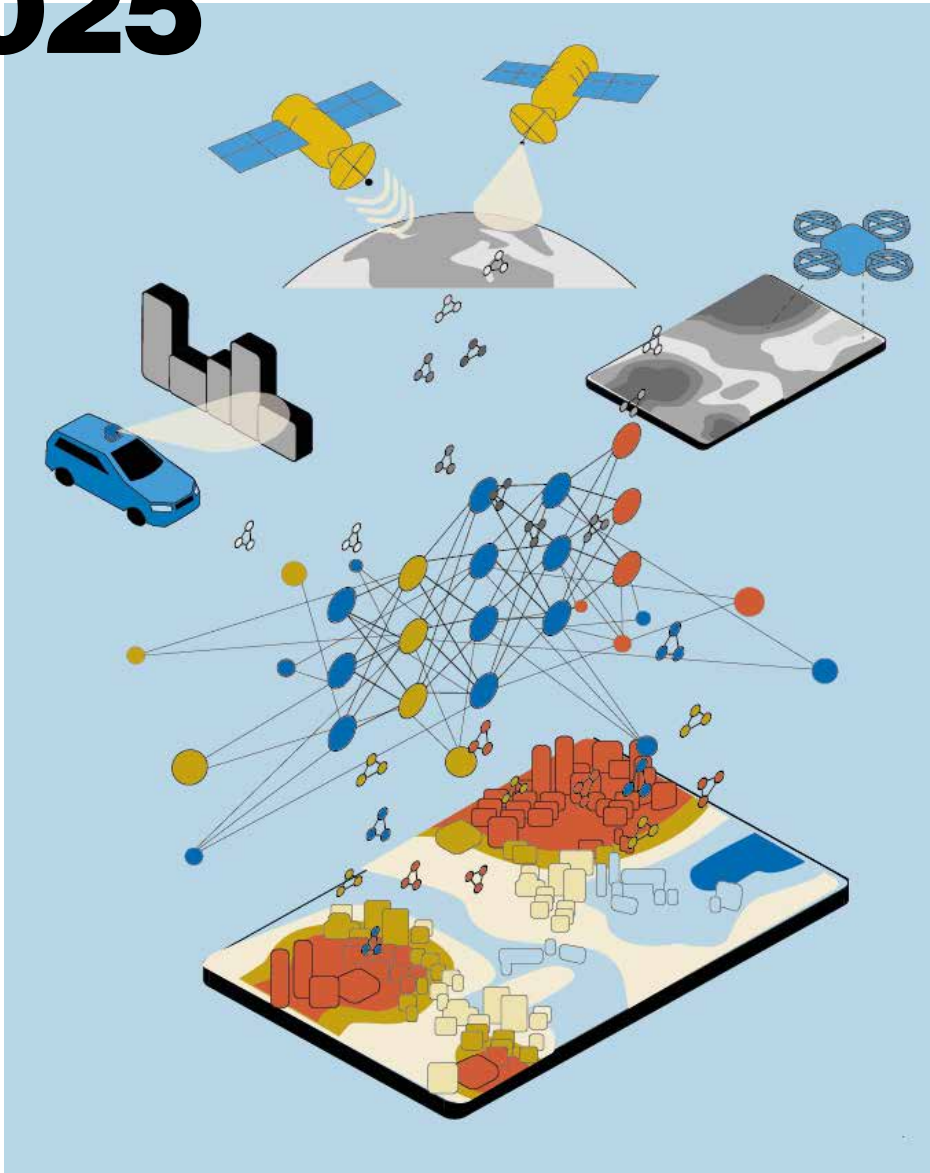


2025

i3

mainz

Institut für raumbezogene
Informations- und Messtechnik
Hochschule Mainz



Fernerkundung im Wandel
Von der Beobachtung zum
intelligenten Verständnis

Neues zu Team und
Transfer, Forschungs-
projekten und Ausblick

Inhalt

04 Editorial

06 Neues aus dem Institut

08	Willkommen in unserem Team
12	Auszeichnungen
14	Verzahnung von Lehre und Forschung
16	Promotion und Jubiläum
18	Transfer in Wirtschaft und Behörden
20	Transfer in die Wissenschaft
26	Transfer in die Gesellschaft

28 Fokusbericht

Fernerkundung im Wandel:
Von der Beobachtung zum
intelligenten Verständnis

50 Forschungsprojekte

52	Kalibrierungsframework zur polarimetrischen Oberflächen normalenschätzung aus DoFP-Bildgebung
54	Verlässliche KI-Assistenten für das Management dynamischer Produktionssysteme und Supply Chains (VAMoS)
56	Profilschanning (PLS) für das Monitoring von Infrastruktur-bauwerken
58	HERMES - Humanities Education in Research, Data and Methods
60	MoDiTa - Modulare Digitalkameratachymeter 3.0
62	SpaGAT - Spatiotemporale und Geodatenbezogene Anwendungen in Treuhandmodellen der öffentlichen Verwaltung

64	MINOS - Echtzeit-Datendienst für Rettungsfahrzeuge – Prognose zur verzögerungsfreien Querung streckenseitiger Bahnübergänge
66	NFDI4Objects - Task Area 6 "Qualification, Integration and Harmonisation"
68	Codiro - Entwicklung einer automatischen, projektunabhängigen Fertigungsplanung und Robotersteuerung
70	ORALHYPE 2.0 – Oral Health using Hyperspectral Imaging and Computer Vision
72	AI-DPA: Analyse und Interpretation von unstrukturierten Daten und Prozessen in zwei und dreidimensionalen Anwendungsszenarien mit Machine Learning
74	TOPML – Trading off Non-Functional Properties of Machine learning (KI-Lab)

76	Digitale Edition der Keilschrifttexte aus Haft Tappeh (Iran)
78	Linked Open Data Wörterbücher und Paläographie
80	Standardisierung von Geo SPARQL
82	Cuneiform Annotator und Keilschriftzeichenklassifikation
84	Intelligente Datenerfassung, Haltung und Bereitstellung innerhalb der Öffentlichen Verwaltung

86 Ausblick

88 Impressum



Foto: Vanessa Liebler, CC BY SA 4.0

Liebe Leserinnen und Leser,

der Cyberangriff auf die Hochschule Mainz im November 2025 hat sich auch auf unsere Arbeit am i3mainz ausgewirkt. Die Internetseite gibt erst seit einigen Wochen einen aktuellen Zustand wider. Der Zugriff auf unsere Daten war oft nur mit Unterstützung der Mitarbeitenden im ZIK, dem Zentrum für Informations- und Kommunikationstechnik, möglich. Herzlichen Dank an dieser Stelle dafür! Um so glücklicher sind wir, dass Sie heute den Jahresbericht 2025 in der Hand halten. Ihm entnehme Sie alles, was für uns in dem Jahr wichtig war.

Der diesjährige Fokusbericht ist dem Thema Fernerkundung gewidmet, ein Forschungsfeld, das sich in den vergangenen Jahren mit großer Dynamik weiterentwickelt hat und das auch bei der Arbeit am i3mainz eine wichtige Rolle spielt.

Neben meiner eigenen Forschung fließen in diesen Bericht Ergebnisse und Perspektiven von Forschenden ein, mit denen ich in unterschiedlichen Kontexten zusammenarbeite. Mahdijeh Fathi, deren Dissertation ich betreuen darf, gibt einige Einblicke in ihre Arbeit und Severin Brochhagen stellt die Ergebnisse seiner von mir begleiteten Masterarbeit vor. Als Mitarbeiter am i3mainz ist er dem Thema Fernerkundung weiterhin verbunden. Mein Kollege von der Universität Teheran, Mohammad Saadat Seresht, forscht seit 2025 als Gastwissenschaftler an unserem Institut. Auch seine Arbeit wird im Fokusbericht und bei den Forschungsprojekten vorgestellt.

Die moderne Fernerkundung durchläuft derzeit einen grundlegenden Wandel. Längst geht es nicht mehr allein darum, die Erde mit immer besseren Sensoren aus der Luft oder aus dem All zu erfassen.

Die zentrale Herausforderung besteht heute darin, die enormen und stetig wachsenden Datenmengen intelligent auszuwerten, miteinander zu verknüpfen und für konkrete Fragestellungen nutzbar zu machen.

