

# 2020



i3

mainz

Institut für raumbezogene  
Informations- und Messtechnik  
Hochschule Mainz

Im Fokus 2020:  
Geospatial Artificial  
Intelligence

Neues zu Team und  
Transfer, Forschungs-  
projekten und Ausblick

# Das Jahr 2020 am i3mainz



Institut für raumbezogene  
Informations- und Messtechnik  
Hochschule Mainz

## **Redaktion**

Nicole Vögtlin Bruhn M.A.

## **Gestaltung**

Vanessa Liebler B.A.

## **Verantwortlich**

Prof. Dr. phil. Kai-Christian Bruhn

Prof. Dr.-Ing. Thomas Klauer

Prof. Dr.-Ing. Jörg Klonowski

# Inhalt

## 04 Editorial

## 06 Neues aus dem Institut

08 Willkommen in unserem Team

10 Auszeichnungen

12 Verzahnung von Lehre und  
Forschung

16 Abgeschlossene und laufende  
Dissertationen

18 Transfer in Wissenschaft,  
Wirtschaft und Gesellschaft

24 **Geospatial Artificial Intelligence  
– Das Potenzial von Künstlicher  
Intelligenz in der anwendungsbe-  
zogenen Forschung am i3mainz**

30 Automatische Punktwolken-  
interpretation für die Pflege der  
Zukunft: BIM4Care

32 Mustererkennung mittels Deep  
Learning bei der Bildanalyse von  
Tachymetrie bis Unmanned  
Aerial Vehicle

33 Smart City mit KI: Wie mit Hilfe  
von Machine Learning die  
Parkhausauslastung optimiert  
werden kann

35 Objekterkennung in Punktwolken  
durch Semantik

36 Wissensgesteuerte Simulationen  
zur Katastrophenbewältigung

37 Krebsfrüherkennung durch  
Hyperspektrale KI

38 Robotergestützte  
Objekterfassung mit optischen  
Messsystemen

40 Projektbezogene KI-Landkarte

44 Zukünftige Arbeiten

45 Literatur

## 46 Forschungsprojekte

48 The Nepal Heritage  
Documentation Project (NHDP)

50 African Red Slip Ware digital  
– 3D-Dokumentation für die  
multiperspektivische Analyse  
einer zentralen Objektgattung  
der Spätantike

52 Grabdenkmäler aus Augusta  
Trevorum, digital vernetzt

54 Digitale Edition der Keilschrift-  
texte aus Haft Tappeh

56 Metadatenschema und Onto-  
logiemodel für die Aufnahme und  
Prozessierung von 3D-Modellen  
des Kulturellen Erbes

58 Intelligente Datenerfassung, Hal-  
tung und Bereitstellung innerhalb  
der Öffentlichen Verwaltung

60 GEMEINSAM – KI-gestütztes  
Gebäudemonitoring  
für das Besuchermanagement

62 Transferstelle für Digitale  
Anwendungen & Offene Daten

64 Digitale Anwendungen & Offene  
Daten Mainz

66 BAM – Big-Data-Analytics in  
Environmental and Structural  
Monitoring

68 bim4cAlre – Shaping the Future  
of Care with the Digital Twin

70 Integrated Mining Impact  
Monitoring – i2mon

## 72 Ausblick

## 74 Impressum



Thomas Klauer;  
Foto: Svenja Schwerdtfeger,  
CC BY-SA 4.0

Liebe Leserinnen und Leser,

heute habe ich die Ehre, Ihnen den Jahresbericht des Instituts für Raumbezogene Informations- und Messtechnik für das Jahr 2020 vorzustellen. Vielleicht ist Ihnen aufgefallen, dass wir das Design unseres Berichts geändert haben. Das Format ist kleiner, hat aber neue grafische Akzente und die Texte sind etwas kürzer, um Ihnen einen schnelleren Überblick über unsere Projekte, Aktivitäten und Personalien zu gestatten. Dies soll symbolisieren, dass das i3mainz in eine neue Ära eingetreten ist: Prof. Dr. Frank Boochs und Prof. Dr. Hartmut Müller – beide aktuell als Senior-Professoren aktiv – haben Ende 2019 die Institutsleitung an die Kollegen Prof. Dr. Jörg Klonowski (geschäftsführend), Prof. Dr. Kai-Christian Bruhn und mich übertragen, so dass wir hier über das erste Jahr unter neuer Führung berichten.

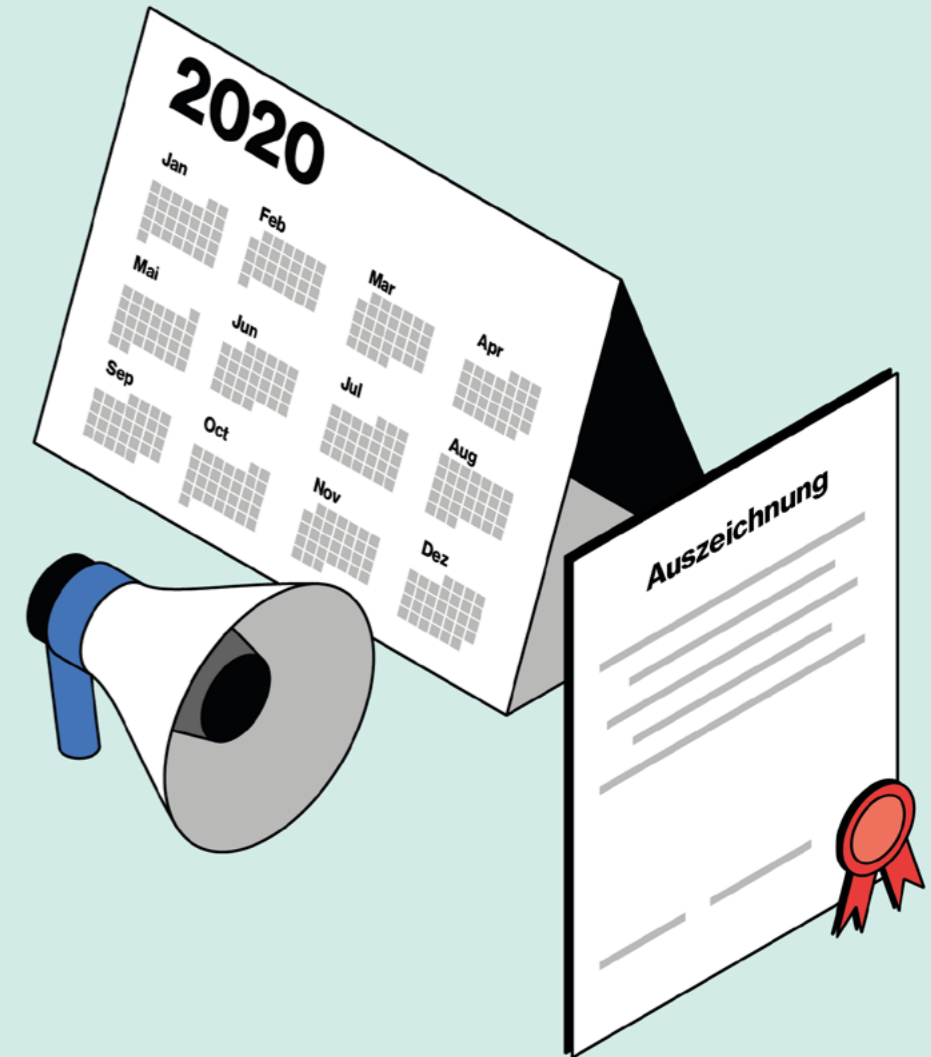
Eine weitere Neuerung ist, dass wir jedes Jahr ein Schwerpunkt-Thema des Instituts vorstellen – dieses Jahr ist es die *Geospatial Artificial Intelligence*. Zusammen mit einigen Kolleginnen und Kollegen habe ich Ihnen unsere Sicht auf dieses zurzeit sehr relevante Thema Künstliche Intelligenz zusammengestellt, insbesondere natürlich mit vertieftem Blick auf raumbasierte Aspekte. Wir zeigen Ihnen hier ausgewählte Projekte zu diesem Schwerpunktthema und stellen darüber hinaus weitere neue Vorhaben und Neuigkeiten vor. Über QR-Codes bzw. Hyperlinks an den einzelnen Elementen finden Sie weitere Informationen zu den Inhalten auf unserer Webseite.

Ich wünsche Ihnen viel Freude und Neugier bei der Lektüre!

Prof. Dr. Thomas Klauer  
Mitglied der Institutsleitung

# Neues aus dem Institut

**Welche Veränderungen gab es 2020 in unserem Team? Mit welchen Fragen haben sich unsere Studierenden beschäftigt? Welchen Themen waren wir gemeinsam mit unseren Partnern in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung auf der Spur?**



# Willkommen in unserem Team



**Prof. Dr.-Ing. Markus Schaffert**  
Professor für Geoinformatik



**Prof. Dr. Rene Wackrow**  
Professor für Angewandte Geodäsie



→ Weiter zum gesamten Team:  
[i3mainz.hs-mainz.de/team/](https://i3mainz.hs-mainz.de/team/)



**Dr. Hubert Mara**  
Geschäftsführer mainzed  
Forschung am i3mainz



**Kevin Kaminski**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Vanessa Liebler**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin



# Auszeichnungen

## Herbert-Buchpreis 2020

Den Harbert-Buchpreis erhielten im Jahr 2020 die Studenten Lukas Haas (B.Sc.), Tom Weichold (M.Sc.) und Andreas Becker (M.Eng.). Der DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement vergibt den Buchpreis jährlich für hervorragende Prüfungsleistungen auf dem Gebiet von Vermessung und Geoinformation. Die Akademische Jahresfeier, die in normalen Zeiten den festlichen und würdigen Rahmen der Preisverleihung bildet, musste 2020 corona-bedingt leider ausfallen.

## Deutscher Landeskulturpreis 2020 für Anna-Lena Zimmer

Der Deutsche Landeskulturpreis 2020 ging an unsere Studentin Anna-Lena Zimmer. Die Deutsche Landeskulturgesellschaft (DLKG) würdigte damit die hervorragende wissenschaftliche Leistung ihrer Bachelorarbeit mit dem Thema *Erstellung eines GIS Landschaftspflege für die Flurbereinigungsverwaltungen in Rheinland-Pfalz und Hessen*.

## Best Student Paper Award für Timo Homburg

Auf der *19th international semantic web conference (ISWC)* gewann Timo Homburg den Best Student Paper Award.

Timo Homburg hatte gemeinsam mit Prof. Dr. Steffen Staab von der Universität Stuttgart und Dr. Daniel Janke von der Universität Koblenz Landau ein Paper mit dem Titel *GeoSPARQL+: Syntax, Semantics and System for Integrated Querying of Graph, Raster and Vector Data* eingereicht.

Die Ergebnisse aus dieser Arbeit sollen in die nächste Version des GeoSPARQL Standards einfließen. Eine

entsprechende Anfrage hat Timo Homburg bereits beim Open Geospatial Consortium hinterlegt.

Außerdem wurde ein Beitrag, den er zusammen mit weiteren Autorinnen und Autoren verfasst hat, zum FIG Artikel des Monats gewählt. Dabei handelt es sich um den Artikel *SPARQLing Geodesy for Cultural Heritage*<sup>1</sup>.

## Förderpreis für Bastian Plaß

Bastian Plaß wurde am 10. März mit dem Förderpreis 2019/2020 des VDI Verein Deutscher Ingenieure, Rheingau-Bezirksvereins e.V. ausgezeichnet. Die Preisverleihung fand im Rahmen der Jahreshauptversammlung 2020 des VDI Rheingau-Bezirksvereins in der Stadthalle Flörsheim statt. Dieser wird jährlich für hervorragende Leistungen mit ingenieurtechnischem Schwerpunkt während des Studiums und in der Abschlussarbeit verliehen.

Plaß erhielt den Preis für seine hervorragenden Studienleistungen an der Hochschule Mainz und zwei außergewöhnlich gute Abschlussarbeiten.

<sup>1</sup> Florian Thiery, Timo Homburg, Sophie Charlotte Schmidt, Martina Trognitz, Monika Przybilla (2020). SPARQLing Geodesy for Cultural Heritage – New Opportunities for Publishing and Analysing Volunteered Linked (Geo-)Data. In Fédération Internationale des Géomètres, Article of the Month – October 2020.



Abbildung oben links: Timo Homburg, Foto: Svenja Schwerdtfeger, CC BY-SA 4.0

Abbildung oben rechts: Anna-Lena Zimmer, Foto: © HVBG

Abbildung unten: Bastian Plaß, Foto: Svenja Schwerdtfeger, CC BY-SA 4.0

# Verzahnung von Lehre und Forschung

Die Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung und das i3mainz arbeiten personell und inhaltlich Hand in Hand. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des i3mainz unterstützen die Professorinnen und Professoren in der Lehre und bei der Betreuung Studierender im Rahmen ihrer Abschluss- und Projektarbeiten sowie während der Praxisprojekte. Deren Resultate fließen in die Forschung ein und nicht selten finden sich die Studierenden später unter den Mitarbeitenden wieder. Exemplarisch stellen wir hier einige studentische Arbeiten vor.

## Smart City

Mehrere Arbeiten entstanden im Bereich SmartCity rund um die Doktorarbeit von Alexander Rolwes. In einer Masterprojektarbeit etwa wurde mit Machine Learning-Ansätzen eine prototypische Anwendung konzipiert und entwickelt, welche die Parkhausbelegung in Mainz für den Zeitraum von einer Woche vorhersagt. Dabei wurden unterschiedliche Einflussfaktoren, wie das Wetter oder räumlich benachbarte Parkmöglichkeiten, berücksichtigt. Das Resultat war eine auf modernen Technologien basierende Anwendung zur Vorhersage der Parkhausbelegung sowie ein auf den Endnutzer abgestimmtes Dashboard zur Visualisierung der Vorhersagen mit Raum-Zeit-Bezug. Dabei untersuchten die Studierenden auch, welche Möglichkeiten zur Visualisierung von Vorhersageunsicherheiten sowie zur Schaffung von Transparenz und Vertrauen gegenüber dem Anwender existieren (Abbildung S. 34).

Eine weitere Masterarbeit befasste sich mit dem Thema Vorhersage des Bedarfs bei einem Leihfahrradsystem. Dabei kamen Deep Learning-Modelle und der Ansatz der eXplainable Artificial Intelligence (XAI) zum Einsatz, um das Verhalten von Modellen des maschinellen

Lernens zu analysieren und zu interpretieren. In der Arbeit wurde ein Visual Analytics-System entwickelt, welches den Einfluss einzelner Merkmale auf die Modellgenauigkeit untersuchte.

## GIS und demographischer Wandel

Im Vorfeld des neu bewilligten Projekts *RAFVINIERT* entstand eine Master-Praxisprojektarbeit zum Thema *GIS und demographischer Wandel in deutschen Mittelstädten*. Die Studierenden entwickelten einen Erreichbarkeitsindex für die Städte Kempten und Goslar, indem sie die Wege zwischen möglichen Wohnorten von Seniorinnen und Senioren und lebensnotwendigen Einrichtungen der Städte analysierten. Dabei spielten zu steile Straßenneigungen, Treppen und weitere Barrieren eine Rolle (Abbildung S. 13 oben).

## GIS für die Verwaltung

In einer Bachelorarbeit wurde eine Webanwendung für die Ermittlung des Schulwegs in Rheinland-Pfalz auf der Basis von freien Geodaten und freier Software entwickelt. So kann beispielsweise eine Aussage über die Übernahme von Fahrtkosten bei der Schülerbeförderung, die von der Länge des Schulwegs abhängt, getroffen werden. In der Arbeit wurden freien Geodaten von OpenStreetMap auf ihre Qualität und Vollständigkeit untersucht, bewertet und optimiert. Für die Entwicklung wurden freie Routenplaner verglichen.

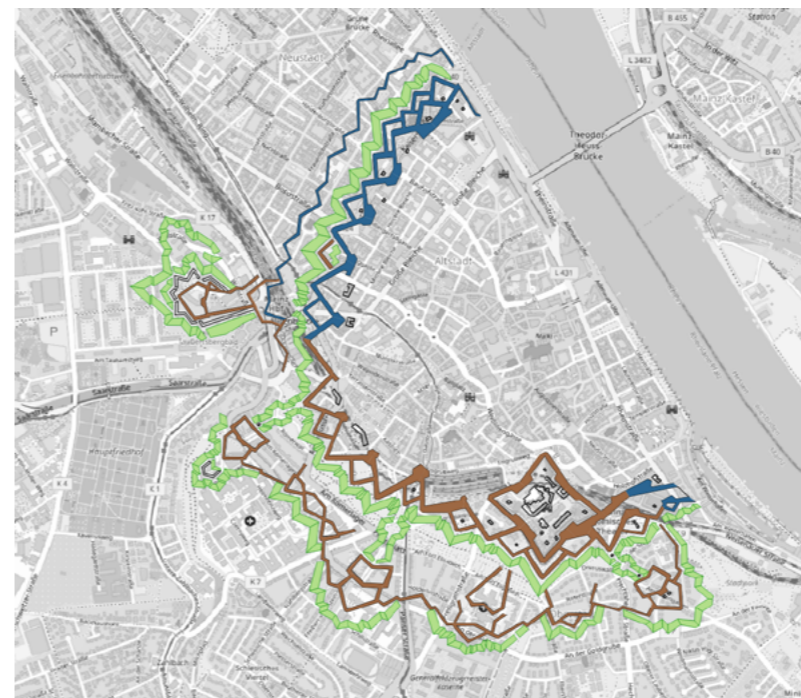
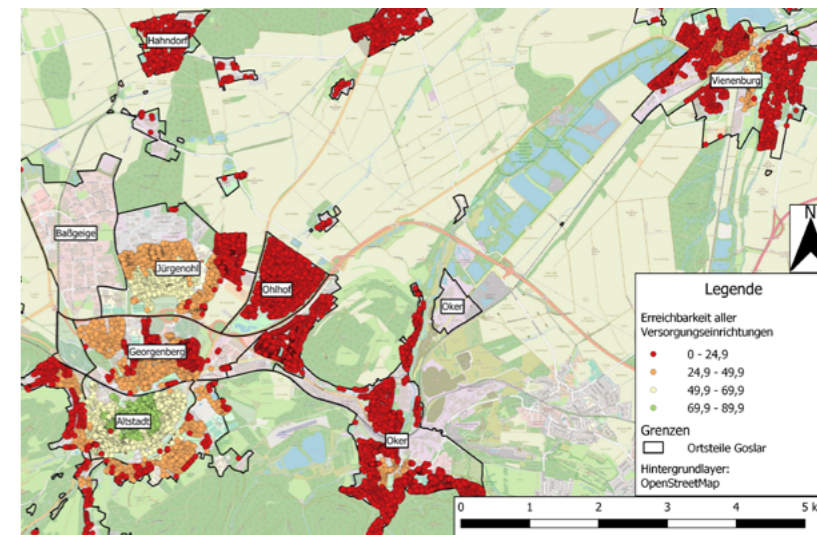
## Historisches GIS

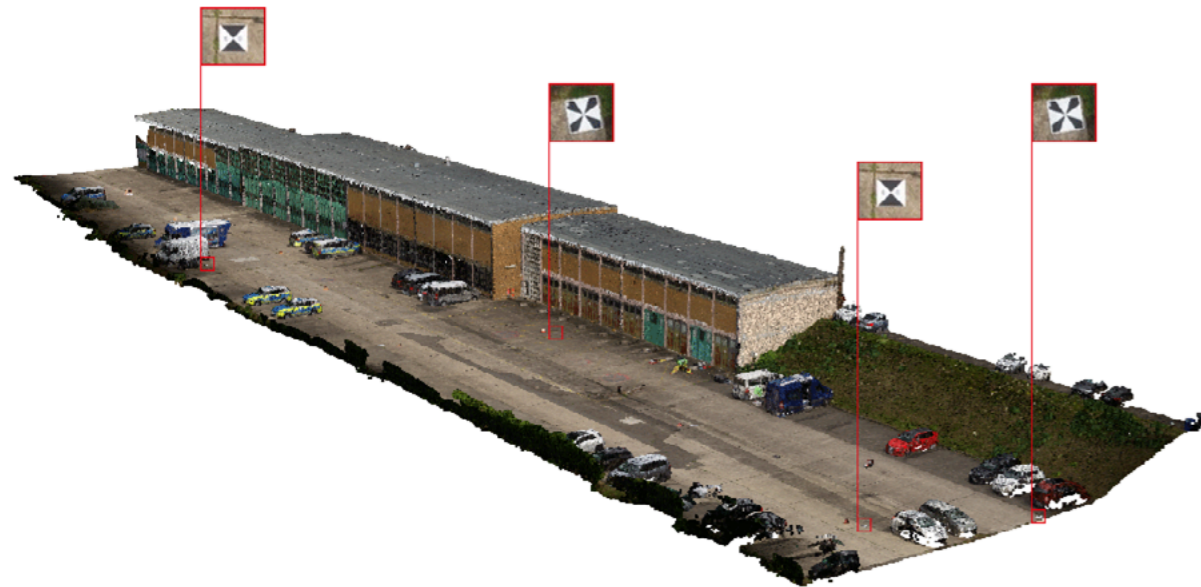
Die digitale Datenverarbeitung im Rahmen des Dissertationsprojekts *Festung Mainz* findet weitestgehend im in der Architektur beheimateten CAD-Umfeld statt. Zwei Studierende haben im Rahmen ihres Praxisprojekts für die historischen Pläne der Festungsanlagen ein qualitätsorientiertes Konzept zur Georeferenzierung dieser Planunterlagen entwickelt und eine Auswahl davon in ein Geoinformationssystem (GIS) überführt (Abbildung S. 13 unten). In enger Kooperation mit dem Stadtarchiv entwickelten sie zudem ein Geodatenmodell für die Vektorisierung unterschiedlicher

Abbildung oben: Darstellung der Ergebnisse des Erreichbarkeitsindex für Hauskoordinaten mit maximaler Straßenneigung von 15% in Goslar. Aus der Master-Projektarbeit „GIS und demographischer Wandel in deutschen Mittelstädten – Umfeld-Indizes und Erreichbarkeiten von Wohn- bzw. Versorgungsorten von Senioren“ von Jonathan Albrecht, Dorothea Enners und Konstantin Geist, CC BY-SA 4.0

Abbildung unten: Überblick über die digitalisierten Strukturen einer georeferenzierten Karte des Jahres 1781. Dargestellt werden Glacis (grün), Erdgräben (braun), Wassergräben (blau) und Mauerwerk (schwarz). Praxisprojekt Christian Unger und Isabelle Birk, CC BY-SA 4.0

Beide Hintergrundkarten: © OpenStreetMap-Mitwirkende





Ausbaustufen der historischen Festungsanlagen. Abschließend bearbeiteten sie zwei Fragestellungen auf Grundlage dieser Daten: die Integration der Informationen aus Goethes Beschreibung der Belagerung der Festung 1793 und deren raumzeitliche Simulation. Und die Möglichkeiten parametrisierter 3D-Visualisierung von Festungsabschnitten auf Grundlage offener Standards.

