

## Visualisierung

Matthias Razum\*, Sandra Göller, Harald Sack, Tabea Tietz, Oleksandra Vsesviatska, Gerhard Weilandt, Marc Grellert und Torben Scharm

# TOPORAZ

Ein digitales Raum-Zeit-Modell für vernetzte Forschung am Beispiel Nürnberg

<https://doi.org/10.1515/iwp-2020-2094>

**Zusammenfassung:** TOPORAZ ist eine virtuelle Forschungsumgebung, die ein wissenschaftlich fundiertes 3D-Modell des Hauptmarktes der Stadt Nürnberg in vier Zeitstufen mit einer Datenbank verknüpft. Diese Plattform für die objekt- und raumbezogene geisteswissenschaftliche Forschung verbindet vielfältige Quellen und Literatur mit den Gebäuden des 3D-Modells über Verknüpfungspunkte (Hotspots). TOPORAZ unterstützt übergreifende Forschungsansätze und vernetztes, transdisziplinäres Arbeiten.

**Deskriptoren:** Archiv, Datenanalyse, Datenmodell, Geschichte, Informationssystem, Semantisches Netz, Visualisierung, Webanwendung, 4-D-Modell

---

**\*Kontaktperson: Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Matthias Razum,** FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: [matthias.razum@fiz-karlsruhe.de](mailto:matthias.razum@fiz-karlsruhe.de)

**Sandra Göller, M.A.,** FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: [sandra.göller@fiz-karlsruhe.de](mailto:sandra.göller@fiz-karlsruhe.de)

**Prof. Dr. Harald Sack,** FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: [harald.sack@fiz-karlsruhe.de](mailto:harald.sack@fiz-karlsruhe.de)

**Tabea Tietz, M.A.,** FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: [tabea.tietz@fiz-karlsruhe.de](mailto:tabea.tietz@fiz-karlsruhe.de)

**Oleksandra Vsesviatska, M.A.,** FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, E-Mail: [oleksandra.vsesviatska@fiz-karlsruhe.de](mailto:oleksandra.vsesviatska@fiz-karlsruhe.de)

**Prof. Dr. Gerhard Weilandt,** Universität Greifswald, Caspar-David-Friedrich-Institut – Fachbereich Kunstgeschichte, Rubenowstraße 2b, 17489 Greifswald, E-Mail: [gerhard.weilandt@uni-greifswald.de](mailto:gerhard.weilandt@uni-greifswald.de)

**Dr. Ing. Marc Grellert,** Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten, El-Lissitzky-Straße 1, 64287 Darmstadt, E-Mail: [grellert@dg.tu-darmstadt.de](mailto:grellert@dg.tu-darmstadt.de)

**Torben Scharm,** Freier Projektmitarbeiter, Köln, E-Mail: [torben.scharm@posteo.de](mailto:torben.scharm@posteo.de)

### A digital space-time model for interconnected research using the example of Nuremberg

**Abstract:** TOPORAZ is a virtual research environment that links a scholarly sound 3D model of the ‘Hauptmarkt’ (main market) of the city of Nuremberg to a database in four time layers. This platform for object- and space-related research in the humanities combines a variety of sources and literature with the buildings of the 3D model by means of hotspots. TOPORAZ supports comprehensive research approaches and interconnected, transdisciplinary work.

**Descriptors:** Archive, Data analysis, Data model, History, Information system, Semantic network, Visualization, Web application, 4-D model

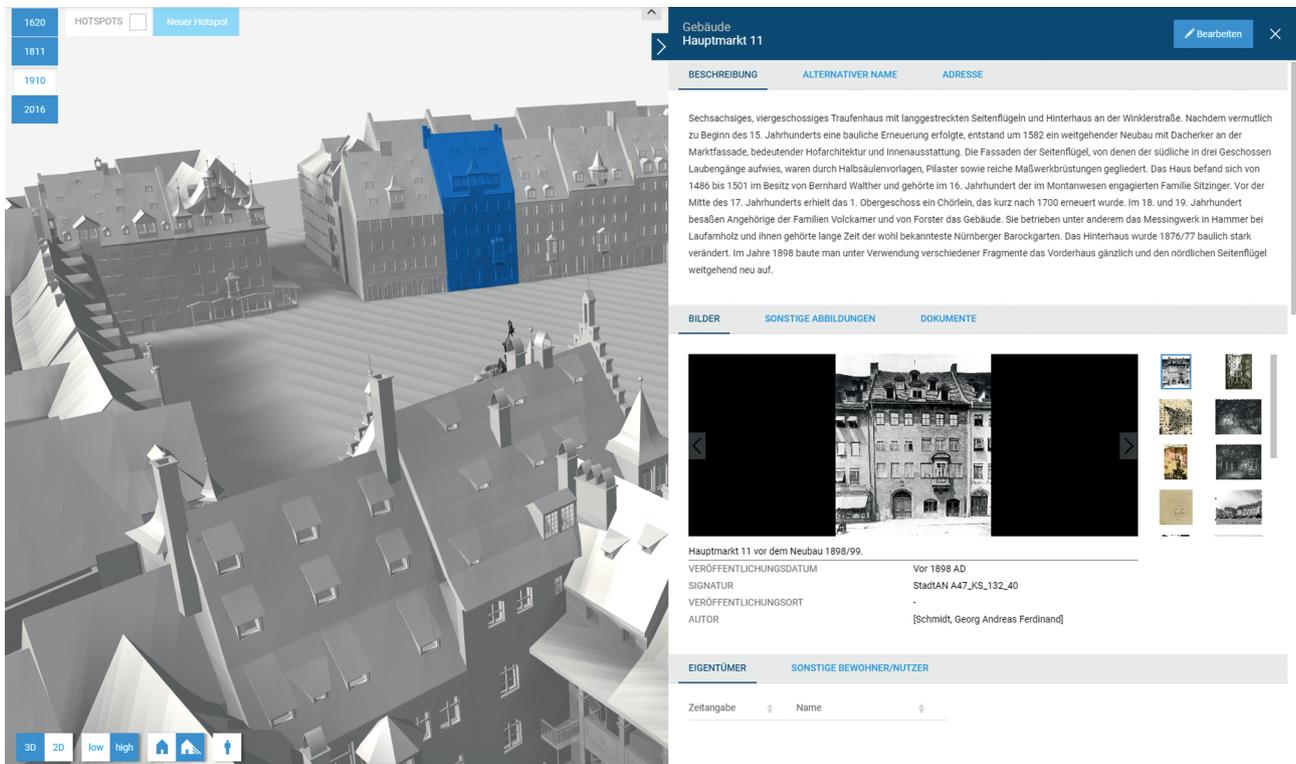
### Un modèle numérique espace-temps pour la recherche en réseau à l'exemple de Nuremberg

**Résumé:** TOPORAZ est un environnement de recherche virtuel qui combine un modèle 3D scientifique du ‘Hauptmarkt’ (marché principal) de la ville de Nuremberg à une base de données en quatre niveaux temporels. Cette plateforme de recherche en sciences humaines liée à l’objet et à l’espace relie un large éventail de sources et de littérature aux bâtiments du modèle 3D via des points de connexion (hotspots). TOPORAZ soutient des approches de recherche intégrales et des travaux transdisciplinaires en réseau.