Durch die Verbindung multisensorischer Erdbeobachtungsdaten mit modernen Methoden der Künstlichen Intelligenz verändert sich auch die Rolle der Geoinformatik: Sie wird zunehmend von einer vorwiegend beobachtenden zu einer semantisch interpretierenden Disziplin.

Dieser Fokusbericht stellt aktuelle Forschungsarbeiten am i3mainz vor, die genau an dieser Schnittstelle ansetzen. Die Beiträge zeigen, wie vielfältig die Einsatzmöglichkeiten moderner Fernerkundung heute sind: von der präziseren Vorhersage globaler landwirtschaftlicher Erträge im Zeichen des Klimawandels über die hochaufgelöste Analyse städtischer Hitzeinseln bis hin zur kostengünstigen Generierung von 3D-Modellen aus Einzelbildern und zur Nutzung physikalischer Lichteigenschaften für die Inspektion stark reflektierender Strukturen.

Die folgenden Beiträge geben damit nicht nur Einblicke in aktuelle Forschung am i3mainz. Sie zeigen auch, wie Fernerkundung, Geoinformatik und Künstliche Intelligenz gemeinsam dazu beitragen können, unsere Umwelt präziser zu beobachten, differenzierter zu analysieren und verantwortungsvoller zu gestalten.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre des Berichts.

Ihr Hossein Arefi

Neues aus dem Institut

**Welche Veränderungen gab es 2025 in unserem Team?
Mit welchen Fragen haben sich unsere Studierenden be-
schäftigt? Welchen Themen waren wir gemeinsam mit un-
seren Partnern in Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung
auf der Spur?**

Grafik:
Lea Jüngst, CC BY-SA 4.0



Willkommen in unserem Team



Weiter zum gesamten Team:
i3mainz.hs-mainz.de/team/



Prof. Dr.-Ing. Yu Feng
Professor



Prof. Dr. Pascal Kordt
Professor



Prof. Mohammad Saadat Seresht, PhD
Professor



Seyedehhadiseh Abbaspour, B.Eng.
Wissenschaftliche Hilfskraft



Mahmoud Eslami, B.Sc.
Wissenschaftliche Hilfskraft



Frederik Fuhrmann, B.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Janek Groß, M.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Emma Kunothe, M.Sc.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Ali Sayyadi, B.Eng.
Wissenschaftliche Hilfskraft



Dr. Sandra Schröder-Spang
Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Steffen Uhl, B.A.
Studentische Hilfskraft



Amir Zahedidarehshoori, B.Eng.
Wissenschaftliche Hilfskraft



Jana Ziegler, B.Sc.
Wissenschaftliche Hilfskraft

Alle Fotos:
Nicole Vögtlin Bruhn

Prof. Dr.-Ing. Yu Feng

Yu Feng ist als Professor für Angewandte Geoinformatik seit September 2025 Teil des Teams der Fachrichtung AIGeo.

Nach seinem Studium und seiner Promotion in Geodäsie und Geoinformatik an der Leibniz Universität Hannover war Yu Feng zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter in Hannover tätig, bevor er als Forschungsgruppenleiter am Lehrstuhl für Kartographie und Visual Analytics der Technischen Universität München wirkte.

Seine Forschung konzentriert sich auf die Verbindung von Künstlicher Intelligenz und Geoinformatik. Im Zentrum stehen dabei GeoAI, Multi-Agenten-Systeme und große Sprachmodelle für geographische Daten. Anwendungen findet seine Arbeit unter anderem in den Bereichen Katastrophenmanagement, Smart Cities und digitale Zwillinge.

An der Hochschule Mainz möchte Yu Feng Künstliche Intelligenz noch stärker mit geoinformatischen Fragestellungen und gesellschaftlich relevanten Anwendungen verknüpfen. Ein besonderes Anliegen ist ihm die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Forschungscommunity, mit lokalen Behörden und internationalen Partnern.

Prof. Dr. Pascal Kordt

Pascal Kordt bereichert seit dem Wintersemester 2025/26 als Professor für Angewandte Informatik die Lehre an der Hochschule Mainz im Fachbereich Technik.

Nach seinem Studium der Physik und Mathematik an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH Aachen) sowie Economics an der University of London promovierte er am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz in statistischer Physik. In seiner Dissertation beschäftigte er sich mit der Modellierung von Halbleitern und setzte dabei u.a. Monte-Carlo-Methoden ein.

Danach zog es ihn in die Praxis: in die Unternehmensberatung mit Projekten rund um Healthcare und Finanzwesen und später zum Güterverkehr der Deutschen Bahn. Nebenbei lehrte er an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg in Mannheim (DHBW Mannheim) und gründete ein Unternehmen, das etwa das Artificial Intelligence Bootcamp ins Leben rief.

Seine Arbeit reichte von der Vorhersage unplanmäßig stehender Züge über KI-gestützte Personaleinsatzplanung bis hin zur Entwicklung einer Konzernstrategie für den Einsatz von Generativer KI. Wichtiger Teil seiner Arbeit waren die Erklärbarkeit von KI-Modellen und maschinelles Lernen im Bereich von Zeitreihen.

Prof. Mohammad Saadat Seresht, PhD

Mohammad Saadat Seresht von der Universität Teheran wird ein Jahr als Gastwissenschaftler am i3mainz verbringen.

Saadat Seresht ist außerordentlicher Professor an der Universität Teheran im Bereich Geospatial Engineering mit Spezialisierung auf photogrammetrische Computervision. Er bringt mehr als 22 Jahre Forschungs- und Lehrerfahrung an die Fachrichtung Angewandte Informatik und Geodäsie.

Im Rahmen zahlreicher Forschungsprojekte schlägt er immer wieder die Brücke zwischen Wissenschaft und Industrie. Dabei entstanden bereits über 300 Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften sowie mehr als 50 Masterarbeiten und Dissertationen unter seiner Betreuung.

Während seines Forschungsaufenthalts in Mainz wird er die Arbeit an seinem Projekt *Kalibrierungsframework zur polarimetrischen Oberflächennormalenschätzung aus DoFP-Bildgebung* fortsetzen. Im Rahmen des Projektes werden Polarisationskameras eingesetzt, um die Qualität von 3D-Modellen städtischer Umgebungen und industrieller Objekte zu verbessern. Dieses Thema hat das Potenzial, die Genauigkeit und Kosteneffizienz bei der Entwicklung intelligenter Städte grundlegend zu steigern. Sicherlich wird seine Forschung am i3mainz zu einem für beide Seiten fruchtbaren Austausch führen.

Auszeichnungen

VDI-Preis für Johannes Frank

Am 2. April 2025 wurde Johannes Frank vom VDI Rheingau-Bezirksverein für seine herausragende Masterarbeit mit dem Titel „Analyse von Einflussfaktoren auf die Unfallschwere von Unfalldaten mittels KI und XAI“ ausgezeichnet. Betreut wurde die Arbeit von Klaus Böhm und Cédric Roussel.



Outstanding Reviewer Award

Im April 2025 hat die internationale wissenschaftliche Fachzeitschrift *International Journal of Geo-Information (ISPRS)* Hartmut Müller, Emeritus der Fachrichtung AIGeo und Mitbegründer des i3mainz, als einen von drei Preisträgern aus insgesamt 1.677 Gutachtern mit dem "Outstanding Reviewer Award" ausgezeichnet. Das Preiskomitee hat die Gewinner nach einer umfassenden Evaluation aller Gutachten im Blick auf Anzahl, Qualität und Termintreue ausgewählt.

Harbert-Buchpreis 2025

Am 11. Juni 2025 wurden im Rahmen der Fachwissenschaftlichen Jahrestagung des DVW Rheinland-Pfalz e.V. und des DVW Saarland e.V. im Saarbrücker Schloss die diesjährigen Harbert-Buchpreisträger für ihre hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen ausgezeichnet. Aus der Fachrichtung Angewandte Informatik und Geodäsie der Hochschule Mainz erhielten Malte Horn (Bachelorarbeit) sowie Johannes Frank und Severin Brochhagen (beide Masterarbeiten) die Auszeichnung.



