliche an einem Bauwerk erhobene Forschungsdaten (Rohdaten und interpretierte Daten), z.B. digitale und digitalisierte Planzeichnungen, 3D-Punktwolken aus Laserscans oder photogrammetrischen Verfahren (Structure from Motion), Fotos, Handskizzen, Messprotokolle, Bauphasen- und Schadenskartierungen, Materialanalysen, Raumbücher mit Befunddokumentation und

³ Beispiele für eine solche übergreifende Auswertung von 3D-Daten sind etwa ein Tool zur Suche nach Mustern bei der Auswertung von Punktwolken (DE LUCA 2015) oder ein Tool zur Auswertung von Punktwolken von hölzernen Dachstühlen (PÖCHTRAGER et al. 2017; PÖCHTRAGER et al. 2020).

⁴ Siehe <https://www.nfdi4objects.net/> und <https://www.nfdi4culture.net> (beide abgerufen am 29.05.2020).

⁵ Siehe hierzu: GROßMANN 2010.

naturwissenschaftliche Proben (Dendrochronologie etc.). Diese werden in verschiedenen Dateiformaten abgebildet.⁶

1.0.3 Voraussetzungen und Motivation des Vorhabens

Die Motivation von *baureka.online* erwächst aus dem Bewusstsein für die Notwendigkeit und Verantwortung, den digitalen Wandel der Historischen Bauforschung aktiv zu gestalten. Das Projekt wird initiiert durch die Inhaber*innen der Lehrstühle für Architektur- bzw. Baugeschichte an der RWTH Aachen und der TU Berlin, die zu den größten und traditionsreichsten ihres Faches im deutschsprachigen Raum zählen. Beide Antragsteller*innen sind seit Jahren als Bauforscher*innen im wissenschaftlich-universitären Bereich tätig. Sie bringen neben dem Renommee und Wissensschatz ihrer Lehrstühle ein reichhaltiges Erfahrungs- und Partizipationsnetzwerk mit, das Fakultäts- und Fachkolleg*innen, nationale und internationale Kooperationspartner*innen, aktive und ehemalige Mitarbeiter*innen sowie den wissenschaftlichen Nachwuchs umfasst und es ermöglicht, das Vorhaben von Anfang an eng auf die Bedürfnisse der Fachcommunity abzustimmen. Abgerundet wird das Projekt durch das FIZ Karlsruhe - Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur, das informationswissenschaftliche Kompetenz und umfängliche Erfahrungen in der Umsetzung von Infrastrukturprojekten einbringt. Damit orientiert sich die Projektgruppe an der Zusammensetzung von NFDI-Konsortien, die ebenfalls Fachcommunities und Informationsinfrastrukturen zusammenbringen.⁷

Synergien durch den Austausch von Forschungsdaten

Für die Historische Bauforschung stellt – wie für andere historische Wissenschaften – die „diachrone Kollaboration“ eine wichtige Grundlage dar. Historische Bauten unterliegen durch Verwitterungs-, Abnutzungs- und Umgestaltungsprozesse einem kontinuierlichen Wandel. Für ihre Erforschung und Pflege sind deshalb zeichnerische, schriftliche und fotografische Dokumente früherer Forscher eine wichtige Quelle. Dank der besonderen Kultur der Historischen Bauforschung im deutschsprachigen Raum existieren hier besonders reiche Bestände von am gebauten Objekt erhobenen Daten. Oft werden diese Daten bei Forschungs- oder Restaurierungsprojekten jedoch nur mit spezifischen Fragestellungen konfrontiert und „verschwinden“ danach auf privaten und institutionellen Servern. Durch ihre zentrale Erschließung und Bereitstellung können dagegen vielfältige Synergien entstehen, sowohl innerhalb der zunehmend kollaborativen architekturgeschichtlichen Forschung der Universitäten als auch zwischen Forschung und praktischer Denkmalpflege.⁸ Gerade in einer Zeit, in der Kultur- und Forschungssetzungen sinken, während das öffentliche Interesse am baukulturellen Erbe steigt, erhält der systematische Daten- und Informationsaustausch eine zusätzliche Bedeutung. Eine fachspezifische Online-Plattform bildet für diesen Austausch die ideale Voraussetzung.

Schaffung einer fachspezifischen Infrastruktur für die (Open-Access-) Bereitstellung von Daten

Eine zweite Motivation für *baureka.online* erwächst aus der Erkenntnis, dass die Historische Bauforschung nur unzureichend auf die Herausforderungen vorbereitet ist, die mit dem wissenschaftspolitischen Ziel einer flächendeckenden Einführung von Open-Access-Standards einhergehen.⁹ Die Ergebnisse öffentlich finanzierter Forschung sollen in Zukunft für jedermann zugänglich sein. Zur Stärkung von Transparenz und wissenschaftlichem Austausch sind dabei Forschungsdaten ausdrücklich mit eingeschlossen. Zahlreiche Forschungseinrichtungen und

⁶ CAD-Rohdaten z.B. als .dwg/.dxf; vektorbasierte Grafiken z.B. als .svg, .pdf, .ai; Rastergrafiken z.B. als .tiff, .jpg, .pdf, .raw, .png, .bmp, .cpt; tabellarische Forschungsdaten wie etwa Messprotokolle und -tabellen z.B. als .csv; 3D-Dateien z.B. als .ifc, .stl, .wrml, .3ds, .3dm, .txt, .ptz, .ptx, .obj, .ply; VR-Dateien als .url, .utx, .usx. Zu typischen Bauforschungsdaten siehe auch Anhang I, 1.4-1.5.

⁷ Ein solcher Zusammenschluss von Fachcommunities und Informationsinfrastrukturen wird seit einiger Zeit gefordert: Vgl. RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN, Diskussionsimpuls, 2017, S. 1ff.

⁸ Viele Vorteile des Research Data Sharing in der Historischen Bauforschung sind offensichtlich, wie z.B. die Vermeidung der doppelten Vermessung von Gebäuden. Zu den grundsätzlichen Vorteilen des Forschungsdatenaustauschs siehe PIWOWAR 2007; RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN, *Forschungsdateneninfrastrukturen*, 2017, S. 14ff.

⁹ Die *Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities* (<https://openaccess.mpg.de/Berliner-Erklärung>) besitzt inzwischen knapp 600 Unterzeichner*innen (<https://openaccess.mpg.de/3883/Signatories>) (beide abgerufen am 29.05.2020).

Förderinstitutionen haben das Open-Access-Publizieren in den letzten Jahren mit entsprechenden Policies und Richtlinien zum strategischen Ziel erklärt.¹⁰ Für die Erschließung, Archivierung, Bereitstellung und Nachnutzung von Forschungsdaten sowie für die Zertifizierung von Archiven existieren längst etablierte Werkzeuge und Best Practices.¹¹ Eine fachspezifische Forschungsdateninfrastruktur für die Historische Bauforschung fehlt aber. Ziel von *baureka.online* ist es, eine solche zentrale Anlaufstelle für das Fach zu etablieren.

1.0.4 Abgrenzung von bestehenden Online-Plattformen im Bereich Digital (Built) Heritage

Die bestehenden Online-Plattformen und -Archive im Bereich Digital Built Heritage lassen sich in vier Typen aufteilen: institutionelle Archive, Fotoarchive bzw. -datenbanken, 3D-Repositories sowie Plattformen für webbasierte, mit Informationen angereicherte Modelle.

Erstens führen Museen, Forschungsinstitute und die Landesämter für Denkmalpflege zwar jeweils eigene Datenbanken oder Archive, diese enthalten in ihren offenen Bereichen aber meist nur sehr begrenzt Forschungsdaten im oben beschriebenen Sinn.¹² Ausnahmen bilden lediglich die Datenbank für Bauforschung und Restaurierung des Landesdenkmalamts Baden-Württemberg, die teilweise Bauaufnahmen als einfache Rastergrafiken bereitstellt, sowie das Projekt *Lineamenta* der Bibliotheca Hertziana - Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte in Rom, das innerhalb der semantischen Recherche-Umgebung ZUCCARO historische Architekturzeichnungen zugänglich macht¹³ und in dessen Rahmen der Antragsteller Prof. Hermann Schlimme bereits einschlägige Erfahrungen bei der systematischen Datenerfassung gesammelt und die Akquise und Verlinkung externer Datenbestände (Metadatenmapping) begleitet hat. Zum zweiten existieren Online-Angebote von Fototheken, die historische Architektur Fotografien erschließen.¹⁴ Diese Plattformen sind allerdings nicht auf die unmittelbare Datenerhebung am Objekt ausgerichtet, sodass (digitale) Planzeichnungen, 3D-Modelle oder Punktwolken dort einen noch größeren Sonderfall bilden als in institutionellen Archiven. Drittens besteht – auch auf europäischer Ebene – eine Reihe von 3D-Repositories, in denen 3D-Modelle und Punktwolken historischer Bauwerke abgelegt sind und mithilfe implementierter 3D-Viewer visualisiert werden können.¹⁵ Da die Qualität der dort bereitgestellten Daten nur selten den anerkannten Standards entspricht, stellen diese Plattformen jedoch eher die Vermittlung bzw. Veranschaulichung historischer Bauwerke und weniger deren wissenschaftliche Dokumentation und Erforschung in den Vordergrund. Und schließlich beschäftigen sich, viertens, einige u.a. von der DFG geförderte Projekte im Bereich des Digital Built Heritage und des Heritage-BIM aktuell mit der Entwicklung drei- oder vierdimensionaler virtueller Forschungsumgebungen, in denen sich digitale Modelle annotieren und mit Daten, meist Archivalien, verknüpfen lassen (u.a. MonArch, TOPORAZ, The Time Machine FET).¹⁶ Um Forschungsdaten einzupflegen muss allerdings ein erheblicher Aufwand betrieben werden. Die

¹⁰ Siehe hierzu DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT 2015; OECD 2007; UNESCO 2003; WISSENSCHAFTSRAT 2012. Auch zahlreiche Universitäten im deutschsprachigen Raum haben Open-Access-Policies verabschiedet (u.a. TU Berlin, RWTH Aachen, TU München, Uni Heidelberg, Uni Tübingen, Uni Wien).

¹¹ DOI, Creative Commons, ORCID, OAIS, World Data System, Nestor, Digital Curation Center, etc. Vgl. BLÜMEL 2017.

¹² *Ebidat* (www.ebidat.de); *Denkmaldatenbank Bremen* (http://www.denkmalpflege.bremen.de/denkmal_digital/denkmaldatenbank-37984); *Bayerischer Denkmalatlas* (<https://www.bfd.bayern.de/denkmal-atlas/index.html>); *KulaDig* (<https://www.kuladig.de/>); *Monumente-Online* (<https://www.monumente-online.de/de/>) (alle abgerufen am 29.05.2020).

¹³ *Datenbank Bauforschung/Restaurierung Landesdenkmalpflege Baden-Württemberg* (<http://www.bauforschung-bw.de/>); *Lineamenta* (<http://fm.biblhertz.it/fmi/xsl/home.xml?-token.proj=li>) (beide abgerufen am 29.05.2020).

¹⁴ *Bildarchiv Foto Marburg* (<http://www.fotomarburg.de/>); *Prometheus* (<https://prometheus-bildarchiv.de/>); *AKBF* (<https://www.arthistoricum.net/netzwerke/akbf/>); *PHAROS* (<http://pharosartresearch.org>) (alle abgerufen am 29.05.2020).

¹⁵ *3D-Icons* (<http://3dicons-project.eu/>); *3D Hop* (<http://vcg.isti.cnr.it/3dhop/index.php>); *Sketchfab* (<https://sketchfab.com/>); *Edition Topoi* (<http://www.edition-topoi.org/>); *Massive Point Clouds for eScience* (<https://www.esciencecenter.nl/project/massive-point-clouds-for-esciences>) (alle abgerufen am 29.05.2020).