**Descripteurs:** Archive, Analyse des données, Modèle de données, Histoire, Système d’information, Réseau sémantique, Visualisation, Application web, Modèle 4-D

## Einführung

Stadttraumforschung und Kunstgeschichte gehen bei ihrer Analyse üblicherweise vom ortsgebundenen Objekt aus – z. B. einem Gebäude oder Straßenzug. Die 3D-Rekonstruktion nicht mehr existierender oder stark veränderter Gebäude, Gebäudekomplexe oder auch ganzer topografischer Räume ist inzwischen ein etabliertes Verfahren in



**Abbildung 1:** Virtuelle Forschungsumgebung mit selektiertem Gebäude Hauptmarkt 11 und ausgeklappten Info-Panel – Screenshot aus TOPORAZ.

den Digital Humanities.<sup>1</sup> Trotzdem verfügen die geisteswissenschaftlichen Disziplinen, die den historischen Raum erforschen, bislang noch nicht über allgemein anerkannte Informationsinfrastrukturen zur interdisziplinären und interaktiven Forschungskooperation (Münster und Köhler, 2016). Aufgrund unzulänglicher Werkzeuge fehlt bislang oft der direkte Bezug der Objekte zu archiva- lischem und sonstigem Quellenmaterial, das über ihre Entstehung, Funktion und Bedeutung Aufschluss gibt.

Hier bietet das Projekt TOPORAZ<sup>2</sup> (Nürnberger Topo- graphie in Raum und Zeit) einen maßgeblichen Lösungs- ansatz, in dem wir ein wissenschaftlich fundiertes 3D-Modell des Nürnberger Hauptmarktes in vier Zeitstufen unmittelbar mit einer Datenbank verknüpft haben, in welcher viele der verfügbaren Quellen zu Personen, Ereignissen und Bauten neu erschlossen wurden. Denn neben der optischen Raumdarstellung mit dem 3D-Modell will TOPORAZ auch das erfassen, was über die Vergangenheit des untersuchten Stadtraums und der darin lebenden Menschen bekannt ist. So können historische Fotos, Zeichnungen, Grafiken und Pläne ebenso gespeichert wer-

den wie historische Schriftquellen, etwa Urkunden, Adressbücher und Chroniken. Durch die Verknüpfung dieser Informationen direkt mit den Gebäuden im 3D-Modell werden die historischen Ereignisse, von denen die Quellen berichten, direkt an dem Ort sichtbar, an dem sie stattfanden. Wählt man ein Gebäude im 3D-Modell des Stadtviertels aus, erscheinen unmittelbar weiterführende Informationen aus der Datenbank (siehe Abbildung 1). TOPORAZ dient so als Plattform für die Zusammenführung von heterogenen Forschungsdaten aller historischen Disziplinen.

Jedes Stadtbild verändert sich im Laufe der Jahrhun- derte. Die Zäsur des Zweiten Weltkriegs ist in Nürnberg überdeutlich: die Altstadt wurde damals weitgehend dem Erdboden gleichgemacht und verändert wiederaufgebaut. Auch in den Jahrhunderten zuvor wurde abgerissen, neu- und umgebaut. Deshalb verfügt TOPORAZ über vier Zeit- stufen mit vier verschiedenen 3D-Modellen: 1620, 1811, 1910 und 2016. Das macht es möglich, die Stadtent- wicklung am Modell direkt nachzuvollziehen. Für TOPORAZ war dabei eine fotorealistische und dadurch oftmals spe- kulative Rekonstruktion<sup>3</sup> nicht das Ziel. Es sollte nur das gezeigt werden, was über Nürnberg aufgrund der Quellen-

<sup>1</sup> Siehe dazu Abschnitt „Vorarbeiten“.

<sup>2</sup> Gefördert von der Leibniz-Gemeinschaft von 2015-2018, siehe <https://www.toporaz.de/> [4.5.2020].

<sup>3</sup> Siehe dazu auch (Grellert und Haas, 2016).

lage zu belegen ist. Dies führte zur Entscheidung, Gebäude bewusst mit vereinfachten Geometrien zu rekonstruieren und auf aufwändige Texturierungen zu verzichten.

Durch die Verbindung von Objekten und heterogenen Quellen können ganz neue Erkenntnisse über die Personen-Raum-Strukturen der Reichsstadt Nürnberg von den Anfängen der Überlieferung bis zur Gegenwart erzielt werden. Das kann bei dem zunächst gewählten kleinen Stadtareal – dem Nürnberger Hauptmarkt mit den unmittelbar anschließenden Gassen – noch nicht voll zum Tragen kommen. Wichtig war, die methodischen und technischen Grundlagen zu schaffen, um darauf aufbauend perspektivisch die gesamte Altstadt zu erforschen. Für TOPORAZ war deshalb nicht entscheidend, wie viele Häuser modelliert und ob die verfügbaren Informationen dazu vollständig erfasst sind, sondern ob der gewählte Ansatz paradigmatisch ist, d. h. die Struktur der virtuellen Forschungsumgebung tragfähig ist, um das Modell erweitern oder für andere topografische Fragestellungen nachnutzen zu können. Seit März 2020 läuft nun das Projekt TRANSRAZ,<sup>4</sup> das die konzeptionellen Vorarbeiten aus TOPORAZ aufgreift und die gesamte Altstadt innerhalb der letzten Stadtumwallung<sup>5</sup> als Untersuchungsgebiet abdecken wird.

## Vorarbeiten

In den letzten Jahren gab es einige Projekte, deren Fokus über die Erstellung digitaler 3D-Modelle von Bauwerken oder Städten hinausging. Der Schwerpunkt hat sich von der reinen Visualisierung auf die Vermittlung von Quellmaterial und Fakten in Form von Forschungsdaten verschoben, welche Rekonstruktionen u. a. nachvollziehbar machen und die modellierten Objekte zu Informationsträgern transformieren. Die Verknüpfung digitaler 3D-Modelle mit Daten und der räumlichen sowie zeitlichen Komponente ermöglicht z. B. bauhistorische Entwicklungen, demografische Veränderungen oder historische Ereignisse sichtbar zu machen.