Auszeichnung für neues Tool T.i.A.M.A.T

Bei der IEEE Cyber Humanities vom 8. bis 10. September in Florenz wurde ein Team aus Mainz und Turin mit dem Best Innovation Paper Award ausgezeichnet. Das Tool T.i.A.M.A.T leistet einen Beitrag zur Qualitätsbewertung von 3D-Modellen in der Archäologie.



Lehrpreis für KI-Simulationen

Prof. Dr. Pascal Kordt wurde für sein Projekt "KI-Basierte Simulation der Interaktion mit einem Auftraggeber in der Datenbanklehre" mit dem Preis für "Innovative Lehre 2025/26" ausgezeichnet. Das Projekt zielt darauf, klassische Übungsaufgaben durch eine Simulation des Berufsalltags zu ersetzen.



IHK-Preis 2025 für Elena Zentgraf

Am 9. Dezember wurde Elena Zentgraf in der Industrie- und Handelskammer für Rheinhessen feierlich für ihre herausragende Masterarbeit mit dem dritten Preis ausgezeichnet. Ihre Arbeit mit dem Titel „Indirekte Metriken zur Bewertung LLM-basierter Informationsextraktion in Industrie 4.0“ entstand im Zusammenhang mit dem Forschungskolleg VAMoS und wurde von Prof. Dr. Jens Heidrich und Janek Groß betreut.



Abbildung:
Susanne Weissman (Präsidentin der Hochschule Mainz) Elena Zentgraf,
Jens Heidrich, Janek Groß(Betreuer der Arbeit),
Foto: IHK/Stefan Sämmer

Verzahnung von Lehre und Forschung

Bachelorarbeit mit dem LEIZA

Im Sommersemester 2025 verglich Lisa Püschner in ihrer Bachelorarbeit „Vergleich verschiedener 3D-Erfassungssysteme für die Dokumentation von archäologischen Objekten“ mobile Systeme wie das iPad Pro mit LiDAR-Scanner mit dem Streifenlichtscanner ATOS Q anhand ausgewählter Objekte des Leibniz-Zentrums für Archäologie (LEIZA) in Mainz hinsichtlich Genauigkeit, Handhabung und Kosten. Die Untersuchungen zeigen, dass mobile LiDAR-Systeme sowie Smartphone- und Spiegelreflexkameras zwar schnelle und unkomplizierte Erfassung ermöglichen, der ATOS Q aber weiterhin die höchste Präzision und Detailtreue bietet und von den mobilen Systemen derzeit nicht vollständig ersetzt werden kann. Die Arbeit liefert somit aufschlussreiche Erkenntnisse zum aktuellen Leistungsstand der verschiedenen Technologien im direkten Vergleich und wurde von Prof. Dr. Rene Wackrow (Hochschule Mainz) sowie Anja Cramer (LEIZA) betreut.

Masterarbeit im Rahmen von VAMoS

Elena Zentgraf widmete sich im Rahmen ihrer Masterarbeit einer hochaktuellen und für die Industrie bedeutenden Fragestellung: Wie kann die Qualität von automatisch generierten Teilmodellen der sogenannten Verwaltungsschale zuverlässig bewertet werden? Die Verwaltungsschale bildet das digitale Abbild eines physischen Produkts und ist ein zentrales Konzept von Industrie 4.0. Sie ermöglicht es, Produktionsanlagen, Maschinen oder Produkte über standardisierte digitale Modelle zu beschreiben und Informationen unternehmensübergreifend auszutauschen.

Mit dem zunehmenden Einsatz von Large Language Models (LLMs), wie GPT-4 oder DeepSeek, können solche Modelle automatisiert aus technischen Dokumentationen erzeugt werden. Für die Industrie birgt dies enormes Potenzial. Gleichzeitig entsteht aber eine neue Herausforderung: Wie lässt sich die Qualität der automatisch generierten Inhalte verlässlich und reproduzierbar bewerten?

Elena Zentgraf entwickelte ein innovatives Evaluationsverfahren, welches direkt einsetzbar ist und dazu beiträgt, die Einführung von LLM-Technologien in produktionsnahen Kontexten abzusichern.

Masterprojektarbeit zum Projekt MINOS

Im Wintersemester 2025/26 beschäftigten sich Yannik Bock, Sebastian Gebel, Karim Ouhammi und Danny Staus, Studierende der Fachrichtung Angewandte Informatik, mit der Nutzung des OPC UA Publish-Subscribe (PubSub) Paradigmas für den Datenaustausch in verteilten IoT-Systemen im Bahnbereich. OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) ist ein plattformunabhängiger, sicherer Standard für den Datenaustausch in der Industrie, besonders für Industrie 4.0 und IoT

In einer prototypischen Architektur werden OPC-UA-Daten über MQTT verteilt, von einer Client-Anwendung verarbeitet, in einer Graphdatenbank gespeichert und über die Webanwendung LcInsights visualisiert. Zur Demonstration wurde ein simulierter Bahnübergang eingesetzt.

Die Arbeit entstand im Kontext des Forschungsprojekts MINOS, das Prognosen über Öffnungs- und Schließzeiten von Bahnübergängen berechnet. Die entwickelte Architektur zeigt, wie Zustandsdaten aus Infrastrukturkomponenten über OPC UA bereitgestellt werden können und perspektivisch als Grundlage für Analysen oder zur Validierung solcher Prognosen dienen könnten

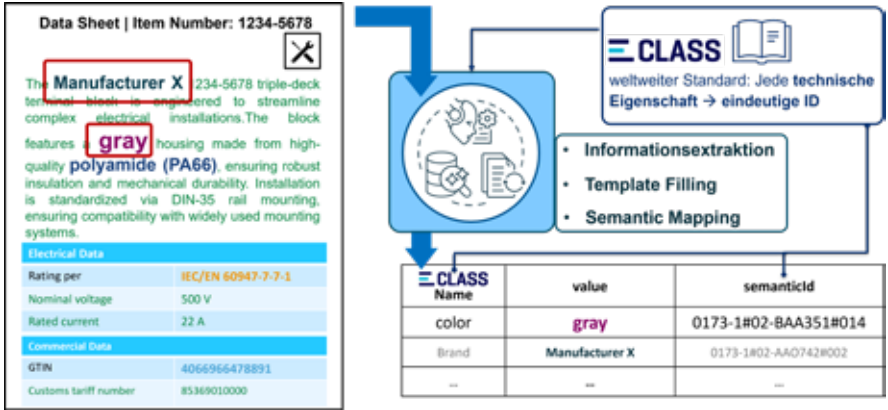
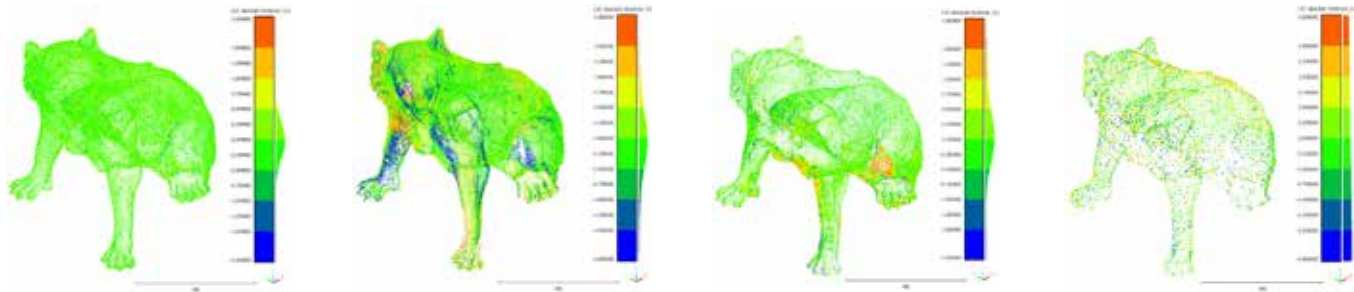


Abbildung oben:
Aus der Bachelorarbeit von Lisa Püschner: Mit der Spiegelreflex-Kamera aufgenommene Punktwolken: Am präzisen ist die Spiegelreflex im Manufokus (1); der Autofokus (2) erzeugt dichtere, aber ungenauere Punktwolken. Auch das iPhone (3) liefert präzise Resultate, das iPad LiDAR (4) hingegen ist für eine detailreiche Erfassungen ungeeignet

Grafik mitte:
Maschinelle Erzeugung von Digitalen Zwillingen / Verwaltungsschalen aus technischer Dokumentation
Grafik: Jens Heidrich, Janek Groß, Elena Zentgraf, CC BY-SA 4.0



Grafik unten:
Visualisierung der Infrastrukturkomponenten und Ereignisse eines simulierten Bahnübergangs in der Webanwendung LcInsights auf Basis von OPC-UA-Daten.
Grafik: Yannik Bock, Sebastian Gebel, Karim Ouhammi und Danny Staus, CC BY-SA 4.0

Promotion und Jubiläum

Erfolgreich promoviert!