¹⁶ *TOPORAZ* (<https://www.toporaz.de/>); *OpenInfra* (<https://www.b-tu.de/openinfra/>); *Cisar* (<https://www.b-tu.de/fg-baugeschichte/forschung/projekte/abgeschlossene-projekte/cisar/>); *Patrimonium.net* (<http://www.patrimonium.net/>); *MonArch* (<https://wp.uni-passau.de/monarch/>); *The Time Machine FET Flagship* (<https://www.timemachine.eu/>); *VISUALIZING VENICE* (<http://www.visualizingvenice.org/visu/>); *THE MEDIEVAL KINGDOM OF SICILY*, (<http://kos.aahvs.duke.edu/index.php>) (alle abgerufen am 29.05.2020) – Vgl. auch DE LUCA 2011; KUROCZYŃSKI/HAUCK/DVORAK 2016; HISTORIC ENGLAND 2017; STUPIN 2019.

Systeme zielen daher nicht auf eine niedrighschwellige, alltägliche Nutzung durch die breite Community, sondern dienen einem spezialisierten Forschungsanliegen.

Keiner der genannten Typen von Online-Plattformen erfüllt somit das Desiderat einer zentralen Anlaufstelle für die Langzeitarchivierung¹⁷ und Bereitstellung von Forschungsdaten der Historischen Bauforschung. Ohne eine für alle zugängliche, fachspezifische Forschungsdateninfrastruktur, wie sie sich in anderen Disziplinen längst etabliert hat,¹⁸ bleibt der Fachcommunity daher gegenwärtig nur die unbefriedigende Option, Forschungsdaten in institutionellen oder generischen Repositorien zu archivieren und zu veröffentlichen, wo ihre Sichtbarkeit und Auffindbarkeit begrenzt ist.¹⁹ Das Fehlen einer zentralen, fachspezifischen digitalen Plattform wird vor allem in jüngster Zeit in der Community als drängendes Problem wahrgenommen.²⁰

Einen Schritt weiter ist hier die Archäologie, die bereits erste fachspezifische Forschungsdatenzentren aufgebaut hat. Zu nennen wäre hier neben internationalen Beispielen²¹ vor allem das am Deutschen Archäologischen Institut (DAI) beheimatete nationale Forschungsdatenzentrum für Archäologie und Altertumswissenschaften IANUS,²² das 2011 bis 2017 von der DFG gefördert wurde, das eine wichtige Referenz für *baureka.online* darstellt und mit dem über NFDI4Objects eine enge Kooperation angestrebt wird. Im Gegensatz zur Archäologie untersucht die Bauforschung allerdings meist weitgehend erhaltene und genutzte Bauwerke, ist also methodisch anders ausgerichtet. *baureka.online* kann daher zwar auf Projektergebnisse jener Vorbilder zurückgreifen, muss diese aber fachspezifisch weiterentwickeln.

1.0.5 Bedarfsanalyse

Im Vorfeld der Antragstellung wurde eine umfangreiche Bedarfsanalyse innerhalb der Bauforschungscommunity in Wissenschaft und Praxis durchgeführt.²³ Eine breit gestreute Online-Umfrage Ende 2016 mit ca. 70 Teilnehmer*innen²⁴ und ein darauffolgender Workshop, der am 10. März 2017 42 Vertreter*innen der Community aus dem gesamten deutschsprachigen Raum und allen institutionellen und berufspraktischen Kontexten in Aachen versammelte, dienten dazu, die Bedürfnisse intensiv zu diskutieren und zu kondensieren (siehe Anhang II). Ein klickbarer Mock-up veranschaulichte dabei die geplante Funktionalität der Online-Plattform.²⁵ In der Umfrage wie auch beim Workshop ergaben sich folgende Kernanforderungen an *baureka.online*:

- Recherchemöglichkeit nach Forschungsdaten über eine zentrale Anlaufstelle
- Angebot zur Langzeitarchivierung und Bereitstellung von Forschungsdaten

¹⁷ Eine Bestandsaufnahme des Network of Expertise in Long-Term Storage of Digital Resources (Nestor) belegt, dass momentan keine Möglichkeit für die Langzeitarchivierung von Forschungsdaten der Historischen Bauforschung existiert. Vgl. NEUROTH et al. 2012.

¹⁸ Vgl. PANGAEA/KOMFOR für die Geo- und Umweltwissenschaften (<https://www.pangaea.de/>; <https://www.komfor.net/>, beide abgerufen am 29.05.2020).

¹⁹ Z.B. RADAR (<https://www.radar-service.eu/>); GERDI (<https://www.gerdi-project.eu/>); FIGSHARE (www.figshare.com) (alle abgerufen am 29.05.2020). Dies erklärt auch die nur geringe Nutzung von Online-Repositorien durch die Fachcommunity, vgl. NAUJOKAT/GLITSCH/MARTIN, *Bericht*, 2017, S. 30-31.

²⁰ Siehe z.B. auch die Projektskizze zum „Aufbau digitaler Plattformen - Entwicklung von Metadatenstandards - Vernetzung von Beständen“ als Unterbereich des Rahmenthemas „Digitalisierung in der Bauforschung und Baudenkmalpflege“ am Kompetenzzentrum für Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien (KDWT) der Universität Bamberg (<https://www.uni-bamberg.de/kdwt/arbeitsbereiche/bauforschung/projekte/digitalisierung-in-der-bauforschung-und-baudenkmalpflege/plattformen-standards-vernetzung/>, abgerufen am 29.05.2020).

²¹ ADS in Großbritannien (<https://archaeologydataservice.ac.uk/>) oder EDNA/DANS in den Niederlanden (<https://dans.knaw.nl/en/about/services/easy/e-depot-for-dutch-archaeology/>) (beide abgerufen am 29.05.2020).

²² IANUS (<https://www.ianus-fdz.de/>, abgerufen am 29.05.2020).

²³ Der RFII hat wiederholt die gezielte Abfrage der Bedürfnisse der Fachcommunity als grundlegenden Arbeitsschritt von nachhaltigen Datendiensten gefordert, zuletzt in: RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN (2020), S. 2.

²⁴ Die Online-Umfrage wurde an sämtliche mit Bauforschung befasste Hochschulen im deutschsprachigen Raum sowie an Denkmalämter, Architektur- und Denkmalpflegebüros, selbständige Bauforscher und weitere Institutionen und Stiftungen im Bereich Architekturgeschichte/Denkmalpflege versandt. Etwa 70 Personen beteiligten sich aktiv an der Umfrage. Zur Auswertung siehe NAUJOKAT/GLITSCH/MARTIN, *Rohdaten*, 2017.

²⁵ https://baureka.online/home_mockup.html (abgerufen am 29.05.2020).

- Verbesserung des Online-Publizierens

Bereits bei dieser Gelegenheit bildete sich ein größerer Kreis von Unterstützer*innen, der zusätzlich zu einem Wissenschaftlichen Beirat die weitere Entwicklung von *baureka.online* begleiten und den Rückhalt der Fachcommunity garantieren wird.²⁶ Außerdem wird die Community seither auf der Projektwebseite <https://baureka.online/> in Rundmails sowie im Newsletter der Koldewey-Gesellschaft über den Fortgang der Projektvorbereitung informiert. Auf diese etablierten Kommunikationskanäle kann das Projekt nun zurückgreifen, um die enge Einbindung der Community auch während der Projektphase fortzuführen.

1.0.6 Rechtliche Herausforderungen

Von der Publikation von Forschungsdaten der Historischen Bauforschung wird vielfach abgesehen, da hierzu komplexe Rechtsfragen geklärt werden müssten. Die untersuchten Objekte sind oft in Privateigentum und werden vielfältig und wechselnd genutzt. In einigen Fällen sind daher auch Persönlichkeitsrechte berührt. Darüber hinaus sind die Urheberrechte aller an der Erhebung und Auswertung der Daten beteiligten Personen zu beachten sowie die Nutzungsrechte Dritter an veröffentlichten Forschungsdaten abzustimmen. Zudem stellt sich die Frage, inwieweit die Planverfasser*innen für die Richtigkeit ihrer Zeichnungen und Dokumentationen haften, wenn diese für das Planen und Bauen im Bestand genutzt werden. Teil des Projekts muss somit auch die Erarbeitung von Workflows zur Identifizierung und Einholung der nötigen Genehmigungen bzw. Freistellungserklärungen sein.

1.1 Projektbezogene Publikationen

1.1.1 Veröffentlichte Arbeiten aus Publikationsorganen mit wissenschaftlicher Qualitätssicherung, Buchveröffentlichungen sowie bereits zur Veröffentlichung angenommene, aber noch nicht veröffentlichte Arbeiten

RAZUM, Matthias / GÖLLER, Sandra / WEILANDT, Gerhard et al.: „TOPORAZ - Ein digitales Raum-Zeit-Modell für vernetzte Forschung am Beispiel Nürnberg“. In: *Information - Wissenschaft & Praxis* 71, 2 (2020) (angenommen).

NAUJOKAT, Anke / GLITSCH, Tobias / MARTIN, Felix / SCHLIMME, Hermann: „baureka.online - Research Repository, Catalogue and Archive for Architectural History and Building Archaeology“. In: *SCIRES-IT - SCientific RESearch and Information Technology* 10, 2 (2020) (angenommen, erscheint Juni 2020).

KRAFT, Angelina / RAZUM, Matthias / POTTHOFF, Jan / PORZEL, Andrea / ENGEL, Thomas / LANGE, Frank / VAN DEN BROEK, Karin: „Archivierung und Publikation von Forschungsdaten: Die Rolle von digitalen Repositorien am Beispiel des RADAR Projekts“. *Bibliotheksdienst* 50, 7 (2016), S. 623–635. doi:10.1515/bd-2016-0077

ADDIS, Bill / SCHLIMME, Hermann: „Editorial. Construction History and the Semantic Web“. In: *Construction History* 30, 2 (2015) S. i-iii.
SCHLIMME, Hermann: „Die Datenbank Lineamenta“. In: *Bauwelt* 104, 20 (2013), S. 30-33.

DÖRING-WILLIAMS, Marina / SCHLIMME, Hermann: „Aufnahme und Analyse sphärischer Oberflächen: Die Kuppel von Sant'Andrea della Valle in Rom“. In: Heine, Katja / Rheidt, Klaus / Henze, Frank (Hg.): *Erfassen, Modellieren, Visualisieren. Von Handaufmass bis High Tech III. 3D in der historischen Bauforschung*, Darmstadt/Mainz 2011, S. 211-224.

SCHLIMME, Hermann: „CAD und wissenschaftliche Methodik. Die Rekonstruktion von Borrominis erstem Entwurf für die Fassade von San Carlino“. In: Frings, Marcus (Hg.): *Der Modelle Tugend. CAD-Modelle und die neuen Räume in der Kunstgeschichte*, Weimar 2001, S. 133-144.

1.1.2 Andere Veröffentlichungen mit und ohne wissenschaftliche Qualitätssicherung

NAUJOKAT, Anke / GLITSCH, Tobias / MARTIN, Felix: *Informationswebseite zum Projekt „baureka.online“*, Aachen 2017 (URL: <https://baureka.online/>, abgerufen am 29.05.2020).

²⁶ Siehe auch hierzu Anhang I, 2.

NAUJOKAT, Anke / GLITSCH, Tobias / MARTIN, Felix: *Rohdaten und Auswertung der Bedarfsanalyse zum Projekt ‚baureka.online‘*, Aachen 2017 (URL:<https://baureka.online/downloads.html>, abgerufen am 29.05.2020).