Zu nennen sind u. a. „4D-Stadtmodell. Bamberg um 1300“,<sup>6</sup> „GePam – Landschaft des Gedenkens“,<sup>7</sup> „HistStadt4D–Multimodale Zugänge zu historischen Bildrepro-

sitorien“,<sup>8</sup> „IBR–Inschriften im Bezugssystem des Raumes“,<sup>9</sup> „Patrimonium – Digitale 3D Rekonstruktionen in virtuellen Forschungsumgebungen“<sup>10</sup> und „Wiener Hofburg als 3D-Quellenspeicher“ (Kurdiovsky, et al., 2017).<sup>11</sup> In allen Projekten wurden digitale 3D-Modelle basierend auf unterschiedlichen Quellen (z. B. 2D-Karten, Baubefunden, Geoscans, Archivmaterial, etc.) erstellt und mit Quellmaterial bzw. Daten verknüpft. Ein Teil der Modelle sind Rekonstruktionen von Bauwerken, die je nach Quellenlage in unterschiedlichen Detaillierungsgraden wiedergegeben sind (z. B. 4D-Stadtmodell Bamberg, Patrimonium).

Die 3D-Modelle von GePam und HistStadt4D fungieren primär als Informationsträger und unterstützen Benutzende bei der räumlichen und zeitlichen Orientierung. GePam und das Bamberger Stadtmodell wurden mit dem Google-Dienst Google Earth umgesetzt und ermöglichen einen niedrigschwelligen Zugang. Für HistStadt4D, IBR, Patrimonium und die Wiener Hofburg wurden Virtuelle Forschungsumgebungen (VRE) entwickelt bzw. auf bereits bestehende Anwendungen zurückgegriffen, um eine intensivere und facettenreichere Auseinandersetzung mit den Daten und ihre Nachnutzung zu ermöglichen. Zum Teil sind die Daten mit externen Ressourcen angereichert oder verknüpft, semantisch annotiert und in Form von Linked Data als RDF-Triple in Graphen-Datenbanken recherchier- und nachnutzbar. Das Konzept, 3D-Modelle und Daten zu verknüpfen und für die Forschung wie auch für die interessierte Öffentlichkeit zugänglich zu machen, findet sich bereits in Ansätzen bei Patrimonium, IBR und der Wiener Hofburg. Die Einbeziehung der Ereignisse, Bewohner, ihrer Rollen und Netzwerke hebt TOPORAZ aber von den genannten Beispielen ab.

## Das Projekt TOPORAZ

### Historische Stadtpläne als Grundlage der 3D-Modellierung

Die verbindende Struktur der vier digitalen Stadtmodelle für die verschiedenen Zeitstufen ist der Raum. Räumliche Referenzierung ermöglicht einen vergleichenden Blick auf Stadtmodelle und lässt Veränderungen deutlich werden. Für die digitale Rekonstruktion des Hauptmarktes

<sup>4</sup> Ebenfalls gefördert von der Leibniz-Gemeinschaft von März 2020 bis Februar 2023.

<sup>5</sup> „Stadtbefestigung“, in: (Diefenbacher und Endres, 2000).

<sup>6</sup> <https://www.uni-bamberg.de/bauforschung/forschung/projekte/digitales-stadtmodell/4d/> [4.5.2020].

<sup>7</sup> <http://www.gepam.eu> [4.5.2020].

<sup>8</sup> <http://4dbrowser.urbanhistory4d.org/> [4.5.2020].

<sup>9</sup> <http://www.spatialhumanities.de/ibr/startseite.html> [4.5.2020].

<sup>10</sup> <http://www.patrimonium.net/> [4.5.2020].

<sup>11</sup> <https://hb3d.acdh-dev.oeaw.ac.at/viewer/> [4.5.2020].

war die Kenntnis der Lage der einzelnen Gebäude erforderlich. Diese Aufgabe übernahm die Abteilung Architekturgeschichte des Kunsthistorischen Instituts der Universität Köln.

Als Basis für die 3D-Rekonstruktion dienten historische Stadtpläne, Katasterblätter und Bauaufnahmen sowie aktuelle Katasterdaten der Stadt Nürnberg. Aus diesem Material abgeleitete Gebäudeumrisse bildeten die Grundlage für die 3D-Rekonstruktion. Wichtigster Bezugspunkt dabei war ein Katasterplan von 1910,<sup>12</sup> der einen räumlich ausreichend detaillierten Zustand der Stadt vor dem Zweiten Weltkrieg zeigt. Aufgrund der Blattzuschnitte entlang von Soldner-Koordinaten<sup>13</sup> konnten wir die Scans der Katasterblätter georeferenzieren, also entzerren und auf Geokoordinaten abbilden. Ausgehend von diesem sicheren Anker konnten wir weitere historische Karten für die Zeitstufen 1811 und 1620 georeferenzieren.

Im nächsten Schritt vektorisierten wir die in den Karten verzeichneten Gebäudeumrisse. Problematisch waren in diesem Zusammenhang die Identifizierung einzelner Gebäudeteile sowie die Zusammengehörigkeit der Gebäude. Beispielsweise wurden im Laufe der Zeit Gebäude geteilt oder Gebäudeteile zu einem Gebäude verbunden. Dieser Arbeitsschritt erforderte die Zuhilfenahme weiterer Informationen aus Fotografien oder anderen Karten. Als weitere maßgebliche Datenquelle untersuchten wir historische Bauakten aus dem Stadtarchiv Nürnberg. Die Akten umfassten vorwiegend die Maßnahmen der Jahre 1830 bis 1930, teilweise auch Umbauten aus der Nachkriegszeit. Nach erfolgter Zuordnung von Gebäudeteilen zu Gebäuden innerhalb eines Blocks erhielt jedes Gebäude einen eindeutigen Identifikator, der die Verbindung von 2D-Karten, 3D-Modellen und der Datenbank sicherstellt.

Ausgesprochenes Ziel des TOPORAZ-Projekts war die Entwicklung einer virtuellen Forschungsumgebung, die vollständig im Browser ablauffähig ist und keine Softwareinstallation auf den Computern der Benutzenden erfordert. Daher gliederten wir die teilweise mehrere hundert Megabyte großen gescannten Karten in Kacheln und speicherten sie gemäß dem Tile-Map-Standard. Somit kann die virtuelle Forschungsumgebung die Karten als Slippy Maps<sup>14</sup> anzeigen.

<sup>12</sup> Diese Blätter wurden vom bayerischen Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung bereitgestellt.