Alexander Rolwes konnte am 16. Juni 2025 seine Dissertation mit dem Titel *Geovisuelle Ansätze zur Analyse von Raum-Zeit-Zusammenhängen in urbanen Anwendungsfällen* erfolgreich verteidigen. Die Arbeit entstand im Rahmen des Projekts *BAM – Big-Data-Analytics in Environmental and Structural Monitoring* und wurde am Promotionszentrum Angewandte Informatik (PZAI) der hessischen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Kooperation mit der Hochschule RheinMain in Wiesbaden betreut.

Rolwes hat sich darin intensiv mit der Analyse raumzeitlicher Zusammenhänge in urbanen Anwendungsfeldern beschäftigt. Ziel der Arbeit war es, mittels analytischer und geovisueller Methoden neue Erkenntnisse im Mobilitätsbereich zu gewinnen und diese mit hoher Praxisrelevanz in Entscheidungsprozesse einzubringen.

Im Mittelpunkt der Dissertation steht ein mehrstufiger Geoanalyseansatz zur Identifikation raumzeitlicher Muster. Dieser wurde anhand konkreter Anwendungsbeispiele – etwa zur Parkhausauslastung in Mainz oder zu Fahrradverleihstationen in Hamburg – praktisch erprobt.

Auf Basis der Ergebnisse des Geoanalyseansatzes wurden interaktive geovisuelle 3D-Lösungen entwickelt, die komplexe raumzeitliche Zusammenhänge visuell zugänglich machen.

Aktuell werden am i3mainz acht Dissertationen geschrieben.



10 Jahre mainzed

Zum 10-jährigen Bestehen von mainzed wurde am 6. November 2025 eine kommunikative Jubiläumsaktion auf Mastodon umgesetzt. Unter dem Hashtag #mainzed10 blickte das Netzwerk in einem fortlaufenden Thread auf ein Jahrzehnt digitalen Wandels, Kooperation und Offenheit zurück. Die Aktion griff zentrale Stationen der gemeinsamen Arbeit auf und machte sichtbar, wie sich mainzed seit der Gründung am 6. November 2015 als Netzwerk für Digitalität in den Geistes- und Kulturwissenschaften entwickelt hat.

Die Posts verbanden Rückblick und Beteiligung: In stündlichen Beiträgen wurden Erinnerungen, Projekte und Meilensteine aus Forschung, Lehre und Transfer aufgegriffen. Zugleich war die Community eingeladen, eigene Perspektiven, Antworten und Erinnerungen beizusteuern. So entstand ein niedrigschwelliges, dialogorientiertes Format, das die Geschichte des mainzed nicht nur dokumentierte, sondern als gemeinsame Erzählung aktivierte.

Unter dem Titel *So wird in Mainz Wissen und Forschung digitalisiert* veröffentlichte die Mainzer Allgemeine Zeitung einen ausführlichen Artikel über das Netzwerk.

Die öffentliche Jubiläumsfeier fand am 29. April 2026 im Rahmen von mainzedZWEI26 im LUX Pavillon - Hochschule Mainz statt.



Weiter zu den Dissertationen:
i3mainz.hs-mainz.de/dissertationen/



Foto links:
Ralf Dörner (Erstbetreuer), Alexander Rolwes und Klaus Böhm (Zweitbetreuer) (v.l.n.r.)
Foto: Klaus Böhm, CC BY SA 4.0



Foto rechts:
Kleine Feier mit Kuchen zum 10. Geburtstag von mainzed
Foto: Ole Wilhelm, CC BY SA 4.0

Transfer in Wirtschaft und Behörden

MINOS-App auf der Hannover Messe

Vom 31. März bis 4. April 2025 präsentierte sich das i3mainz mit dem Projekt MINOS – Echtzeit-Datendienst für Rettungsfahrzeuge auf der HANNOVER MESSE 2025. Der Auftritt fand am wissenschaftlichen Gemeinschaftsstand Forschung und Innovation des Ministeriums für Wissenschaft und Gesundheit Rheinland-Pfalz sowie der Innovationsagentur Rheinland-Pfalz statt.



FIG Working Week in Brisbane

Vom 6. bis 10. April fand in Brisbane, Australien die diesjährige Working Week der FIG - International Federation of Surveyors statt.

Markus Schaffert war in verschiedenen Funktionen vor Ort. Im Rahmen der Kommission 3 (Spatial Information Management), vertrat er deren Leiter Sagi Dalyot, der nicht anreisen konnte. Als (stellvertretender) Leiter war er in alle Teilbereiche der Arbeitswoche eingebunden, die die Kommission 3 betrafen.

Ein Höhepunkt war seine Wahl zum Leiter der Kommission 3 für die Periode 2027-2030



MINOS auf der Digital Rail Convention 2025

Vom 17. bis 19. September fand in Annaberg-Buchholz bereits zum vierten Mal die Digital Rail Convention statt. Das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr geförderte Projekt MINOS war mit einem eigenen Beitrag vertreten und präsentierte aktuelle Forschungsergebnisse rund um die Nutzung und Prognose von Bahndaten.



Mehr Durchblick in der Stadt: Erklärbare KI für urbane Daten

Auf der Herbsttagung der German Data Science Society (GDS) e.V. am 20. November 2025 zeigte Cédric Roussel anschaulich, warum Explainable AI (XAI) weit über regulatorische Pflichterfüllung hinausgeht und in vielen Anwendungsfeldern - von Mobilität bis Climate Science - zur Voraussetzung für vertrauenswürdige KI wird.



Foto oben:
Marco Hussong und Sven Theobald (beide RPTU), Petra Dick-Walther, Staatssekretärin im Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, Julian Stockemer und Peeranut Noonurak vom i3mainz (vlnr)
Foto: Photovision-dh , All rights reserved

Foto unten:
Dr. Diane Dumashie, Präsidentin der FIG, gratuliert Markus Schaffert zur Wahl
Foto: Timothy Burch, CC BY SA 4.0



Foto oben:
Julian Stockemer und Konstantin Geist beim Workstream MINOS am Conference Day
Foto: Peeranut Noonurak, CC BY-SA 4.0

Foto unten:
Cédric Roussel auf der Herbsttagung der German Data Science Society
Foto: GDS, all rights reserved

Transfer in die Wissenschaft

Mit neuen Perspektiven auf der ICREDM

Markus Schaffert und Cemre Şahinkaya stellten auf der International Conference on Real Estate Development and Management (ICREDM) in Ankara verschiedene Forschungsbeiträge vor. Es ging um animierte Geovisualisierungen, um das Ausmaß der Zersiedlung in ländlichen Gemeinden zu veranschaulichen und um Stadterneuerung und Lebensqualität in Ankara.



i3mainz auf Oldenburger 3D-Tagen

Bei den Oldenburger 3D-Tagen am 4. und 5. Februar vertraten Jonas Veller und Jean-Jacques Ponciano das i3mainz. Jonas Veller stellte Resultate aus dem Projekt #Codiros vor, wo 2024 das Positionserfassungssystem für Plattenwerkstücke prototypisch umgesetzt werden konnte. Jean-Jacques Ponciano präsentierte einen KI-gesteuerten Ansatz zur 3D-Rekonstruktion aus nur einem einzigen Bild, der eine Genauigkeit im Zentimeterbereich erreicht.



RAFVINIERT beim 28. KGIS-Workshop

Am 05. März 2025 fand in Münster der 28. KGIS-Workshop zu „Kommunalen Geoinformationssystemen“, aktuellen Trends und Entwicklungen in den Bereichen GIS und Landmanagement statt. Markus Schaffert und Dominik Warch stellten Resultate aus dem Projekt RAFVINIERT vor.