### Koptergestützte Bildflüge

Zwei Bachelorarbeiten beschäftigten sich mit den Resultaten aus koptergestützten Bildflügen. Bei der Aufnahme und Georeferenzierung der Burgruine Gräfenstein bei Merzalben mit dem terrestrischen Laserscanner und dem Kopter stand der Vergleich des technischen und finanziellen Aufwands im Vordergrund. Um die absolute Genauigkeit rekonstruierter 3D-Objektpunkte aus Bildflügen ging es bei der zweiten Arbeit. Die Studentin vermaß ein präzises Festpunktfeld, welches als Kontrolle der photogrammetrisch berechneten Punktwolke diente.

Eine Masterarbeit, welche in Kooperation mit dem Hessischen Landeskriminalamt entstand, befasste sich mit der photogrammetrischen Rekonstruktion von Unfall- und Tatverläufen. Ziel der Arbeit war die Optimierung der Prozesse bei der Datenerfassung und -auswertung. Dabei wurde auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit der Resultate geachtet (Abbildung S. 14 oben).

### 3D-Laserscanning und BIM

In einem Masterprojekt mit vier Studierenden im Umfeld des Projekts bim4cAlre wurde eine breite Auswahl an Sensoren diskutiert und im Hinblick auf genormte Anforderungen für barrierefreies Wohnen bewertet. Dabei handelte es sich um Geräte der 3D-Vermessung, der klassischen Photogrammetrie sowie Low-Cost-Hardware aus der Consumer-Industrie zur Datenerfassung von simulierten Wohnräumen. Für die Evaluation wurden technische Qualitätsparameter, Kostenfaktoren und Nutzungsanforderungen berück-

sichtigt. Die Auswertung zeigte, dass Low-Cost-Sensoren ausreichend dichte und akkurate Punktwolken für die BIM-Modellierung und zur Analyse von Wohnräumen liefern.

### Digitale Keilschriftforschung und Spatial Humanities

Am Beispiel digitaler 3D-Modelle von antiken Keilschrifttafeln aus dem Haft Tappeh-Projekt wurde im Rahmen einer Masterarbeit überprüft, ob Altdaten über eine optimierte Prozessierung für die bessere Lesbarkeit der Keilschriftzeichen aufbereitet werden können. Darüber hinaus untersuchten die Studentinnen, wie analoge Datenprodukte etwa im Museum, in der Lehre oder Öffentlichkeitsarbeit eingesetzt werden können. Als Grundlage hierfür diente ihnen eine Zusammenstellung aktueller 3D-Druckverfahren, Probedrucke und die Ergebnisse einer internationalen Umfrage zum Thema Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten des 3D-Drucks von Keilschrifttafeln (Abbildung S. 14 unten).

### Bauwerksüberwachung mit terrestrischem Laserscanner und bildgebender Sensorik

Um die Sicherheit, Stabilität und Funktionalität von Brückenbauwerken zu gewährleisten, müssen auftretende Deformationen erkannt und überwacht werden. Mithilfe eines terrestrischen Laserscanners (TLS) könnten Deformationen flächenhaft erfasst werden, ohne in die Struktur des Bauwerks einzugreifen. Für diesen Vorgang wurde im Rahmen einer Masterarbeit ein potenzieller Workflow für ein Vermessungsbüro entwickelt.

Eine Projektgruppe beschäftigte sich mit der Erfassung von Deformationen an einem Bestandsbauwerk und erprobte das am i3mainz entwickelte bildgebende Messverfahren MoDiTa in der Praxis. Mit Unterstützung aus der Fachrichtung Bauingenieurwesen der Hochschule Mainz wurden die Ergebnisse des Ansatzes evaluiert. Darauf aufbauend widmen sich weitere Abschlussarbeiten der Vertiefung dieser Thematik.

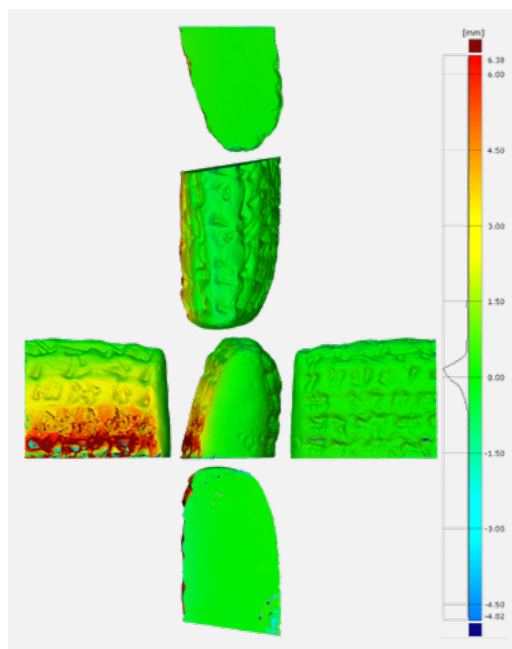


Abbildung oben: 3D-Modell aus Drohnenflug unter Verwendung verschiedener Targets. Masterarbeit von Tim Andres und Jannik Schneider: *Untersuchungen zum Einsatz kameragestützter UAVs bei der Unfall- und Tatortvermessung*. CC BY-SA 4.0

Abbildung unten: Differenz der digitalen 3D-Modelle des Originals und des 3D-Drucks einer Keilschrifttafel. Im Bild ein Beispiel im Binder Jetting-Verfahren, einem additiven Fertigungsverfahren, mit dem Nachweis starker Abweichungen in relevanten Bereichen der Schriftseite. Grafik: Masterarbeit von Andrea Mertens und Nina Reinhardt, Mainz 2020

# Abgeschlossene Dissertation

Mit der Verteidigung Ihrer Dissertation Mitte Dezember 2020 an der Universität von Burgund in Dijon konnte Claire Prudhomme ihre Doktorarbeit erfolgreich abschließen. Dazu gratulieren wir Claire sehr herzlich!

Inhalt ihrer Doktorarbeit mit dem Titel *Knowledge-driven multi-agent simulation engineering for assessing the effectiveness of disaster management plans* ist die Evaluation von Reaktionsplänen im Katastrophenmanagement.

Der Schutz der Menschen vor Katastrophen ist eine wichtige Aufgabe von Regierungen und Experten, welche zu diesem Zweck Katastrophenmanagementplänen entwerfen. Die Auswahl des für eine bestimmte Katastrophe geeignetsten Reaktionsplans erfordert eine Evaluation aller vorhandenen Pläne. Dies ist jedoch aufgrund der hohen Kosten praktischer Übungen und der Besonderheit bestehender Simulationsmodelle nicht realisierbar.

Der in dieser Arbeit vorgeschlagene Ansatz kombiniert Techniken des Semantic Web und der Multi-Agenten-Simulation, um Reaktionspläne im Katastrophenmanagement zu evaluieren. Zunächst kommen explizites Expertenwissen und Daten zum Einsatz, um ein Wissensmodell für das Katastrophenmanagement zu erstellen. Auf dieser Grundlage können Simulationsmodelle konzipiert werden. Diese werden mit den Methoden der generativen Programmierung in Simulationen überführt, die die Abläufe des jeweiligen Managementplans wiedergeben. Die dabei erzielten Ergebnisse werden mit Clustering, einer Methode des unbeaufsichtigten Lernens, bewertet,



Claire Prudhomme,  
Foto: Svenja Schwerdtfeger,  
CC BY-SA 4.0

um das beste Vorgehen für den gewählten Anwendungskontext zu erkennen. Gleichzeitig können die Ergebnisse in das anfängliche Wissensmodell eingespeist werden und erweitern damit die Basis für nachfolgende, komplexere Katastrophenszenarien.

Dieser Ansatz wurde in einer Fallstudie auf der Grundlage des französischen NOVI-Plans in der Stadt Montbard, Frankreich, erfolgreich angewandt.

Betreut wurde Claire Prudhomme von Prof. Dr. Christophe Cruz und Dr. Ana Roxin von der Universität von Burgund sowie von Prof. Dr. Frank Boochs von der Hochschule Mainz.

# Laufende Dissertationen

## BRANDT, JULIA

**Denkmal versus Natur? Strategien zum Erhalt der Zitadelle und Festung Mainz im Anwendungsfeld digitaler Dokumentation unter Berücksichtigung des Denkmal- und Naturschutzes**

**Betreuer** Prof. Dr. Kai-Christian Bruhn,  
Prof. Dr. Matthias Müller  
(JGU Mainz)

## HOMBURG, TIMO

**Quality Analysis of Geospatial Data Using a SemanticGIS System**

**Betreuer** Prof. Dr. Frank Boochs,  
Prof. Dr. Steffen Staab  
(Universität Stuttgart)

## PLAß, BASTIAN

**Generierung von BIM-Modellen mit Hilfe multisensoraler Bauwerkserfassung und intelligenter Software-Methoden**

**Betreuer** Prof. Dr. Thomas Klauer,  
Prof. Dr. Uwe Rüppel (Technische  
Universität Darmstadt)

## POLAT, SONGÜL

**Registrierung von 3D Scans mit Hyperspektralen Scans im Kontext von Umwelthanwendungen**

**Betreuer** Prof. Dr. Frank Boochs,  
Prof. Dr. Alain Tremeau (Université  
Jean Monnet St. Étienne)

## ROLWES, ALEXANDER

**Visuelle Methoden und Verfahren zur Analyse räumlicher Kontextfaktoren in Smart City Use Cases**

**Betreuer** Prof. Dr.-Ing. Klaus Böhm,  
Prof. Dr. Ralf Dörner  
(Hochschule RheinMain)

## SCHRÖDER, DANIEL

**Qualitätsmanagement für die Implementierung eines LIDAR-gestützten Echtzeit-Assistenzsystems zur Gefahrenabwehr infolge geometrischer Deformationen in Bergbau, an Infrastruktureinrichtungen und natürlichen Objekten**

**Betreuer** Prof. Dr.-Ing. Jörg Klonowski,  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Benndorf  
(Technische Universität  
Bergakademie Freiberg)

# Transfer in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft

## Technologieransfer

Als Forschungsinstitut einer Hochschule für angewandte Wissenschaft genießt am i3mainz der Technologietransfer einen hohen Stellenwert. Im Rahmen unserer Forschungsprojekte, die weiter hinten vorgestellt werden, suchen wir gemeinsam mit unseren Partner aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft nach Lösungen für aktuelle Herausforderungen.

## Wissenstransfer zwischen den Institutionen: Regional bis International

Wissenschaft lebt vom Austausch zwischen den Institutionen, auch jenseits gemeinsamer Projekte, etwa durch Austauschprogramme für Studierende, mittels Organisation oder Teilnahme an Kongressen oder durch Beratung. Viele unserer Professorinnen und Professoren nehmen beratende Funktionen ein:

- Frank Boochs ist Mitglied im Kuratorium des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg
- Kai-Christian Bruhn ist Mitglied des Wissenschaftlicher Beirats der Zentrale des Deutschen Archäologischen Instituts in Berlin
- Markus Schaffert ist Mitglied der *European Academy of Landuse and Development* in Zürich

Auf zahlreichen Workshops und Kongresse ist das i3mainz mit der ganzen Bandbreite seiner Themen durch Vorträge vertreten. Organisatorisch beteiligt waren wir bei den folgenden Veranstaltungen:

- Linked Pasts Symposium (Kai-Christian Bruhn, Steering Committee)
- Oldenburger 3D Tage (Frank Boochs, Sessionchair)
- Internationale Konferenz der *CAA Inside Information* (Kai-Christian Bruhn, Reviewer)
- BIM-Workshop an der Hochschule Mainz (Bastian Plaß, Mitorganisator)
- Trimble TIMMS und X7 Vorführung an der Hochschule Mainz (Bastian Plaß, Organisator)
- Workshop *Gesundheitsorientierte Stadt- und Verkehrsplanung*, Technische Universität Darmstadt (Markus Schaffert, Experte)
- International Conference on 3D Vision (Anita Sellent, Program Committee member)

Als Gutachter und Reviewer traten die Professorinnen und Professoren des i3mainz in verschiedenen Bereichen in Erscheinung:

- ASIIN Programmakkreditierung Hochschule Bochum. ASIIN e.V. ist eine Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, Informatik, Naturwissenschaften und Mathematik (Hartmut Müller, Kai-Christian Bruhn, Gutachter)
- Verschiedene Förderlinien der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) (Kai-Christian Bruhn, Gutachter)
- EU-HORIZON 2020 Marie-Sklodowska-Curie Individual Fellowships (Thomas Klauer, Gutachter)
- EU Erasmus+ zur Förderung von allgemeiner und beruflicher Bildung, Jugend und Sport in Europa (Hartmut Müller, Mitglied; Klaus Böhm, Gutachter)



—> Zu SciPort RLP, dem Forschungsportal des Landes Rheinland-Pfalz, mit den Publikationen des i3mainz: [rlp-forschung.de/public/facilities/400/publications](http://rlp-forschung.de/public/facilities/400/publications)

Abbildung:  
Kyambogo University,  
Uganda: Workshop im International Office, Foto: Hochschule Mainz, CC BY-SA 4.0



- Survey Review, Editorial Board (Hartmut Müller, Mitglied)
- Journal of Surveying Engineering der American Society of Civil Engineers (Martin Schlüter, Reviewer)
- Internationale Fachzeitschrift Survey Review (Martin Schlüter, Reviewer)
- zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (Martin Schlüter, Reviewer)
- Zeitschrift Remote Sensing (Frank Boochs, Reviewer)

Das i3mainz berät da und dort auch regional und unkompliziert. So unterstützte Kevin Kaminski etwa Studierende im Masterprojekt *Urbane Nischen* der JGU bei der Einrichtung eines WebGIS zur Visualisierung ihrer Projekte und bei der Implementierung interaktiver Karten.

Auch international ist das i3mainz vernetzt. Dank guter Kontakte von Frank Boochs zu der Universität Burgund etwa, die zu einer Reihe von kooperativen Promotionen führten, kommen jedes Jahr Praktikantinnen und Praktikanten von dort ans i3mainz. Eine davon ist Claire Prudhomme, welche Ende 2020 erfolgreich promoviert wurde.

Anfang Februar 2020 begleitete Hartmut Müller eine Gruppe der Hochschule Mainz auf eine zweiwöchige Exkursion nach Afrika. Sie besuchten Partnerhochschulen in Uganda und Ruanda, um den Austausch der afrikanischen und deutschen Studierenden und Kooperationen zwischen den Hochschule zu fördern (Abbildung S. 19).

### Kooperation mit dem RGZM

Eine sehr enge Kooperation verbindet das i3mainz seit über 20 Jahren mit dem *Römisch-Germanischen Zentralmuseum – Leibniz-Forschungsinstitut für Archäologie (RGZM)* in Mainz. Neben der Unterstützung

gemeinsamer Projekte, wie etwa ARS3D, wenden Guido Heinz und Anja Cramer verschiedene Verfahren der digitalen Dokumentation des kulturellen Erbes an. Das Verfahren *Structure from Motion (SfM)* zur geometrischen Erfassung von Oberflächen wird wegen der kostengünstigen Hard- und Software in unterschiedlichen, den Messaufgaben angepassten Abläufen eingesetzt. Im Zuge des Umzugs des RGZM in den Neubau, welcher Archäologisches Zentrum Mainz heißen wird, wurden Wandmosaiken per SfM geometrisch dokumentiert, um die Position der Einzelplatten zueinander zu bestimmen, bevor sie in den Ausstellungsräumen demontiert wurden. Im Zusammenhang mit der Anfertigung von wissenschaftlichen Kopien wurde der Einsatz von SfM in weiteren Bereichen untersucht. Am RGZM werden wissenschaftliche Kopien zum Beispiel aus Kunstharz gefertigt und u. a. mit Hilfe von Fotos von Hand koloriert. Anstelle der Fotos wurde nun der Einsatz einer digitalen, hochauflösend texturierten 3D-Kopie getestet. Die Restauratoren waren mit der digitalen Alternative sehr zufrieden.

Ein anderes Thema, mit dem sich das RGZM seit vielen Jahren beschäftigt, ist die Konservierung von antikem Nassholz und die damit einhergehende Formveränderung. 2020 wurden 10 Holzproben mit einem neuen Tränkungsmedium konserviert. Vor der Tränkung erfolgte eine hochgenaue dreidimensionale Digitalisierung der Oberflächenform. Diese 3D-Daten bilden die Grundlage für eine Analyse und Interpretation der Formveränderung nach Beendigung der Konservierung und erneuten 3D-Aufnahme.

### Das i3mainz in mainzed

Das Mainzer Zentrum für Digitalität in den Geistes- und Kulturwissenschaften, kurz mainzed, lebt den Transfergedanken mit dem Schwerpunkt Wissensaustausch. Es hat sich dem Feld der Digital Humanities und der Bündelung der digitalen Kompetenzen insbesondere am Wissenschaftsstandort Mainz verschrieben. Das Netzwerk lebt von analogen Formaten der Interaktion und Kommunikation, die 2020 Corona-bedingt nicht oder nur digital durchgeführt werden konnten. Ein

Abbildung oben:  
Aufnahme der Fotos für die SfM-Auswertung;  
Foto: Sven Kaulfersch,  
CC BY-SA 4.0



Abbildung unten:  
Auswertung in der Software Agisoft Metashape zur Dokumentation der Demontage;  
Abbildung: Anja Cramer,  
RGZM, CC BY-SA 4.0

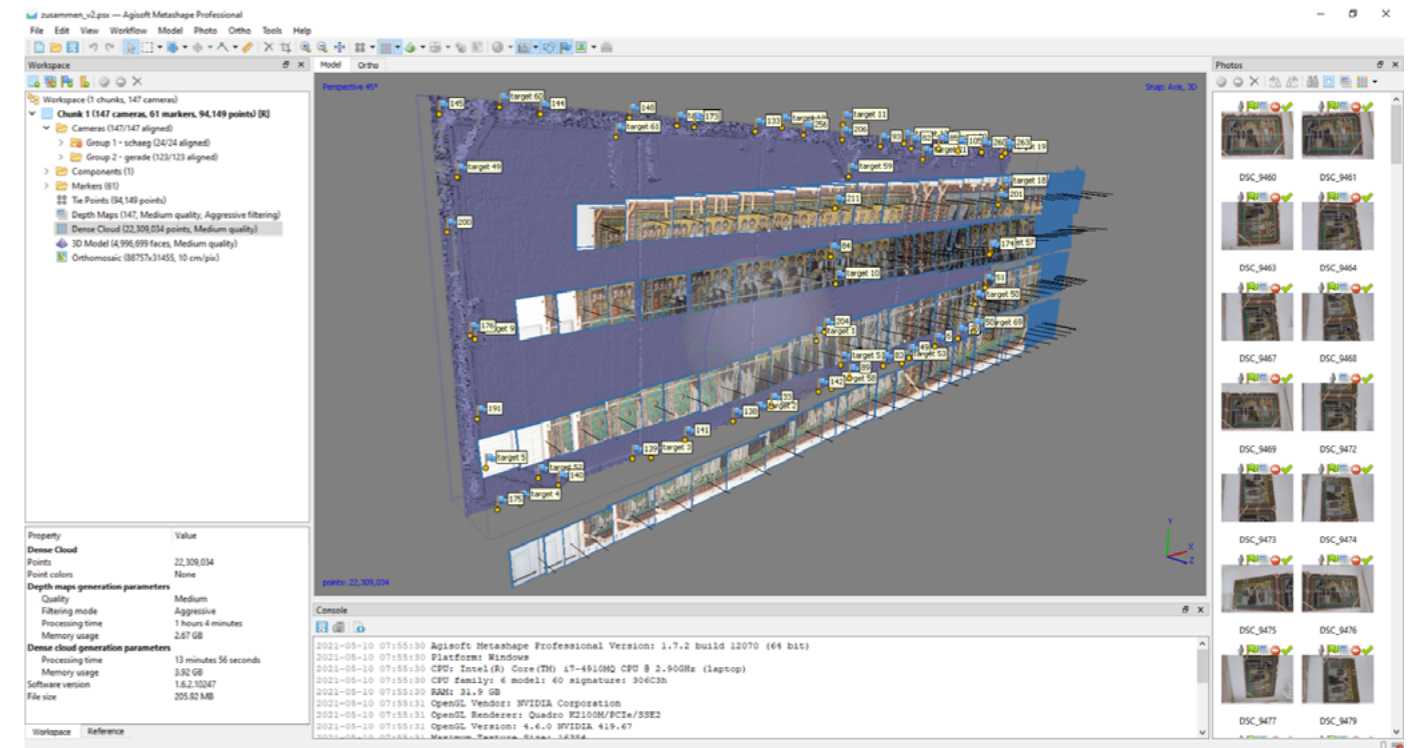




Abbildung oben links:  
Der Gutenberg Digital Hub ist ein Ort des Austauschs für die Hochschule Mainz und deren Partner;

Abbildung oben rechts:  
Das i3mainz hat unter anderem Medien für NFDI-4Objects entwickelt;

Abbildung unten:  
mainzed Männchen auf einer Veranstaltung

Alle Abbildungen:  
Vanessa Liebler



Schwerpunkt der Arbeiten des i3mainz im mainzed galt dem Themenfeld Data Literacy in den Geistes- und Kulturwissenschaften. Diese wurden in enger Abstimmung mit den Aktivitäten an der Johannes Gutenberg-Universität ausgebaut.

### Das i3mainz in NFDI4Objects

Thematisch damit eng verbunden ist die intensive Mitarbeit des mainzed an der Konsortialbildung im Rahmen des Aufbaus der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) und dort im Bereich der Forschungsdaten aus den Geistes- und Kulturwissenschaften. Ziel der Initiative ist es, die Datenbestände von Wissenschaft und Forschung für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem systematisch zu erschließen, zu vernetzen und nachhaltig nutzbar zu machen.

Im Rahmen von NFDI bündelt das i3mainz seine Expertise im Konsortium NFDI4Objects. Darüber hinaus ist es über das mainzed an der 2020 erfolgreich gestarteten Initiative *NFDI4Culture - Consortium for research data on material and immaterial cultural heritage* beteiligt. Gemeinsam mit zwei weiteren Initiativen aus dem Bereich Geistes- und Kulturwissenschaft haben die Konsortien seit 2018 mehrere Querschnittsthemen identifiziert, denen eine besondere Bedeutung in datengetriebenen Forschungsprozessen zukommt. Die Anreicherung digitaler Forschungsgegenstände mittels standardisierter Metadaten, Normdaten und fachspezifischer Terminologien gehört ebenso dazu wie Fragen nach der Provenienz sowie rechtliche und ethische Gesichtspunkte.

### Wissenstransfer in die Gesellschaft

Die Veranstaltungen, die uns in anderen Jahren als Plattform für den Austausch mit verschiedenen Gruppierungen der Gesellschaft zur Verfügung standen, fanden 2020 wegen Corona nicht statt. Dies betrifft insbesondere den Wissenschaftsmarkt der Mainzer Wissenschaftsallianz, aber auch den Girls' Day.