<sup>13</sup> Ein historisches kartesisches Koordinatensystem, das auf Johann Georg von Soldner zurückgeht und auf moderne Koordinatensysteme übertragbar ist.

<sup>14</sup> Eine „Slippy Map“ ist eine gekachelte Karte, die für die schnelle Darstellung in einem Webbrowser optimiert wurde.

## Erschließung der Bild- und Schriftquellen

Die virtuelle Forschungsumgebung TOPORAZ gewinnt erst durch die Informationen in der Datenbank ihren Mehrwert. Gleichzeitig dienen die Informationen dort auch als Belege für Rekonstruktionsentscheidungen im 3D-Modell. Daher ist eine umfassende Erschließung einschlägiger Nürnberger Bild- und Schriftquellen essentiell für das Projekt. Die Aufgabe übernahmen die Kunsthistorikerinnen und Kunsthistoriker aus Greifswald. Da die wichtigsten topographischen Quellen im Stadtarchiv Nürnberg lagern, bot es sich an, die Arbeit dort zu beginnen. Glücklicherweise lagen zahlreiche Quellen, insbesondere Bilder, bereits als Digitalisate vor. Fehlende Digitalisierungen führte das Stadtarchiv als assoziierter Projektpartner in der Regel kurzfristig selbst durch.

Insgesamt werteten wir 21 Bestände mit mehreren zehntausend Archivalien aus. Mit dem im Stadtarchiv im Entstehen begriffenen „Häuserbuch“<sup>15</sup> schien zudem eine verlässliche Basis für intensivere Forschungen gelegt. Das Häuserbuch will für alle Häuser Nürnbergs (im Umfang der sogenannten „vorletzten Stadterweiterung“) die jeweilige Bau- und Besitzgeschichte sowie die Nachrichten über deren Besitzer und Bewohner dokumentieren. Allerdings ist der Bearbeitungsstand sehr unterschiedlich. Das Barfußviertel auf der Lorenzer Stadtseite ist fast publikationsreif, während der von TOPORAZ behandelte Stadtraum noch nicht sehr fortgeschritten erschlossen ist, so dass wir selbst intensiv Grundlagenarbeit leisten mussten.

Einen weiteren Arbeitsschwerpunkt bildeten die Kunstsammlungen der Museen der Stadt Nürnberg, insbesondere die angegliederte Graphische Sammlung. Deren Bestände sind z.T. topographisch in Kapseln geordnet, was die Bearbeitung erleichterte, etwa für Hauptmarkt, Frauenkirche, Obstmarkt, Brücken und Marktplätze. Andere, sehr umfangreiche Bestände sind topographisch vollständig ungeordnet, so der Bestand NORICA und die Volckamersche Sammlung, ferner analoge unsortierte Fotobestände und undatierte Glasplattenegative. Wir erschlossen die für den Hauptmarkt einschlägigen Bestände und integrierten sie in TOPORAZ.

Weitere Recherchen erfolgten im Archiv des Germanischen Nationalmuseums, im Nürnberger Staatsarchiv und im Landeskirchlichen Archiv. Ziel war es zunächst, einen Überblick über die Bestände zu erhalten. Eine vollständige Bearbeitung war uns bisher aus Zeitgründen

<sup>15</sup> [https://www.nuernberg.de/internet/stadtarchiv/projekte\\_haeuserbuch.html](https://www.nuernberg.de/internet/stadtarchiv/projekte_haeuserbuch.html) [4.5.2020].

nicht möglich. Einzelne herausragende Objekte, insbesondere das Stromersche Baumeisterbuch (Band I) um 1599 (Staatsarchiv) mit Ansichten des Hauptmarktes, konnten wir jedoch für das Projekt erschließen und in TOPORAZ einarbeiten.

Aus dem großen Konvolut der erschlossenen Text- und Bildquellen nutzten wir die wichtigsten und aussagekräftigsten als Basis für die 3D-Rekonstruktion des Hauptmarktes und seiner Umgebung, etwa in Form zeitgenössischer Fotos für die Zeitstufe 1910. Für die früheren Zeitstufen dienten Gemälde und Grafiken als Basis für die Modellierung. Für jedes der Häuser am Hauptmarkt erstellten wir eine kompakte „Hausbiografie“, die nach einer einführenden Kurzbeschreibung des Objekts die wichtigsten Daten über Bauphasen, Besitzer und Nutzungen zusammenfasst und so einen unkomplizierten und schnellen Einstieg erlaubt.

## Die digitalen 3D-Modelle

Die TU Darmstadt, Fachgebiet Digitales Gestalten, übernahm die 3D-Modellierung auf Basis der vektorisierten Karten und der vorhandenen Quellen. Im gewählten Stadtbereich rund um den Hauptmarkt liegt in keiner Zeitstufe eine lückenlose Überlieferung der mehr als 100 Gebäude vor. Wir mussten also eine visuelle Metapher für die damit notwendige Darstellung von Ungenauigkeit bzw. fehlendem Wissen finden. Hierfür wurden fünf Detaillierungsstufen (Level of Detail – LOD) für unterschiedliche Kenntnisstände entwickelt:

LOD A	Bebaute Fläche ohne Information zur Gebäudehöhe
LOD B	Ohne Stockwerke oder exakte Höhe, aber mit Darstellung der Dachform
LOD C	Anzahl der Stockwerke und die ungefähre Höhe der jeweiligen Gebäude
LOD D	Stockwerke und Gebäudeöffnungen wie Fenster und Türen
LOD E	Gebäude mit Dachformen, Maueröffnungen (Fenster, Türen) und stilistischen Elementen der Fassade

Die größte Herausforderung bestand naturgemäß in der Erstellung der detaillierten Modelle (LOD E). Zunächst mussten wir ein befriedigendes Verhältnis zwischen Anschaulichkeit und dem dafür notwendigen Arbeitsaufwand entwickeln, um möglichst viele Häuser in angemessener Qualität rekonstruieren zu können. Wir berücksichtigten für die höchste Detaillierungsstufe Architekturelemente wie Erker, Gesimse, Dachgauben usw., sodass

charakteristische Stilmerkmale zu erkennen und damit kunsthistorische Einordnungen möglich sind.