F+T Impulse für Innovation und Inspiration

Am 6. März 2025 fand zum zweiten Mal das fachbereichsübergreifende KI-Symposium der Hochschule Mainz statt. Pascal Neis gab einen Einblick in seine Erfahrungen mit KI-gestützten Tools, Jessica Buchner präsentierte, wie KI zur Analyse von Punktwolken eingesetzt werden kann und Jean-Jacques Ponciano zeigte, wie Deep Learning zur Früherkennung von Mundhöhlenkarzinomen genutzt werden kann.



Geodätisches Monitoring beim JISDM

Vom 7. bis 9. April fand am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) das sechste Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM) statt. Florian Schill präsentierte dort die Ergebnisse einer Studie, in der es um die zunehmende Alterung von Infrastrukturbauwerken geht. Am 10. und 11. April veranstalteten Florian Schill und Panos Psimoulis einen praxisorientierten Workshop an der Rheinbrücke Maxau.



Foto oben links:
Cemre Şahinkaya und Markus Schaffert auf der ICREDM in Ankara, Foto: CC BY SA 4.0



Foto unten links:
Jonas Veller auf den Oldenburger 3D-Tagen, Foto: Jean-Jacques Ponciano, CC BY SA 4.0

Foto oben rechts:
Dominik Warch, Markus Schaffert und Tine Köhler (Moderatorin der Session), Foto: Robert Seuss, CC BY SA 4.0

Foto mitte rechts:
Pascal Neis beim KI-Dymposium 2025, Foto: Aylin Fetzer, Hochschule Mainz

Foto unten rechts:
Messungen an der Rheinbrücke Maxau im Rahmen des Workshops am KIT, Foto: Florian Schill, CC BY SA 4.0



In den Vorstand der UNECE-WPLA gewählt

Hartmut Müller und Cemre Sahinkaya waren am 28. und 29. April 2025 zur 14. Sitzung der UNECE Working Party on Land Administration (WPLA) im Palais des Nations in Genf eingeladen. Im Mittelpunkt der Sitzung stand die Stärkung der Zusammenarbeit mit internationalen Organisationen zur Unterstützung des WPLA-Arbeitsprogramms 2026-2027.

Eine besondere Ehre: Hartmut Müller wurde für die Amtszeit 2025-2027 in den WPLA-Vorstand gewählt.



mainzedZWEI25

Am 24. Juni 2025 fand in der Akademie der Wissenschaften und der Literatur die Transfer-Veranstaltung mainzedZWEI25 statt. Von 16 bis 22 Uhr kamen Interessierte aus Wissenschaft und Öffentlichkeit zusammen, um sich kennenzulernen und auszutauschen. Daran beteiligten sich auch Studierende des hochschulübergreifenden Masterstudiengangs Digitale Methodik in den Geistes- und Kulturwissenschaften. Organisiert wurde die Veranstaltung vom mainzed – Mainzer Zentrum für Digitalität in den Geistes- und Kulturwissenschaften.



Digitalisierung im Gesundheitswesen

Unter dem Dach von EMPOWER haben die Hochschule Mainz und die Katholische Hochschule Mainz am 23. April 2025 Branchenvertreterinnen und -vertreter in den LUX Pavillon geladen, um Transferpotenziale aus der anwendungsorientierten Forschung aufzuzeigen. Jean-Jacques Ponciano zeigte in sei-

nem Vortrag über "Hyperspektralbildgebung zur verbesserten Früherkennung oraler Karzinome" auf, wie Deep Learning die Orale Diagnostik unterstützen kann.



Hossein Arefi auf IGARSS 2025 in Brisbane

Vom 3. bis 8. August 2025 fand die 45. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2025) in Brisbane, Australien statt. Die Leitidee des Kongresses liegt auf globalen Herausforderungen und wie Fernerkundungstechnologien bedrohliche Umweltveränderungen erfassen und Lösungen anzustoßen können. Hossein Arefi konnte in zwei Vorträgen seine Forschung präsentieren.



KI trifft urbane Mobilität

Zum vierten Mal in Folge nahm ein Team des i3mainz an der International Conference on Information Visualisation vom 5.-8. August in Darmstadt teil. Alexander Rolwes stellte ein Paper vor, das eine KI-gestützte Plattform zur Vorhersage der Parkplatzbelegung in städtischen Gebieten beschreibt – demonstriert am Fallbeispiel Mainz.



Foto unten links:
Jean-Jacques Ponciano im LUX,
Foto: Sven-Helge Czichy, Hochschule Mainz



Foto oben links:
Hartmut Müller bei der 14. Sitzung der UNECE WPLA in Genf,
Foto: Cemre Sahinkaya-Özer, CC BY SA 4.0

Foto mitte links:
Kai-Christian Bruhn und Agnes Thomas bei mainzedZWEI25,
Foto: mainzed CC BY SA 4.0

Foto oben rechts:
Hossein Arefi in Brisbane, Foto: Hossein Arefi, CC BY SA 4.0

Foto unten rechts:
Julian Stockemer, Cédric Roussel und Alexander Rolwes (v.l.n.r.)
auf der IV25 in Darmstadt.
Foto: Cristian A. Secco, CC BY SA 4.0

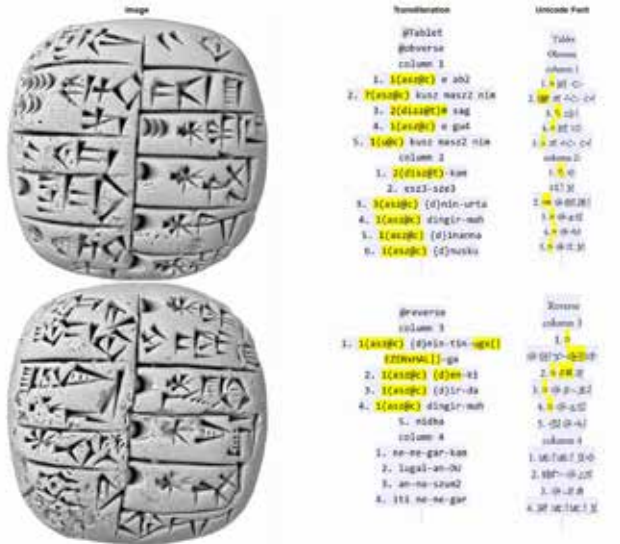
i3mainz auf der ICC 2025 in Kanada

Alexander Rolwes und Klaus Böhm präsentierten auf der diesjährigen 32nd International Cartographic Conference (ICC 2025) ihre aktuellen Forschungsergebnisse zur interaktiven Geovisualisierung raumzeitlicher Zusammenhänge in urbanen Kontexten. Grundlage bildeten die Ergebnisse einer umfangreichen Nutzerstudie aus Rolwes' Dissertation mit Expert:innen aus den Bereichen Mobilität, Stadtplanung und Geoinformatik.



Unicode-Standards für Keilschrift

Vom 15. bis 18. September 2025 fand in Gent und Brüssel die internationale Konferenz *Bytes and Bygones – Digital and Computational Analyses of Ancient Cultures* statt. Timo Homburg, Corvin Ziegeler und Lisa Wilhelmi, beide von der FU Berlin, stellten dort ihren Ansatz vor, um die bisher im Unicode-Standard fehlenden Varianten und zusammengesetzten Formen von Keilschriftzeichen systematisch zu erfassen.



i3mainz auf EALD in Stockholm

Auf dem diesjährigen Symposium der European Academy of Land Use and Development (EALD), welches unter dem Titel „Land Management in an Uncertain World“ vom 4. bis 6. September in Stockholm stattfand, stellte Markus Schaffert den gemeinsam mit Kevin Kaminski entwickelten Vortrag über die methodische Weiterentwicklung ländlicher Zukunfts-Workshops vor.



Minos auf World Congress on Railway Research

Im November 2025 nahmen Karl-Albrecht Klinge und Konstantin Geist am World Congress on Railway Research (WCRR) in Colorado Springs (USA) teil. Dort präsentierten sie das Projekt MINOS einem internationalen Fachpublikum und gaben zugleich Einblicke in aktuelle Entwicklungen der Standardisierung im Bahnbereich. Ergänzend zu den Fachvorträgen wurde ein Poster vorgestellt, das als Ausgangspunkt für vertiefte fachliche Diskussionen und einen intensiven Austausch mit den Teilnehmenden diene.