Kurz vor Ausbruch der Pandemie konnte Thomas Klauer

im Rahmen der Kinder-Uni mit Eltern und Kindern der Mainzer Eisgrubenschule über die Chancen und Tücken des Internets, die Nutzung von Smartphones und von Sozialen Medien sprechen. Beim Online-Hackathon des Hochschulforums für Digitalisierung nahmen Kai-Christian Bruhn und Torsten Schrade als Mentoren teil.

Zu einem wichtigen Kristallisationspunkt für den Austausch zwischen der Hochschule Mainz und Partnern aus Wirtschaft und Verwaltung hat sich der Gutenberg Digital Hub etabliert, ein Zusammenschluss aus regionaler Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlichen Institutionen. Alexander Rolwes ist dort als Mitglied in den Fokusgruppen Data Science und Smart City aktiv. Pascal Neis engagiert sich in den Fokusgruppen Smart City, Public Services und Data Science.

Als Bindeglied zwischen Wissenschaft, Forschung und Praxis nehmen die Verbände eine wichtige Rolle ein. Der *DVW e. V. - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement* ist der wichtigste Berufsverband für Geodätinnen und Geodäten in Deutschland. In den Arbeitskreisen 2 (Geoinformation und Geodatenmanagement) und 4 (Ingenieurgeodäsie) sind Markus Schaffert und Martin Schlüter gewählte Mitglieder.

Die FIG – International Federation of Surveyors ist die internationale Vereinigung der Vermessungsingenieure. Dort ist Hartmut Müller Mitglied des Präsidiums und leitet die Fachkommission *Spatial Information Management*. Den Zusammenschluss digital arbeitender Archäologinnen und Archäologen im Verein *Computeranwendungen und Quantitative Methoden in der Archäologie e. V.* leitet Kai-Christian Bruhn als Vorsitzender.

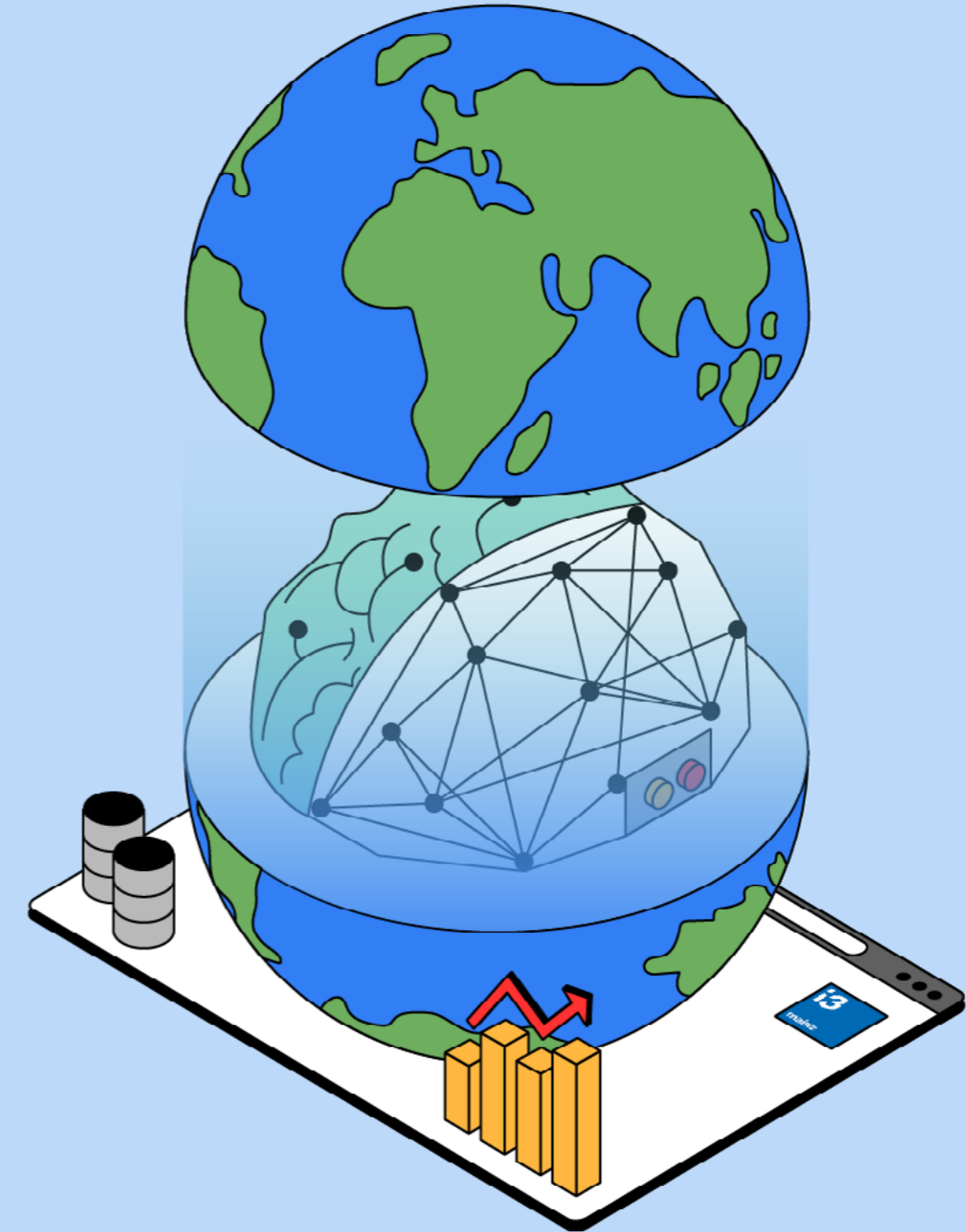
# Geospatial Artificial Intelligence – Das Potential von Künstlicher Intelligenz in der anwendungsbe- zogenen Forschung am i3mainz

Das Forschungsinstitut i3mainz der Hochschule Mainz beschäftigt sich seit seiner Gründung 1998 mit Fragen der raumbasierten Informations- und Messtechnik. Viele Methoden und Technologien wurden seither analysiert, prototypisch in Projekten erprobt, bewertet und weiter entwickelt.

Einem Themenkomplex wird im Rahmen dieses Berichts mehr Raum gegeben. In diesem Jahr ist es die Künstliche Intelligenz (KI) mit Raumbezug, welche in einer Reihe von Projekten am i3mainz weiterentwickelt wird.

Raumbezogene Informationen repräsentieren eine Schlüsselfunktion, um die Komplexität einer immer vernetzter werdenden Welt zu erklären. Mit Hilfe von KI begegnen Wissenschaftler am i3mainz solchen Fragestellungen, mit Erfolg!

Grafik: Vanessa Liebler,  
CC BY-SA 4.0



Ein Gebiet der Informatik ist zur Schlüsseltechnologie geworden: die Künstliche Intelligenz (KI). Der Begriff wird jedoch nicht einheitlich verwendet, was an der schwierige Abgrenzung des Teilbegriffs Intelligenz liegt. Alan Turing veröffentlichte bereits im Jahr 1950 den Aufsatz *Computer Machinery and Intelligence*.

Auf der Dartmouth Conference von 1956, organisiert vom Informatik-Professor John McCarthy, wurde der Begriff Künstliche Intelligenz erstmals als akademisches Fachgebiet eingeführt. Nachdem ein langer Winter keine nennenswerten Fortschritte in der KI mit sich brachte, hat sich die KI seit den 2010er Jahren auf Basis verbesserter Hardware und Infrastruktur rasant weiterentwickelt und wurde zu einem festen Bestandteil der heutigen Informationstechnologie.

Die damit verbundenen Zukunftsszenarien ufern in zwei Extremen: Auf der einen Seite stehen diejenigen, für die der große Nutzen dieser technologischen Errungenschaft im Vordergrund steht. Sie weisen auch auf die so genannte technische Singularität<sup>1</sup> hin, den Punkt also, an dem die Maschine den Menschen an Intelligenz übertrifft. Ihnen gegenüber stehen diejenigen, die vor möglichen Gefahren warnen, bis hin zu Schreckensszenarien, die auch die Vernichtung der Menschheit nicht ausschließen.

Neben KI tauchen in diesem Zusammenhang weitere Begriffe, wie **Machine Learning (ML)** oder **Deep Learning (DL)** auf, die teilweise synonym verwendet werden. Ebenfalls lässt sich eine Vermenschlichung der KI in Form von androiden Robotern erkennen, wahrscheinlich motiviert zum einen durch zahlreiche Filme und Serien mit Robotern als Protagonisten, zum anderen durch den Wunsch des Menschen, sein künstliches Ebenbild zu schaffen.

In diesem Zusammenhang fällt oft der Begriff Super-Intelligenz<sup>2</sup>, der eine in allen denkbaren Bereichen ausgebildete Intelligenz umschreibt, deren Fähigkeiten in physischer und kognitiver Form die des Menschen weit übersteigen. Ob die Entwicklung einer solchen Form der KI, auch starke KI genannt, überhaupt möglich ist,



Alan Turing (ca. 1938), Autor unbekannt, gemeinfrei (Quelle: Wikimedia)

**Maschinelles Lernen ist ein Oberbegriff für die „künstliche“ Generierung von Wissen aus Erfahrung.**

**Deep Learning bezeichnet eine Methode des maschinellen Lernens.**



John McCarthy; Foto: pepihassenfuss  
CC BY-NC 2.0 ([www.imagecodr.org](http://www.imagecodr.org))

kann zum heutigen Zeitpunkt nicht beantwortet werden. Die Lücke zwischen diesen Zukunftsvisionen und dem, was heute möglich ist, ist jedoch immens: Aktuelle KI-Systeme, schwache KI genannt, lösen sehr spezifische Probleme, etwa das Erkennen von Mustern oder Objekten in Bildern. Sie sind in begrenztem Umfang fähig zu lernen, aber das vernetzte Denken und Handeln auf Basis einzelner Aspekte der Intelligenz ist bisher nicht oder nur eingeschränkt möglich.

**„KI ist die Wissenschaft von Algorithmen, die es Computern ermöglicht, intelligentes Verhalten abzubilden.“**

**– John McCarthy, 1956**

Aber was ist intelligentes Verhalten und was Künstliche Intelligenz? Im Folgenden versuchen wir unsere Auffassung am i3mainz darzustellen und zeigen Projektbeispiele, die diese Auffassung praktisch erläutern.

Wir verstehen KIs als intelligente Informationssysteme, die Daten analysieren und auf Basis spezifischer Methoden daraus Erkenntnisse gewinnen können. Realisiert werden kann dies entweder durch Expertensysteme oder durch ML. Expertensysteme ziehen ihre Intelligenz aus der Nutzung von formalisiertem Fachwissen, etwa in digitalen Regelwerken. Daraus ziehen sie logische Schlüsse und lösen Aufgaben automatisiert und in transparenter Weise.

Der Begriff ML wird heute oft synonym mit KI genutzt, weil hier zuletzt die größten Fortschritte erzielt wurden – was dazu geführt hat, dass Expertensysteme teilweise nicht mit KI assoziiert werden. Menschliche Champions in Brettspielen, wie Schach oder Go, wurden von ML geschlagen, Bilder oder Sprache werden durch unsere Smartphones erkannt und Autos zeigen erste Fähigkeiten, sich ohne Fahrer sicher durch den Straßenverkehr

zu bewegen. ML gewinnt Wissen aus Erfahrung und kann hierbei durch verschiedene Methoden implementiert werden. Es lässt sich einfach klassifizieren in überwachtes und unüberwachtes Lernen: Beim unüberwachten Lernen weiß das System, vereinfacht gesagt, nicht, was es erkennen soll. Es erkennt und kategorisiert Muster, ohne zu wissen, welche und wie viele Kategorien es gibt. Beim überwachten Lernen kennt die KI eine so genannte Grundwahrheit basierend auf Trainingsdaten, bei denen Input und Ergebnis bekannt sind. So werden Modelle erstellt, die dann in der Lage sind, auch unbekannte Daten zu verarbeiten.

Ein weit verbreiteter Ansatz des ML ist eine Nachbildung der Verbindung von Nervenzellen des menschlichen Gehirns, die sogenannten künstlichen Neuronen Netze (KNN). Wenn ein solches Netz mit zahlreichen Daten durch wiederholte Zuordnung dieser Daten trainiert wird, ist es in der Lage, die Zuordnung jedes Mal exakter durchzuführen und den Mechanismus der Zuordnung auf noch unbekannte Daten zu übertragen. Dies kann in einer neuronalen „Schicht“ durchgeführt werden, oder auch in mehreren Schichten. In diesem Fall spricht man von Deep Neural Networks oder auch kurz DL. Neben den beispielhaft genannten KI-Verfahren existieren viele weitere, die innerhalb unserer Projektvorstellungen genannt werden.

Die **Robotik** unterstützt die Informationstechnologie im Bereich der Software durch Sensoren und Aktoren, um mit der physischen Welt zu interagieren. Die softwaregestützten Elemente der Steuerung eines Roboters werden zum Teil auch der KI zugeschrieben, wobei hier weniger eine Methodenentwicklung im Fokus steht, sondern eher die Nutzung hybrider Methoden – inklusive KI zur Lösung von Problemen in der Robotik.

Am i3mainz werden Methoden der KI in verschiedenen Anwendungsdomänen genutzt, um vorwiegend raumbasierte, ingenieurtechnische Herausforderungen intelligent mit lernender Software zu lösen. Dabei kommen sowohl eigene Entwicklungen zum Einsatz als auch gängige, offene Frameworks, etwa TensorFlow und Keras. Raumbasierte Daten, die heute schätzungs-



Im Mai 1997 verlor Garry Kasparov einen Wettkampf gegen den IBM-Computer Deep Blue; Foto: Owen Williams, The Kasparov Agency.

**Die Robotik unterstützt die Informationstechnologie im Bereich der Software durch Sensoren und Aktoren, um mit der physischen Welt zu interagieren.**



Foto von Maximalfocus auf Unsplash

weise 80 Prozent unserer Entscheidungen beeinflussen, sind prädestiniert für den Einsatz im KI-Umfeld: Sie liegen in großen Mengen vor und enthalten relevante räumliche Muster. Wir nutzen diese Daten in vielfältigem Kontext, beispielsweise um Entscheidungen zu stützen, Vorhersagen zu treffen oder Objekte räumlich zu klassifizieren. Die Datenmengen – Big Data – werden so zu Smart Data. Eine weitere Herausforderung, der wir uns hierbei am i3mainz stellen, ist die Visualisierung der durch KI gewonnenen Muster und Ergebnisse. Ziel ist der Einsatz und die Untersuchung visueller Methoden und Verfahren zur Wissensbereitstellung für die Zielgruppe. Interaktive Prototypen nutzen beispielsweise Diagramme oder Karten und erzeugen mit Hilfe von Methoden der AI Vertrauen und Akzeptanz.

Nachfolgend stellen wir Ihnen ausgewählte Projekte mit einem signifikanten KI-Kontext vor, aus denen wir Erkenntnisse über die Anwendbarkeit von KI im Ökosystem räumlicher Daten ziehen und oft einen Mehrwert für die Gesellschaft generieren.

## Automatische Punktwolkeninterpretation für die Pflege der Zukunft: BIM4Care

Für eine erfolgreiche Umsetzung von Digitalisierungsstrategien im Zuge von Industrie 4.0, E-Health oder Smart City stellen intelligente, digitale Gebäude eine zentrale Informationsgrundlage dar. Mit diesen sogenannten digitalen Zwillingen können Mensch-Gebäude-Interaktionen stattfinden, Analysen durchgeführt, Bestände dokumentiert und Optimierungen simuliert werden. Der Erfassung und nachträglichen Modellierung baulicher Strukturen wird somit eine bedeutende Rolle zuteil. Durch moderne Scanning-Technologie kann ein Gebäude erfasst und durch Millionen von Einzelpunkten als **3D-Punktwolke** beschrieben werden. Während dieser Vorgang bereits sehr effizient abgewickelt werden kann, stellt die nachträgliche Verarbeitung zu einem **intelligenten Gebäudemodell (BIM)** eine in der Regel manuelle Modellierungsarbeit dar, die in der Größenordnung von Smart Cities nicht zu leisten ist.

Um aus 3D-Punktwolken digitale Gebäudemodelle zu generieren, forschen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am i3mainz an effizienten und möglichst automatisierten Lösungen. Methoden des Deep Learnings (DL) erzielen insbesondere auf 2D-Bilddaten beeindruckende Klassifikationsergebnisse<sup>3</sup> und stellen damit einen erfolgreichen Transfer in die 3D-Objekterkennung in Aussicht. Eine entscheidende Stärke von diesen Methoden ist deren Fähigkeit, aus großen Mengen Trainingsdaten automatisch hierarchische Objektmerkmale zu erlernen<sup>4</sup>. Dank der zunehmenden Verfügbarkeit erschwinglicher Scanning-Technologie kann der Bedarf nach adäquaten 3D-Trainingsdaten gedeckt und damit aktiv die Erweiterung von Deep Learning auf die 3D-Punktwolkenverarbeitung untersucht werden.

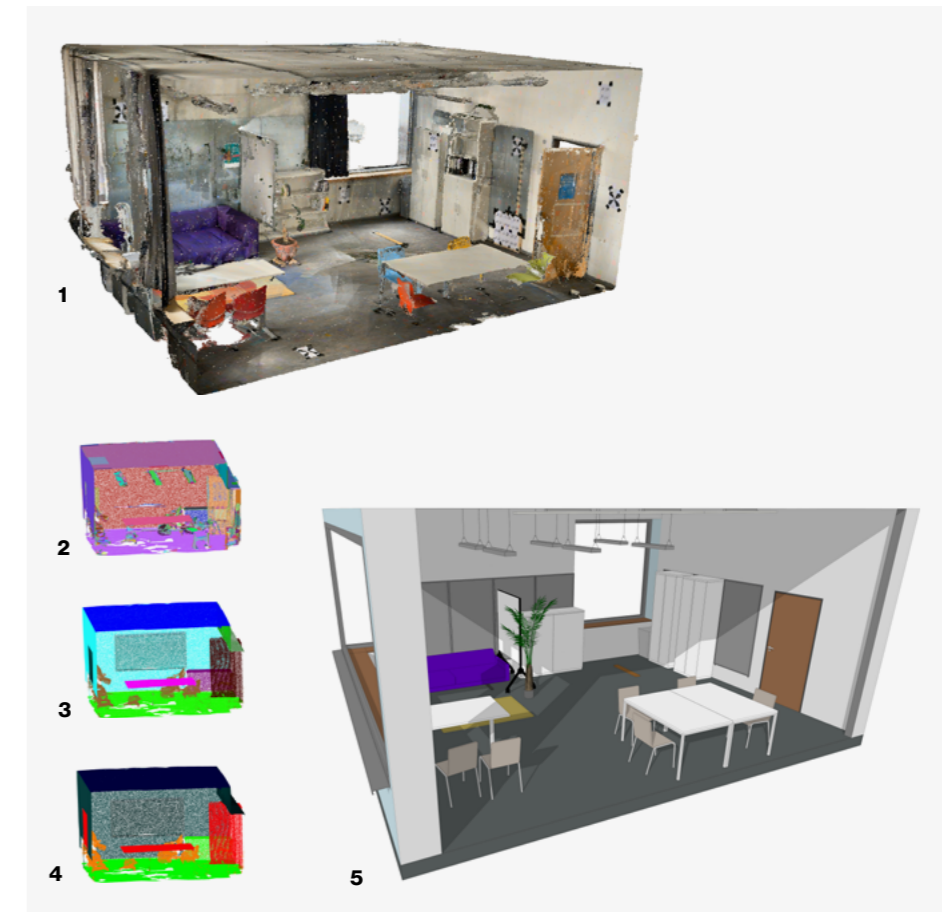
Eine erste Studie des i3mainz fokussiert das Thema der **Pflege zu Hause** unter Berücksichtigung medizinischer Anforderungen an die individuelle private Wohneinrichtung. Dabei wurden zunächst verschiedene Scanning-Technologien in einer simulierten Wohnumgebung getestet und deren qualitative

**Eine Punktwolke beschreibt eine Menge von Einzelpunkten, welche jeweils sowohl 3D-Koordinaten als auch Farb- oder Intensitätsinformationen aufweisen.**

**BIM (Building Information Modeling) beschreibt eine Arbeitsmethode der vernetzten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Bauwerken. Alle relevanten Informationen rund um das Bauwerk sind in einem digitalen 3D-Modell bauteilbezogen erfasst und abrufbar.**

**Pflege zu Hause beschreibt die Möglichkeit zu Hause zu leben, unabhängig von Krankheit, Alter und finanziellem Hintergrund.**

Eignung bewertet. Daran anschließend wurde mit Hilfe der erzeugten 3D-Punktwolke die Eignung der Wohneinrichtung anhand medizinisch-pflegerischer Kriterien am Beispiel der Barrierefreiheit evaluiert. Weite Teile der Datenprozessierung konnten bereits automatisiert werden. Mittels DL soll der Automatisierungsgrad im Laufe des Jahres 2021 weiter erhöht werden.



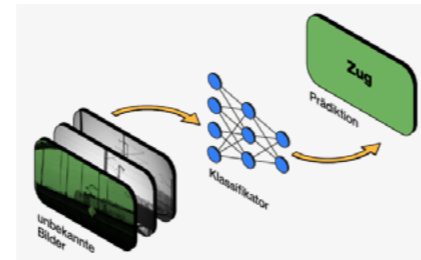
Für die häusliche Pflege der Zukunft bewertet unsere Lösung den Wohnraum automatisch nach Zugänglichkeit und Eignung. Dazu wird der Wohnraum samt seiner Einrichtungsgegenstände (1) gesamtheitlich als 3D-Punktwolke erfasst, (2) anschließend in semantische Regionen strukturiert, (3) darin einzelne Objekte erkannt und (4) diese nach patientenindividueller Eignung bewertet. Die objektbezogenen Bewertungen fließt abschließend in ein (5) as-built BIM, welches den Prozess nachhaltig dokumentiert;  
Grafik: i3mainz, CC BY-SA 4.0

## Mustererkennung mittels Deep Learning bei der Bildanalyse von Tachymetrie bis Unmanned Aerial Vehicle

KI-Methoden zeigen großes Potential auch in der digitalen Bildanalyse. Besonders die Methode Deep Learning (DL) wurde in den letzten zehn Jahren verstärkt in der Bildverarbeitung von großen Datenmengen und der Erkennung von Mustern mithilfe von Künstlichen Neuronalen Netzen (KNN) eingesetzt. Dabei stehen die Verfahren Klassifikation, Objektdetektion und Semantische Segmentierung im Fokus.