NAUJOKAT, Anke / GLITSCH, Tobias / MARTIN, Felix: *Bericht über den Auftaktworkshop zum Projekt ‚baureka.online‘*, Aachen 2017 (URL:https://baureka.online/assets/baureka_tagungsbericht.pdf, abgerufen am 29.05.2020).

2 Ziele und Arbeitsprogramm

2.1 Voraussichtliche Gesamtdauer des Projekts

Gesamtdauer des Projekts zur Entwicklung und Implementierung der beiden Basismodule **baureka.storage** und **baureka.index**: 36 Monate (siehe Zeitplan in Anhang I, 1.3).

Es ist geplant, einen Folgeantrag zu stellen und darin das Ausbaumodul **baureka.publications** (siehe 2.2.1.3) und eine verstärkte Internationalisierung umzusetzen. Hierfür sind jedoch noch ausführliche Analysen und Diskussionen mit der Community notwendig (siehe dazu u.a. AP 02).

2.2 Ziele

Die Entwicklung des Forschungsdatenportals *baureka.online* zielt auf eine Verbesserung der Zusammenarbeit innerhalb der Fachcommunity der Historischen Bauforschung sowie auf die Schaffung von Synergien zwischen Wissenschaft und Praxis. Das Portal soll aus drei miteinander verknüpften Modulen bestehen,²⁷ die in zwei Projektphasen nacheinander entwickelt und etabliert werden. Das modulare Konzept ermöglicht es, im laufenden Projekt flexibel auf aktuelle Herausforderungen und Bedürfnisse zu reagieren. Es folgt somit der Leitidee von *baureka.online*, aus der Fachcommunity heraus für die Fachcommunity eine Online-Plattform zu schaffen, die – durch eine Balance zwischen dem „technisch Möglichen“ und dem „tatsächlich Benötigten“ – möglichst schnell konkrete Anwendungsfälle (Use Cases) ermöglichen soll. Gleichzeitig entspricht dieser bedarfsorientierte und wissenschaftsgeleitete Ansatz den Prinzipien der NFDI.²⁸

Mit den im vorliegenden Antrag beantragten Mitteln sollen zunächst die beiden Basismodule *baureka.index* und *baureka.storage* entwickelt und realisiert werden.

2.2.1 Geplante Module

2.2.1.1 *baureka.index*: zentrale Anlaufstelle zur Recherche von Forschungsdaten

Das Modul *baureka.index* entspricht dem dringendsten Bedarf der Community, die Recherche nach Forschungsdaten über eine zentrale Anlaufstelle zu ermöglichen. *baureka.index* ist als zentraler Nachweiskatalog für Forschungsdaten der Historischen Bauforschung konzipiert. Daten, die in *baureka.storage* oder in externen Repositorien oder Archiven vorliegen,²⁹ sollen anhand ihrer Metadaten über ein einziges Web-Interface auffindbar und durchsuchbar gemacht werden. Darüber hinaus sollen in *baureka.index* auch zugriffsbeschränkte oder ältere, analoge Datenbestände in privater oder institutioneller Hand durch die Angabe von Kontaktdaten für die Nachnutzung durch Wissenschaft und Praxis erschlossen werden. Die Einträge von *baureka.index* sollen ihrerseits in NFDI4Objects eingebunden und darüber auch in anderen NFDI-Konsortien und weiteren nationalen und internationalen Forschungsdateninfrastrukturen auffindbar sein. Kurzfristig wird lediglich eine statische Verknüpfung mit externen Archiven möglich sein, langfristig kann *baureka.index* allerdings ein

²⁷ Siehe auch die Visualisierung in Anhang I, 1.1.

²⁸ RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN, Leistung aus Vielfalt, 2016. Siehe insbesondere die Empfehlungen auf den Seiten 46 zur Etablierung übergreifender Infrastrukturzentren, 48 zur Schaffung von Verbundstrukturen und 55f. zur Weiterentwicklung von Anreizsystemen.

²⁹ Vgl. Abschnitt 1.0.4.

Beschleuniger für die Weiterentwicklung der Partner-Archive sein,³⁰ indem die Nachfrage nach den Daten der kooperierenden Archive durch *baureka.index* ansteigt. Mit der dynamischen Verknüpfung von *baureka.index* und *baureka.storage* wird zudem ein Vorbild geschaffen, das die intensivere Nutzung von Linked Open Data durch die Fachcommunity anregt.³¹

2.2.1.2 *baureka.storage*: Archivierung, Zitierbarkeit und Veröffentlichung von Forschungsdaten

In vielen Fällen wird die Datenerhebung der Fachcommunity von öffentlichen Geldgebern finanziert, welche zunehmend die Langzeitarchivierung und (Open-Access-)Bereitstellung der Forschungsdaten und Projektergebnisse einfordern. Mit *baureka.online* versucht erstmals ein fachspezifisches Projekt, diesen Anforderungen zu begegnen und damit ein dringendes Desiderat der Fachcommunity zu erfüllen.

Das Modul *baureka.storage* ermöglicht die verlässliche Speicherung, Langzeitarchivierung, Zitierbarkeit und Bereitstellung von Forschungsdaten der Historischen Bauforschung. Der Fokus liegt dabei auf objektgebundenen Forschungsdaten, also auf Daten, die in eigenständiger Bauforschungsarbeit an historischen Bauten erhoben wurden, sowie deren Auswertungen.³² Forschungsdaten werden mit einer DOI versehen, über die sie eindeutig zitierbar sind. Datenkurator*innen überprüfen die Daten gemäß den Qualitätsstandards von *baureka.online*. Dadurch können nicht nur Projekte etablierter Forscher*innen, Büros und Institutionen, sondern auch Beiträge von Nachwuchswissenschaftler*innen aufgenommen werden. Die Datengeber*innen bestimmen über die Auswahl einer geeigneten Lizenz über Zugriff und Nachnutzung ihrer Forschungsdaten. Über Vorschaubilder, Metadaten und Kurzbeschreibungen sind die einzelnen Daten auf *baureka.online* sichtbar.

Die Möglichkeit der einfachen Bereitstellung von Daten sowie deren persistente Referenzierbarkeit kann einen Diskurs über zukünftige Veröffentlichungspraktiken in der Historischen Bauforschung anregen. Momentan ist es in der Fachcommunity noch unüblich, Forschungsdaten in eigenständiger Form zu veröffentlichen. Stattdessen sind die z.B. im Rahmen einer Bauaufnahme aufwendig erhobenen Daten oft nur in textbegleitenden Abbildungen publiziert. *baureka.storage* eröffnet die Möglichkeit, Textpublikationen mit Verweisen auf online archivierte und bereitgestellte Forschungsdaten anzureichern. Auf diese Weise wird nicht nur dem immensen Aufwand der Datenerhebung und -auswertung Rechnung getragen, sondern auch die Argumentationskraft der Forschungsergebnisse gestärkt, indem Befunde und Vermessungen an untersuchten Bauwerken nun nicht nur durch Texte, Abbildungen und auf Basis der Forschungen erstellte Zeichnungen beschrieben, sondern auch über die Rohdaten unmittelbar dokumentiert und nachvollzogen werden können.

Um das gemeinsame Bearbeiten von Forschungsprojekten von verschiedenen Standorten aus zu vereinfachen, soll *baureka.storage* auch Cloud-Funktionen anbieten, die technisch über eine Integration mit der Open-Source-Software NextCloud³³ erfolgt. Mehrere akademische Einrichtungen in Deutschland bieten NextCloud-Instanzen für die Forschung an, darunter die TU Berlin (Collab Cloud)³⁴ und das Karlsruher Institut für Technologie (bySync&Share).³⁵ Anstatt die über den DFN-Verein auch bundesweit angebotenen Dienste zu duplizieren, wird *baureka.online* eine Erweiterung für die NextCloud-Software entwickeln, die eine einfache Übernahme von Daten aus einer Verzeichnisstruktur

³⁰ Vgl. NAUJOKAT/GLITSCH/MARTIN, *Bericht*, 2017, S.19.

³¹ Bei der Verknüpfung von Daten kann sich *baureka.online* an anderen Wissenschaftsdisziplinen orientieren. Das Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (GESIS) bearbeitet mehrere Forschungsprojekte und publiziert Paper zum Thema Data Linking. Siehe z.B. ZAPILKO 2016.

³² Vgl. weiter oben 1.0.2.

³³ <https://nextcloud.com/> (abgerufen am 29.05.2020).

³⁴ https://www.campusmanagement.tu-berlin.de/menue/dienste/daten_server/dfn_cloud/ (abgerufen am 03.06.2020)

³⁵ <https://www.alwr-bw.de/bwsync-share-in-der-dfn-cloud/> (abgerufen am 03.06.2020)

bei einem der beiden Dienste nach RADAR ermöglicht und damit die Archivierung von Projektergebnissen vereinfacht.

2.2.1.3 *baureka.publications*: Online-Journal für die Historische Bauforschung

Nach erfolgreicher Implementierung der beiden Basismodule soll in einer geplanten zweiten Förderphase mit *baureka.publications* ein weiteres Modul entstehen, das es ermöglicht, wissenschaftlich ausgewertete und interpretierte Bauforschungsdaten in einem Open-Access- und Data-Journal mit Peer-Review-Verfahren zu veröffentlichen. Während in herkömmlichen Publikationen dann bereits auf Datensätze in *baureka.storage* verwiesen werden kann, soll *baureka.publications* der Fachcommunity die Publikation von Data Papers ermöglichen³⁶ sowie weitergehende Online-Publikationsmöglichkeiten eröffnen. Zwar existieren bereits einzelne fachspezifische Open-Access-Journals zur Veröffentlichung herkömmlicher Artikel.³⁷ Völlig unerschlossen sind dagegen die Potentiale, die sich aus der Verknüpfung von Forschungsdaten und inhaltlichen Analysen im Grenzbereich zwischen Datenbereitstellung und klassischen Fachartikeln ergeben. Aufbauend auf den Erfahrungen der ersten Projektphase (siehe AP 02) sollen auch diese für die Fachcommunity neuartigen, datenbezogenen Publikationsformate mit den bauforscherisch tätigen Akteur*innen diskutiert und für die Community entwickelt werden.

2.2.2 Nachnutzung von Forschungsdaten und Austausch von Wissenschaft und Praxis

Die Sichtbarmachung vorhandener Forschung und die Ermöglichung von Synergien innerhalb der Fachcommunity ist ein zentraler Aspekt von *baureka.online*. Durch die angebotenen Recherchemöglichkeiten wird vermieden, dass ein bereits dokumentiertes Bauwerk aus Unkenntnis des andernorts bereits vorhandenen Materials ein weiteres Mal aufwändig vermessen und untersucht wird. Stattdessen können z.B. Bauforscher*innen aus universitär-wissenschaftlichem Kontext und praktisch arbeitende Denkmalpfleger*innen gegenseitig auf einmal erhobene Forschungsdaten zurückgreifen und damit zeitliche und finanzielle Ressourcen sparen.³⁸ Die Denkmalpflege erschafft durch die Auseinandersetzung mit einer Vielzahl an Einzelobjekten einen breiten Dokumentationsfundus. In der täglichen, maßnahmengeleiteten Arbeit fehlt ihr aber die Möglichkeit, sich auch um übergreifende Zusammenhänge zu kümmern. Häufig werden in der Historischen Bauforschung hochdetaillierte Baudokumentationen im Maßstab 1:1 angefertigt (3D- Punktwolke oder Mesh), ohne dass die verfügbaren Daten von den Urheber*innen im gleichen Detailgrad ausgewertet werden. Durch die Archivierung, Veröffentlichung und Bereitstellung von 3D-Forschungsdaten könnten diese Rohdaten durch die Fachcommunity nachgenutzt und ausgewertet werden. Der Zugriff auf Rohdaten und die Offenlegung der internen Datenstrukturen unterstützt gleichzeitig die Ausbildung von Standards bei der Erstellung von 3D-Forschungsdaten, die sowohl den Austausch und die Verknüpfung von Einzelprojekten ermöglichen als auch den Einstieg in die Arbeit mit 3D-Modellen erleichtern.