Foto oben:
Klaus Böhm und Alexander Rolwes auf der ICC in Kanada

Foto unten:
Gruppenbild aller Teilnehmenden auf der EALD mit Markus Svchaffert ganz hinten mittig
Foto: Linda Aldén, all rights reserved

Foto oben:
Test des Unicodefonts anhand der Tafel HS 904 der Hilprechtsammlung. Die gelb markierten Bereiche der Transliteration können nun mittels des Ansatzes als Unicode Zeichen repräsentiert werden.

Foto unten:
Kontantin Geist auf der World Congress on Railway Research (WCRR) in Colorado Springs (USA)
Foto: Karl-Albrecht Klinge, CC BY SA 4.0

Transfer in die Gesellschaft

Girls'Day2025

Mit drei Workshops zu den Themen Drohnen, 3D-Räume und Kartographie zog die Fachrichtung AI-Geo am 3. April anlässlich des Girls' Day 45 Mädchen an die Hochschule Mainz. Eine Gruppe lernte, was Drohnentechnologie in der Geoinformatik bewirken kann, in einer zweiten Gruppe drehte sich alles um die Frage "Wie sieht ein Computer einen Raum?". Die dritte Workshop-Gruppe begab sich auf eine Reise in die Welt der Kartografie, denn ohne Karten läuft in der Geoinformatik nichts.



Minister Ebling besucht Marksburg

Am 15. Juli 2025 besuchte der rheinland-pfälzische Innenminister Michael Ebling die Marksburg in Braubach, um sich über den aktuellen Stand der digitalen Erfassung der Burganlage zu informieren. Die digitale, dreidimensionale Erfassung der Marksburg wurde im Rahmen einer Masterarbeit von Sarah Hillen durchgeführt.



Zweite Data Challenge von HERMES

Nach der erfolgreichen ersten Data Challenge des Datenkompetenzzentrums HERMES folgte die zweite Challenge unter dem Titel „Let's make a cinephile tool“, die vom 31. Mai bis 31. August stattfand. Internationale Teams entwickelten dabei Tools zur multimodalen Suche in historischen Filmdaten, um die Zusammenarbeit zwischen GLAM-Institutionen (Galleries, Libraries, Archives und Museums), Forschenden und Nutzenden zu stärken sowie den Zugang zu Daten zu erleichtern.

Museum of the Future: Wie KI Keilschrift erkennt

Anlässlich des 150-jährigen Jubiläums des Museums für Gestaltung Zürich öffnet am 28. August die Ausstellung Museum of the Future – 17 digitale Experimente ihre Tore. Ein Schwerpunkt lag auf dem Einsatz von Künstlicher Intelligenz – insbesondere für die automatische Schrifterkennung und Transkription historischer und archäologischer Texte. Ein Team von i3mainz und Freier Universität Berlin zeigte anhand eines animierten 3D-Modells einer Keilschrifttafel, wie die maschinenlesbare Aufarbeitung der Texte Schritt für Schritt erfolgt.



Wissenschaftsmarkt 2025

Mitte September 2025 fand der Mainzer Wissenschaftsmarkt erstmals auf dem Platz der Mainzer Republik statt. Das übliche Format wurde durch ein zusätzliches Programm für Schulklassen am Freitag ergänzt. Am Wochenende, welches wie gewohnt der interessierten Öffentlichkeit gewidmet war, präsentierten i3mainz und AIGeo an ihrem Stand zwei Schwerpunkte: „Brücken am Limit“ und „Marksburg in 3D“. Das mainzed – Mainzer Zentrums für Digitalität in den Geistes- und Kulturwissenschaften lud zu einem Quiz ein.



Foto oben links:
Girls'Day an der Fachrichtung AIGeo und i3mainz,
Foto: Masoome Mohammadi, CC BY SA 4.0

Foto unten links:
Innenminister Ebling, Florian Schill, Sarah Hillen und Peter Vermeulen (Vizepräsident Deutsche Burgenvereinigung) (v.l.n.r.)
Foto>: Nicole Bruhn, CC BY-SA 4.0

Foto oben rechts:
Anordnung in der Ausstellung in Zürich.
Foto: Hubert Mara, CC BY-SA 4.0

Foto unten rechts:
Schülerin mit VR-Brille beim WiMa für Schulen
Foto: Nicole Bruhn, CC BY SA 4.0



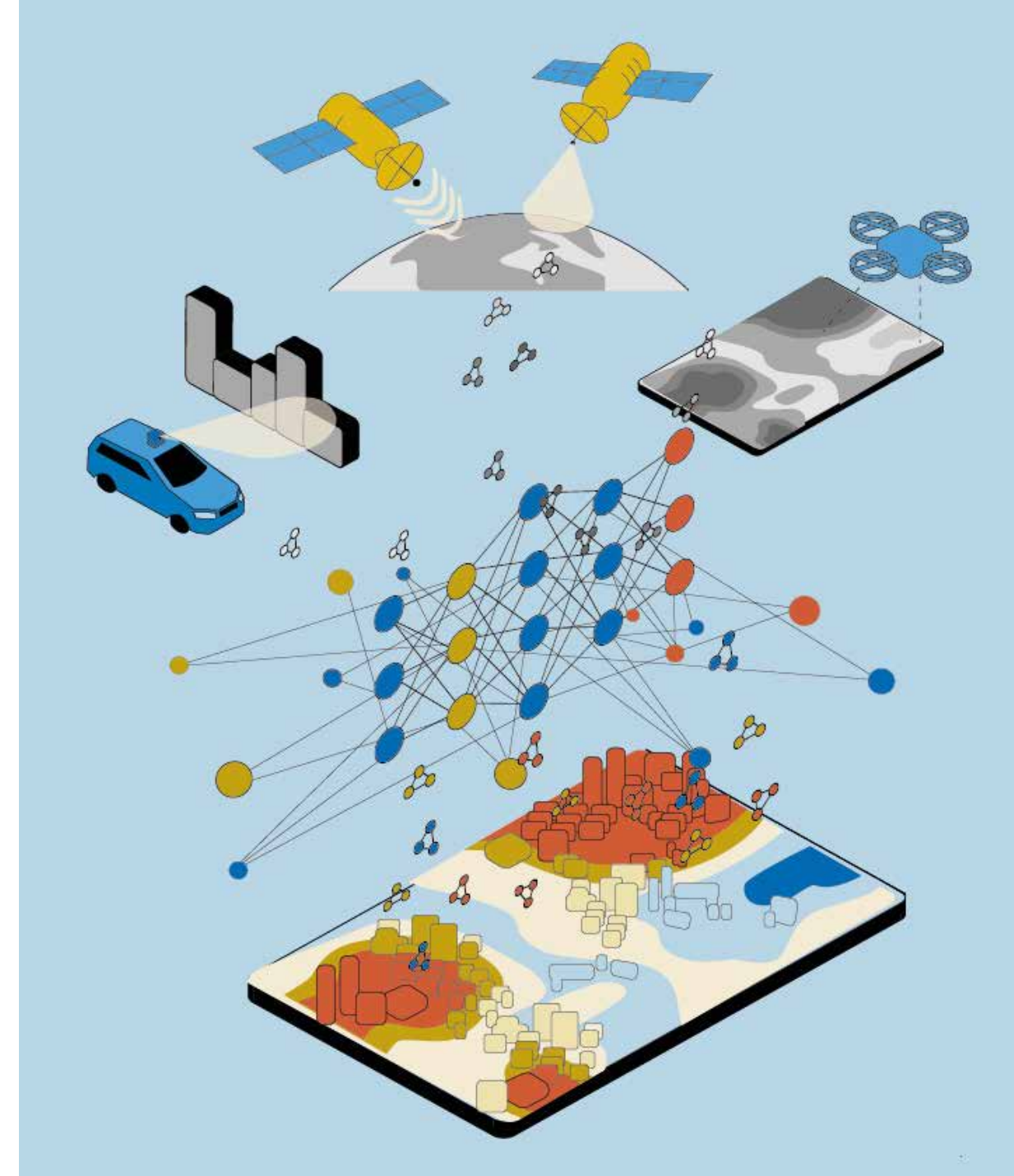
Fernerkundung im Wandel

Von der Beobachtung zum intelligenten Verständnis

Die moderne Fernerkundung durchläuft einen Paradigmenwechsel. Längst geht es nicht mehr nur darum, die Erde mit immer besseren Sensoren aus der Luft und dem All abzulichten. Die zentrale Herausforderung liegt vielmehr in der intelligenten Auswertung der enormen und stetig wachsenden Datenmengen. Durch die Verknüpfung von multisensorischen Erdbeobachtungsdaten mit modernen Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) wandelt sich die Geoinformatik von einer rein beobachtenden zu einer semantisch interpretierenden Disziplin.