Am i3mainz wurde ein Workflow zur automatischen Erkennung von Zügen in Bilddatensätzen erfolgreich getestet<sup>5</sup>, um einen Beitrag für mehr Sicherheit im Gleisbereich zu leisten. Hierbei wurde eine kommerzielle Software, MVTec Halcon, eingesetzt, welche ein vor-trainiertes Convolutional Neural Network (CNN oder ConvNet) auf die Problemstellung der Zugererkennung adaptiert. Ein CNN ist ein *gefaltetes Neuronales Netzwerk*, welches das biologische Neuronensystem simuliert und die Informationen wie das menschliche Gehirn verarbeitet und erlernt. Es besteht aus verschiedenen Schichten, die sich in ihrer Anzahl, Tiefe und den implementierten Aktivierungs- sowie Optimierungsfunktionen unterscheiden. Bezeichnend für ein ConvNet sind die Convolutional Layer, die eine mathematische Faltung der Bildinformationen vornehmen und in der Regel von einem Pooling Layer zur Verdichtung der Informationen gefolgt werden.

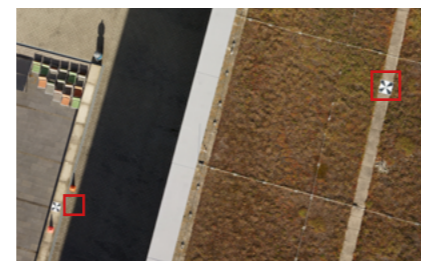
Ein weiterer Anwendungsbereich ist die automatische Detektion verschiedener Targetdesigns. Die Bilddaten werden von Totalstationen oder durch Befliegungen mit UAVs, also Unmanned Aerial Vehicle, erfasst. In dieser Anwendung wird zusätzlich das Open-Source Framework TensorFlow / Keras eingesetzt, um ConvNets zu trainieren. Die Bilddaten werden gemäß der Verfahren klassifiziert und Targets darin lokalisiert.



In der Inferenz werden unbekannte Bilder klassifiziert und vorhergesagt;  
Grafik: Vanessa Liebler, CC BY-SA 4.0



Validierung der Targetdetection (Schwarz-/Weiß-Target) mit Konfidenz;  
Foto: i3mainz, CC BY-SA 4.0



Befliegung der Hochschule Mainz mit den neu eingesetzten UAV-Targets;  
Foto: i3mainz, CC BY-SA 4.0

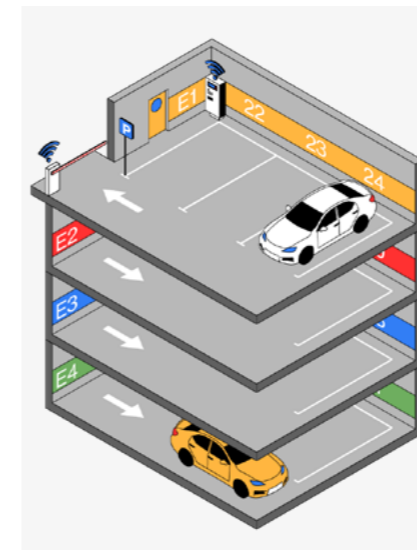
## Smart City mit KI: Wie mit Hilfe von Machine Learning die Parkhausauslastung optimiert werden kann

Der Einsatz von Smart City Analytics gewinnt zunehmend an Bedeutung, da täglich eine enorme Masse an Rohdaten aus dem urbanen Umfeld erzeugt, jedoch nicht vollends verstanden oder ausgewertet wird. Mobilität gilt als eine der sechs von der EU definierten Dimensionen, für die Handlungsbedarf in Smart Cities besteht<sup>6</sup>.

Eine der damit in Zusammenhang stehenden Herausforderung ist die Verfügbarkeit von Parkraum. Ein deutscher PKW-Nutzer verbringt im Jahr durchschnittlich 41 Stunden mit der Suche nach einem Parkplatz, Tendenz steigend<sup>7</sup>. Auch die aktuell geführte Debatte über die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten in deutschen Innenstädten verstärkt den Handlungsbedarf<sup>8</sup>. Stadtplaner, Kommunen und Parkhausbetreiber können diese Situation als Chance begreifen, um geeignete Maßnahmen zur effizienteren Nutzung der vorhandenen Parkressourcen zu ergreifen. Die Vorhersage von Parkhausbelegungen sowie der Einsatz von Informationssystemen im Kontext von Smart Cities ist auch an der Hochschule Gegenstand aktueller Forschung<sup>9</sup>.

Das Projekt leistet einen Beitrag zur Optimierung der Bewirtschaftung von Parkflächen. Dabei sollen sowohl für Parkhausbetreiber als auch für Kunden Handlungsempfehlungen bereitgestellt werden. Konkret umfasst dies Vorhersagemodelle für die Parkhauseinfahrten und der wahrscheinlichen Parkdauer der PKWs. Ferner dient ein Steuerungsalgorithmus zur Prognose der Ausfahrten in der Zukunft unter Berücksichtigung der Vorhersagemodelle.

Ziel ist die Gewährleistung von Parkraum für Dauerparker sowie die maximale Bereitstellung für Kurzzeitparker. Für die Prognosen werden bekannte Methoden aus dem Bereich ML verwendet, wie zum Beispiel Regressionen oder KNN. Die genannten Analysen und Modelle werden durch Untersuchungen zum Einfluss

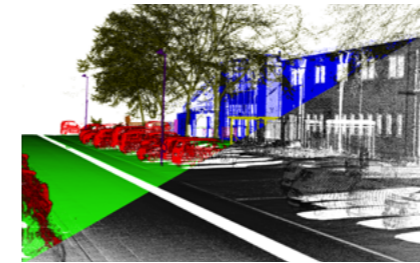
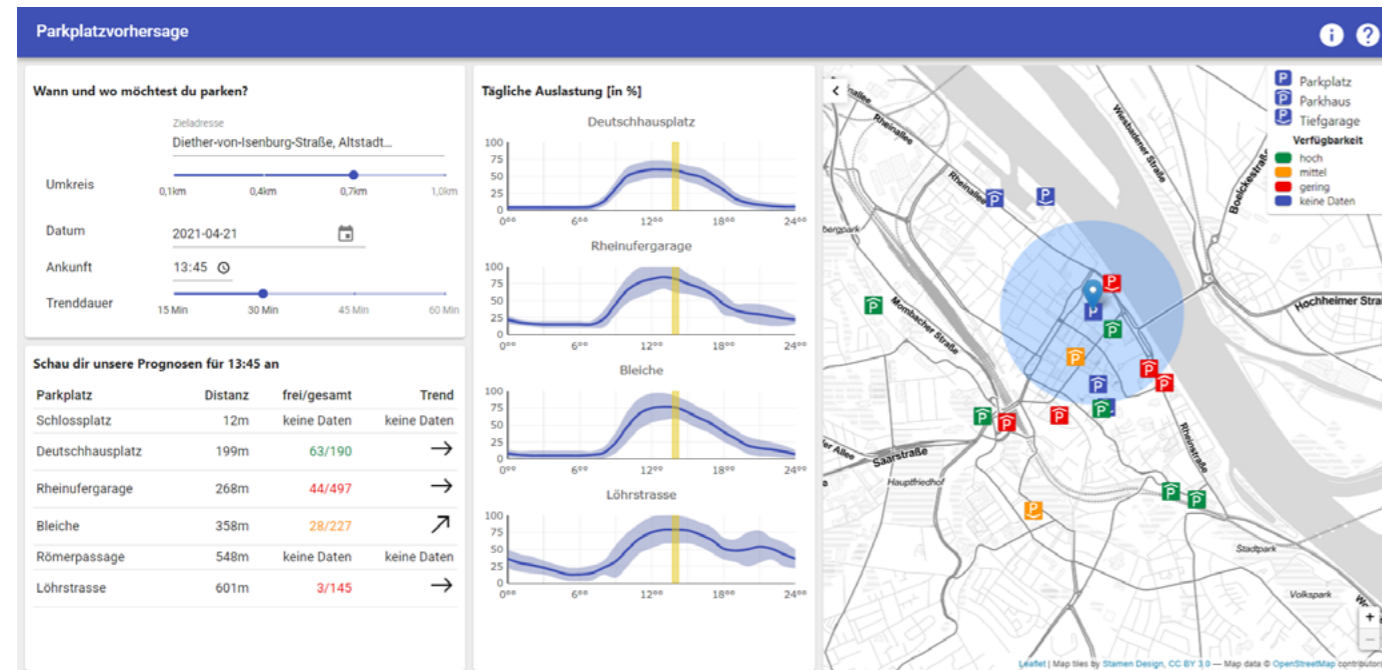


Bewirtschaftung von Parkflächen;  
Grafik: Vanessa Liebler, CC BY-SA 4.0

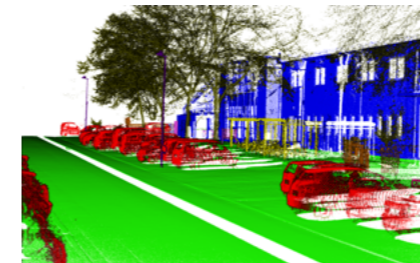
von räumlichen Kontextfaktoren angereichert. Eine Signifikanz dieser Untersuchungen in Smart City Fragestellungen wird in der Literatur<sup>10</sup> bereits festgestellt. Mit Hilfe von Visual Analytics sollen Ergebnisse speziell für den Domänen-Experten<sup>11</sup> bereitgestellt werden, um ihn und sein Wissen als Schwerpunkt in den Use-Case-bezogenen Workflow des ML zu integrieren.

Im Rahmen dieses Projektes werden zwei Promotionen angestrebt. Ein interaktives Dashboard ist bereits daraus hervorgegangen, welches die Parkhausauslastung in der Mainzer Innenstadt visualisiert.

Prototypische Umsetzung eines Dashboards zur Vorhersage der Parkauslastung in Mainz; Screenshot: i3mainz, CC BY-SA 4.0



Anwendung der Objekterkennung in einer städtischen Punktwolke; Grafik: i3mainz, CC BY-SA 4.0



Ergebnis der wissensbasierten Objekterkennung; Grafik: i3mainz, CC BY-SA 4.0

**SPARQL ist eine graphenbasierte Abfragesprache für Abfragen von Inhalten aus dem Beschreibungssystem RDF**

## Objekterkennung in Punktwolken durch Semantik

Das Projekt *Knowledge-based object Detection in Image and Point cloud (KnowDIP)* strebt die automatische Strukturierung von 3D-Punktwolken an. Ziel ist die Zuordnung semantischer Inhalte zu Geometrien und einzelnen Objekten innerhalb einer Szene. Implizit in den Daten enthaltenes und durch den Trainingsprozess erschlossenes Wissen wird durch explizit formuliertes Wissen in einem vollständig Semantik-getriebenen Ansatz ersetzt.

Die Semantik formuliert verschiedene Wissenszweige und deren Verknüpfungen, etwa das Wissen über die Bedeutung der Objekte in den Datensätzen und über die auf die Daten anzuwendenden Algorithmen. Der Ansatz enthält auch eine Lernphase, mit deren Hilfe sich die Punktwolkenprozessierung an die Vielfalt der Objekte und die Datenmerkmale anpassen lässt. Die Semantik wird über ein ontologisches Modell ausgedrückt. Sie verwendet Standard-Webtechnologien wie **SPARQL-Abfragen**.

Das ontologische Modell beschreibt das digital repräsentierte Objekt, die Daten aus der 3D-Punktwolke und eine Reihe von Algorithmen, welche optimal auf die zu prozessierende Szene passen. Es ermöglicht die Auswahl und Ausführung von Algorithmen, die an Daten und Objekte angepasst sind. Erzielte Verarbeitungsergebnisse werden klassifiziert und erlauben, das ontologische Modell mit Hilfe von SPARQL-Konstruktanfragen anzureichern. Die durch SPARQL formulierte Semantik dient auch als Verbindung zwischen dem Wissen innerhalb des ontologischen Modells und dem Verarbeitungsbereich. Das erarbeitete KnowDIP Framework besitzt die Fähigkeit, die Verwendung der Algorithmen auf einen individuellen Zustand der Verarbeitungskette auszulegen und macht die Lösung anpassungsfähig, etwa auf Fälle des kulturellen Erbes, der Rekonstruktion von Bauwerken im Kontext von BIM sowie für industrielle oder Mapping-Anwendungen.

## Wissensgesteuerte Simulationen zur Katastrophenbewältigung

Ein Ziel des Projekts Semantic GIS war es, das Katastrophenmanagement durch die Integration und Interpretation heterogener Daten aus den verschiedenen Disziplinen zu unterstützen. Hierfür wurde eine intelligente Lösung zur Anpassung von Simulationen auf Basis des vorhandenen Wissens entwickelt. Diese Lösung zielt darauf ab, die Effektivität der Pläne im Katastrophenmanagement durch Simulation zu bewerten und damit zu verbessern.

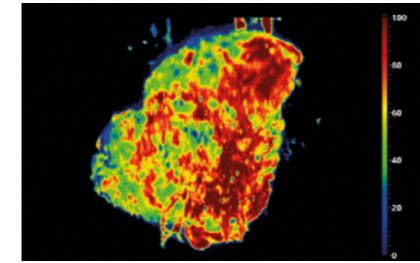
Die Simulationsmodelle sind nicht flexibel genug, um verschiedene Arten von Plänen zu simulieren. Um die Simulationen anpassen zu können, ist die Zusammenführung der Expertise aus den beteiligten Disziplinen notwendig.

In der vorgeschlagenen Lösung wird explizites Wissen zur Bewältigung einer Katastrophensituation aus heterogenen Geodaten und Notfallplänen extrahiert. Dieses Wissen wird in einem Triplestore gespeichert und für den Entwurf von Simulationen zur Bewertung von Plänen verwendet. Die Modellierung der Simulation erfolgt durch Reasoning, die Programmierung durch einen intelligenten Prozess. Dieser nutzt die Inhalte der Wissensbasis aus dem **Triplestore**, um das Simulationsprogramm zu erstellen. Die entwickelte Lösung nutzt das Apache-Jena-Framework für die Verwaltung der Wissensbasis und das Reasoning. Sie wurde erfolgreich auf einen Rettungsplan für den Umgang mit mehr als hundert betroffenen Menschen angewendet. Die Arbeiten zur Bewertung von Katastrophenschutzplänen wurde mit einer Dissertation im Dezember 2020 abgeschlossen und wissenschaftlich validiert.



Visualisierung einer Rettungssimulation (grün: Feuerwehrmann, hellblau: Krankenwagen, dunkelblau: Arzt, andere Farben: Opfer mit verschiedenen Gesundheitszuständen) in der Stadt Montbard (Frankreich); Screenshot in GAMA-Plattform, CC BY-SA 4.0

**Ein Triplestore ist eine Datenbank für die Speicherung und den Abruf von Triples durch semantische Abfragen. Ein Tripel ist eine Dateneinheit, die aus Subjekt-Prädikat-Objekt besteht.**



Orale Schleimhautgewebeprobe eines Patienten, welche pathologisch mittels HSI untersucht wurde. Visualisiert ist die Sauerstoffsättigung des Gewebes. Grafik: Unimedizin Mainz und i3mainz

**HSI nutzt verschiedene Wellenlängenbereiche (Spektren), um in das Gewebe einzudringen und damit für den Menschen nicht sichtbare Informationen zu erfassen. Damit eignet es sich besonders für die multivariante Datenanalyse durch KI.**

**Die durch HSI erfasste Daten werden in einem Hyperwürfel gespeichert. Dabei können räumliche und spektrale Informationen kombiniert abgebildet werden.**

## Krebsfrüherkennung durch Hyperspektrale KI

Krebs stellt nach den Herz-Kreislauf-Erkrankungen die zweithäufigste Todesursache in Deutschland dar<sup>12</sup>. Das Mundhöhlen- oder Pharynxkarzinom zählt als eine Variante, an der jährlich rund 10.000 Menschen erkranken. Die derzeit einzige kurative Therapie besteht im vollständigen Entfernen aller Tumorherde. Dabei stützen sich die Diagnosen auf histopathologische Analysen von operativ entnommenen Gewebeproben<sup>13</sup>. Da dieser Ansatz das Gewebe nur punktuell untersucht, können Tumorgrenzen nicht genau definiert werden. Um diesen Status quo zu optimieren, wurden Ende des Jahres erste Untersuchungen auf Basis hyperspektraler Bilddaten vorgenommen.

Die **hyperspektrale Bildgebung (HSI)** hat sich als ein vielversprechendes und nicht invasives Instrument entwickelt, um Gewebeeigenschaften zu messen, charakteristische Karzinomsignaturen zu identifizieren und so das Entfernen von gesundem Gewebe zu vermeiden. Die über verschiedene Wellenlängen gewonnenen Spektraldaten des Gewebes sind einzigartig und werden in einem **Hyperwürfel (3D-Bildcube)** gespeichert. Basierend auf diesen spektralen Eigenschaften kann Gewebe beispielsweise in Schleimhaut, Muskel, Fett und Tumor unterschieden werden. Mit dem Ziel, während einer Operation zukünftig automatisch Gewebe klassifizieren zu können, wurden verschiedene Analysemethoden aus dem Spektrum der KI untersucht und bewertet. Neben KNN waren Support Vector Machines (SVM) und Entscheidungsbäume (Random Forest) Bestandteil der Untersuchung.

Eine Klassifikationsgenauigkeit von über 93 Prozent erreichten KNN und stellten damit den leistungsfähigsten Klassifikator dar. Diese Zwischenergebnisse basieren auf numerischen Werten und dienen als erster Impuls für die Weiterentwicklung der automatischen Gewebeklassifikation unter Nutzung hyperspektraler Bilddaten und -würfel.

## Robotergestützte Objekterfassung mit optischen Messsystemen

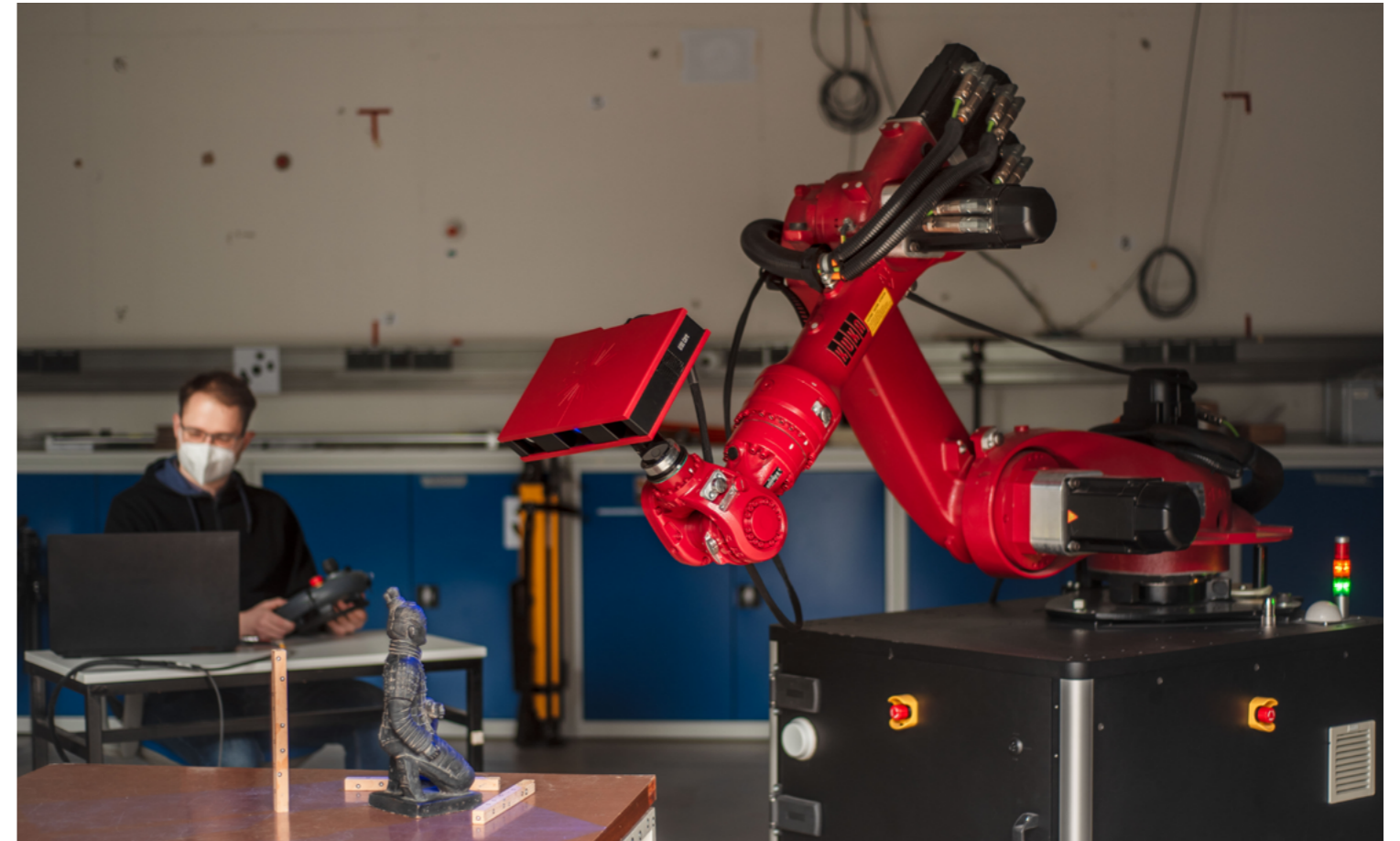
Im Rahmen des interdisziplinären Labors für angewandte Robotertechnik Robolab finden am i3mainz Forschungsarbeiten mit einem mobilen Industrieroboterarm statt. Wichtig sind dabei Anwendungsoptionen von Robotern mit photogrammetrischen Messsystemen. Ein Ziel ist etwa, ein Objekt mit einem Streifenlichtscanner automatisch hochaufgelöst in 3D zu erfassen, wobei die menschliche Interaktion soweit wie möglich reduziert wird.

Am i3mainz erarbeiten wir einen Prozess zur Bestimmung der geometrischen Beziehung zwischen Roboter, Messsystem und Umgebung ohne Zuhilfenahme von externen Sensoren. Darauf aufbauend kann anhand von Objektgröße und -position sowie Parametern des Messsystems von einer KI die benötigten Aufnahmepositionen berechnet und die Messung ausgeführt werden. Messobjekte weisen nicht immer einfache Geometrien auf, sodass die Objektoberfläche nicht vollständig erfasst werden kann. Zukünftig sollen durch KI Löcher im 3D Modell erkannt und neue Aufnahmepositionen zur Vervollständigung der Messung vorgegeben werden.