Um *baureka.online* als zentrale Anlaufstelle für die Recherche nach und Nachnutzung von Bauforschungsdaten zu etablieren, soll die Plattform sowohl umfangreichen Forschungsprojekten renommierter Forscher*innen/innen, als auch einzelnen Baudokumentationen von Studierenden oder denkmalpflegerisch tätigen Architekturbüros und Ämtern offen stehen. Deshalb müssen der Zugang zur Plattform und deren Nutzung möglichst niedrigschwellig gestaltet werden.

³⁶ Vgl. z.B. das Data Paper "Settlement Dynamics on the Banks of Upper Tigris" in: Journal of Open Archaeology Data (<https://openarchaeologydata.metajnl.com/articles/10.5334/joad.63/>, abgerufen am 29.05.2020). Das Data Paper bezieht sich auf Forschungsdaten, die in Harvard Dataverse (<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/DPNEXP>, abgerufen am 29.05.2020) gespeichert, zitierbar und frei zugänglich sind.

³⁷ Als Beispiele genannt seien Architectural Histories (<https://journal.eahn.org>, abgerufen am 29.05.2020), bauforschungonline.ch (<http://bauforschungonline.ch>, abgerufen am 29.05.2020), RIHA Journal (<https://www.riha-journal.org>, abgerufen am 29.05.2020)

³⁸ Die Nutzung von Datendiensten außerhalb der Wissenschaft wird ebenfalls vom RFII gefordert: RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN, Datendienste nachhaltig gestalten (2020), S. 3.

2.2.3 Digitale Transformation in der Historischen Bauforschung

baureka.online soll der Disziplin und Community der Historischen Bauforschung die Weiterentwicklung ins digitale Zeitalter ermöglichen. Die Möglichkeit der Online-Recherche nach Forschungsdaten sowie deren zukünftig angemessene Präsentation und Nachvollziehbarkeit wird zu grundlegend neuen Arbeitsprozessen in der Historischen Bauforschung führen. Durch den Aufbau der NFDI wird generell ein Schub in der Digitalisierung der Forschungspraktiken angestrebt. *baureka.online* gestaltet den Aufbau der NFDI kreativ mit, ist über seine Institutionen aktiver Teil der Konsortien NFDI4Objects und NFDI4Culture und bringt dort die spezifischen Anforderungen der Historischen Bauforschung ein. Gleichzeitig erschließt diese Kooperation die umfassende Kompetenz der NFDI-Konsortien für die zukunftsfähige Digitalisierung der Historischen Bauforschung. Das Portal steht auch dem wissenschaftlichen Nachwuchs offen und trägt damit nachhaltig zur Etablierung einer neuen disziplinären Kultur im Umgang mit Forschungsdaten bei.

Forschungsdatenpublikationen sind in der Historischen Bauforschung noch praktisch unbekannt.³⁹ Mit der Etablierung von *baureka.online* kann die Fachcommunity den dringend notwendigen Anschluss an internationale Entwicklungen im Umgang mit Forschungsdaten finden und darüber hinaus die fachinterne wissenschaftliche Kommunikation verbessern.⁴⁰

Während *baureka.online* für die technische Plattform bestehende Lösungen nachnutzt und weiterentwickelt, muss das Projekt in Ermangelung eines spezifischen Metadatenschemas für Bauforschungsprojekte in enger Abstimmung mit NFDI4Objects innovative neue Lösungen erarbeiten (siehe AP 03).

baureka.online will Hürden bei der Akzeptanz und Nutzung digitaler Angebote in der Community soweit wie möglich reduzieren. Deswegen legt das Projekt großen Wert auf eine einfache und intuitive Bedienbarkeit des Frontends. Die begleitende Evaluierung des Frontends anhand von Prototypen mit Methoden der User-Experience-Forschung (siehe AP 04b) erhebt belastbares Feedback und stellt eine zielgruppenadäquate Entwicklung sicher.

2.2.4 Überregionale Bedeutung des Projektes

baureka.online wird als zentrale, überregional angelegte Struktur (siehe AP 02 und 5.3.1) die Präsenz und Sichtbarkeit des Faches stärken, das – obwohl in Wissenschaft und Praxis breit etabliert⁴¹ und mit seinen Forschungsmethoden und -ergebnissen international hoch angesehen – noch immer als „kleines Fach“ wahrgenommen wird. Vor allem im Kontext der jüngsten Aufwertung sach- und objektbezogener historischer Forschung (Stichwort: *Material Culture* und *Object Turn*)⁴² kann das methodische Potential der Historischen Bauforschung über eine zentrale digitale Vernetzungsplattform stärkeren Einfluss entfalten, als dies infolge der Heterogenität der Community bisher möglich war. Ein zentraler Vorteil von *baureka.online* besteht letztlich darin, dass es der Community die Möglichkeit bietet, den digitalen Wandel innerhalb ihrer Disziplin und darüber hinaus für das Feld der historischen sach- und objektbezogenen Forschung aktiv und bedürfnisorientiert mitzugestalten.

³⁹ NAUJOKAT/GLITSCH/MARTIN, Bericht, 2017, S. 30-31 (https://baureka.online/assets/baureka_tagungsbericht.pdf, abgerufen am 29.09.2020).

⁴⁰ Momentan findet der Austausch von Forschungsdaten (wenn überhaupt) über individuelle Anfragen statt, vgl. NAUJOKAT/GLITSCH/MARTIN, Bericht, 2017, S. 31.

⁴¹ Historische Bauforschung wird an allen Universitäten der TU9 und an den meisten der ca. 40 Fachhochschulen gelehrt und durch die mitgliederstarke Koldewey-Gesellschaft repräsentiert.

⁴² Verwiesen sei hier auf den 33. Internationalen Kunsthistoriker-Kongress CIHA 2012 in Nürnberg zum Thema "The Challenge of the Object". Zur *Material Culture* vgl. GORDON 1993; PROWN 1996.

2.2.5 Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen

Ein wichtiger Use Case von *baureka.online* ist die Sichtbarmachung und Vermittlung der Erforschung von Built Heritage für Forschung und breite Öffentlichkeit.⁴³ Dabei müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Archivierung und Publikation berücksichtigt werden (siehe AP 06). Diese Rahmenbedingungen sind komplex, da unterschiedlichste Rechtsgebiete zu berücksichtigen sind (siehe 1.0.6). *baureka.online* kann die rechtlichen Hürden bei der Publikation von Forschungsdaten nicht beseitigen, aber die Datengeber*innen bei dem komplexen Prozess der Rechtklärung unterstützen. Dazu wird in Zusammenarbeit mit dem Forschungsbereich "Immaterialgüterrechte in verteilten Informationsinfrastrukturen" von FIZ Karlsruhe eine Analyse aller relevanten rechtlichen Fragestellungen vorgenommen und daraus ein Entscheidungsbaum entwickelt, der in einer Abfolge von Fragen die Datengeber*innen bei der Bewertung der rechtlichen Situation der einzelnen Dateien unterstützt und sicherstellt, dass keine Aspekte übersehen werden. Dieser Entscheidungsbaum wird in *baureka.online* als Assistent implementiert, der bereits beim Hochladen der Daten erste Informationen erfragt. Bei der Publikation überprüft der Assistent, ob für alle Dateien der Entscheidungsbaum vollständig durchlaufen wurde. Sollte die Analyse ergeben, dass Einwilligungen von Betroffenen notwendig sind, stellt er Templates für entsprechende Dokumente bereit. Der Entscheidungsbaum kann auch schon im Vorfeld eines Projekts genutzt werden, um im Rahmen eines Datenmanagementplans die Notwendigkeit von Einwilligungen zu erfassen und diese frühzeitig bei der eigentlichen Datenerhebung mit berücksichtigen zu können.

Bei älteren Bauaufnahmen ist eine nachlaufende Rechteeinholung kaum praktikabel. Hier kann auch die vorgesehene Funktionalität nur wenig Unterstützung liefern. Zumindest ist aber ein Nachweis solcher Projekte in *baureka.index* über ihre Metadaten möglich, was bereits einen hohen Nutzen für die Forschung darstellt.

2.2.6 Internationale Sichtbarkeit der Fachcommunity und Einbindung der Forschungsergebnisse in übergreifende Datenstrukturen

Die Entwicklung von *baureka.online* bietet der Fachcommunity die Gelegenheit, ihre internationale Sichtbarkeit zu erhöhen. Die nationale und internationale Anschlussfähigkeit von *baureka.online* soll durch mehrere Maßnahmen hergestellt werden. Zentral ist die enge Anbindung an die Nationale Forschungsdateninfrastruktur, insbesondere über das Konsortium NFDI4Objects. Bei der technischen Entwicklung und Einhaltung von Standards⁴⁴ wird auf dieser Kooperation aufbauend besonderer Wert auf die Interoperabilität von *baureka.index* und *baureka.storage* gelegt, sodass eine Anschlussfähigkeit an nationale und internationale Infrastrukturen⁴⁵ über eine Schnittstellenimplementierung gewährleistet werden kann. Darüber hinaus sollen die Metadaten von *baureka.online* durch eine Abbildung in entsprechenden Datenmodellen des Semantic Web (RDF oder Graph Database) abgebildet werden, wodurch sie Teil des „Giant Global Graph“ werden können.⁴⁶ Für die zweite Förderphase (siehe 2.1) ist zudem vorgesehen, eine Einbindung von *baureka.online* in die European Open Science Cloud⁴⁷ zu untersuchen. Die bisher stark national ausgerichtete Fachkultur ist dabei allerdings zu berücksichtigen, was entsprechende Diskussionsprozesse voraussetzt.

⁴³ Bei der Präsentation der Ergebnisse der interdisziplinären Erforschung der Aachener Pfalz (inkl. der Präsentation von Forschungsdaten aus dem DFG-Projekt *Die Aula Regia in Aachen*) kamen über 500 Besucher*innen in den Krönungssaal des Aachener Rathauses. Informationen zum Projekt: https://arch.rwth-aachen.de/cms/Architektur/Forschung/Forschungsprojekte/~cbjv/Pfalzenforschung_in_Aachen/ (abgerufen am 29.05.2020).

⁴⁴ Das international renommierte Digital Curation Centre stellt mit seinen Veröffentlichungen, Ratgebern, Workshops etc. eine große Hilfestellung bei der Entwicklung von Forschungsdateninfrastrukturen dar (<http://www.dcc.ac.uk>, abgerufen am 29.05.2020). Siehe auch ABBOTT 2008.

⁴⁵ Z.B. Deutsche Digitale Bibliothek, Europeana, European Open Science Cloud, EUDAT.

⁴⁶ Dieser Begriff meint das sogenannte Web 3.0 oder Semantic Web. Tim Berners-Lee hat ihn bereits in den frühen 2000ern geprägt (<https://www.scientificamerican.com/article/the-semantic-web/>, abgerufen am 29.05.2020). Vgl. BERNERS-LEE/HENDLER 2010.

⁴⁷ z.B. über den EOSC Marketplace <https://marketplace.eosc-portal.eu/>

2.3 Arbeitsprogramm und Umsetzung

Für die Entwicklung von *baureka.online* können folgende übergeordnete Arbeitspakete benannt werden, die im Anhang I, 1.2 des Antrags auch tabellarisch visualisiert sind. Die Validierung der Arbeitsergebnisse erfolgt anhand von fünf ausgewählten Pilotprojekten.