Dieser Fokusbericht beleuchtet aktuelle Forschungsarbeiten am i3mainz, die genau an dieser Schnittstelle ansetzen. Ob es darum geht, globale landwirtschaftliche Erträge im Zeichen des Klimawandels präziser vorherzusagen, städtische Hitzeinseln in hoher Detailtiefe aufzulösen, kostengünstige 3D-Modelle aus Einzelbildern zu generieren oder die physikalischen Eigenschaften von Licht für die Inspektion stark reflektierender Strukturen zu nutzen:

KI erweitert unsere Fähigkeit, komplexe Umweltprozesse zu verstehen und fundierte Entscheidungen für eine nachhaltigere Zukunft zu treffen. Die folgenden Beiträge zeigen beispielhaft, wie datengetriebene Ansätze traditionelle Grenzen der Fernerkundung überwinden.



Grafik:
Lea Jüngst, Alexa Berger,
CC BY-SA 4.0

Transfer Learning und Fernerkundung zur präzisen Vorhersage landwirtschaftlicher Erträge

Von Mahdiyeh Fathi, M.Sc.¹

Die weltweite Ernährungssicherheit gehört zu den großen Herausforderungen unserer Zeit. Klimawandel, zunehmende Wetterextreme und steigender Ressourcenverbrauch erhöhen den Druck auf landwirtschaftliche Systeme weltweit. Gleichzeitig wächst der Bedarf an präzisen Informationen darüber, wie sich Erträge entwickeln und wie frühzeitig mögliche Risiken erkannt werden können.

Gerade bei wichtigen Kulturpflanzen wie Winterweizen spielen zuverlässige Ertragsprognosen eine zentrale Rolle. Sie sind relevant für landwirtschaftliche Betriebe, Märkte, politische Entscheidungen und langfristige Planungsprozesse. Klassische Methoden zur Ertragsabschätzung basieren jedoch häufig auf Feldmessungen, statistischen Erhebungen oder manuellen Berichten. Solche Verfahren sind aufwendig, zeitintensiv und oft nur regional verfügbar.

Satelliten liefern heute kontinuierlich Informationen über Vegetation, Bodenfeuchte, Temperatur und Pflanzenentwicklung – nahezu weltweit und über lange Zeiträume hinweg. Besonders interessant ist dabei, dass unterschiedliche Sensorsysteme verschiedene Aspekte landwirtschaftlicher Flächen erfassen können. Optische Satelliten zeigen beispielsweise Vegetationszustände und Wachstumsdynamiken, während Radarsysteme zusätzliche Informationen unabhängig von Bewölkung oder Tageszeit liefern. Ergänzt durch Wetterdaten entsteht so ein sehr umfassendes Bild landwirtschaftlicher Prozesse. Die eigentliche Herausforderung liegt jedoch nicht mehr allein in der Verfügbarkeit der Daten, sondern in ihrer intelligenten Auswertung.

Ziel des Projekts ist es, moderne KI-Methoden mit multisensorischen Erdbeobachtungsdaten zu kombinieren, um Winterweizenerträge präziser vorherzusagen. Im Mittelpunkt steht die Frage, ob sich trainierte Analysenetze, die ursprünglich für eine spezifische Kulturpflanze entwickelt wurden, erfolgreich auf eine andere Pflanzenart übertragen und anwenden lassen.

Normalerweise werden KI-Modelle für jede Kulturpflanze separat trainiert. Das bedeutet, dass große Mengen spezifischer Trainingsdaten benötigt werden. Die durchgeführte Studie untersucht, ob Modelle von bereits vorhandenem Wissen profitieren können – beispielsweise von Daten anderer Pflanzenarten wie Mais oder Sojabohnen. Wenn dies gelingt, könnten Ertragsmodelle deutlich effizienter trainiert und flexibler auf neue Regionen oder Datensituationen übertragen werden.

Für die Analyse werden verschiedene Datenquellen miteinander kombiniert. Sentinel-1 liefert Radardaten zur Struktur und Feuchtigkeit landwirtschaftlicher Flächen. Sentinel-2 stellt hochaufgelöste optische Informationen zur Vegetationsentwicklung bereit. Ergänzend fließen meteorologische Daten sowie Bodeninformationen in das Modell ein. Durch diese Kombination entsteht ein detailliertes Bild der Wachstumsbedingungen während der gesamten Vegetationsperiode.

Technisch verbindet das Projekt moderne KI-Verfahren zur Analyse räumlicher und zeitlicher Muster in Satellitendaten. Das entwickelte Modell berücksichtigt sowohl Unterschiede zwischen verschiedenen Regionen als auch saisonale Veränderungen während des Pflanzenwachstums. Die Grundlage hierfür bildet eine hybride Architektur aus 3D-ResNet- und BiLSTM-Komponenten, die räumliche Strukturen und zeitliche Entwicklungen gemeinsam analysieren kann.

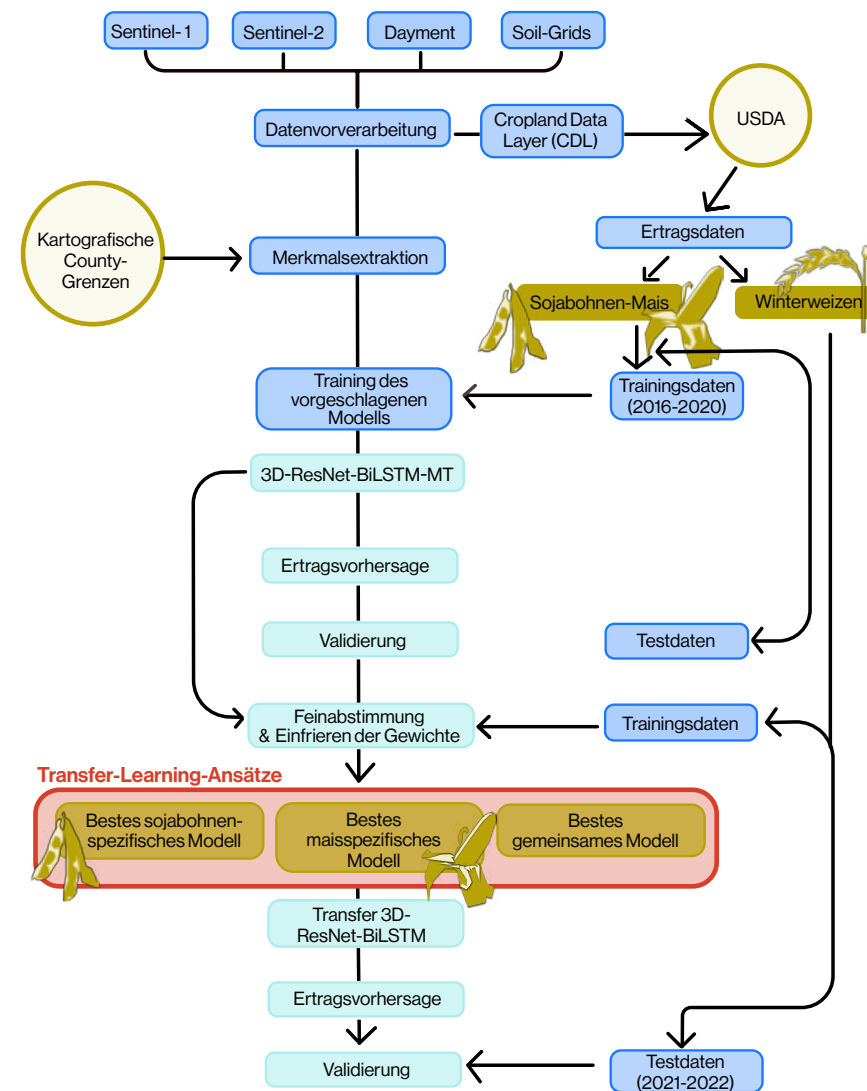


Abbildung:
Überblick über die verwendeten Datenquellen und den KI-basierten Workflow zur Vorhersage von Winterweizenerträgen. Satelliten-, Wetter- und Bodendaten werden kombiniert, um räumliche und zeitliche Muster des Pflanzenwachstums zu analysieren.