Für die jüngste historische Zeitstufe planten wir zunächst, eine fast das gesamte Untersuchungsgebiet umfassende Bauaufnahme von Studierenden aus den 1930er Jahren zu verwenden. Sie zeigte blockweise die Bebauung und versprach so eine gewisse Konsistenz. Die auf Millimeterpapier erstellten Zeichnungen wiesen aber im auszugswesisen Abgleich mit Bauakten und Fotografien eine so große Ungenauigkeit auf, dass sie sich als unbrauchbar erwiesen. So mussten wir die Quellen Haus für Haus zusammensetzen und auf ihre Konsistenz prüfen. Wir fanden in Bauakten z. B. Planungen für Umbauten, die nie durchgeführt wurden. Aufgrund der Quellenlage und auch des sehr geeigneten Katasterplans von 1910 beschlossen wir, die jüngste historische Zeitstufe von Anfang der 1930er Jahre auf 1910 vorzulegen. Für die älteren Zeitstufen ergaben sich naturgemäß noch weit größere Ungenauigkeiten: für 1811 stand uns ein Panoramagemälde des gesamten Hauptmarktes,<sup>16</sup> für 1620 der Braunsche Prospekt<sup>17</sup> als Grundlage zur Verfügung.

In einem ersten Schritt entstanden aus den Polygonen des vektorisierten Katasterplans von 1910 über ein Skript automatisch einfache Kuben, die die Minimalanforderung gemäß LOD A erfüllten. Diesen ordneten wir Identifikatoren zu und spielten sie in die Datenbank ein. Danach wurden die Gebäude, soweit es die Quellen erlaubten, detaillierter modelliert. Für LOD C ermittelten wir aus der studentischen Bauaufnahme der 1930er Jahre die Anzahl der Geschosse und die Dachform. Anhand der Quellen identifizierten wir anschließend bauliche Veränderungen im Vergleich zu 1910 und passten Kopien der 3D-Modelle entsprechend für die früheren Zeitstufen an.

Alle Gebäudemodelle sind hierarchisch aufgebaut. Sie enthalten in einer Baumstruktur Elemente für das Gebäude, seine Geschosse, die Fassaden und das Dach. Die 3D-Modelle überführten wir im offenen Collada-Format<sup>18</sup> in die TOPORAZ-Datenbank. Das XML-basierte Format erlaubt es, diese Struktur auszulesen und in der Datenbank zu übernehmen.

<sup>16</sup> Panoramagemälde des Hauptmarktes, Museen der Stadt Nürnberg, Graphische Sammlung, Unbekannt\_oNr\_Hauptmarkt\_2011-04-05\_GMS Panoramabearb.

<sup>17</sup> Braunscher Prospekt von 1608, Hieronymus Braun, Staatsarchiv Nürnberg, Reichsstadt Nürnberg, Karten und Pläne, Nr. 42.

<sup>18</sup> <https://www.khronos.org/collada/> [4.5.2020].

## Datenmodell

Kern der virtuellen Forschungsumgebung TOPORAZ ist das interaktive Stadtmodell. Belege für das Modell aus Primärquellen und Sekundärliteratur bzw. Quellenmaterial sind über eine vernetzte Datenbank mit der 3D-Visualisierung verknüpft. Den Verknüpfungen liegt ein Datenmodell zugrunde. Entitäten für Gebäude, Personen, Dokumente und Ereignisse bilden die Basis des Datenmodells in Form von Klassen. Während die Klasse Gebäude alle Bauwerke im Stadtraum zusammenfasst, bezieht sich Personen auf Menschen und auch Personengruppen, welche für Gebäude Relevanz besitzen (z. B. Besitzer, Stifter, Bewohner, etc.). Die Klasse Dokumente repräsentiert die Grundlage für den Beleg von Aussagen in Form von Quellen (z. B. Bauakten, Urkunden, Fotos, etc.). Jede Klasse besitzt jeweils spezifische Attribute (für Gebäude z. B. Bezeichnung, Ersterwähnung, Erhaltungszustand, etc.) und setzt sich aus weiteren Subklassen zusammen. Klassen können in statischen Beziehungen bzw. in einer Komposition oder notwendigen "ist-Teil-von" Beziehung zueinanderstehen (z. B. Gebäude: Gebäudeteil: Fassade, Dach, Geschoss). Ein Dach kann z. B. nicht ohne das zugehörige Gebäude existieren. Die Instanziierung der Klassen für die Gebäude erfolgte über die eingelesenen 3D-Modelle.

Relationen außerhalb einer Komposition werden über einen spezifizierten Beziehungstyp ausgedrückt. Dieser Beziehungstyp wird über ein semantisches Triple (z. B. Subjekt:Person – Prädikat:ist Besitzer von – Objekt:Gebäude) definiert und orientiert sich zum Teil an CIDOC-CRM (Crofts, Doerr et al., 2011). Mit den Beziehungen können Ereignisse modelliert werden, die mehrerer Entitäten betreffen wie z. B. ein Gebäude, dessen Besitzer und Mieter, das Grundbuchamt, der zuständige Notar, etc. und ermöglichen die Modellierung unvollständigen Wissens (z. B. Anlegen einer Fassade zu einem Gebäude, ohne dass Spezifika zur Fassade bekannt sind). Ereignisse integrieren auch die zeitliche Komponente in das Datenmodell. Sie sind wie die Relationen typisiert und müssen durch Quellen belegbar sein. Es können sowohl scharf definierte Zeitinformationen abgebildet werden als auch unscharfe (z. B. im ersten Viertel des 17. Jahrhunderts). Zeitphasen mit unscharfer Datierung beginnen mit einer Zeitspanne, welche sowohl einen Start- als auch einen Endpunkt hat und enden mit einer ebensolchen.

## Das Projekt TRANSRAZ

Im Folgeprojekt TRANSRAZ wollen wir das aus TOPORAZ übernommene Konzept des digitalen 3D-Modells als Infor-

mationsträger für semantisch verlinkte Daten inhaltlich wie spatial ausbauen und in die Öffentlichkeit transferieren. Alle Ergebnisse von TRANSRAZ sollen in die TOPORAZ-Forschungsumgebung einfließen und diese kontinuierlich erweitern.