AP 01 – Projektmanagement

Projektmanagement, Wiss. Beirat, Projektwebsite, Dokumentation: RWTH 10 PM
Liaison mit NFDI-Konsortien: TUB 2 PM, FIZ 1 PM

Die Entwicklung von *baureka.online* erfordert ein kontinuierliches Projektmanagement. Kommunikationsstrukturen, Ablauf-/Terminpläne, Kapazitäten und Kosten werden zentral koordiniert und einem regelmäßigen Controlling unterzogen, um das Ineinandergreifen der Arbeitspakete zu gewährleisten und den Projektfortschritt zu steuern und zu bewerten. Zwischen den drei Projektpartnern finden regelmäßige Videokonferenzen (alle zwei Wochen) sowie physische Projekttreffen (alle sechs Monate) statt. Das Projektmanagement etabliert außerdem einen Arbeitsmodus zum kontinuierlichen Austausch mit den relevanten NFDI-Konsortien (NFDI4Objects, NFDI4Culture) und den anderen Kooperationspartnern. Es verantwortet weiterhin die Setzung und Überprüfung von Milestones sowie die prozessbegleitende und abschließende Projektevaluation. Die Zwischenziele werden regelmäßig mit den Wissenschaftlichen Beirat diskutiert.⁴⁸ Dieser umfasst Personen mit IT- und/oder fachwissenschaftlicher Expertise, die das Projekt während der Entwicklungsphase interdisziplinär beraten und kritisch begleiten. Als Arbeitsmodus mit dem Beirat sind halbtägige Arbeitstreffen in halbjährlichem Rhythmus vorgesehen (zwei physische Workshops zum Projektstart sowie zu Beginn des dritten Jahres; ansonsten virtuelle Arbeitstreffen). Die Projektdokumentation wird zum Zweck der Nachnutzung fortlaufend auf der Projektwebsite (<http://baureka.online/>) veröffentlicht. Außerdem sammelt und skizziert das Projektmanagement im Verlauf des Projekts Aufgaben und Prozesse für die interne Diskussion und für die Formulierung eines etwaigen Folgeantrags.

AP 02 – Aktivierung und Einbindung der Fachcommunity

Bedarfsermittlung, Policies: RWTH 4 PM, TUB 4 PM
Öffentlichkeitsarbeit, Kontaktpflege Datengeber: RWTH 8 PM

Der Erfolg von *baureka.online* hängt entscheidend von der Annahme der Plattform durch die Fachcommunity ab. Ein zentrales Arbeitspaket betrifft daher die Aktivierung und Einbindung der auf dem Gebiet der Historischen Bauforschung tätigen Akteur*innen.

Dazu muss, erstens, die mit der Community begonnene Diskussion über den Ansatz, die Ausgestaltung und die praktische Anwendung von *baureka.online* fortgeführt werden, um so die Konzeption der Plattform auch während des Projektzeitraums immer wieder mit den Bedürfnissen der Nutzer*innen abzugleichen. Zum einen müssen in diesem Rahmen die Richtlinien und Policies genauer ausgearbeitet, Kurationskriterien festgelegt und Strategien zur Sicherstellung der Datenqualität formuliert werden. Zum anderen gilt es, kontinuierlich Feedback zu den im Projektverlauf vorgenommenen Weichenstellungen, zum Metadatenstandard sowie zu Prototypen bzw. Beta-Versionen einzuholen. Perspektivisch dient der Dialog mit den Akteur*innen außerdem dazu, weitere Use Cases zu entwickeln, den Bedarf für zusätzliche Funktionalitäten und Ausbaustufen zu klären sowie in Vorbereitung für einen Folgeantrag die fachspezifischen Anforderungen an digitale Publikationsformate zu definieren (siehe Abschnitt 2.2.1.3). Und schließlich geht es darum, Best Practices zu entwickeln, die sowohl in die genannten Richtlinien einfließen als auch aktiv an die

⁴⁸ Die Mitglieder des Beirats sind im Abschnitt 5.3.1 aufgelistet

Community zurückvermittelt werden. Neben weiteren Online-Erhebungen wird zur Projekthalbzeit nach 18 Monaten eine größer angelegte, prinzipiell für alle Interessierten offene Projekttagung (siehe Modul projektspezifische Tagung) veranstaltet, deren Teilnehmer*innen zugleich als Multiplikator*innen für die Plattform wirken können.

Zweitens umfasst das Arbeitspaket Maßnahmen zur allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit, die die Plattform stärker im Bewusstsein der Community verankert, über den Projektfortgang informiert und dazu beiträgt, zusätzliche Interessent*innen zu gewinnen. Hierzu sind neben zusätzlichen Inhalten und einem regelmäßigen Blog auf der Projektwebsite Informationsstände und Diskussionsforen auf den Jahrestagungen der einschlägigen Fachgesellschaften sowie eine rege Tätigkeit in den sozialen Netzwerken vorgesehen.

Und schließlich gehört zum vorliegenden Arbeitspaket auch die Kontaktpflege mit möglichen Datengebern. Für *baureka.index* konnten bereits erste Partner gefunden werden, die ihre digitalen Bestände zur Erprobung des Umgangs mit externen Metadaten zur Verfügung stellen (siehe Anhang I, 2.2). Da insbesondere mit dem Modul *baureka.index* eine zentrale Anlaufstelle zur Suche nach Bauforschungsdaten entstehen soll, muss jedoch das Ziel sein, möglichst zügig eine kritische Masse an Einträgen zu erreichen, die die Plattform für die Recherche attraktiv macht. Zudem ist es entscheidend, möglichst bald eine gewisse Bandbreite beispielhafter Daten bereitzustellen, auf die sich potenzielle Nutzer*innen beziehen können, wenn sie eine eigene Datenübergabe erwägen. Sowohl für *baureka.index* als auch für *baureka.storage* sollen daher weitere Partner gesucht und angesprochen werden, die noch während der Pilotphase ihre Projekte bei *baureka.online* einreichen und so den bisherigen Datenbestand ergänzen.

AP 03 – Kurationsworkflow und bauforschungsspezifisches Metadatenchema

Analyse bestehender Metadatenchemata: TUB 4 PM, AC 2 PM
Akquise von Forschungsdaten, Kurationsworkflow, Metadatenchema: TUB 8 PM, FIZ 5 PM

Im AP 03 geht es darum, einen Kurationsworkflow zu erstellen, der die Forschungsdaten aus individuellen Bauforschungsprojekten nach den wissenschaftlichen Standards der Historischen Bauforschung und fachspezifisch weiterentwickelten IT-technischen Standards beschreibt und für die zur Verfügungstellung in *baureka.index* und *baureka.storage* aufbereitet. Dazu werden komplexe, umfangreiche und repräsentativ ausgewählte Pilotprojekte beispielhaft kuratiert. Im Rahmen dieser Kuratierung wird ein bauforschungsspezifischer Metadatenstandard laufend validiert und spezifisch perfektioniert. Die Projekte bilden den Grundstock für *baureka.online*. Die für die Langzeitarchivierung der Pilotprojekte notwendigen Mittel werden mit beantragt.

Ein spezifischer Metadatenstandard für Bauforschungsprojekte existiert bisher nicht. Der Standard muss gleichermaßen die originären 3D-Daten, den darauf aufbauenden, wissenschaftlichen Bearbeitungsprozess wie auch die Endergebnisse beschreiben können. Die umfangreichen Forschungsdaten samt ihrer komplexen, projektspezifischen Struktur müssen darüber hinaus zusammen mit den Informationen zum Bauwerk selbst in einem einzigen Metadatenstandard abgebildet sein. Zur Archivierung archäologischer Projekte gibt es den Best Practice Leitfäden von der Website des Archaeology Data Service und vom europäischen ARCHES-Projekt.⁴⁹ Ziel muss es schließlich sein, den wissenschaftlichen Inhalt der heterogenen Partnerinstitutionen homogen abzubilden und konsistent abfragbar zu machen. Dazu sollen zunächst bestehende Metadatenstandards analysiert werden: Das für die Archäologie entwickelte IANUS-Metadatenchema ist ausreichend komplex, ist aber grundsätzlich für 2D-Ressourcen entwickelt worden. Metadatenstandards für dreidimensionale Digital-Heritage-Daten bzw. für historische Bauwerke, wie

⁴⁹ <https://guides.archaeologydataservice.ac.uk/g2qpwiki/>; <https://www.europae-archaeologiae-consilium.org/eac-guidlines> (besucht 5.6.2020), insbesondere S. 23 und S. 39-40.

3D-CHML oder CARARE 2.0, Core Data Index to Historic Buildings oder CIDOC CRM BA beschreiben Ergebnisse und nicht Prozesse.⁵⁰

Vielversprechend für die Beschreibung von 3D-Daten sind dagegen die von PROBADO und DURAAK entwickelten Standards, die 3D-Punktwolken kriteriengeleitet geometrisch und semantisch anreichern und Metadaten erzeugen.⁵¹ Damit ist jedoch die forschungsgelenkte, oft händische Auswertung von Punktwolken, die auch im digitalen Zeitalter den wissenschaftlichen Anspruch der Bauforschung ausmacht, noch nicht abgebildet (Paradaten).⁵² Dank des Projekts MEMORIA gibt es erste Lösungen.⁵³ Die aktuellen Entwicklungen im Bereich des Building Information Modeling (BIM) sowie auch spezifischer des Heritage-BIM sind ebenfalls vielversprechend. Schnittstellen ermöglichen es, komplexe Ergebnisse aus der Bauforschung in ArchiCAD oder Revit zu importieren und dadurch der Bauplanung im denkmalpflegerischen Bestand zur Verfügung zu stellen.⁵⁴

Bei der technischen Umsetzung werden die Anschlussfähigkeit des Metadatenschemas an bereits vorhandene internationale Standards und Schnittstellen (z.B. CIDOC CRM; ADeX)⁵⁵ sowie die Londoner Charta für die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe beachtet. Die Metadaten werden mit bestehenden internationalen Thesauri gemappt, z.B. mit dem Getty Art & Architecture Thesaurus AAT, dem Getty Thesaurus of Geographic Names TGN und dem 3500 Begriffe umfassenden Bamberger Vokabular für Historische Bauforschung, das vom Kompetenzzentrum Denkmalwissenschaften und Denkmaltechnologien der Universität Bamberg entwickelt wird.⁵⁶ Die Bauten werden georeferenziert und mit Normdaten (z.B. Gemeinsame Normdatei GND oder historische Ortsverzeichnisse/Gazetteers wie Pelagios/Pleiades) zu verknüpfen sein.⁵⁷ Das bauforschungsspezifische Metadatenschema wird formal als Ontologie dargestellt. Bestehende Ontologien werden spezifisch unter Nutzung des in der Community üblichen Vokabulars erweitert. Die Resultate werden anhand der prototypisch akquirierten Forschungs- und Metadaten überprüft. Damit Metadatenschema und Ontologie den wissenschaftlichen Ansprüchen des Fachs entsprechen, wird deren Entwicklung mit dem Wissenschaftlichen Beirat diskutiert.

AP 04a – Technische Gesamtkonzeption *baureka.online*

Systemarchitektur: FIZ 2 PM

Feinspezifikation: FIZ 2 PM, RWTH 2 PM, TUB 2 PM

Die Systemarchitektur baut auf den Ergebnissen des Interaktionsdesigns, des erarbeiteten Metadatenschemas sowie der genauen Analyse der akquirierten Forschungsdaten auf. Sie unterteilt sich in ein Backend (Geschäftslogik und Datenhaltung), ein Frontend (Benutzungsoberfläche) und den Index für die Suche. Weitere Dienste z.B. zur Metadatenaggregation oder zur Implementierung technischer Schnittstellen kommen hinzu. Alle Dienste kommunizieren untereinander über REST-Schnittstellen.