Abbildung oben:  
Beispiel eines beleuchteten Scanobjektes

Abbildung unten:  
Detailaufnahme des Streifenlichtscanners

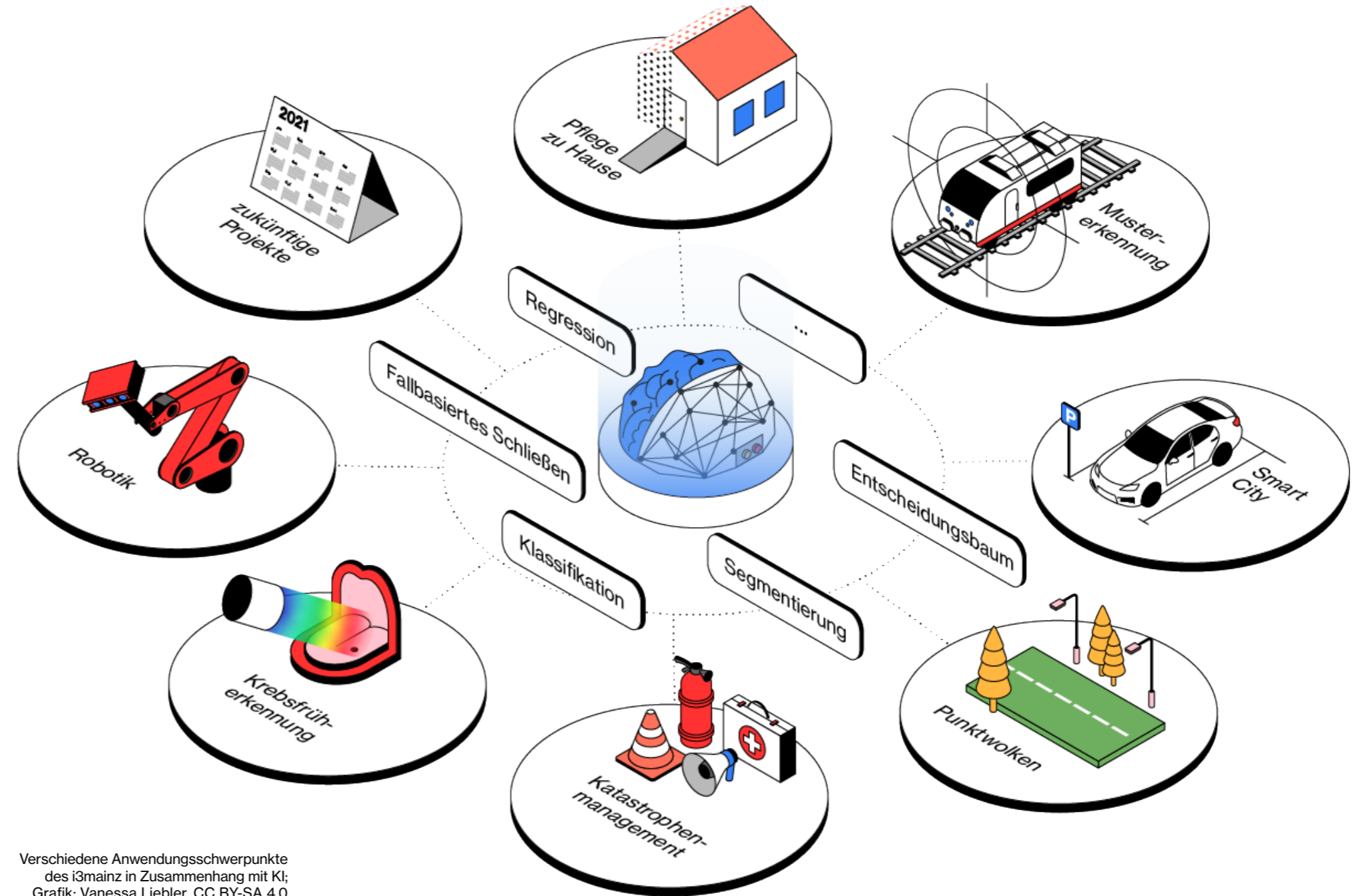


Industrieroboter Arm Kuka-KR 14 auf einer mobilen Plattform mit montiertem GOM ATOS Core Streifenlichtscanner;  
Alle Fotos: Vanessa Liebler, CC BY-SA 4.0

## Projektbezogene KI-Landkarte

Das Spektrum von KI-Anwendungen am i3mainz ist breit und reicht, wie oben beschrieben, von numerischen Prädiktionen im Kontext von Smart City über Bildklassifikationen für Sicherheit im Gleisbereich oder ingenieurgeodätische Disziplinen bis hin zu 3D-Objekterkennung für die medizinische Pflege oder für das Katastrophenmanagement. Trotz der großen thematischen Diversität verbinden diese Projekte selbstlernende KI-Methoden als Schlüsseltechnologie. Unser Schaubild soll dabei als Kompass dienen, die unterschiedlichen Anwendungen aus den vorangegangenen Projektbeschreibungen mit den KI-Methoden in Zusammenhang zu bringen. Dazu werden im Folgenden die Fragestellungen aus den einzelnen Projekten konkretisiert.

**Künstliche Neuronale Netze (KNN)** haben gezeigt, dass sie zur Modellierung komplexer und nichtlinearer Datenzusammenhänge geeignet sind. Möglich machen das Neuronen als kleinste Struktureinheit eines KNN. Neuronen sind oftmals in einer sehr großen Anzahl vorhanden (Deep Learning), schichtweise organisiert und miteinander verbunden und damit in der Lage, auf verschiedene (Aktivierungs-) Zustände zu reagieren. Durch diese Art der mathematisch-statistischen Formulierung können verschiedenartige Daten verarbeitet und interpretiert werden. Datenverarbeitungszyklen (Epochen), die sich sehr häufig wiederholen, führen dazu, dass Verbindungen zwischen Neuronen im Laufe dieses sogenannten Trainings dem Anwendungsfall entsprechend gewichtet werden. Auf diese Weise können Modelle mit vielen Millionen von Parametern trainiert werden, die dann in der Lage sind, beliebig komplexe Regressionen oder Klassifikationsaufgaben wie die Semantische Segmentierung oder Objekterkennung zu lösen. Durch verschiedene Architekturvarianten können KNN numerische Werte, Bilddaten oder 3D-Punktwolken verarbeiten. KNN können als universales, jedoch geschlossenes und bislang nicht vollständig verstandenes Paradigma bezeichnet werden, welches in der Lage ist, nahezu jede Aufgabe zu lösen, sofern ausreichend Trainingsdaten vorhanden sind. Die aktuelle Forschung erarbeitet immer neue



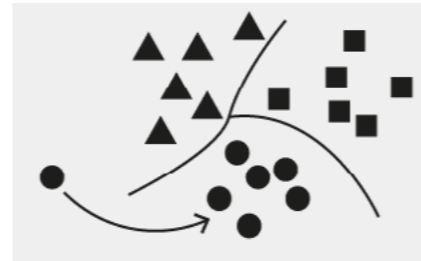
Anwendungsfälle und erzielt dabei kontinuierlich bessere Ergebnisse, die für den Megatrend KI als Katalysator dienen.

Bei der **Klassifikation** gilt es, die Eingangsdaten in Klassen zu separieren und die eingesetzten KNN-Architekturen unter Berücksichtigung der Ausgabedaten zu trainieren. Sind lediglich zwei Klassen vorhanden, wird von einer binären Klassifikation (z. B. Ja/Nein-Aussagen) gesprochen. Über zwei Klassen hinaus spricht man von der Multiclass Klassifikation, welche beliebig viele Einteilungen abbilden kann. Ziel ist es, auf Grundlage des trainierten Modells in Verbindung mit den Eingangsdaten, neue und bisher unbekannte Daten in der richtigen Klasse zuzuordnen.

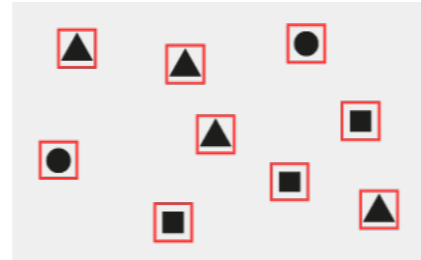
Bei der **Objektdetektion** hingegen ist es nicht nur möglich, Objekte zu erkennen, sondern auch die jeweilige Position zu lokalisieren. Sind als Eingangsdaten Bilder oder Videos vorhanden, ist es notwendig die gewünschten Objekte vor dem Trainingsprozess zu annotieren. Dies erfolgt mithilfe von Rechtecken, sogenannten Bounding Boxes oder 3D-orientierten Boxen, welche die entsprechenden Objekte umrahmen und für das eingesetzte KNN beim Trainingsprozess relevant sind. Bei der Verwendung von 3D-Punktwolken als Eingangsdaten können zwei Arten von Verarbeitungsstrategien unterschieden werden. Die erste Art verwendet alle 3D Informationen aus der Punktwolke, während bei einer zweiten Variante die 3D Informationen in 2D-Bildern transformiert werden.

Die **Semantische Segmentierung** ist eine pixel- bzw. voxel-genaue Klassifikation. Inhaltlich zusammenhängende Regionen werden zusammengefasst und entsprechend eines bestimmten Kriteriums einem Segment zugeordnet. Dies ermöglicht eine umfangreichere Analyse, da jedem Pixel bzw. Voxel eine Klasse zugrunde liegt und somit alle Objekte in den Eingangsdaten lokalisiert werden können. Das Ergebnis wird, bei allen Verfahren bezogen auf die Eingangsdaten, nach Durchlaufen des Netzes durch statistische Werte verifiziert.

Die **Regressionsanalyse** ist eine statistische Methode,



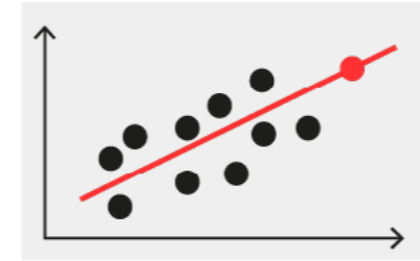
Klassifikation; alle Grafiken: Vanessa Liebler  
CC BY-SA 4.0



Objektdetektion



Semantische Segmentierung



Regressionsanalyse



Simulation



Fallbasiertes Schlussfolgern

um den Zusammenhang zwischen einer abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen zu beschreiben. Dabei wird eine Regressionsfunktion berechnet, welche diese Abhängigkeit beschreibt. Mittels dieser mathematischen Funktion können Prognosen für die unabhängige Variable in Form von kontinuierlichen Werten aufgestellt werden.

Die **Simulation** zielt darauf ab, ein System auf der Grundlage seiner Modellierung zu untersuchen. Simulationsprogramme werden erstellt und ausgeführt, um das Modell auf der Grundlage des beobachteten Verhaltens empirisch zu validieren, um verschiedene Parameter und Werte auszuwählen oder anzupassen und ihre Auswirkungen zu beobachten und um die Leistung oder die Modelltreue zu messen und ihre Angemessenheit zu beurteilen<sup>14</sup>.

Bei dem **fallbasiertes Schlussfolgern** geht es darum, implizites Wissen explizit zu formalisieren. Es verwendet eine Wissensbasis, die aus Konzepten, Personen und Beziehungen zwischen diesen Personen besteht. Die Menge der Konzepte bildet eine Terminologie, die so genannte Terminologische Box, die zur Definition von Wissen verwendet wird. Individuen und zugehörige Relationen ermöglichen die Definition von Wissensfakten, genannt Assertional Box. Die Argumentation erlaubt es, neue Fakten aus der Ausgangsmenge zu definieren.

## Zukünftige Arbeiten

Am i3mainz sind wir immer bestrebt, nah am aktuellen Stand der Wissenschaft zu forschen. Daher analysieren und evaluieren wir aktuelle Methoden und Technologien aus dem nationalen und internationalen Umfeld und übernehmen diese bei Eignung in unser Methoden- und Technologie-Portfolio der anwendungsorientierten Forschung.

Auch in der KI sind einige Bereiche bei uns – teilweise interdisziplinär und fachbereichsübergreifend – aktuell “unter Beobachtung”. Etwa können KI-Komponenten in Form von KI-as-a-Service aus cloudbasierten Open Source Plattformen angeboten werden, um die Einstiegshürden in das Thema speziell für KMUs zu senken. Um das Vertrauen in KI-Systeme zu steigern, ist die Implementierung von nachvollziehbaren KI-Systemen (Explainable AI) hilfreich. Ein weiteres Potenzial sehen wir in der Effizienzoptimierung für Trainings und der Steigerung der Nachhaltigkeit für verwendete bzw. erzeugte Modelle. Ferner blicken wir auf KI-Anwendungen in nicht-technischen Einsatzgebieten, etwa im Marketing, Personalmanagement oder in der innovativen Zusammenarbeit allgemein. Schließlich richten wir auch den Fokus auf die Vertiefung von Robotik-Anwendungen, unter anderem in der Produktion, um unser Robolab weiter auszubauen.

Bei allen Vorhaben ist es unser Ziel, Menschen durch intelligente Werkzeuge eine praxisgerechte Unterstützung zu bieten, sei es im privaten oder beruflichen Umfeld. Auch im Bereich der Anwendungsgebiete und Branchen, in denen wir unsere Forschung anwenden, blicken wir über den Tellerrand hinaus. Letztendlich betrachten wir unsere Themen in Forschung und Entwicklung, wie die hier vorgestellte KI, als eine Schnittstelle zwischen Methoden und Technologien auf der einen und praktischer Anwendung in verschiedensten Bereichen auf der anderen Seite. In diesem Zusammenhang verstärken wir Aktivitäten zum Transfer unserer Erkenntnisse in Wissenschaft, Wirtschaft und in die breite der Gesellschaft.

## Autorinnen und Autoren:

Denise Becker, Thomas Klauer, Thomas Müller, Bastian Plaß, Jean-Jacques Ponciano, Claire Prudhomme, Alexander Rolwes, Jonas Veller, Nicole Vögtlin Bruhn, Kira Zschesche

## Literatur

<sup>1</sup> Kurzweil, R. (2013): Menschheit 2.0

<sup>2</sup> Bostrom, N. (2014): Superintelligenz: Szenarien einer kommenden Revolution

<sup>3</sup> Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G. E. (2012): ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. In: Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 25. Available online at <https://proceedings.neurips.cc/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf>

<sup>4</sup> Goodfellow, I.; Bengio, Y.; Courville, A. (2016): Deep Learning. In: MIT Press. Available online at <http://www.deeplearningbook.org>

<sup>5</sup> Plaß, B.; Zschesche, K.; Altinbas, T.; Karla, D.; Rau, L. und Schlichter, M. (2020): Künstliche Intelligenz als Strategie in der Ingenieurgeodäsie - erste Schritte im Bahnumfeld, in: zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 08/2020, Nummer 4, (2020)

<sup>6</sup> Moustaka, V.; Vakali, A.; Anthopoulos, L. G. (2019): A Systematic Review for Smart City Data Analytics. In: ACM Comput. Surv. 51 (5), S. 1–41. DOI: 10.1145/3239566

<sup>7</sup> Cookson, G.; Pishue, B. (2017). Die Folgen der Parkplatzproblematik in den Vereinigten Staaten, Großbritannien und Deutschland. Retrieved from <http://www2.inrix.com/research-parking-2017>

<sup>8</sup> van der Sant, F. (2020): „Smarteres“ Parkraummanagement: Ein Schlüsselbeitrag zur nachhaltigen urbanen Mobilität. In: Smart City – Made in Germany (pp. 541–551). [https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6_56)

<sup>9</sup> Xiao, J., Lou, Y.; Frisby, J. (2018). How likely am I to find parking? – A practical model-based framework for predicting parking availability. In: Transportation Research Part B: Methodological, 112, 19–39. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.04.001>

<sup>10</sup> Klemmer, K.; Willing, C.; Wagner, S.; Brandt, T. (2016): Explaining Spatio-Temporal Dynamics in Carsharing: A Case Study of Amsterdam.

<sup>11</sup> Lin, T.; Rivano, H.; Le Mouel, F. (2017). A Survey of Smart Parking-Solutions. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 18(12), 3229–3253. <https://doi.org/10.1109/TITS.2017.2685143>

<sup>11</sup> Arbesser, C.; Mühlbacher, T.; Komornyi, S.; Piringer, H. (Hg.) (2017): Visual analytics for domain experts: Challenges and lessons learned. In: Proceedings of the second international symposium on Virtual Reality & Visual Computing.

<sup>11</sup> Wong, Y. L.; Madhavan, K.; Elmqvist, N. (2018): Towards Characterizing Domain Experts as a User Group. In: 2018 IEEE Evaluation and Beyond - Methodological Approaches for Visualization (BELIV), S. 1–10.

<sup>11</sup> Mao, Y.; Wang, D.; Muller, M.; Varshney, K. R.; Baldini, I.; Dugan, C.; Mojsilović, A. (2019): How Data Scientists Work Together With Domain Experts in Scientific Collaborations: To Find The Right Answer Or To Ask The Right Question? In: Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 3 (GROUP), S. 1–23. DOI: 10.1145/3361118.

<sup>12</sup> Statistisches Bundesamt (2019): Todesursachen in Deutschland. Online verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Todesursachen/\\_inhalt.html#sprg236448](https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Todesursachen/_inhalt.html#sprg236448), zuletzt geprüft am 17.02.2021.

<sup>13</sup> Flanagan, J. C., Batz, R., Saboo, S. S.; Nordeck, S. M.; Abbara, S.; Kernstine K.; Vasan, V. (2016) In: Esophagectomy and gastric pull-through procedures: surgical techniques, imaging features, and potential complications. RadioGraphics 36:107–121. <https://doi.org/10.1148/rg.2016150126>

<sup>13</sup> Curtis N. J.; Noble, F.; Bailey, I. S.; Kelly, J. J.; Byrne, J. P.; Underwood, T. J. (2014) The relevance of the Siewert classification in the era of multimodal therapy for adenocarcinoma of the gastro-oesophageal junction: Siewert Groups Retains Prognostic Value. J Surg Oncol 109:202–207. <https://doi.org/10.1002/jso.23484>

<sup>14</sup> Cubert R. M., Fishwick, P. A. (1998). OOPM: An object-oriented multimodeling and simulation application framework. Simulation 1998; 70(6):379-395

# Forschungsprojekte

**Derzeit stehen die Themen Open Government, Open Data und Geodateninfrastruktur, 3D-Messtechnik, computerbasierte Simulation und Visualisierung sowie Digital Humanities und das Semantic Web im Mittelpunkt unserer Forschung.**

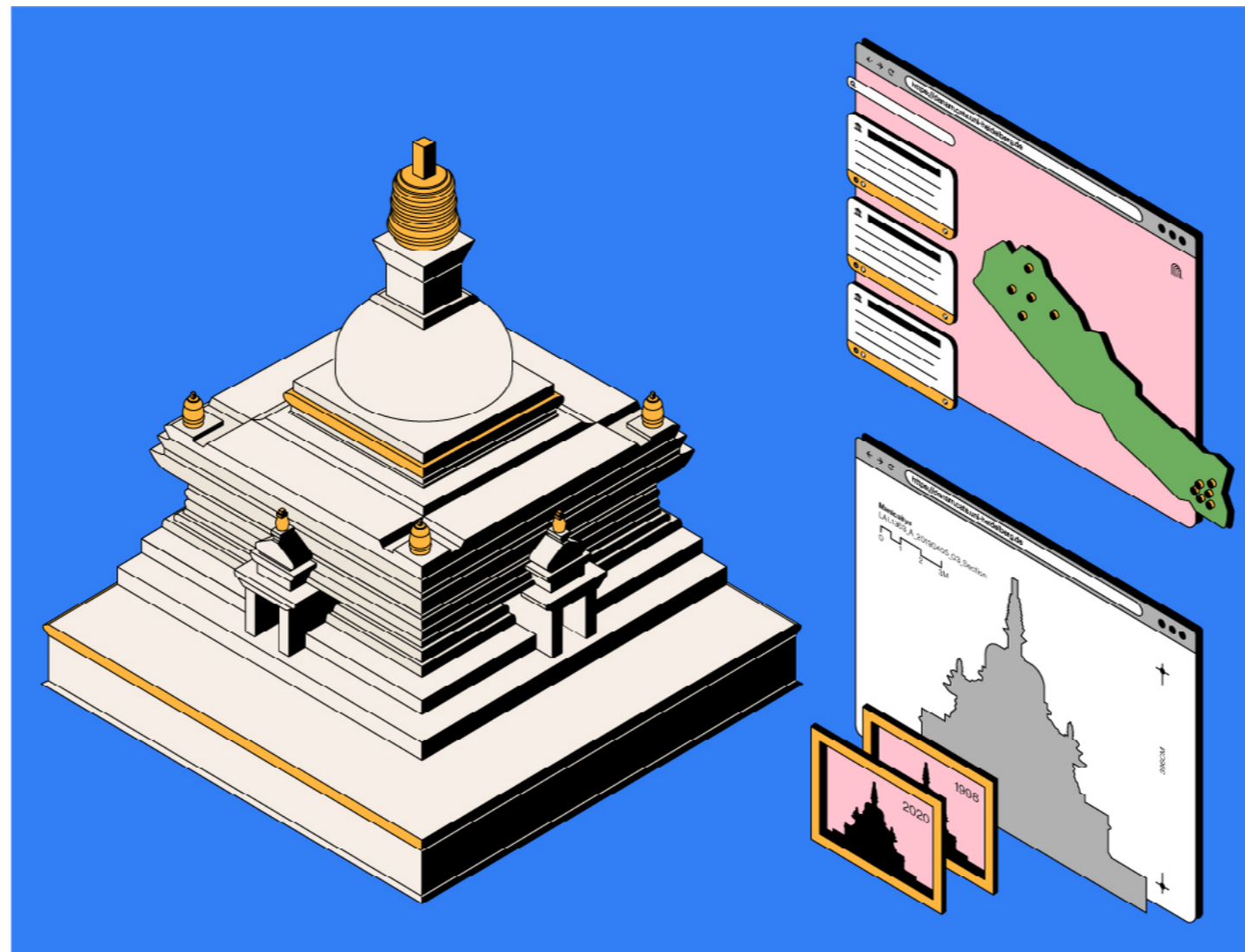


# The Nepal Heritage Documentation Project (NHDP)



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/nepalheritage/](http://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/nepalheritage/)

Abbildung:  
 Der Krishna Tempel auf dem Patan Darbar Platz in Lalitpur; Grafik: Vanessa Liebler, CC BY-SA 4.0



**Zeitraum** 02/10/2018 – 30/09/2026  
**Leitung** Prof. Dr.-Ing. Frank Boochs, Prof. Dr. Christiane Brosius (Heidelberg Centre for Transcultural Studies), Prof. Dr. Axel Michaels (Heidelberger Akademie der Wissenschaften)  
**Mitarbeit** Dr. Ashish Karmacharya  
**Förderung** Arcadia foundation, 371.183 €  
**Kooperation** Heidelberg Centre for Transcultural Studies, Universität Heidelberg

Das Nepal Heritage Documentation Project (NHDP) hat das Ziel, ein digitales Inventar der gefährdeten Denkmäler und Stätten des nepalesischen Kulturerbes zu erstellen. Das i3mainz ist für die technische Umsetzung und Verwaltung des Inventarsystems verantwortlich. Die Pilotphase endete 2020, als reguläres Projekt läuft NHDP bis 2026.

## Aktivitäten 2020

Ziel des NHDP ist, eine digitale Infrastruktur für die Dokumentation des kulturellen Erbes in Nepal aufzubauen. Dazu wird das *Digital Archive of Nepalese Architectures (DANA)* um Stätten des Kulturerbes erweitert und als Werkzeug für das *Department of Archaeology (DoA)* der nepalesischen Regierung bereitgestellt.