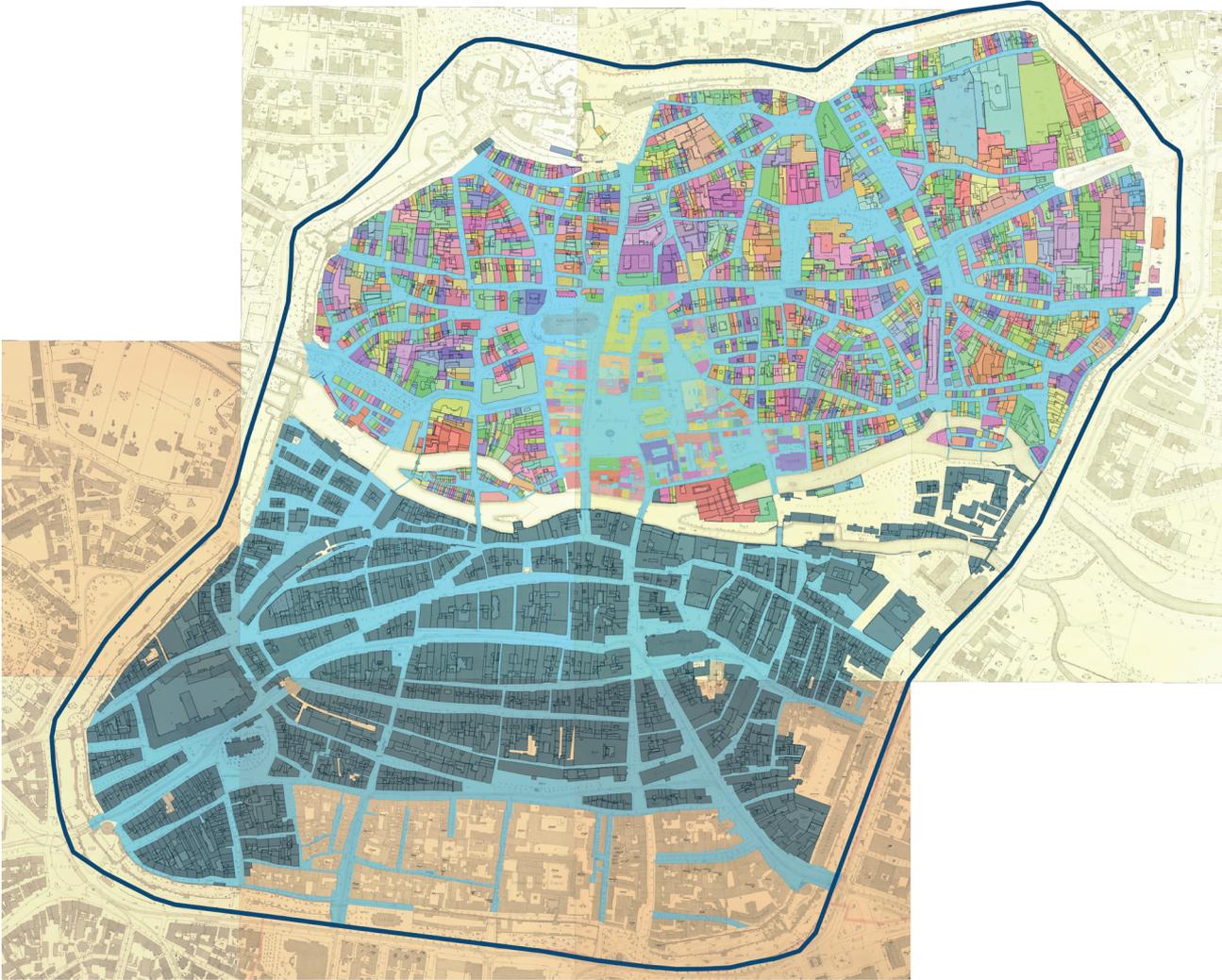
## Ausweitung des Untersuchungsgebiets

Eine wesentliche Änderung gegenüber dem Projekt TOPORAZ ist die vorgesehene Ausweitung des Untersuchungsgebiets vom Hauptmarkt auf die gesamten Altstadt in der letzten, heute noch weitgehend erhaltenen Stadtumwallung mit ca. 3.000 Gebäuden (s. Abb. 2). Dies stellt uns vor die Herausforderung, in der gleichen Projektlaufzeit die dreißigfache Menge an Gebäudemodellen zu erstellen. Wir haben uns daher entschlossen, aufgrund der schieren Mengen nur Modelle des Level of Detail C, also nur mit Andeutung von Geschossen und Dachformen, zu erstellen. Die eigentliche Modellierung erfolgt auf Basis weniger Metadaten (Anzahl Geschosse mit grober Höhenangabe sowie Ausrichtung (trauf- oder giebelständig) und Steilheit des Dachs) skriptgesteuert. Die notwendigen Metadaten erheben wir über die Recherche entsprechender Bildquellen, die gleichzeitig in TOPORAZ mit den Gebäuden verknüpft werden. Zu einem späteren Zeitpunkt können diese groben Modelle durch aufwändiger rekonstruierte ersetzt bzw. ergänzt werden.

## Erprobung von Verfahren des Machine Learnings

Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Verknüpfung des 3D-Modells mit zusätzlichen Datenquellen, insbesondere mit historischen Personen, die in der Stadt lebten. Dabei sollen über Besitz- und Wohnverhältnisse hinaus auch weitere Rollen und Verbindungen erfasst und als Netzwerke visualisiert und analysiert werden.

Eine außerordentliche Herausforderung dabei stellt die Erhebung der notwendigen Daten und deren Integration in das System dar. Ein ausschließlich intellektuelles Vorgehen wie im Projekt TOPORAZ würde hier nicht skalieren. Wenn anstelle von 100 Häusern nun die Besitzer und Bewohner von 3.000 Häusern erfasst, disambiguiert und den Gebäuden zeitlich korrekt zugeordnet werden sollen, muss auf algorithmische Verfahren zurückgegriffen werden. Diese Aufgabe ist Teil aktueller Forschung, sodass zunächst prototypisch untersucht wird, inwieweit sich diese Methoden für die virtuelle Forschungsumgebung nutzen lassen. Als Quellen werden hierfür zunächst gedruckte



**Abbildung 2:** Untersuchungsgebiet von TRANSRAZ, begrenzt durch die als blaue Linie dargestellte letzte Stadtumwallung (blaue Linie). Die farbigen Markierungen markieren Straßen, Plätze und identifizierte Grenzen von Anwesen. Bearbeitungsstand Ende April 2020, die Sebalder Seite (oben) ist weitgehend abgeschlossen, Fehlerkorrekturen stehen noch aus (Quelle: Katasterplan der Stadt Nürnberg, Bayerisches Landesvermessungsamt und Torben Scharm).

Adressbücher aus der Zeit zwischen 1895 und 1910 verwendet. Perspektivisch sind auch weitere, zumeist ältere Quellen denkbar, die allerdings meist handgeschrieben sind und daher nur mit hohem Aufwand mittels OCR-Verfahren maschinenlesbar gemacht werden können. Tests mit Systemen wie Transkribus<sup>19</sup> und OCR-D<sup>20</sup> sind hier vorgesehen.

Das Datenmodell von TOPORAZ werden wir, entsprechend den Empfehlungen von (Kuroczyński, 2017), dazu vollständig auf die Referenzontologie CIDOC-CRM abbilden. Wichtige Kernziele des Folgeprojekts wie Interoperabilität und Nachnutzung der Daten sollen auf diese Weise

unterstützt werden. Wir planen, weitere Ontologien der CRM-Familie (z. B. CRMdig, CRMinf und CRMba)<sup>21</sup> zu evaluieren und auf ihre Anwendbarkeit für die virtuelle Forschungsumgebung zu prüfen.