⁵⁰ Die Frage nach der Beschreibung von 3D-Ressourcen im Bereich Cultural Heritage ist aktueller Gegenstand der Forschung. Siehe HAUCK/KUROCZYŃSKI 2014; BLÜMEL 2013; FERNIE/D'ANDREA 2013; MÜNSTER et al. 2016.

⁵¹ BEETZ et al. 2016.

⁵² PFARR-HARFST 2016 beschreibt typische workflows. SANDERSON 2014 setzt sich mit Paradaten auseinander.

⁵³ DUDEK et al. 2015.

⁵⁴ STUPIN 2019; Dabei werden die Industry Foundation Classes (IFC), das bevorzugte Datenmodell für den Austausch von BIM-Daten, erweitert, um auch Punktwolken aufzunehmen: BEETZ/KRIJNEN 2017; AMANN 2019; WERBROUCK/PAUWELS/BEETZ/VAN BERLO 2019; KRIJNEN/BEETZ 2020

⁵⁵ <http://www.landesarchaeologen.de/verband/kommissionen/archaeologie-und-informationssysteme/projektarbeitsgruppen/adex/>; <http://www.cidoc-crm.org/>; (alle abgerufen am 05.06.2020).

⁵⁶ AAT (<http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/aat/index.html>, abgerufen am 29.05.2020); TGN (<http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/tgn/>, Arera-Rütenik et al. 2019, S. 4ff.; (<https://wp.uni-passau.de/monarch/projekte/ngk/>) (alle abgerufen am 5.6.2020);

⁵⁷ GND (<https://www.dnb.de/DE/Professionell/Standardisierung/GND/gnd.html>, abgerufen am 29.05.2020); Pelagios/Pleiades (<https://pleiades.stoa.org/docs/partners/pelagios>, abgerufen am 29.05.2020).

Aus urheber- und datenschutzrechtlichen Gründen können nicht Daten in *baureka.online* frei verfügbar gemacht werden. Deshalb ist ein ausgefeiltes Rollen- und Rechtemanagement vorgesehen, das unterschiedliche Rollen unterstützt und es ermöglicht, eigentlich geschützte Daten gezielt für identifizierte Forschende zugänglich zu machen. Als technische Basis für das Rollen- und Rechtemanagement soll der WebAC-Standard (Web Access Control)⁵⁸ zum Einsatz kommen.

Die Feinspezifikation für *baureka.online* legt die Anforderungen an die einzelnen Komponenten fest. Sie erfolgt in einem agilen Prozess parallel zur Implementierung. Beide setzen auf Iterationen, also ein schrittweises Vorgehen. Die Vorgaben für die nächste Iteration können bis kurz vor deren Beginn angepasst werden. Somit können Erkenntnisse aus vorherigen Iterationen, aber auch aus externen Evaluierungen in den laufenden Entwicklungsprozess aufgenommen werden.

AP 04b – Entwicklung des Frontend

Interaktionsdesign und UX-Design: FIZ 8 PM

Webdesign: RWTH 8 PM

Ein wesentlicher Faktor für eine nachhaltige Entwicklung von *baureka.online* ist die benutzerorientierte Entwicklung des Frontend (User-Centered Design).⁵⁹ Nur wenn das Produkt *baureka.online* als zugänglich, nützlich, benutzbar, barrierefrei, ästhetisch und einnehmend wahrgenommen wird, ist eine langfristige Nutzung von *baureka.index* und *baureka.storage* wahrscheinlich. Um die Akzeptanz der Plattform zu erhöhen, muss zudem die fachspezifische Affinität der Nutzer*innen zu gestalterischen Fragen berücksichtigt werden, sodass unter Bezugnahme auf etablierte Webdesign-Standards ein formal reduziertes, aussagekräftiges und auf die wesentlichen Features reduziertes Design entwickelt werden kann. Als zentrales Werkzeug der Interaktion dient die grafische Oberfläche der Webseite, welche unter Einbindung der Community in einem iterativen Design-Prozess entwickelt wird. Dabei soll durch Online-Umfragen und weitere Usability-Analyse-Tools⁶⁰ die Einhaltung der zentralen Kategorien der Human-Computer-Interaction – *accessibility*,⁶¹ *usability*⁶² und *user experience*⁶³ – überprüft werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fließen jeweils in die nächste Entwicklungsstufe ein, bis alle Probleme gelöst und all Bedürfnisse angesprochen wurden.⁶⁴ Die professionelle Umsetzung des Web- und UX-Designs wird von den Mitarbeiter*innen der antragstellenden Einrichtungen vorgenommen.

AP 05a – Technische Entwicklung von *baureka.storage*

Implementierung Backend: FIZ 6 PM

Implementierung NextCloud-Plugin: FIZ 5 PM

Integration IIIF: FIZ 3 PM

Test und Evaluierung: RWTH 2 PM

baureka.storage soll der Archivierung, Bereitstellung und Nachnutzung von Forschungsdaten dienen. Der Prozess des Hochladens muss für die vielfältigen Akteure von *baureka.online* möglichst einfach und bequem gestaltet sein. Die Archivierung erfolgt auf Projektebene; projektspezifische Ordnungsstrukturen bleiben dabei erhalten. Hochgeladene und veröffentlichte Datensätze werden

⁵⁸ Siehe <https://github.com/solid/web-access-control-spec> (abgerufen am 29.05.2020).

⁵⁹ Eine gute Übersicht zum Thema User-Centered-Design bietet: STILL und KRANE 2017. Aktuelle Entwicklungen zum Thema Human-Computer-Interaction können zum Beispiel über die Aktivitäten des Fachbereichs Mensch-Computer-Interaktion der Gesellschaft für Informatik (<https://fb-mci.gi.de>, abgerufen am 29.05.2020) verfolgt werden.

⁶⁰ Hierzu stehen erprobte Methoden und technische Werkzeuge bereit: SAURO und LEWIS 2016, Kapitel 8.

⁶¹ Zum Thema Web Accessibility wurden Empfehlungen von der W3C aufgesetzt (<https://www.w3.org/standards/webdesign/accessibility#case>, abgerufen am 29.05.2020).

⁶² Die Internationale Organisation für Standardisierung definiert *usability*: "The extent to which a product (service or environment) can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use." ISO 9241 Part 11 (1998).

⁶³ *User experience* geht über *usability* hinaus: "Der Nutzer soll die Anwendung so glücklich und zufrieden wie nur möglich verlassen und idealerweise zurückkehren." JACOBSEN und MEYER 2019, S. 31.

⁶⁴ Die Methode wurde bereits in der Frühphase des World Wide Web entwickelt: NIELSEN (1993).

durch die Zuweisung eines Persistent Identifiers (DOI) zitierfähig gemacht und können über diesen etwa mit klassischen Textpublikationen verknüpft werden.⁶⁵ Gemäß der Archivierung auf Projektebene soll dabei das jeweils eingereichte Projekt eine Landing Page erhalten. Während des Uploadprozesses bestimmen die Datengeber*innen durch die Auswahl einer Creative-Commons-Lizenz über die Nutzungsbedingungen der Forschungsdaten und entscheiden außerdem, ob die Daten zugriffsbeschränkt oder frei zugänglich unter Open-Access-Bedingungen bereitgestellt werden. Dabei werden sie durch den in AP 06 beschriebenen Assistenten bei der Bewertung rechtlicher Fragen unterstützt. Die Datennehmer*innen erhalten entsprechend der gewählten Lizenz und der vergebenen Zugriffsrechte Zugang auf die Daten. Metadaten stehen grundsätzlich unter der CC0-Lizenz und sind somit uneingeschränkt nachnutzbar.

Für das Backend greift das Projektteam auf das OAIS-konforme⁶⁶ Forschungsdatenrepositorium RADAR zurück. Damit stehen von Beginn an die notwendigen Dienste für eine verlässliche Speicherung und Langzeitarchivierung der Forschungsdaten bereit. Bei der Realisierung von RADAR wurden erprobte technische Workflows, Tools und Projektergebnisse vorausgegangener Forschungsprojekte und Kompetenznetzwerke berücksichtigt.⁶⁷ Sie stehen somit auch für *baureka.online* direkt zur Verfügung. RADAR unterstützt ab Sommer 2020 und damit rechtzeitig für *baureka.online* disziplinspezifische Metadatenschemata, wodurch das in AP 03 entwickelte Schema berücksichtigt werden kann.

Für die für *baureka.storage* vorgesehene Cloud-Funktionalität wird über bestehende Cloud-Angebote des DFN-Vereins⁶⁸ umgesetzt. Über die dort eingesetzte Software NextCloud ist der einfache Upload, die Organisation von Forschungsdaten und deren Speicherung während eines laufenden Projekts gewährleistet.⁶⁹ Über eine in diesem AP zu entwickelnde Erweiterung für NextCloud ("Plugin") können die Datengeber*innen einfach Dateien und Verzeichnisse in ihrem NextCloud-Arbeitsbereich auswählen und als Datenpaket nach RADAR transferieren. Dort können die Datengeber*innen Metadaten ergänzen und Datenkurator*innen eine formale und inhaltliche Prüfung durchführen.

Um auch große Bilder effektiv anzeigen zu können, wird *baureka.storage* die Image und Presentation API des International Image Interoperability Frameworks (IIIF)⁷⁰ implementieren. Dazu werden Bilder in *baureka.storage* neben dem Originalformat auch in geeigneten Formaten für die effiziente Anzeige über IIIF abgelegt (z.B. Pyramidial TIFF).

AP 05b – Technische Entwicklung *baureka.index*

Implementierung: FIZ 11 PM

Test und Evaluierung: TUB 2 PM

baureka.index ist als Metadaten-Katalog auf Basis eines Linked-Data-Servers geplant. Das in AP 03 entwickelte Metadatenschema muss dafür in einer formalen Darstellung als Ontologie und dann für die Implementierung in RDF übertragen. Der Linked-Data-Server bildet die Grundlage einer Suchfunktion, die Inhalte aus *baureka.storage* und relevanten Bestände aus inhaltlich verwandten Archiven und Repositorien erfasst. Hierbei werden neben etablierten Verfahren wie Metadaten-Harvesting via OAI-PMH auch die im Rahmen des NFDI-Prozesses entstehenden (Linked Data) Schnittstellen berücksichtigt.

⁶⁵ Die Vergabe der Digital Object Identifier (DOI) erfolgt durch Institutionen, die der internationalen Non-Profit-Organisation DataCite angehören.

⁶⁶ Vgl. NEUROTH 2010, Kap. 4 und THE CONSULTATIVE COMMITTEE FOR SPACE DATA SYSTEMS 2012.

⁶⁷ OpenInfra, DigiCult e.V., eSciDoc, Nestor, EUDAT CDI. Für die meisten der genannten Projekte und Netzwerke wurden die Erkenntnisse und Ergebnisse umfangreich publiziert. Vgl. HENZE et al. 2013.

⁶⁸ <https://www.dfn.de/dfn-cloud/syncshare-dienste/> (abgerufen am 03.06.2020)

⁶⁹ Bei der Nutzung der Dienste entstehen gegebenenfalls Kosten für die Forscher*innen, die die Anbieter der Dienste direkt und an *baureka.online* vorbei in Rechnung stellen.

⁷⁰ <https://iiif.io/> (abgerufen am 29.05.2020).