Ashish Karmacharya verantwortet die Konzeption und den Aufbau des technischen Systems. Es beruht auf der Open-Source-GIS-Lösung Arches 5.2, einem hybriden System mit CIDOC-CRM als grundlegender Ontologie. Ihr Ziel ist es, ein Referenzmodell und einen Informationsstandard für Institutionen des kulturellen Erbes bereitzustellen. Seit April 2019 wird das Datenportal, nun unter dem Namen *Digital Archive of Nepalese Arts and Monuments (DANAM)* öffentlich genutzt.

2020 endete die Pilotphase, während der ein Schwerpunkt auf Klosterhöfen und Arkaden-Rasthäusern in der alten Stadt Patan im Kathmandu-Tal lag. Bis dahin hatte sich DANAM als wichtigstes Datenarchiv für nepalesische Kulturdenkmäler mit mehr als 550 Monumenten, über 1000 Inschriften und etwa 2000 kulturellen Objekte etabliert. Als reguläres Projekt mit einem erweiterten geografischen Fokus wird NHDP bis 2026 fortgeführt.

Inzwischen wurde DANAM um Schemata für Datensätze historischer Personen, kulturell bedeutender Orte und Stätten sowie Inschriften erweitert. Diese werden mit den Denkmälern in DANAM verknüpft. Ein umfangreiches Glossar stellt alle in DANAM verwendeten Begriffe und deren Bedeutung zusammen. Es verbindet außerdem Bilder aus heidicon, der Bilddatenbank der Universität Heidelberg, mit DANAM.

# African Red Slip Ware digital – 3D-Dokumentation für die multiperspektivische Analyse einer zentralen Objektgattung der Spätantike

**Zeitraum** 02/01/2018 – 31/05/2021

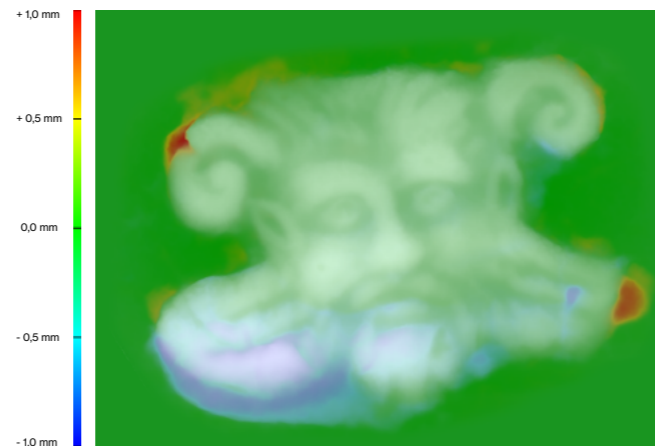
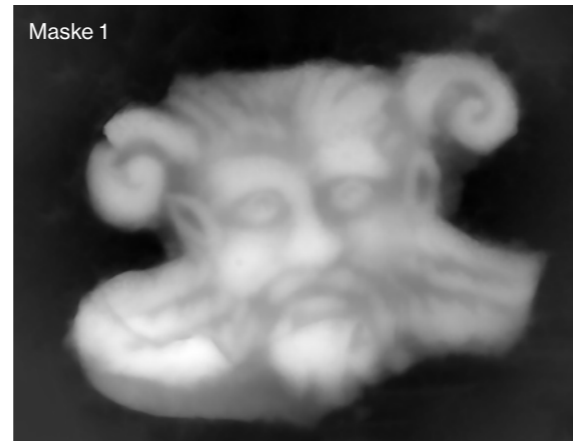
**Leitung** Prof. Dr.-Ing. Frank Boochs,  
Univ.-Prof. Dr. Alexandra W. Busch (RGZM)

**Mitarbeit** Dr. Ashish Karmacharya,  
Laura Raddatz M. Sc.,  
Jonas Veller M. Sc.

**Förderung** Bundesministerium für Bildung und  
Forschung (BMBF), 350.000 €

**Kooperation** Römisch-Germanisches Zentral-  
museum, Leibniz-Forschungsinstitut  
für Archäologie (RGZM)

African Red Slip Ware (ARS) ist eine zentrale archäologische Objektgattung der Spätantike. Das Projekt hat zum Ziel, die Bestände des RGZM zu digitalisieren, wissenschaftlich auszuwerten und die gewonnenen Daten für die Forschung online bereitzustellen.



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/ars3d/](http://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/ars3d/)

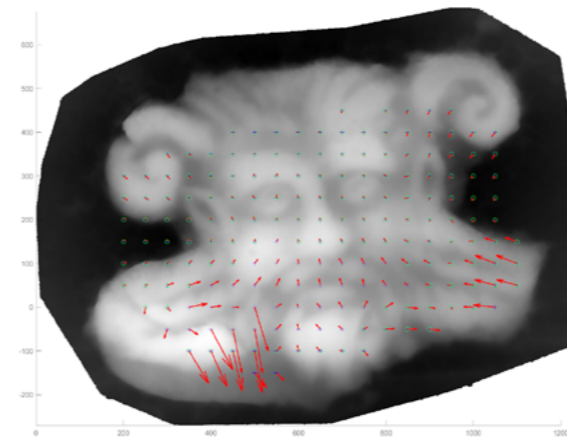
Abbildung oben links:  
2,5D Grauwertbild des  
Motives **Maske 1** nach  
der Entzerrung

Abbildung mitte links:  
2,5D Grauwertbild der  
Motives **Maske 2** nach  
der Entzerrung

Abbildung unten links:  
**Maske 1** mit überlagertem  
koloriertem Differenzbild  
zu **Maske 2**.

Abbildung unten rechts:  
Durch den Matchingprozess  
ermittelte lokale Verschie-  
bungen zwischen den  
Motiven in Pixeln. 40 Pixel  
entsprechen 1 mm.;

alle Abbildungen: Jonas Veller,  
i3mainz, CC-BY-SA 4.0



## Aktivitäten 2020

Die Erfassung und Prozessierung der ARS-Bestände im RGZM ist abgeschlossen, für jedes Objekt steht nun ein hochauflösendes texturiertes 3D-Modell zur Verfügung. Während des gesamten Prozesses entstanden technische Metadaten, welche dem Nutzer wichtige Informationen über Entstehung und Qualität der Daten liefern. Ein Team des i3mainz entwickelt derzeit ein entsprechendes Metadatenkonzept.

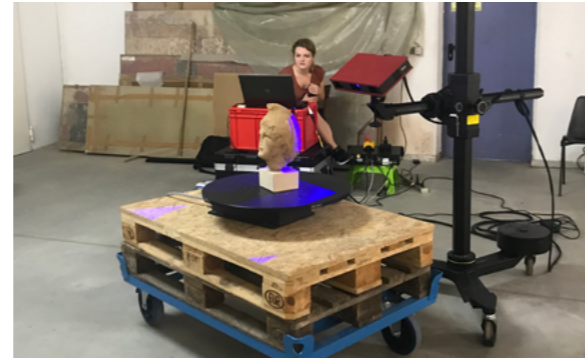
Für die 3D-Visualisierung, archäologische Beschriftung und Abfrage der Daten wurde ein Webserver entwickelt, der von einer Triplestore-Datenbank gespeist wird. Diese enthält durchweg semantisch strukturierte Inhalte, die auf einer dem Stand der Erkenntnisse folgenden Ontologie basieren.

Als Hilfsmittel für archäologische Ähnlichkeitsanalysen werden sich gleichende Motive miteinander verglichen. Dafür werden diese ausgeschnitten, entzerrt, über ein Matchingverfahren verknüpft und geometrisch miteinander in Bezug gesetzt. Am Ende dieses Prozesses stehen zum Beispiel kolorierte 2,5D Differenzbilder und grafische Darstellungen von lokalen Verschiebungen. An einer Visualisierung dieser Analysen und der Resultate des geometrischen Prozesses in einem Webviewer wird gearbeitet.

# Grabdenkmäler aus Augusta Treverorum, digital vernetzt

<b>Zeitraum</b>	01/05/2018 – 31/12/2020
<b>Leitung</b>	Prof. Dr.- Ing. Hartmut Müller, Prof. Dr. Anja Klöckner (Goethe-Universität Frankfurt)
<b>Mitarbeit</b>	Nicole Vögtlin Bruhn M. A., Laura Raddatz M. Sc.
<b>Förderung</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 177.450 €
<b>Kooperation</b>	Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Rheinisches Landesmuseum Trier

Das Projekt widmete sich der Digitalisierung und Aufbereitung zweier umfangreicher Materialkomplexe, zu meist aus dem Rheinischen Landesmuseum Trier, aber auch aus Neumagen-Dhron an der Mosel. Beide liefern Informationen zu römischen Grabdenkmälern aus Augusta Treverorum. Die Digitalisate werden in Kürze in der Objektdatenbank Arachne veröffentlicht.



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/grabdenkmaeler/](https://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/grabdenkmaeler/)

Abbildung oben:  
3D-Aufnahme im Archiv des  
Rheinischen Landesmu-  
seums Trier; Foto: Ute Kelp,  
CC BY-SA 4.0

Abbildung unten:  
3D-Modell des Neumagener  
Weinschiff; Laura Raddatz,  
CC BY-SA 4.0



## Aktivitäten 2020

Für die wissenschaftliche Erschließung der Römischen Grabdenkmäler aus Augusta Treverorum sind zwei große Materialkomplexe von Bedeutung: die Grabmalfragmente im Rheinischen Landesmuseum Trier und aus der Gegend von Neumagen-Dhron und rund 22.000 Glasplattennegative mit Fotografien aus dem frühen 20. Jahrhundert aus demselben Museum.

Die Glasplattennegative, von denen einige Fundumstände von Grabmälern dokumentieren, liegen bereits seit 2019 in digitaler Form vor. Sie wurden von Studierenden der Geoinformatik und Vermessung fotografiert. Dafür hatten Mitarbeiter des i3mainz einen Diffusor mit digitaler Spiegelreflexkamera konstruiert.

Zwischen März 2019 und Juli 2020 scannte Laura Raddatz unterstützt von Studierenden römische Steinfragmente im Landesmuseum Trier sowie in und um Neumagen-Dhron. Von einigen bedeutenden Stücken wurden 3D-Drucke erzeugt, unter anderem von dem Neumagener Weinschiff.

## Ausblick

Alle 3D-Daten stehen für die projektinterne Auswertung zur Verfügung. Projektübergreifend erarbeitet ein Team des i3mainz derzeit ein Metadatenschema zur Beschreibung des technischen Vorgangs bei der Erstellung von 3D-Modellen.

In Kürze werden alle Digitalisate aus beiden Komplexen, versehen mit standardisierten Metadaten, in der Objektdatenbank Arachne veröffentlicht.

# Digitale Edition der Keilschrifttexte aus Haft Tappeh



## Aktivitäten 2020

Schwerpunkt der Arbeiten lag im Jahr 2020 auf der Erprobung des entwickelten Workflows und der Aufbereitung erster Daten der digitalen Edition. Ein ontologisch formuliertes Datenmodell bildet die Transliterationen – also die buchstabengetreue Übertragung von Keilschrifttexten in lateinische Schrift – Bilder und 3D Scans sowie die Verlinkung zu verwandten Wissensressourcen im Internet ab. Ein gemeinsam mit anderen Projekten am i3mainz entwickeltes Schema zur Erfassung technischer Metadaten von 3D Scans ist in das Datenmodell integriert.

Eine Webanwendung unterstützt die Edition der Keilschrifttexte, die interoperable Bereitstellung der Daten und deren Aufbereitung für Repositorien. Vorhandene Datenbestände, insbesondere die Fotografien und 3D-Modelle, wurden von Ali Zalaghi auf ihre Qualität geprüft und ihre Zuweisungen zu den Inventar-Nummern konsolidiert. Auszüge der Datenbestände konnten Andrea Mertens und Nina Reinhardt für ihre Masterarbeit *Digitalisierung und Analogisierung – Prozessierungsketten für die wissenschaftliche Inwertsetzung digitaler Keilschrifttafeln* nutzen.

## Ausblick

Ein Projektworkshop, der für September vorbereitet war, musste auf März 2021 verschoben werden. Er dient der Koordination der Projektarbeit mit anderen digitalen Keilschriftinitiativen zunächst in Deutschland und bezieht Infrastrukturanbieter mit ein. Auf Grundlage der Ergebnisse wird die Entwicklung der Webanwendung und Datenaufbereitung fortgesetzt.

- Zeitraum** 01/09/2019 – 31/08/2022
- Leitung** Prof. Dr. phil. Kai-Christian Bruhn,  
Prof. Dr. Doris Prechel (JGU)
- Mitarbeit** Tim Brandes (JGU),  
Timo Homburg M. Sc.,  
Eva Huber (JGU),  
Marc Häuser,  
Ali Zalaghi (JGU)
- Förderung** Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 231.604 €
- Kooperation** Institut für Altertumswissenschaften  
Altorientalische Philologie, Johannes  
Gutenberg-Universität Mainz

Das Projekt unterstützt die Transliteration und digitale Bereitstellung von mehr als 600 Keilschrifttexten aus Haft Tappeh (Iran). Ziel ist die digitale Edition der Texte unter Einsatz vorhandener und Entwicklung neuer Werkzeuge, internationaler Standards und computerlinguistischer Auswerteverfahren.

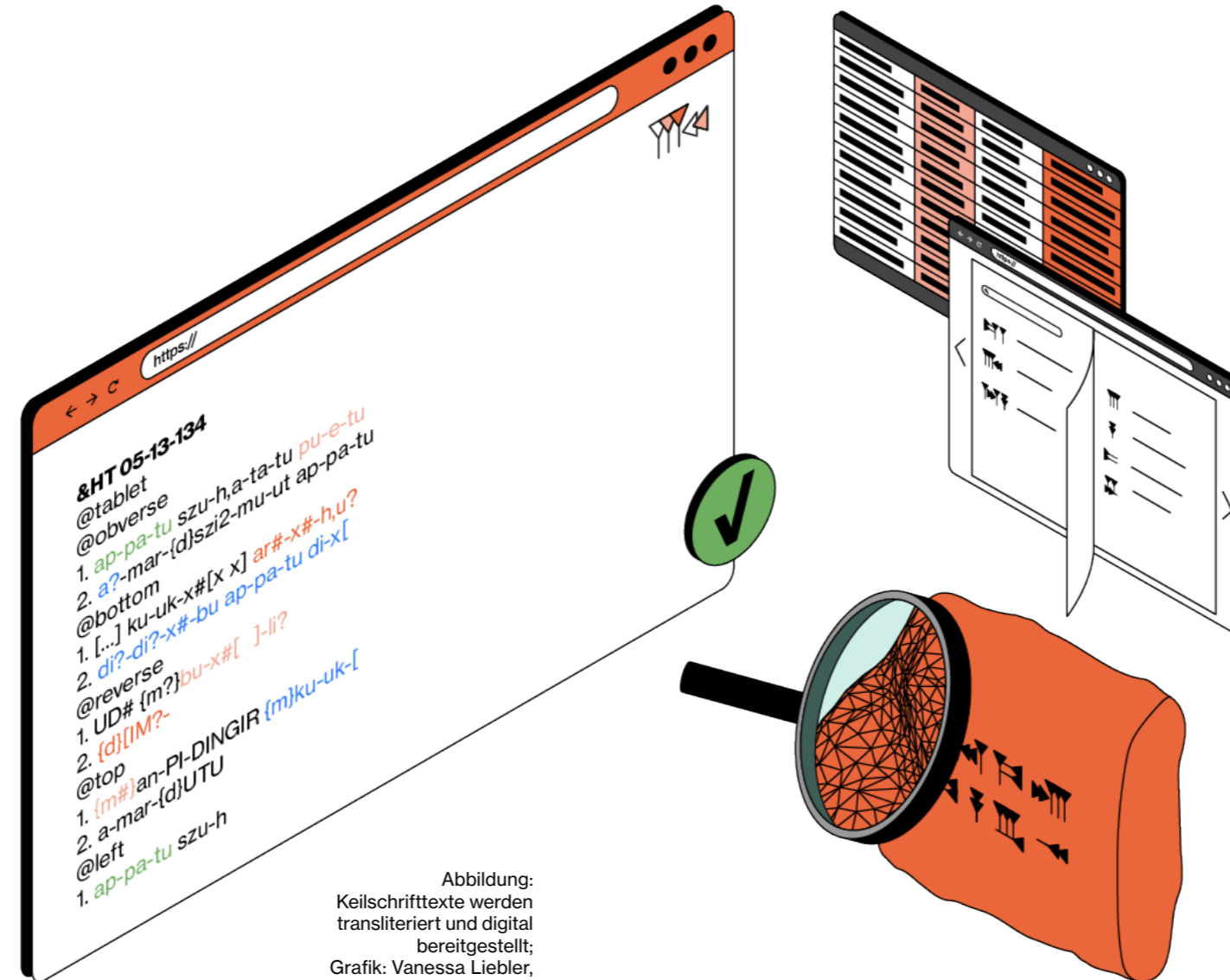


Abbildung:  
Keilschrifttexte werden transliteriert und digital bereitgestellt;  
Grafik: Vanessa Liebler,  
CC BY-SA 4.0

# Metadatenchema und Ontologiemodell für die Aufnahme und Prozessierung von 3D-Modellen des Kulturellen Erbes

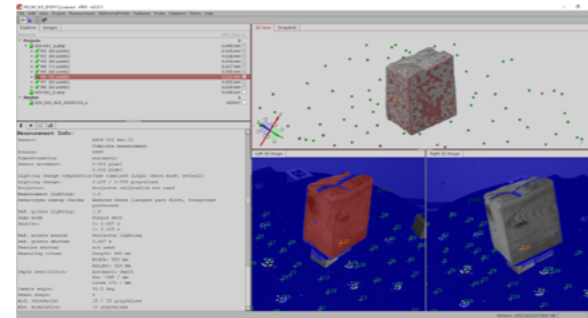


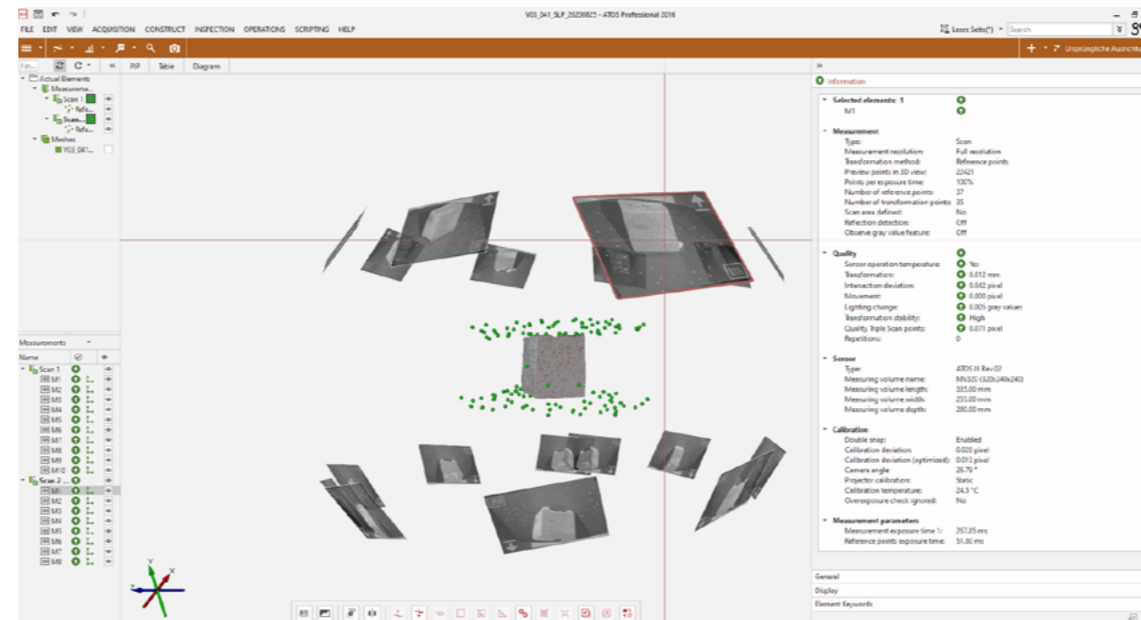
Abbildung oben: Snapshot der Scan- und Auswertesoftware ATOS v6.2 mit einem geöffnetem Messprojekt und Anzeige von Einzelscaninformationen

Abbildung unten: Snapshot der Scan- und Auswertesoftware ATOS Professional 2016 mit einem geöffnetem Messprojekt und Anzeige von Einzelscaninformationen;

Beide Abbildungen: Anja Cramer, CC BY-SA 4.0

- Zeitraum** seit 01/01/2020
- Leitung** Prof. Dr.-Ing. Jörg Klonowski, Prof. Dr. phil. Kai-Christian Bruhn
- Mitarbeit** Timo Homburg M. Sc, Dipl.-Ing. (FH) Anja Cramer (RGZM), Laura Raddatz M. Sc., Dr. Hubert Mara, Fabian Mascioni (Hilfskraft)
- Kooperation** Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Leibniz-Forschungsinstitut für Archäologie (RGZM)

Für die Einschätzung der Qualität einer digitalen Kopie von Objekten des kulturellen Erbes ist die lückenlose, maschinen- und menschenlesbare Beschreibung der Erfassungs- und Datenaufbereitungsprozesse zentral. Daher erarbeiten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von i3mainz und RGZM projektübergreifend ein Metadatenchema und ein Ontologiemodell für die 3D-Erfassung und Daten-Prozessierung.



## Aktivitäten 2020

Aus einer Reihe von Digitalisierungsprojekten am i3mainz entstand der Bedarf an der standardkonformen Bereitstellung von Metadaten für Digitalisate. Ausgehend von der Expertise und den Arbeiten in den Projekten entwickelten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verschiedener Projekte entsprechende Lösungen für die technischen Metadaten, die bei dem Einsatz eines Streifenlichtprojektors der Firma GOM (a ZEISS company) und der dazugehörigen Scan- und Prozessierungssoftware entstehen. Die GOM Software bietet über eine Python-API, also eine Programmierschnittstelle, die Möglichkeit, auf technische Metadaten zuzugreifen. Auf diese Weise gelangt man an Informationen, wie die Größe des kalibrierten Messvolumens, Einstellungen bei der Prozessierung der Einzelmessungen oder Residuen der Transformationen (Abweichungswerte). Sowohl für die GOM Software Professional 2016 als auch für eine Vorgängersoftware ATOS entstanden Pythonskripte, die alle Informationen auslesen und strukturieren. In einer parallel entwickelten Ontologie erfolgte die Beschreibung der einzelnen Metadaten und das Mapping auf bestehende Standards. Die Ontologie vereinheitlicht die Beschreibung der Beziehungen zwischen den Qualitätsparametern. Der Export der technischen Metadaten erfolgt in den Dateiformaten JSON und TTL.