Um die Eindeutigkeit der Einträge und die Interoperabilität der Daten zu gewährleisten, werden wir – ähnlich anderen CIDOC-CRM referenzierten Datenmodellen<sup>22</sup>

<sup>19</sup> <http://www.readcoop.eu/transkribus/> [4.5.2020].

<sup>19</sup> <https://readcoop.eu/transkribus/> [4.5.2020].

<sup>20</sup> <https://ocr-d.de/> [4.5.2020].

<sup>21</sup> <http://www.cidoc-crm.org/collaborations> [4.5.2020].  
<sup>22</sup> Als Beispiel sei hier das Datenmodell von Patrimonium (<http://www.patrimonium.net/>) zu nennen. Es basiert auf der für das Projekt entwickelten CHML-Ontologie (<http://chml.foundation/?lang=de>). Die vier Top-Level-Classes sind mit einer Type-Zuweisung versehen, welche zur Klassifizierung der Einträge dient und eindeutig die Bedeutung eines Eintrags festlegt. Diese Eindeutigkeit wird zum Teil mit Normdaten und kontrollierten Vokabularen gewährleistet.

auch – die Daten im Projekt TRANSRAZ vermehrt mit kontrollierten Vokabularen wie z.B. den Art & Architecture Thesaurus der Getty Vocabularies<sup>23</sup> und Normdaten wie der GND<sup>24</sup> und Wikidata<sup>25</sup> oder dem Portrait-Index<sup>26</sup> anreichern und diese so in einen Wissensgraphen integrieren, der einerseits als Grundlage innovativer Such- und Empfehlungstechnologien über die in TRANSRAZ verfügbaren Daten dient und andererseits durch seine Verknüpfung mit dem Web of Data föderierte Suchanfragen erlaubt.

## Transfer in die Anwendung

Die Inhalte der virtuellen Forschungsumgebung TOPO-RAZ sollen für Interessierte und Forschende nicht nur einsehbar und nutzbar, sondern auch modifizierbar sein (z. B. durch Hochladen neuer Quellen oder Verlinkung von Daten). In Teilen ist das bereits jetzt über die Hotspot-Funktionalität möglich, über die Benutzende beliebige georeferenzierte Punkte im Modell annotieren und mit voreingestellten Kamerapositionen im 3D-Modell kombinieren können. Sequenzen von Hotspots erlauben die Konzeption virtueller Rundgänge durch das Modell. Dieser Einstiegspunkt in das wichtige Thema Citizen Science wird in TRANSRAZ aber noch weiter ausgebaut.

Neben der Möglichkeit, neue Inhalte einzustellen, wollen wir auch Verknüpfungen mit Teilnehmungsplattformen, etwa zur Transkription von Handschriften oder zur Korrektur von OCR-Daten, erproben und in TOPORAZ einbinden. Dazu können wir auf Erfahrungen etwa der SLUB Dresden (Munke und Bemme, 2019) oder Angebote der Informationsplattformen buergerschaffenwissen.de<sup>27</sup> und EU-Citizen.Science<sup>28</sup> zurückgreifen. Zu nennen sei hier u. a. das DES (Daten-Erfassungs-System) des Vereins für Computergenealogie e.V.<sup>29</sup> zur Transkription digitaler Quellen im Crowdsourcing. Der Verein versteht sich als Teil von Citizen Science und kann bereits auf Kooperationsprojekten mit Archiven und Wissenschaft zurückblicken. Generell dürften Vereine aus dem Bereich der Familienforschung, wie z.B. die Gesellschaft für Familienforschung in Franken e.V.<sup>30</sup>, relevante Anlaufstellen sein,

um Informationen zu den Bewohnern Nürnbergs aufzubereiten. Zum Verein Altstadtfreunde Nürnberg<sup>31</sup> haben wir langjährige Kontakte und sehen hier einen potenziellen Multiplikator für Citizen Science, um die notwendige Aufmerksamkeit zu erzielen und Interessierte zur Mitarbeit zu gewinnen.

Auch der kommerzielle Einsatz ist geplant. Erste Kooperationen sind bereits angelaufen, etwa mit der Firma Blickwinkel Tour<sup>32</sup> hinsichtlich einer stadtgeschichtlichen Virtual-Reality-Anwendung. Auch untersuchen wir zurzeit, ob TOPORAZ als digitale Publikationsplattform für das Häuserbuch der Stadt Nürnberg genutzt werden kann.

## Zusammenfassung und Ausblick

Im Projekt TOPORAZ konnten wir die gleichnamige virtuelle Forschungsumgebung aufbauen und das Potenzial einer 3D-basierten Darstellung eines topografischen Raums und seiner Entwicklung über die Zeit hinweg mit der Verknüpfung der zugrundeliegenden Quellen paradigmatisch aufzeigen. Mit dem Nachfolgeprojekt TRANSRAZ haben wir uns nun das Ziel gesetzt, das Untersuchungsgebiet auf die gesamte Altstadt in der letzten Stadtumwallung zu erweitern und damit vom Paradigmatischen ins Konkrete zu gelangen. Gleichzeitig sollen Personen, deren Rollen und Funktionen sowie Netzwerke noch mehr Gewicht erhalten. Hierzu werden wir algorithmische Verfahren, aber auch Konzepte der Citizen Science einsetzen, um die notwendige Skalierung von ca. 100 auf fast 3.000 Gebäude und damit eine Steigerung um den Faktor 30 zu bewerkstelligen. Dabei darf jedoch der wissenschaftliche Anspruch von TOPORAZ nicht in Frage gestellt werden. Das ist für ein dreijähriges Projekt ein sehr ambitioniertes Ziel und der Erfolg ist aufgrund vieler offener Forschungsfragen keineswegs sicher. Wir sehen dies aber als eine spannende Herausforderung, die neue Optionen für die digitalen Geisteswissenschaften eröffnen kann und die wir entsprechend gerne annehmen.

## Literatur

- Diefenbacher, M., Endres, R. (Hrsg.), 2000. Stadtlexikon Nürnberg. Tümmel Verlag, Nürnberg, S. 1018.  
Crofts, N., Doerr, M. et al., 2011. Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model [online]. *ICOM/CIDOC CRM Special Interest*

<sup>23</sup> <https://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/index.html> [4.5.2020].

<sup>24</sup> <https://www.dnb.de/DE/Professionell/Standardisierung/GND/gnd.html> [4.5.2020].