Die wenigsten Partner können bislang eine REST-Schnittstelle anbieten, sodass die Verknüpfung zunächst nur über einen Metadatenexport aus lokalen Systemen heraus möglich sein wird. Diese Metadaten müssen aufbereitet, transformiert und in den Linked-Data-Server von *baureka.index* importiert werden. Bestandteil dieses Arbeitspakets sind daher auch die notwendigen Metadata Crosswalks. Für die Implementierung wird auf etablierte Open-Source-Komponenten zurückgegriffen, um die Entwicklungszeit zu verkürzen und den Aufwand für die Softwarepflege in der Betriebsphase möglichst gering zu halten.

Über die vom *baureka.online*-System intern verwendeten Web-Service-Schnittstellen kann unter Berücksichtigung von Rechten und Rollen auch von außen zugegriffen werden. Über eine SPARQL-Schnittstelle können alle Metadaten gesucht und im RDF/XML-Format abgerufen werden. Dies ermöglicht es Dritten, die Daten aus *baureka.online* auch in anderen Kontexten nachzunutzen (z.B. mit anderen Frontends, in Wikidata oder NFDI-Konsortien wie NFDI4Objects und NFDI4Culture).

AP 06 – Rechtliche Rahmenbedingungen

TUB 4 PM

FIZ 9 PM

Wie in 2.2.5 dargelegt, wirft die Veröffentlichung von Bauforschungsdaten diverse Rechtsfragen auf. Um für Datengeber*innen während des Publikationsprozesses zu unterstützen, rechtskonforme Entscheidungen zu treffen, wird *baureka.online* auf zwei Ebenen Hilfe anbieten. Dazu wird zunächst der in 2.2.5 erläuterte Entscheidungsbaum entwickelt. Dieser wird auch Spezifika typischer Reproduktionstechniken und Datentypen berücksichtigen (z.B. bereitet die Abgrenzung, ob ein LIDAR-Scan eine bloße technische Reproduktion von Messwerten oder ein schutzfähiges Lichtbild darstellt, Schwierigkeiten. Sie wirkt sich darauf aus, ob diese Erzeugnisse uneingeschränkt nachgenutzt werden können oder ob hierfür eine Rechteklärung notwendig ist). Damit können Entscheidungen in manchen Fällen deutlich vereinfacht werden. Insgesamt sind hier insbesondere Aspekte des Urheber- bzw. Leistungsschutzrechts sowie des Eigentums-, Denkmalschutz-, Datenschutz- und Persönlichkeitsrechts zu berücksichtigen, sowohl auf nationaler wie auf europäischer Ebene.

Auf Basis des Entscheidungsbaums entsteht ein Assistent für *baureka.online*, der die Datengeber*innen bei der rechtlichen Bewertung hochgeladener Daten unterstützt. Anhand einfacher Fragen für jede hochgeladene Datei gibt er eine Einschätzung über deren rechtliche Situation, notwendige Einverständniserklärungen und eventuelle Sperrfristen. Vorformulierte Einverständniserklärungen unterstützen die Datengeber*innen im Prozess der Rechteklärung. Der jeweilige Stand der Klärung wird pro Datei verwaltet. Für Massendaten wie z.B. Fotos für Structure-From-Motion-Verfahren kann die Rechteklärung dabei auf Ebene des übergeordneten Verzeichnisses für alle untergeordneten Dateien erfolgen. Bei der Publikation eines Projekts überprüft das System, ob für alle Dateien eine entsprechende Rechteklärung vorliegt. Auch bei der Wahl der passenden Lizenz für die veröffentlichten Daten hilft der dialogorientiert arbeitende Assistent mit einem "License Picker".

IANUS hat umfängliche Vorarbeiten bei der Bewertung von Rechtsfragen geleistet.⁷¹ Unterschiedliche Fragestellungen in Archäologie und Historischer Bauforschung erfordern jedoch umfängliche Anpassungen. Darüber hinaus unterliegen Gesetzgebung und Rechtsprechung Änderungen, weshalb eine durchgehende juristische Begleitung über die gesamte Projektlaufzeit vorgesehen ist. Der Bereich "Immaterialgüterrecht" von FIZ Karlsruhe ist über *baureka.online* hinaus auch an mehreren NFDI-Konsortien beteiligt und kann so potenzielle Synergien heben und die Rechtsfragen noch umfassender in den Blick nehmen.

⁷¹ https://www.ianus-fdz.de/projects/ap6-geschaeftsmodell/wiki/Expertise_AP6_2 (abgerufen am 05.06.2020)

AP 07 – Kosten und Nachhaltigkeit von *baureka.online*

TU B 10 PM

FIZ 2 PM

baureka.online ist eine auf Dauer angelegte Informationsinfrastruktur. Deshalb ist es wesentlich, von Beginn an die Kosten des laufenden Betriebs einzuplanen und ein nachhaltiges Betriebsmodell zu entwickeln. Die Betriebskosten setzen sich aus drei Elementen zusammen:

- Personalkosten für die Betreuung der Community, die Datenkuratierung, den Betrieb und die Softwarepflege (zwei 50%-Stellen)
- Betriebskosten für die notwendige IT-Infrastruktur (virtuelle Maschinen, Speicherplatz, etc.)
- Kosten für die Langzeitarchivierung der Forschungsdaten

Schon bei der Konzeption des Angebots wurde darauf geachtet, die laufenden Betriebskosten möglichst gering zu halten. Dies betrifft sowohl die notwendige IT-Infrastruktur wie auch das Personal. Durch die Einbeziehung bestehender Angebote, insbesondere im Bereich der Langzeitarchivierung, können Synergien mit anderen Diensten genutzt werden. Dadurch kalkulieren wir mit Betriebskosten von unter 100 Tsd. € pro Jahr, was für ein diszipliniertes Forschungsdatenzentrum sehr günstig ist.

Ein nachhaltiges Angebot von *baureka.online* wird trotzdem verschiedene Refinanzierungsmodelle kombinieren müssen. Dazu zählt neben Eigenleistungen der Antragstellenden und kostenpflichtigen institutionellen Mitgliedschaften insbesondere die Beteiligung der Datengeber*innen an den Kosten für die Langzeitarchivierung, die über die von RADAR angebotenen Einmalzahlungen für Projekte und Einzelpersonen nachvollziehbar und einfach zu kalkulieren sind. Aktuell liegen die Kosten für die Datenpublikation bei ca. 5 Tsd. €/TB, wobei es sich um eine Einmalzahlung mit der Zusicherung einer mindestens 25-jährigen Speicherdauer handelt. Die dafür notwendigen Mittel können die Forscher*innen bei neuen Projekten mit beantragen. Für die bestehenden Pilotprojekte werden die notwendigen Mittel für die Langzeitarchivierung mit beantragt, da diese Projekte bereits abgeschlossen und im Nachhinein keine Mittel mehr aufbringen können. *baureka.online* soll nach Möglichkeit für die Datennutzer*innen dauerhaft kostenlos bleiben.

Durch die enge Anbindung an die NFDI und insbesondere NFDI4Objects können Synergien nicht nur im Bereich von Standards und Interoperabilität genutzt werden, sondern auch bei der Beratung, der Datenkuratierung, der Community-Arbeit und dem Betrieb bzw. der Weiterentwicklung von Infrastrukturkomponenten. Dies trägt zu einer weiteren Senkung der Betriebskosten bei und eröffnet gleichzeitig *baureka.online* eine langfristige Perspektive. Das konkrete Nachhaltigkeitskonzept wird daher im Projektverlauf in enger Abstimmung mit NFDI4Objects finalisiert, sobald deren Konsortialantrag bewilligt ist. Dieses Vorgehen lässt Raum für angepasstes Vorgehen, sollte NFDI4Objects wider Erwarten weder in der zweiten noch in der dritten Antragsrunde der NFDI-Ausschreibung⁷² erfolgreich sein.

2.4 Maßnahmen zur Erfüllung der Förderbedingungen und Umgang mit den Projektergebnissen

Bei der Konzeption des Projekts wurde darauf geachtet, mit RADAR ein etabliertes Forschungsdatenrepositorium einzubinden, das sowohl die erforderliche Langzeitarchivierung der in *baureka.storage* abgelegten Daten sicherstellt als auch eine Verstetigung der Plattform über den Förderzeitraum hinaus ermöglicht. Die Konkretisierung des Nachhaltigkeitskonzepts für den Betrieb und weiteren Ausbau von *baureka.online* ist Teil des Projekts (siehe Abschnitt 2.3 - AP 07). Zentral ist dabei die enge Kooperation mit der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur und insbesondere mit dem Konsortium NFDI4Objects. Der Bedarf für eine fachspezifische Forschungsdateninfrastruktur und

⁷² siehe https://www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2020/info_wissenschaft_20_29/index.html (abgerufen am 04.06.2020)

die Anforderungen der Community wurden durch die im Vorfeld des Projekts durchgeführte Umfrage dokumentiert und waren zentrales Thema des Workshops im März 2017 in Aachen (siehe Anhang II).

Das Projekt baureka.online strebt grundsätzlich an, möglichst viele existierende Komponenten einzusetzen und den Anteil selbstentwickelter Software gering zu halten. Alle eigenentwickelte Software wird als Open Source veröffentlicht (vorzugsweise unter der Apache Software License 2.0).

Sämtliche während der Projektentwicklung erstellten Dokumente werden unter der Creative-Commons-Lizenz Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)⁷³ auf der Projektwebseite (<https://baureka.online/>) veröffentlicht sowie auf dem Publikationsserver der RWTH Aachen (RWTH Publications) hochgeladen und stabil adressiert. Während der Projektentwicklung eingereichte und verwendete Forschungsdaten werden nur nach Zustimmung der Datengeber*innen unter Open-Access-Bedingungen in baureka.storage veröffentlicht.

2.5 Erläuterungen zur inhaltlichen und finanziellen Projektbeteiligung von Kooperationspartnerinnen und Kooperationspartnern im Ausland

Trifft nicht zu.

3 Literaturverzeichnis

ABBOTT, Daisy: „What is Digital Curation?“. In: *DCC Briefing Papers: Introduction to Digital Curation*, Edinburgh 2008, <http://www.dcc.ac.uk/resources/briefing-papers/introduction-curation/what-digital-curation> (abgerufen am 29.05.2020).

AMANN, Julian: *Eine objektorientierte Sprache zur Einbettung von Interpretationssemantik in digitale Bauwerksmodelle ; An object-oriented language for embedding interpretation semantics in digital building models*. Hochschulschrift. Technische Universität München, 2019. <http://mediatum.ub.tum.de/node?id=1453871> (abgerufen am 29.05.2020).

Arera-Rütenik et al.: Die Nürnberger Großkirchen. Best Practice für die digitale Erfassung komplexer Baudenkmale - Ein semantisch annotierter Plansatz (NGK). Jahresbericht 2019

BEEZ, Jakob et al.: „Enrichment and Preservation of Architectural Knowledge“. In: Münster, Sander et al. (Hg.): *3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage*, Cham 2016, S. 231–255, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_11.

BEEZ, Jakob / KRIJNEN, Thomas: „An IFC schema extension and binary serialization format to efficiently integrate point cloud data into building models“. In: *Advanced Engineering Informatics* 33 (2017), S. 473-490, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.03.008>

BERNERS-LEE, Tim / HENDLER, James: „From the Semantic Web to social machines: A research challenge for AI on the World Wide Web“. In: *Artificial Intelligence* 174 (2010), S. 156-161, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.artint.2009.11.010>.

BLOOR, Robin: „The Graph Database and the RDF Database“. In: *Inside Analysis* 2015, <https://insideanalysis.com/the-graph-database-and-the-rdf-database/> (abgerufen am 29.05.2020).

BLÜMEL, Ina: *3D-Forschungsdaten*, Präsentation auf der Tagung ‚3D Digital Heritage‘ an der HU Berlin, 20. Juni 2017.

BLÜMEL, Ina: *Metadatenbasierte Kontextualisierung architektonischer 3D-Modelle* (Dissertation HU Berlin), 2013, URN:nbn:de:kobv:11-100214930.