## Ausblick

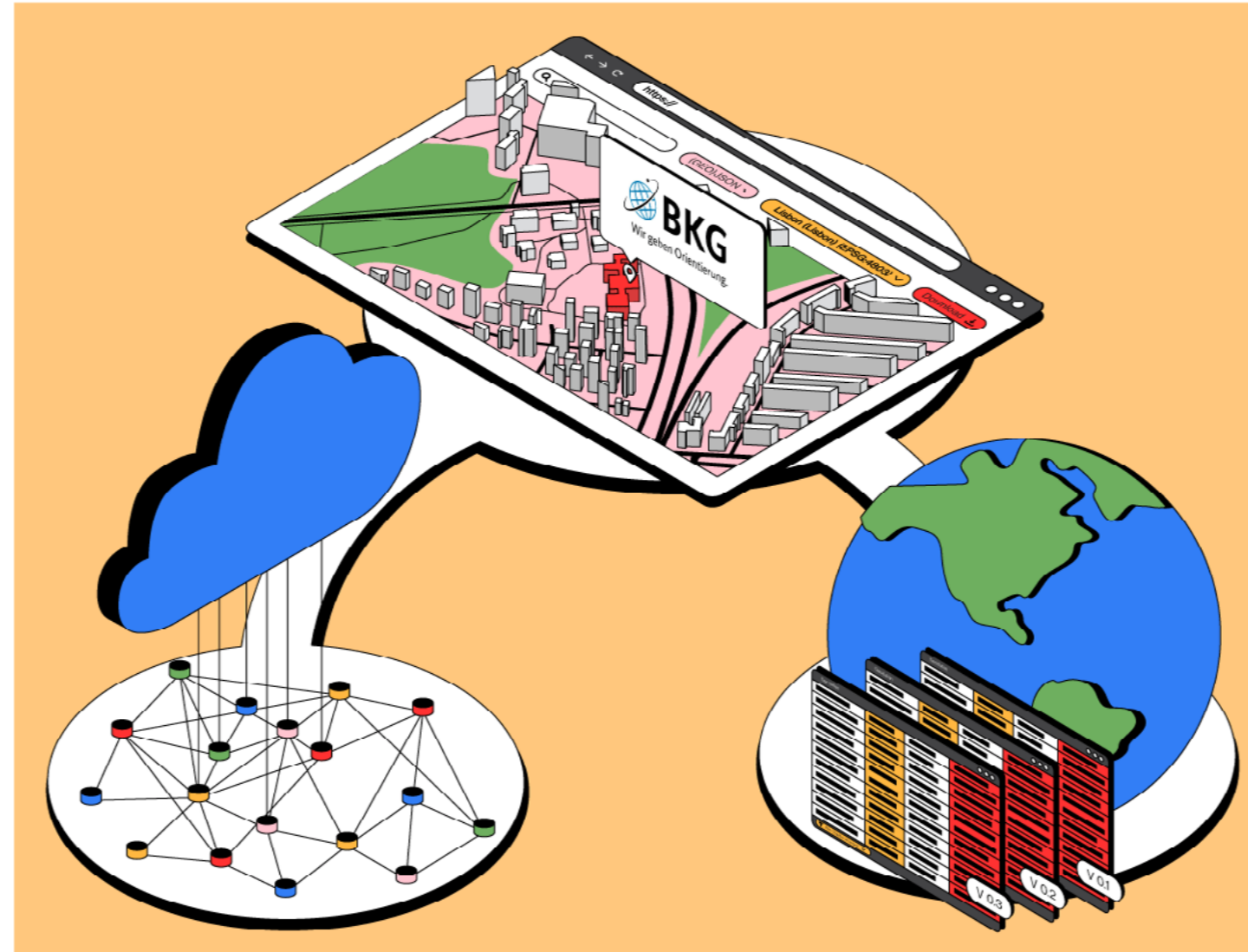
Die Definition weiterer technischer Metadatenätze aus anderen 3D-Aufnahmeverfahren und -Prozessierungen, etwa Structure from Motion (SfM), und das Mapping dieser auf die hier entwickelte Ontologie sollen folgen.

# Intelligente Datenerfassung, Haltung und Bereitstellung innerhalb der Öffentlichen Verwaltung



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/bkgidh/](http://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/bkgidh/)

Abbildung:  
Linked Open Data als Grundlage für die automatisierte, intelligente Erstellung von Karten; Grafik: Vanessa Liebler, CC BY-SA 4.0



**Zeitraum** 01/09/2019 – 31/08/2021  
**Leitung** Prof. Dr.-Ing. Markus Schaffert,  
Prof. Dr.-Ing. Frank Boochs,  
Dr. Falk Würriehausen (BKG)  
**Mitarbeit** Timo Homburg M.Sc,  
Dr. Claire Prudhomme  
**Kooperation** Bundesamt für Kartographie und  
Geodäsie (BKG)  
**Förderung** 40.000 €

Ziel des Projekts ist der Aufbau und die Integration einer Linked-Data-Infrastruktur im Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) auf Basis von ausgewählten Datensätzen. Die eingerichtete Infrastruktur soll den Vergleich und die Anreicherung der BKG-Daten mit den Linked Open Data ermöglichen, um intelligente thematische Karten zu erstellen.

## Aktivitäten 2020

Dem BKG steht nun eine Infrastruktur für verknüpfte Geodaten zur Verfügung, die im Web und in QGIS zugänglich ist. Die implementierten Dienste, Werkzeuge und Schnittstellen erlauben es dem Nutzer, Geodaten in einen Triple Store zu integrieren, sie zu visualisieren und in geografische Formate zu exportieren. Verschiedene vom BKG ausgewählte Datensätze konnten bereits in den Triple Store integriert, die ontologischen Modelle evaluiert werden.

Darauf aufbauend wird an der Integration und semantischen Verwaltung von Metadaten sowie der Verwaltung und Speicherung von Schemata gearbeitet, die für den Export von RDF-Daten in Geodatenformate verwendet werden.

Schließlich begannen mit der Erweiterung des ontologischen Modells die Arbeiten an der Versionierung der Geodaten. Diese soll helfen, die Geschichte der Daten zu verfolgen, während sie sich durch Aktualisierungen, Korrekturen und Anreicherungen weiterentwickeln.

## Ausblick

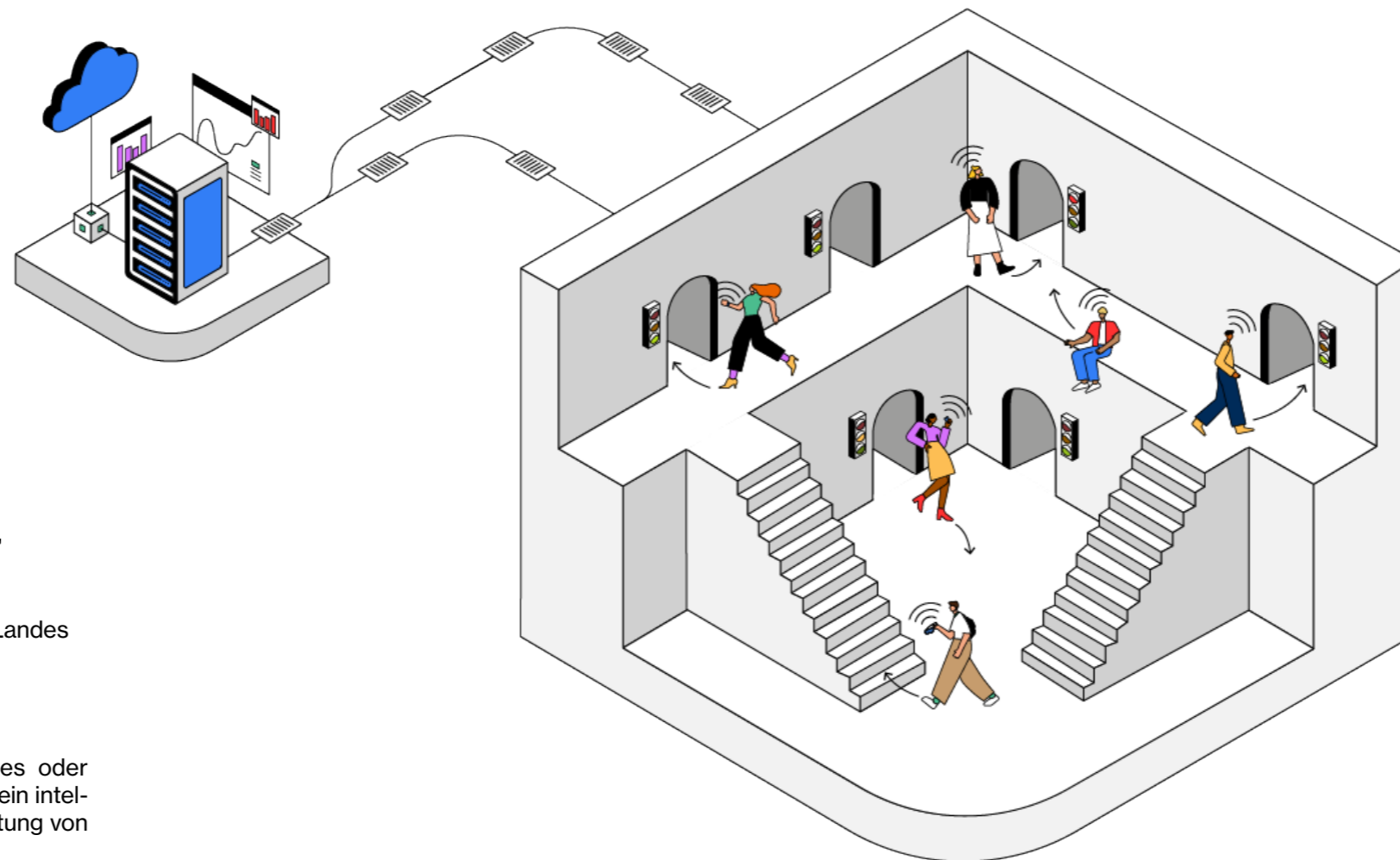
Diese Arbeit wird 2021 fortgesetzt. Geplant ist außerdem die Entwicklung einer Web-Schnittstelle, die die Visualisierung, den Vergleich und die Anreicherung der Daten ermöglicht.

# GEMEINSAM – KI-gestütztes Gebäude- monitoring für das Besuchermanagement



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/gemeinsam/](https://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/gemeinsam/)

Abbildung:  
Mithilfe von vernetzten  
Sensoren können Besucher-  
zahlen überwacht werden;  
Grafik: Vanessa Liebler  
CC BY-SA 4.0



**Zeitraum** 15/11/2020 – 14/05/2022  
**Leitung** Prof. Dr. rer. nat. Pascal Neis,  
Prof. Dr.-Ing. Markus Schaffert,  
Prof. Dr.-Ing. Klaus Böhm  
**Förderung** Ministerium für Wissenschaft,  
Weiterbildung und Kultur des Landes  
Rheinland-Pfalz, 90.000 €

Ziel des Projekts ist es, neben Smartphones oder Tablets sogenannte Wearables zu nutzen, um ein intelligentes Besuchermanagement für die Verwaltung von Immobilien zu entwickeln.

## Aktivitäten 2020

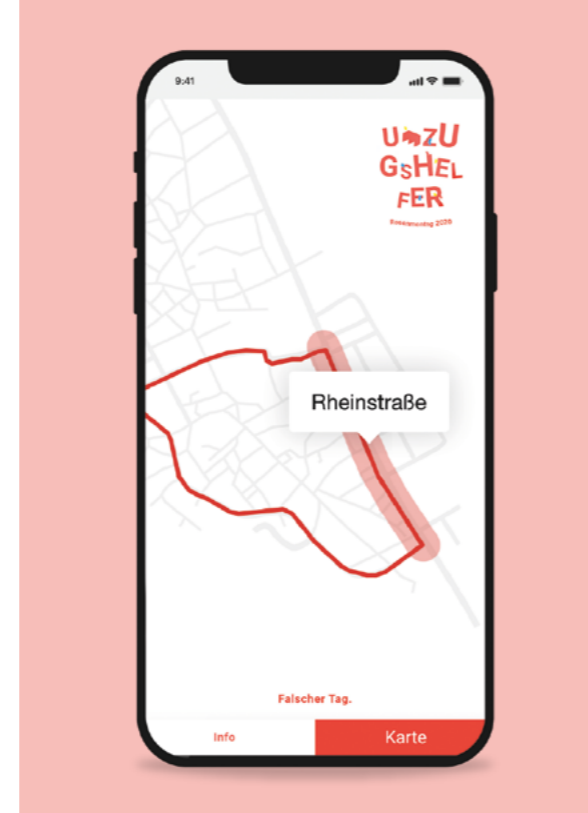
Maßnahmen, die das Monitoring von Besucherzahlen und Bewegungsströmen zur Einhaltung von Hygienekonzepten in großen Gebäuden unterstützen, haben durch die Corona Pandemie eine hohe Relevanz erhalten.

Das Projekt GEMEINSAM baut auf die Nutzung vernetzter Sensoren – bekannt durch Konzepte aus dem Bereich Internet der Dinge (IoT) und Smart City oder Smart Home. Ziel ist es, neben Smartphones sowie Tablets sogenannte Wearables, also Smartwatches, Fitnessarmbänder oder Bluetooth-Kopfhörer zu nutzen, um ein intelligentes Managementsystem für Besucher und Verwalter von Immobilien zu entwickeln.

## Ausblick

Die Analyseergebnisse werden in einem Web-Dashboard für den Anwender, etwa die Hochschulleitung oder Studierende, zusammengeführt. Das intelligente Besuchermanagementsystem bietet vor allem Möglichkeiten, Echtzeit-Informationen zu präsentieren. Dies kann die Anzahl der sich aktuell in Gebäuden, Stockwerken oder Räumen befindlichen Personen sein. Alternativ könnten auch Ströme oder Hotspots von Personen im Gebäude visualisiert werden. Besucher können dadurch bereits im Vorfeld Informationen über Gebäude und deren Belegungen abrufen oder im Falle einer Überschreitung der maximalen Personenanzahl automatisch benachrichtigt werden.

# Transferstelle für Digitale Anwendungen & Offene Daten



Abbildungen:  
Die beispielhafte Anwendung  
*Rosenmontagshelfer*

<b>Zeitraum</b>	01/01/2020 – 31/08/2020
<b>Leitung</b>	Prof. Dr. rer. nat. Pascal Neis, Prof. Florian Jenett (FB Gestaltung)
<b>Mitarbeit</b>	Christian Hansen (FB Gestaltung)
<b>Förderung</b>	Innovationsfonds des Präsidenten 2019
<b>Kooperation</b>	Fachbereich Gestaltung der Hochschule Mainz

Im Internet sind eine Fülle von Geodaten als *offene Daten* frei verfügbar. Exemplarische Anwendungsmöglichkeiten werden über eine Transferstelle verfügbar gemacht.



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/transferstelle/](https://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/transferstelle/)

## Aktivitäten 2020

Die Fachrichtung Kommunikationsdesign hat mit Unterstützung der Geoinformatik und Vermessung eine Webanwendung konzipiert, über die einfach Daten veröffentlicht werden können.

Die Implementierung des offenen und freien GeoPackage Formats ermöglicht es unterschiedlichen Interessensgruppen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Kultur, ihre Geodaten in einem offenen Format zusammenzufassen und für eine Veröffentlichung vorzubereiten.

Eine beispielhafte Anwendung entstand aus dem Datensatz des Rosenmontagsumzugs in Mainz. Für die *Umzugshelfer* wurden offene Daten verwendet, um den Weg des Zugs durch die Innenstadt in Realzeit zu zeigen und um Anlaufstellen wie ärztliche Helfer, Polizei-Standorte und öffentliche Toiletten entlang der Route sichtbar zu machen.

Die Arbeiten am Projekt laufen über den Projektzeitraum hinaus weiter. Aktuell werden die Ergebnisse für eine abschließende Dokumentation und Veröffentlichung aufgearbeitet.





# MAINZ

Abbildung:  
Digitale Anwendungen  
sollen die Bereitstellung von  
offenen Daten unterstützen;  
Grafik: Vanessa Liebler,  
CC BY-SA 4.0



**Zeitraum** 01/10/2020 – 30/09/2021  
**Leitung** Prof. Dr. rer. nat. Pascal Neis  
**Förderung** Carl-Zeiss-Stiftung, 72.600 €

Das Projekt verfolgt das Ziel, verschiedene Prototypen für digitale Anwendungen zu entwickeln. Diese sollen für Projekte der Hochschule Mainz ebenso verfügbar sein, wie für externe Partner aus Verwaltung, Wirtschaft und Zivilbevölkerung.

## Aktivitäten 2020

Es ist keine Seltenheit, dass verschiedene Akteure für denselben Anwendungsfall Software entwickeln oder Daten erheben. Die offene Bereitstellung von Software und Daten kann für Transparenz, Nachvollziehbarkeit und gesteigerte Effizienz sorgen.

Eine Anlaufstelle an der Hochschule Mainz soll zukünftig Projekte bei der Erstellung digitaler Anwendungen und der Bereitstellung von offenen Daten unterstützen. Diese wird auch deren nachhaltige Sichtbarkeit gewährleisten. Aus dem Bereich Geo-Government, also dem IT-bezogenen Verwaltungshandeln, können zentrale Geoinformationsdienste für eine effiziente Verwaltung bereitgestellt werden. Diese helfen beispielsweise bei der Suche, Visualisierung oder Verarbeitung von Verwaltungsdaten in Auskunftsportalen für Bürger- und Ordnungsangelegenheiten. Viele dieser Dienste sind auch in wirtschaftlichen Betrieben sinnvoll einsetzbar.

Aus diversen Anwendungsfällen des Geo-Governments sollen quelloffene und wiederverwendbare Webanwendungen entstehen. Die Bereitstellung der Forschungsdaten oder anderer Geoinformationen als offene Daten wird sich an bereits etablierten Vorgehensweisen von Städten wie Bonn, Frankfurt oder Hamburg und veröffentlichten Musterdatenkatalogen orientieren.

# BAM – Big-Data-Analytics in Environmental and Structural Monitoring



**Zeitraum** 01/04/2019 – 31/03/2022

**Leitung** Prof. Dr.-Ing. Martin Schlüter,  
Prof. Dr.-Ing. Klaus Böhm,  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Klonowski,  
Prof. Dr. Gunther Piller (FB Wirtschaft)

**Mitarbeit** Denise Becker M.Sc.,  
Nicole Vögtlin Bruhn M. A.,  
Lisa Mosis B.Sc.,  
Thomas Müller M.Sc. (FB Wirtschaft),  
Linda Rau M.Sc.,  
Alexander Rolwes M.Sc.,  
Kira Zschiesche M.Sc.

**Förderung** Carl-Zeiss-Stiftung, 750.000 €

**Kooperation** Parken in Mainz GmbH (PMG), Mainzer  
Verkehrsgesellschaft mbH (MVG),  
Hochschule Mainz,  
Fachbereich Wirtschaft

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, Verfahren bereitzustellen, die den Nutzen stark wachsender Datenmengen mit Raumbezug erhöhen. So werden im Bereich Smart City auf Machine Learning (ML) basierende Informationssysteme entwickelt, welche mittels Analyse und Visualisierung Entscheidungsfindungen erleichtern. Ferner wird der Autonomiegrad optischer Monitoringssysteme auf der Basis von Bildanalyse mithilfe von Deep-Learning-Systemen gesteigert.

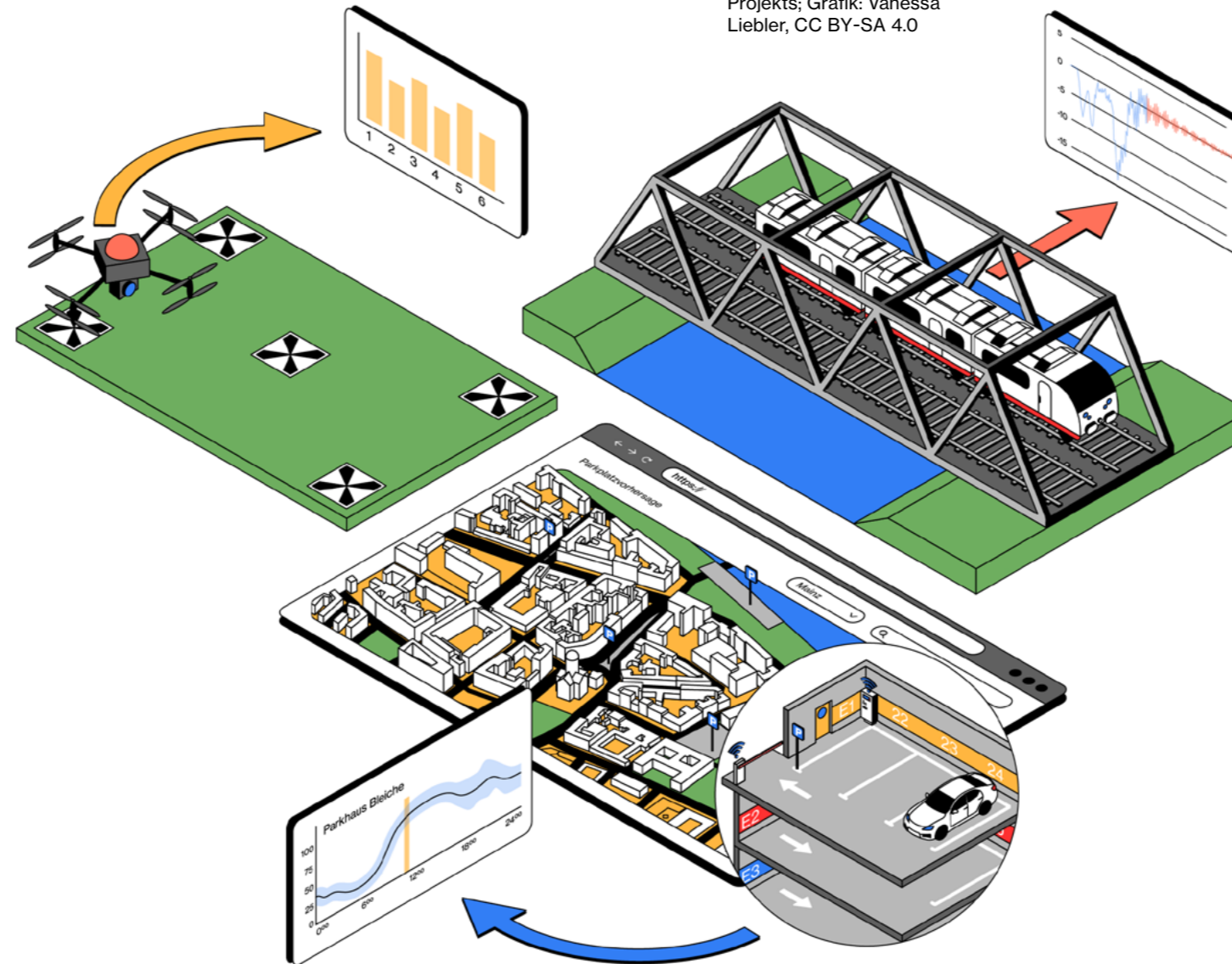


Abbildung:  
Darstellung der verschiedenen Schwerpunkte des Projekts; Grafik: Vanessa Liebler, CC BY-SA 4.0

## Aktivitäten 2020

Ein interdisziplinäres Team der Hochschule Mainz erforscht im Hinblick auf Big-Data die Potentiale aktueller Data Mining- und ML Verfahren für Fragestellungen mit Raum-Zeit-Bezug.