<sup>25</sup> <https://www.wikidata.org/> [4.5.2020].

<sup>26</sup> <http://www.portraitindex.de/> [4.5.2020].

<sup>27</sup> <https://www.buergerschaffenwissen.de/> [4.5.2020].

<sup>28</sup> <https://eu-citizen.science/> [4.5.2020].

<sup>29</sup> <https://www.compgen.de/> [4.5.2020].

<sup>30</sup> <https://www.gf-franken.de/de/startseite.html> [4.5.2020].

<sup>31</sup> <https://www.altstadtfreunde-nuernberg.de/> [4.5.2020].

<sup>32</sup> <https://www.blickwinkel-tour.de/> [4.5.2020].

Group. <http://www.cidoc-crm.org/Version/version-5.0.4> [29.4.2020]

- Grellert, M., Haas, F., 2016. Sharpness Versus Uncertainty in 'Complete Models'. In: Hoppe, S. und Breitling, S. (Hrsg.): *Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media*, Heidelberg, arthistoricum.net, S. 87–102. doi: 10.11588/arthistoricum.83.79
- Kurdiovsky, R. et al., 2017. Using the 3D-Model of the Vienna Hofburg to Store Written and Pictorial Historical Sources from Collections and Archives [online]. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Cultural Heritage and New Technologies*, Wien, 8.–10. November 2017. [https://www.chnt.at/wp-content/uploads/eBook\\_CHNT22\\_Kurdiovsky\\_et\\_al.pdf](https://www.chnt.at/wp-content/uploads/eBook_CHNT22_Kurdiovsky_et_al.pdf) [29.4.2020]
- Kuroczyński, P., 2017. Virtual Research Environment for Digital 3D Reconstructions: Standards. Thresholds, and Prospects. *Studies in Digital Heritage*, 1(2), S. 456–476. doi: 10.14434/sdh.v1i2.23330
- Münster, S., Köhler, Th., 2016. 3D Reconstruction of Cultural Heritage Artifacts. In: Hoppe, S. und Breitling, S. (Hrsg.): *Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media*, Heidelberg, arthistoricum.net, S. 87–102. doi: 10.11588/arthistoricum.83.79
- Munke, M., Bemme, J., 2019. Bürgerwissenschaften in wissenschaftlichen Bibliotheken. In: *o-bib*, Bd. 6 Nr. 4. doi: 10.5282/o-bib/2019H4S178-203



**Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Matthias Razum**  
FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für  
Informationsinfrastruktur  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
[matthias.razum@fiz-karlsruhe.de](mailto:matthias.razum@fiz-karlsruhe.de)

Matthias Razum leitet den Teilbereich e-Research bei FIZ Karlsruhe. Er arbeitet an Systemen zum Forschungsdatenmanagement, zur digitalen Langzeitarchivierung von Daten und an virtuellen Forschungsumgebungen.



**Sandra Göller, M.A.**  
FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für  
Informationsinfrastruktur  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
[sandra.göller@fiz-karlsruhe.de](mailto:sandra.göller@fiz-karlsruhe.de)

Sandra Göller hat Archäologie studiert und macht zurzeit ein Volontariat bei FIZ Karlsruhe. Dort befasst sie sich mit virtuellen Forschungsumgebungen und deren Datenmodellen.



Foto: Thomas Köhler

**Prof. Dr. Harald Sack**

FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für  
Informationsinfrastruktur  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
[harald.sack@fiz-karlsruhe.de](mailto:harald.sack@fiz-karlsruhe.de)

Harald Sack ist Professor für Information Service Engineering am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und leitet den gleichnamigen Bereich bei FIZ Karlsruhe. Seine Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die Bereiche Wissensrepräsentationen, maschinelles Lernen und die semantische Analyse unstrukturierter Daten im Anwendungskontext innovativer Informationssysteme.



Foto: Thomas Köhler

**Tabea Tietz, M.A.**

FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für  
Informationsinfrastruktur  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
[tabea.tietz@fiz-karlsruhe.de](mailto:tabea.tietz@fiz-karlsruhe.de)

Tabea Tietz ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Information Service Engineering von FIZ Karlsruhe. Zu ihren Forschungsbereichen gehört die Entwicklung und Anwendung von Wissensgraphen für Daten des kulturellen Erbes sowie Forschungsdaten.



Foto: Sergey Sineok

**Oleksandra Vsesviatska, M.A.**

FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für  
Informationsinfrastruktur  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
[oleksandra.vsesviatska@fiz-karlsruhe.de](mailto:oleksandra.vsesviatska@fiz-karlsruhe.de)

Oleksandra Vsesviatska ist Doktorandin im Bereich Information Service Engineering von FIZ Karlsruhe. Sie beschäftigt sich mit der Entwicklung von Ontologien und der Verlinkung externer Datenquellen.



**Prof. Dr. Gerhard Weilandt**  
 Universität Greifswald  
 Caspar-David-Friedrich-Institut –  
 Fachbereich Kunstgeschichte  
 Rubenowstraße 2b  
 17489 Greifswald  
[gerhard.weilandt@uni-greifswald.de](mailto:gerhard.weilandt@uni-greifswald.de)

Gerhard Weilandt ist Lehrstuhlinhaber für Kunstgeschichte des Mittelalters und der Frühen Neuzeit an der Universität Greifswald. Seine derzeitigen Forschungsschwerpunkte sind Bildfunktionen und Sakraltopographie, Kunstgeschichte des Ostseeraums und Digitale Kunstgeschichte.



**Dr. Ing. Marc Grellert**  
 Technische Universität Darmstadt  
 Fachgebiet Digitales Gestalten  
 El-Lissitzky-Straße 1  
 64287 Darmstadt  
[grellert@dg.tu-darmstadt.de](mailto:grellert@dg.tu-darmstadt.de)

Marc Grellert lehrt am Fachgebiet Digitales Gestalten der TU Darmstadt, leitet dort den Forschungsbereich „Digitale Rekonstruktionen“ und ist Mitbegründer der Firma Architectura Virtualis. Seine Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind virtuelle Rekonstruktionen und Simulationen von Architektur, Wissensvermittlung mit Hilfe digitaler Medien sowie Entwicklung und Realisierung von Installationen und Exponaten für Ausstellungen.



**Torben Scharm**  
 Freier Projektmitarbeiter  
 Köln  
[torben.scharm@posteo.de](mailto:torben.scharm@posteo.de)

Foto: Sharon Nathan

Torben Scharm absolvierte ein naturwissenschaftliches Geographiestudium an der Universität zu Köln mit Stationen in Aachen und Graz. Seine Schwerpunkte liegen im Bereich der Geoinformationstechnik und der historischen Topographie.