BOLD, John / THORNES, Robin: „Core Data Index to Historic Building and Monuments of Architectural Heritage“. In: Dies. (Hg.): *Documenting the Cultural Heritage*, Los Angeles 1998.

CHAN, Lois Mai / ZENG, Marcia Lei: „Metadata Interoperability and Standardization – A Study of Methodology“. In: *D-Lib Magazine* 12, 6 (2006), <http://www.dlib.org/dlib/june06/chan/06chan.html> bzw. <http://www.dlib.org/dlib/june06/zeng/06zeng.html> (abgerufen am 29.05.2020).

THE CONSULTATIVE COMMITTEE FOR SPACE DATA SYSTEMS (Hg.): *Reference Model for an Open Archival Information System (OAIS)*, Washington 2012.

DALLY, Ortwin et al.: „IANUS. Die Konzeption eines nationalen Forschungsdatenzentrums für die Archäologie und die Altertumswissenschaften“. In: *Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen* 42 (2013), S. 118-127.

⁷³ <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> (abgerufen am 29.05.2020)

DE LUCA, Livio: „What Do Thirty-One Columns Say about a ‚Theoretical‘ Thirty-Second?“. In: *Journal on Computing and Cultural Heritage* 1 (2015), DOI: <https://doi.org/10.1145/2700425>.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (Hg.): *Leitlinien zum Umgang mit Forschungsdaten*, Bonn 2015, https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/antragstellung/forschungsdaten/richtlinien_forschungsdaten.pdf (abgerufen am 29.05.2020).

DUDEK, Iwona et al.: „How was this done? An attempt at Formalising and Memorising a Digital Asset’s Making-Of“. In: *Proceedings of the 2nd International Congress on Digital Heritage 2015*, Vol. 2, *Assessment of Methodologies and Tools in DH*, IEEE Computer Society, 2015, S. 343-346.

ETCHES, Amanda / PHETTEPLACE, Eric: „Know Thy Users: User Research Techniques to Build Empathy and Improve Decision-Making“. In: *Reference & User Services Quarterly* 53 (2013), S. 13-17.

EUROPÄISCHE UNION (Hg.): *Riding the Wave – How Europe can gain from the rising tide of scientific data. Final report of the High Level Expert Group on Scientific Data. A submission to the European Commission*, 2010, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-agenda-unlock-full-value-scientific-data-high-level-group-presents-report> (abgerufen am 29.05.2020).

FERNIE, Kate / D’ANDREA, Andrea: „CARARE 2.0 – A Metadata Schema for 3D Cultural Objects“. In: *Proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress*, Marseille 2013, S. 137-143.

GARRETT, Jesse J.: *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*, London 2010.

GORDON, Robert B.: „The Interpretation of Artifacts in the History of Technology“. In: Lubar, Steven / Kingery, W. David (Hg.). *History from Things*, Washington 1993, S. 74-93.

GROßMANN, G. Ulrich: *Einführung in die Bauforschung*, Darmstadt 2010.

HAUCK, Oliver / KUROCZYŃSKI, Piotr: „Cultural Heritage Markup Language – How to Record and Preserve 3D Assets of Digital Reconstruction“. In: *19th Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, Wien 2014, <http://www.chnt.at/digital-reconstruction-of-cultural-heritage-a-matter-of-documentation/> (abgerufen am 29.05.2020).

HASSENZAHL, Marc / TRACTINSKY, Noam: „User Experience – A Research Agenda“. In: *Behaviour & Information Technology* 25, 2 (2006), DOI: <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>.

HENZE, Frank et al.: „Concepts and technologies for a comprehensive information system for historical research and heritage documenta- tion“. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-5/W2* (2013), S. 325-330, DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W2-325-2013>.

HISTORIC ENGLAND (Hg.): *BIM for Heritage. Developing a Historic Building Information Model*, Swindon 2017.

HOPPE, Stephan / SCHELBERT, Georg: „Für ein verstärktes Engagement in den Digital Humanities. Der Arbeitskreis Digitale Kunstgeschichte“. In: *AKMB-news* 19, 2 (2013), S. 40-42.

JANNIDIS, Fotis / KOHLE, Hubertus / REHBEIN, Malte (Hg.): *Digital Humanities. Eine Einführung*, Stuttgart 2017.

JACOBSEN Jens / MEYER, Lorena: *Praxisbuch Usability und UX*, Bonn 2019.

KRIJNEN, Thomas / BEETZ, Jakob: „An efficient binary storage format for IFC building models using HDF5 hierarchical data format“. In: *Automation in Construction*, 113, 2020.

KUROCZYŃSKI, Piotr / HAUCK, Oliver / DVORAK, Daniel: „3D Models on Triple Paths - New Pathways for Documenting and Visualizing Virtual Reconstructions“. In: Münster, Sander et al. (Hg.). *3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage*, Cham 2016, S. 149-172, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_8.

DE LUCA, Livio et al.: „A semantic-based platform for the digital analysis of architectural heritage“. In: *Computers & Graphics* 35 (2011), S. 227-241, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2010.11.009>.

MÜNSTER, Sander et al.: *3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage*, Cham 2016, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6>.

NAUJOKAT, Anke / GLITSCH, Tobias / MARTIN, Felix: *Rohdaten und Auswertung der Bedarfsanalyse zum Projekt ‚baureka.online‘*, Aachen 2017, URL: <https://baureka.online/downloads.html>.

NAUJOKAT, Anke / GLITSCH, Tobias / MARTIN, Felix: *Bericht über den Auftaktworkshop zum Projekt ‚baureka.online‘*, Aachen 2017, URL: https://baureka.online/assets/baureka_tagungsbericht.pdf.

NIELSEN, Jakob: *Designing Web Usability: The Practice of Simplicity*, Thousand Oaks 1999.

NIELSEN, Jakob: „Iterative User Interface Design“. In: *Computer* 26, 11 (Nov. 1993).

NEUROTH, Heike et al.: *Nestor-Handbuch. Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung, Version 2.3*, Göttingen 2010, URN:nbn:de:0008-2010071949.

- NEUROTH, Heike et al.: *Langzeitarchivierung von Forschungsdaten – Eine Bestandsaufnahme*, Göttingen 2012. OECD (Hg.): *OECD Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding*, Paris 2007.
- PFARR-HARFST, Mieke: "Typical Workflows, Documentation Approaches and Principles of 3D Digital Reconstruction of Cultural Heritage". In: *Lecture notes in computer science*, 10025, 2016, S. 32-46.
- PIWOWAR, Heather A. et al.: "Sharing Detailed Research Data is Associated with Increased Citation Rate". In: *Plos ONE* 2, 3 (2007), DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000308>.
- PÖCHTRAGER, Markus et al.: "Automated Reconstruction of Historic Roof Structures from Point Clouds – Development and Examples". In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences IV-2/W2* (2017), DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W2-195-2017>.
- PÖCHTRAGER, Markus et al.: "Bridging the Gap. Digital Models of Historic Roof Structures for Enhanced Interdisciplinary Research". In: *SCIRES-IT - SCientific RESearch and Information Technology*, Voö. 10 No. 1 2020 (angenommen, erscheint Juni 2020).
- PROWN, Jules D.: "Material/culture. Can the farmer and the cowman still be friends?". In: Kingery, W. David (Hg.). *Learning from things. Method and Theory of Material Culture studies*, Washington 1996, S. 19-30.
- RASPE, Martin / SCHELBERT, Georg: „ZUCCARO. Ein Informationssystem für die historischen Wissenschaften“. In: *IT Information Technology* 51 (2009), S. 207-215, DOI: <https://doi.org/10.1524/itiit.2009.0543>.
- RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN (Hg.): *Datendienste nachhaltig gestalten. Ein Diskussionsimpuls zur Weiterentwicklung von Forschungsdateninfrastrukturen*, Göttingen 2020, <http://www.rfii.de/?p=4313> (abgerufen am 29.05.2020).
- RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN (Hg.): *Entwicklung von Forschungsdateninfrastrukturen im internationalen Vergleich. Bericht und Anregungen*, Göttingen 2017, <http://www.rfii.de/?p=2346> (abgerufen am 29.05.2020).
- RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN (Hg.): *Ein Diskussionsimpuls zu Zielstellung und Voraussetzungen für den Einstieg in die Nationale Forschungsdateninfrastruktur*, Göttingen 2017, <http://www.rfii.de/?p=2269> (abgerufen am 29.05.2020).
- RAT FÜR INFORMATIONENINFRASTRUKTUREN (Hg.): *Leistung aus Vielfalt. Empfehlungen zu Strukturen, Prozessen und Finanzierung des Forschungsdatenmanagements in Deutschland*, Göttingen 2016, <http://www.rfii.de/?p=1998> (abgerufen am 29.05.2020).
- SANDERSON, Kay: "Paradata and Transparency in Virtual Heritage". In: *The Electronic Library*, 32, 5, 2014, S. 764-765.
- SAURO, Jeff / LEWIS James R.: *Quantifying the User Experience – Practical Statistics for User Research*. Cambridge MA (2016).
- SCHELBERT, Georg: „Bild und Inhalt: Überlegungen zu einem kunsthistorischen Bilddatenbanksystem“. In: Filatkina, Natalia / Münch, Birgit U. / Kleine-Engel, Ane: *Formelhaftigkeit in Text und Bild: Historische Perspektiven und moderne Technologien*, Wiesbaden 2012, S. 273-283.
- STILL, Brian / CRANE, Kate: *Fundamentals of User-Centered Design: A Practical Approach*, Cleveland 2017.
- STUPIN, Paul: *Von der Punktwolke zum parametrischen Gebäudedatenmodell – Building Information Modeling in der historischen Bauforschung und der praktischen Denkmalpflege*. Masterarbeit, TU Berlin, 2019. Betreuung: Hermann Schlimme, Timo Hartmann.
- THE MEDIEVAL KINGDOM OF SICILY, <http://kos.aahvs.duke.edu/index.php> (aufgerufen 29.05.2020)
- TROGNITZ, Martina: „Archivierung bei IANUS“. In: IANUS (Hg.). *IT-Empfehlungen für den nachhaltigen Umgang mit digitalen Daten in den Altertumswissenschaften* (2017), S. 257-265, DOI: <http://dx.doi.org/10.13149/000.y47ct-t>.
- UNESCO (Hg.): *Charta zur Bewahrung des kulturellen Erbes*, Paris 2003.
- VISUALIZING VENICE, <http://www.visualizingvenice.org/> (abgerufen 29.05.2020)
- WERBROUCK, Jeroen / PAUWELS, Pieter / BEETZ, Jakob / VAN BERLO, Léon: "Towards a Decentralised Common Data Environment using Linked Building Data and the Solid Ecosystem". In: *Advances in ICT in Design, Construction and Management in Architecture, Engineering, Construction and Operations (AECO) : Proceedings of the 36th CIB W78 2019 Conference*, S.113-123. <https://biblio.ugent.be/publication/8633673> (abgerufen am 29.05.2020).
- WISSENSCHAFTSRAT (Hg.): *Empfehlungen zur Weiterentwicklung wissenschaftlicher Informationsinfrastrukturen in Deutschland bis 2020*, Berlin 2012, <https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/2359-12.pdf> (abgerufen am 29.05.2020).
- WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (Hg.): *RDF/XML Syntax Specification (Revised) – W3C Recommendation 25 February 2014*, 2014, <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/> (abgerufen am 29.05.2020).
- ZAPILKO, Benjamin et al.: "Applying Linked Data Technologies in the Social Sciences". In: *KI – Künstliche Intelligenz* 30 (2016), S. 159, DOI: <https://doi.org/10.1007/s13218-015-0416-6>.