Durch den Interessensaustausch mit verschiedenen Projektpartnern aus dem Mobilitätssektor konnten Schnittmengen entdeckt, Use Cases entwickelt und vielversprechende Daten zusammengeführt werden. Auf dieser Basis implementierten Alexander Rolwes und Thomas Müller eine prototypische Anwendung zur Vorhersage der Parkhausauslastung in Mainz. Aktuell widmen sie sich der Weiterentwicklung der Vorhersage sowie der Integration in ein ganzheitliches Steuerungsmodell zur Nutzung von Off-Street Parkflächen. Darüber hinaus untersuchen sie die Zusammenhänge zwischen räumlichen Einflussfaktoren und dem Parkverhalten.

Kira Zschiesche und Denise Becker realisierten vielversprechende Verfahren zum Monitoring von Veränderungen an Bauwerken. Unter anderem erlangten sie Erkenntnisse in Verbindung mit Methoden aus dem Structural Health Monitoring, indem sie optische Schwingungsmessung an Bauwerken vornahmen. Um die Sicherheit im Gleisbereich zu erweitern, entwickelten sie mittels eines Deep Learning (DL) Ansatzes eine Softwarelösung, welche durch den Einsatz von KI Züge in Bildern identifiziert.

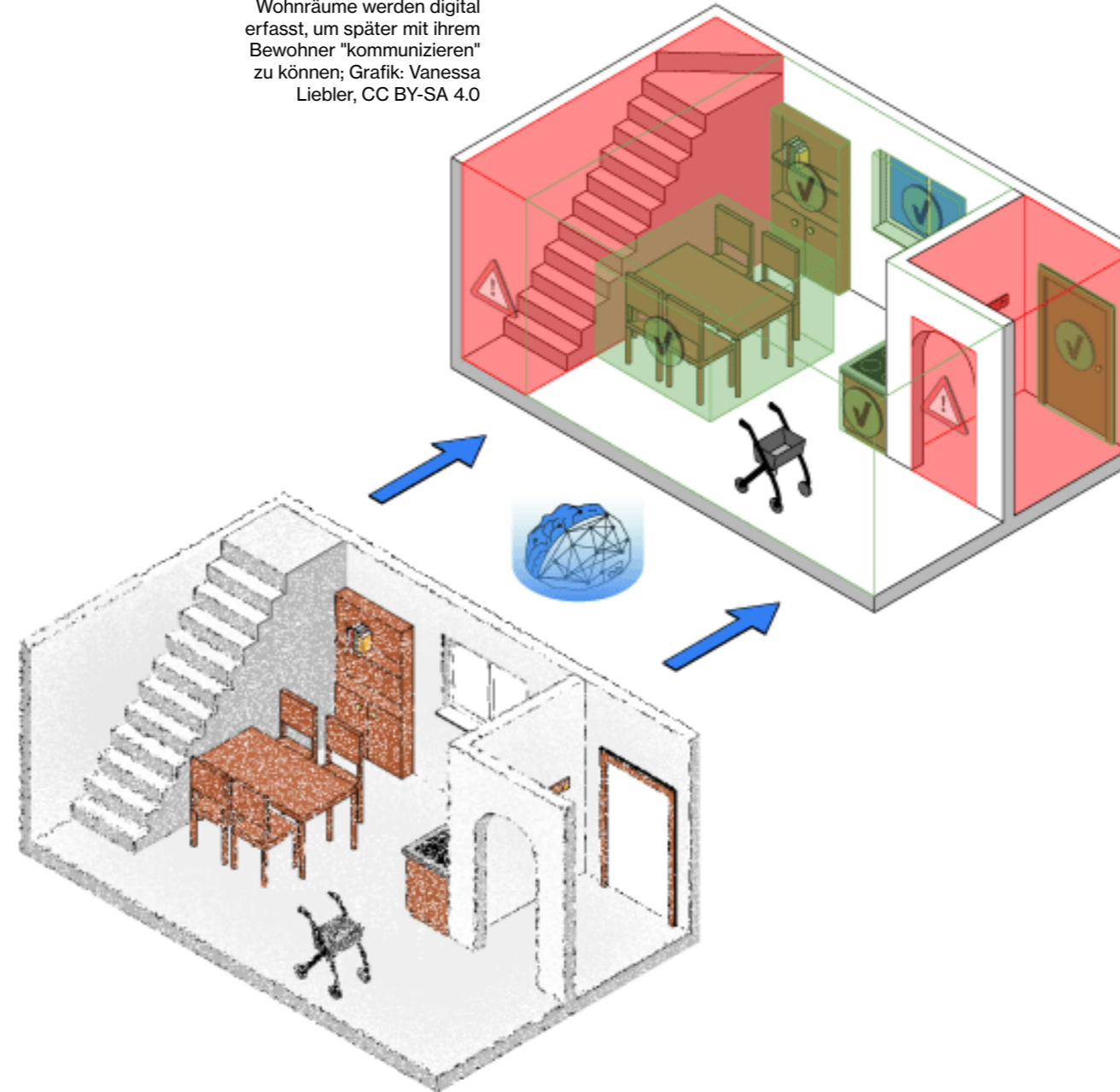
Zukünftig wird das Team Verfahren zur automatischen Targetdetektion erforschen, um den Automatisierungsgrad bei verschiedenen Prozessen zu steigern.

# bim4cAire – Shaping the Future of Care with the Digital Twin



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/bim4caire/](http://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/bim4caire/)

Abbildung:  
 Wohnräume werden digital erfasst, um später mit ihrem Bewohner "kommunizieren" zu können; Grafik: Vanessa Liebler, CC BY-SA 4.0



**Zeitraum** 01/10/2019 – 30/09/2022  
**Leitung** Prof. Dr.-Ing. Thomas Klauer,  
 Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel  
 (Technische Universität Darmstadt)  
**Mitarbeit** Bastian Plaß M.Sc.  
**Förderung** FB Technik der Hochschule Mainz  
**Kooperation** Technische Universität Darmstadt,  
 Institut für Numerische Methoden und  
 Informatik im Bauwesen (iib)

Ziel des Projekts ist die Entwicklung effizienter Verfahren zur Erzeugung eines Gebäudeinformationsmodells (as-built BIM), deren Nutzung am Anwendungsbeispiel Digitale Pflege (E-Health) evaluiert wird. Dabei wird das Potential von consumergestützten Technologien und lernfähigen Algorithmen aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) eingesetzt und damit die bislang arbeitsintensive Verfahrenskette teilautomatisiert.

## Aktivitäten 2020

Vor dem Hintergrund wachsender Bedarfe einer alternden Bevölkerung realisieren Wissenschaftler des i3mainz in enger Kooperation mit dem iib der TU Darmstadt Konzepte eines digitalen Pflegeprozesses der Zukunft. Die *Pflege zu Hause* stellt darin ein gefragtes Szenario vor, welches sich durch eine hohe Individualität auszeichnet. In Verbindung mit bauwerksbezogenen Methoden können Pflegehandlungen abgebildet und kurzerhand digital angeboten werden. Die Modellierung eines Bauwerks und darin integrierter Sensorik für Pflegezwecke repräsentiert ein vielfältiges Forschungsfeld, welchem sich Bastian Plaß im Rahmen seiner Dissertation widmet.

Auf Grundlage identifizierter Anforderungen einer *Pflege zu Hause* wurden zwei Vorhaben initiiert. Dabei handelt es sich einerseits um ein studentisch unterstütztes Projekt mit dem Ziel, geeignete 3D-Datenerfassungstechnologien aus unterschiedlichen Marktbereichen zu evaluieren. Das zweite Projekt knüpft an diese Ergebnisse an und bewertet Wohnräumlichkeiten anhand der sensoralen Repräsentation (3D-Punktwolke) im Kontext der physischen Verfassung eines Patienten. Die Ergebnisse beider Arbeiten werden 2021 erwartet.

## Ausblick

Für 2021 setzen sich die Wissenschaftler das Ziel, Methoden aus der KI auf den Anwendungsfall zu übertragen und den wissenschaftlichen Schwerpunkt zu intensivieren. Mit Hilfe neuartiger Verfahren aus dem DL sollen weitere Teile der Verfahrenskette automatisiert verarbeitet werden.

# i2MON – Integrated Mining Impact Monitoring

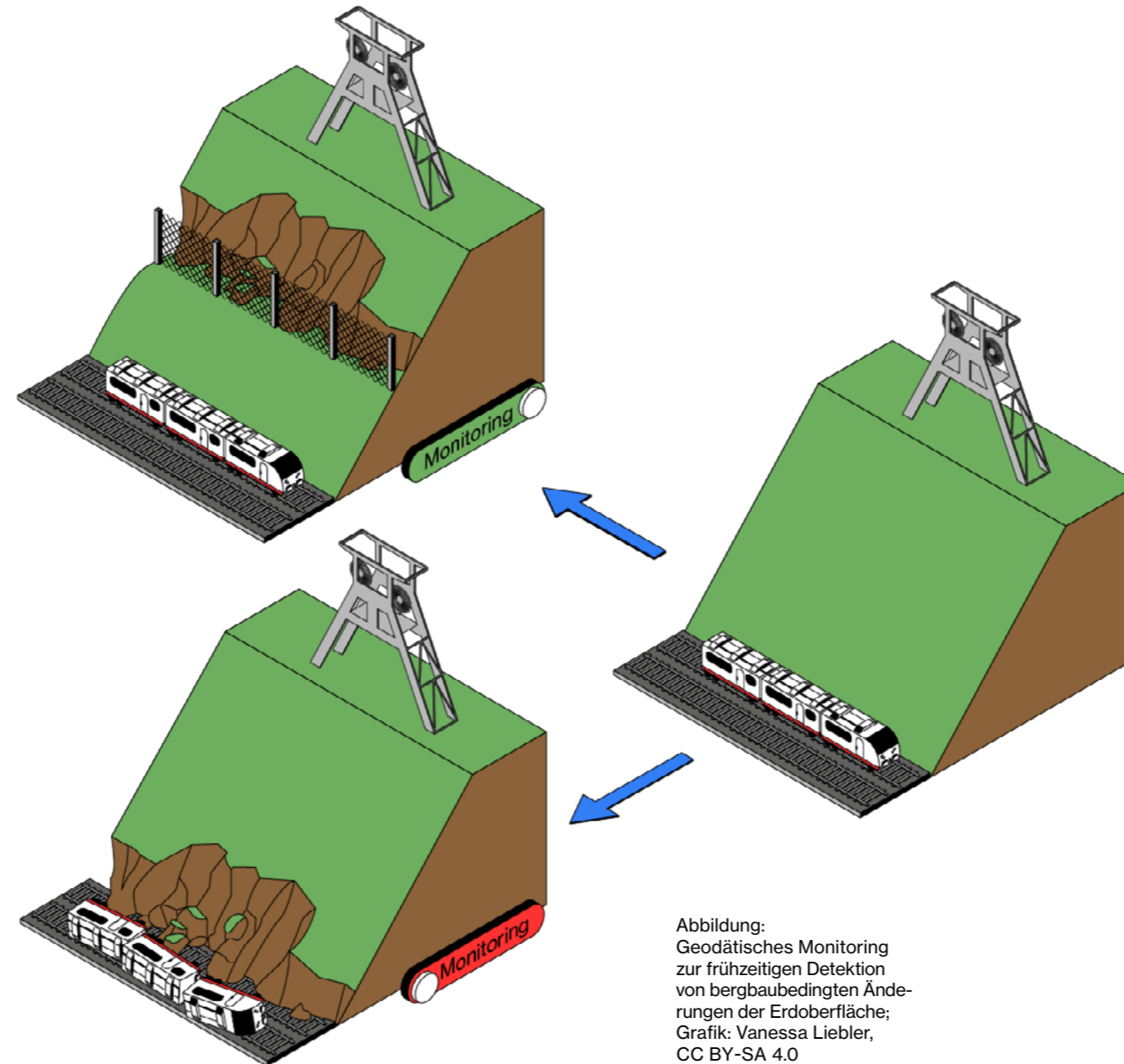
**Zeitraum** 01/07/2018 – 30/06/2022

**Leitung** DMT GmbH & Co. KG,  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Klonowski

**Mitarbeit** Denise Becker M. Sc.,  
Lukas Hart B. Sc.,  
Nils Kummert B. Sc.,  
Anna Seegmüller,  
Silke Sommer,  
Lea Vogel,  
Laura Raddatz M. Sc.

**Kooperation** DMT GmbH & Co. KG; EFTAS Fern-  
erkundung Technologietransfer GmbH,  
Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej  
Akademii Nauk\*IMG PAN, Technische  
Universiteit Delft, Technische Universität  
Bergakademie Freiberg, Laserdata  
GmbH, Lausitz Energie Bergbau AG,  
AIRBUS Space and Defence GmbH,  
Polska Grupa Górnicza S.A.

Das Projekt i2MON, genehmigt in der Förderschienen  
HORIZON2020 RFCS, bündelt die Aktivitäten von zehn  
forschungstarken europäischen Institutionen mit dem  
Ziel, bergbaubedingte Deformationen der Erdoberfläche  
mittels Monitoring-Techniken zu detektieren, mit  
effizienten Techniken zu modellieren und zuverlässig  
vorherzusagen.



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/i2mon/](http://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/i2mon/)

## Aktivitäten 2020

Das i3mainz hat sich im Rahmen zahlreicher Abschluss- und Projektarbeiten mit den Möglichkeiten und Grenzen flächenhafter Deformationsmessungen mittels terrestrischem Laserscanning auseinandergesetzt. Ziel der Arbeiten war die Einleitung eines Paradigmenwechsels für das geodätische Monitoring – weg von der tachymetrischen Erfassung weniger Einzelpunkte durch einzelne, am Objekt montierte Prismen, hin zu einer flächenhaften Erfassung mehrerer Millionen Punkte direkt auf der Objektoberfläche.

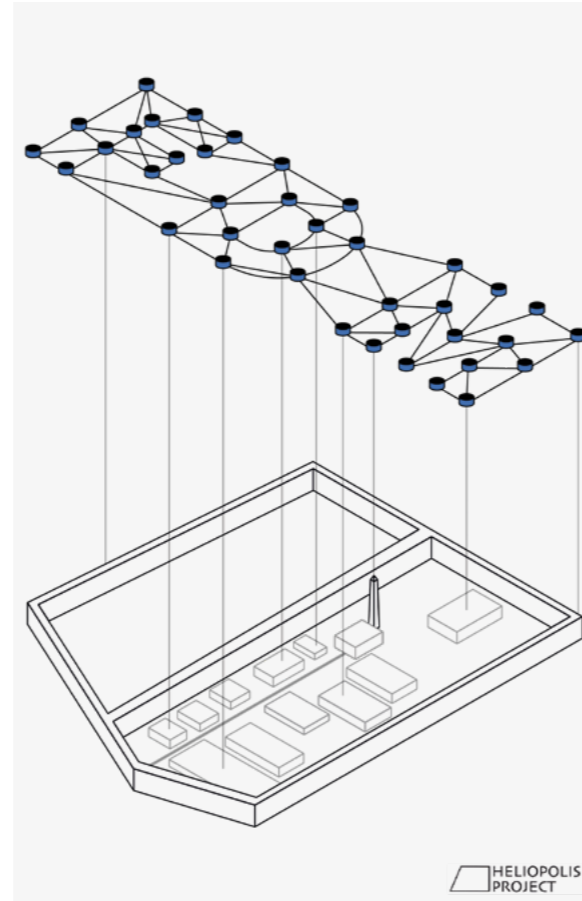
Hierzu wurde zunächst ein long-range Laserscanner angeschafft und auf seine Leistungsfähigkeit und Eignung für die anvisierten Ziele untersucht. An der Loreley, aber auch direkt in Mainz wurden durch Messungen über den Rhein der Refraktionseinfluss unterschiedlicher Höhe über Wasseroberflächen eruiert. Das eigens dafür entwickelte Sand-Modell eines Tagebaus erlaubte die Simulation verschiedener Hangrutsch-Szenarien sowie den Test unterschiedlicher Algorithmen und Modellierungsansätze.

Die DMT GmbH & Co. KG hat seit Projektbeginn zahlreiche Messkampagnen in unterschiedlichen Gebieten, etwa im Tagebau, im Mittel- und Hochgebirge durchgeführt. Das i3mainz wird sich bis zum Projektende u.a. der Auswertung dieser Daten annehmen.

Abbildung:  
Geodätisches Monitoring  
zur frühzeitigen Detektion  
von bergbaubedingten Änderungen  
der Erdoberfläche;  
Grafik: Vanessa Liebler,  
CC BY-SA 4.0



→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/heliopolis\\_2/](https://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/heliopolis_2/)



## Ende und Anfang im Tempel von Heliopolis (Ägypten)

Das DFG-geförderte Projekt *Ende und Anfang im Tempel von Heliopolis (Ägypten)* startet im Mai 2021 im Tempelbezirk des altägyptischen Sonnengottes im Kairener Stadtteil Matariya. Ziel des Projekts ist die Rekonstruktion des letzten Denkmälerbestands in dem noch nicht überbauten Bereich des Heiligtums aus dem 4. Jahrhundert v. Chr.

Die Mainzer Projektanteile bauen auf den Ergebnissen und Methoden des Vorgängerprojekts *Das Kultzentrum des Sonnengottes in Heliopolis* auf. Die zeitgemäße Erfassung und Aufbereitung der digitalen Datenbestände wird durch das dort erarbeitete Forschungsdatenmanagement (FDM) gewährleistet. Dieses wird im neuen Projekt mit der Universität Leipzig umgesetzt werden.

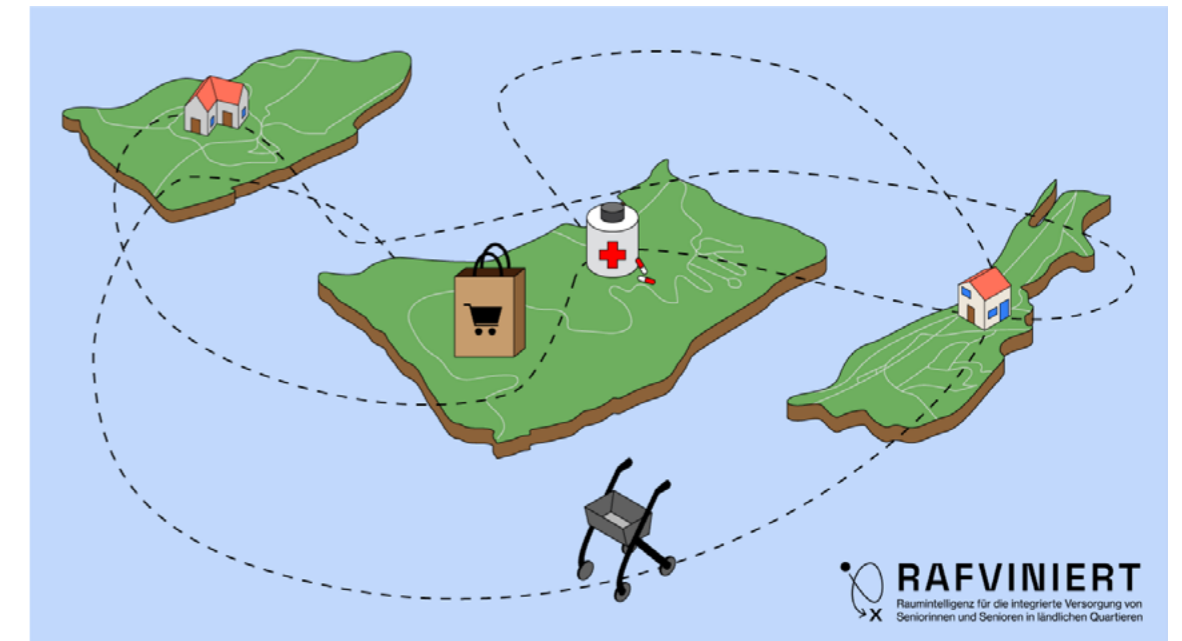


→ Weiter zum Projekt:  
[i3mainz.hs-mainz.de/projekte/rafviniert/](https://i3mainz.hs-mainz.de/projekte/rafviniert/)

Abbildung links:  
Das i3mainz unterstützt das Heliopolis-Projekt bei der Umsetzung und dem Ausbau der Datenmanagementstrategie.

Abbildung rechts:  
Forscher des i3mainz entwickeln in enger Zusammenarbeit mit Landkreisen und ländlichen Gemeinden innovative Werkzeuge und Lösungen für die Versorgung dieser Gebiete und ihrer Bewohner.

Beide Grafiken: Vanessa Liebler,  
CC BY-SA 4.0



## Raumintelligenz für die integrierte Versorgung von Senioren in ländlichen Quartieren (RAFVINIERT)

Für ältere Menschen ist der Weg zum Supermarkt, zur Apotheke oder zum Arzt in ländlichen Regionen oft zu weit. Von Versorgungsempfängern sind Ortskerne von strukturschwachen Dörfern ebenso wie Einfamilienhausgebiete betroffen. An der Hochschule Mainz sollen Architekturen und Umsetzungsstrategien für das kleinräumige Monitoring solcher Gebiete konzipiert werden. Zudem werden Berechnungen für die Erreichbarkeit von Versorgungseinrichtungen entwickelt, die Seniorinnen und Senioren in den Mittelpunkt stellen. Dies erfolgt durch die Integration von Geodaten zu Themen wie Barrierefreiheit oder Wegesicherheit. Durch direkte kontinuierliche Kommunikation mit der Zielgruppe und einem Reallabor vor Ort werden Einsatzchancen und Entwicklungsbedarfe frühzeitig erkannt. Gefördert wird dieses Vorhaben durch die Carl-Zeiss-Stiftung.

**i3mainz**  
**Institut für Raumbezogene**  
**Informations- und Messtechnik**  
**Hochschule Mainz**

**Redaktion**

Nicole Vögtlin Bruhn M.A.

**Gestaltung**

Vanessa Liebler B.A.

**Verantwortlich**

Prof. Dr. phil. Kai-Christian Bruhn  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Klauer  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Klonowski  
Lucy-Hillebrand-Straße 2  
55128 Mainz  
Deutschland

Tel.: 06131/628- 14 60

Fax: 06131/628- 14 09

E-Mail: [i3mainz@hs-mainz.de](mailto:i3mainz@hs-mainz.de)

[www.i3mainz.hs-mainz.de](http://www.i3mainz.hs-mainz.de)

DOI: 10.25358/openscience-6389

Der Text des Jahresbericht 2020 des i3mainz by Kai-Christian Bruhn, Thomas Klauer, Jörg Klonowski, Nicole Vögtlin Bruhn steht unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung 4.0 International. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Die Lizenz umfasst nicht die Abbildungen, für welche die jeweils nachgewiesenen Urheberrechte gelten.