Besonders spannend ist dabei der Multi-Task-Learning-Ansatz: Anstatt nur eine einzelne Aufgabe zu bearbeiten, lernt das Modell mehrere Zusammenhänge gleichzeitig. Dadurch kann Wissen zwischen verschiedenen Kulturpflanzen übertragen und gemeinsam genutzt werden. Genau dieser Wissenstransfer erwies sich als besonders wertvoll. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Transfer Learning die Vorhersage von Winterweizenerträgen verbessern kann. Besonders erfolgreich war die Übertragung von Wissen aus Maisdaten auf Winterweizen. Dadurch konnten Vorhersagefehler reduziert und stabilere Ergebnisse erzielt werden. Gleichzeitig zeigte sich, dass unterschiedliche Kulturpflanzen trotz ihrer Unterschiede gemeinsame Muster besitzen, die durch KI-Modelle erkannt und genutzt werden können.

Interessant ist dabei auch die räumliche Dimension der Ergebnisse. Die erzeugten Ertragskarten machen regionale Unterschiede innerhalb großer landwirtschaftlicher Gebiete sichtbar und erlauben eine wesentlich differenziertere Betrachtung, als klassische statistische Verfahren. Ertragsmuster lassen sich dadurch nicht nur großräumig analysieren, sondern auch kleinräumig interpretieren.

Die Studie verdeutlicht zudem, wie stark sich moderne Fernerkundung derzeit verändert. Fortschritte entstehen heute nicht mehr ausschließlich durch neue Sensoren, sondern zunehmend durch intelligentere Verfahren zur Kombination und Interpretation vorhandener Daten. Künstliche Intelligenz fungiert dabei immer stärker als Verbindung zwischen großen Datenmengen und konkreten Anwendungen in Landwirtschaft und Umweltmonitoring. Gerade im Agrarbereich ist dies von besonderer Bedeutung. Landwirtschaftliche Systeme reagieren sensibel auf klimatische Veränderungen, Trockenperioden oder Extremwetterereignisse. Präzisere Ertragsprognosen können helfen, Risiken früher zu erkennen und Entscheidungen besser zu unterstützen. Langfristig könnten solche Ansätze auch dazu beitragen, Res-

ourcen effizienter einzusetzen und landwirtschaftliche Prozesse nachhaltiger zu gestalten.

Darüber hinaus zeigt die Arbeit beispielhaft, wie multisensorische Fernerkundung zu einem integrierten Informationssystem heranwächst. Anstatt Datenquellen isoliert zu betrachten, ermöglicht die intelligente Kombination von Satelliten- und Wetterdaten mit KI großräumige und zugleich hochdetaillierte Analysen komplexer Umweltprozesse. Diese datengetriebenen Methoden haben ein enormes Potenzial für die Praxis: Gerade unter den Bedingungen des Klimawandels bilden sie eine entscheidende technologische Grundlage für eine nachhaltige Landwirtschaft, resilientere Agrarsysteme und die globale Ernährungssicherheit.

**Künstliche Intelligenz ersetzt
landwirtschaftliche Beobachtung
nicht, sie erweitert aber
unsere Fähigkeit,
Ernteentwicklungen frühzeitig,
großräumig und datenbasiert
zu verstehen.**

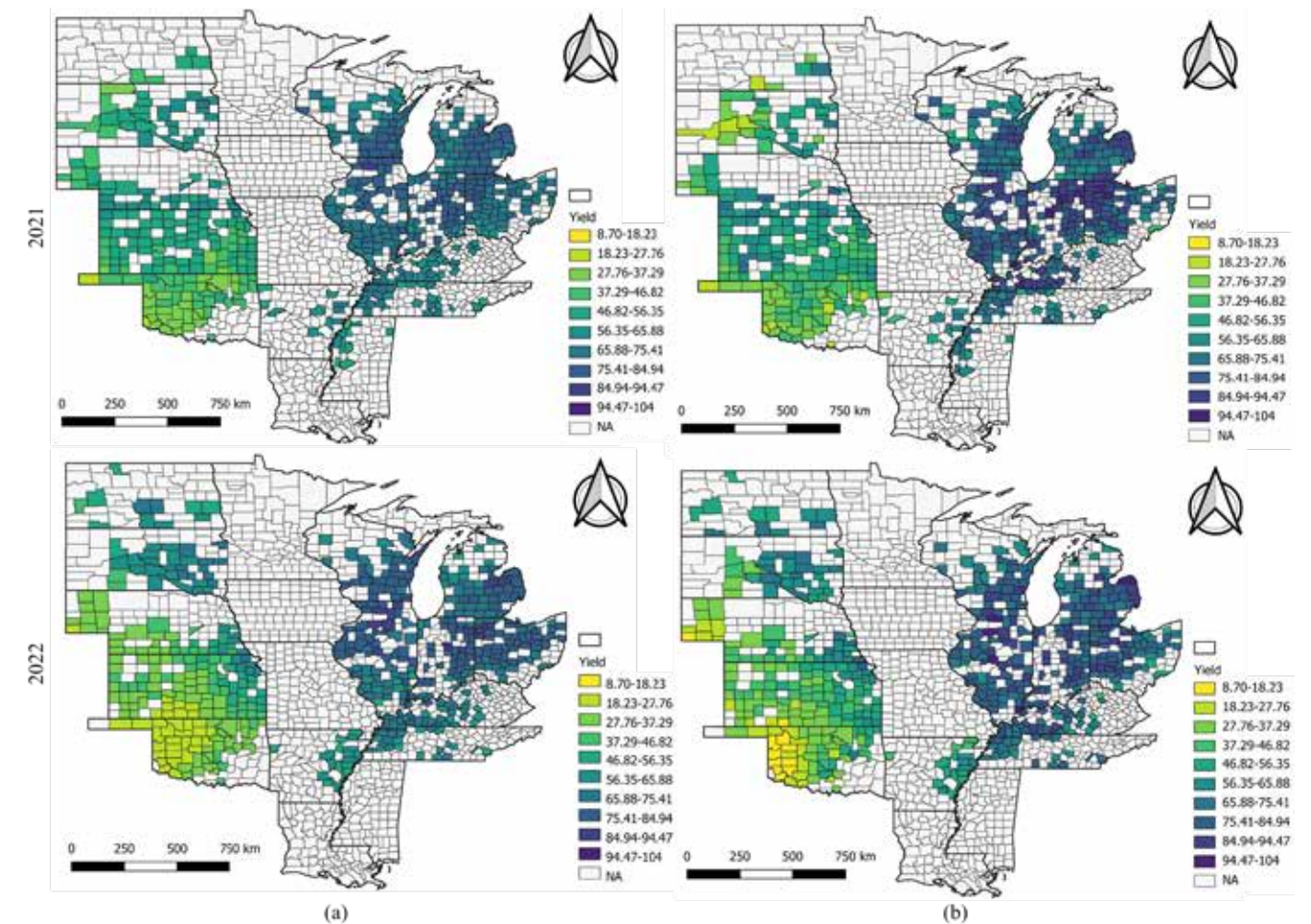


Abbildung:
Vergleich der beobachteten Winterweizenerträge mit den durch KI-Modelle vorhergesagten Ertragskarten für die Jahre 2021 und 2022. Während das Basismodell die großräumigen Ertragsmuster bereits gut erfasst, liefern die Transfer-Learning-Ansätze realistischere und räumlich differenziertere Vorhersagen. Insbesondere die Wissensübertragung aus Maisdaten (a) zeigt eine hohe Übereinstimmung mit den beobachteten Ertragsverteilungen (b) und weist eine hohe Fähigkeit zur Reproduktion der räumlichen Muster der Winterweizenerträge auf.

Städte aus mehreren Perspektiven verstehen

Von Prof. Dr. Hossein Arefi ²

Städte bestehen aus weit mehr als nur Gebäuden und Straßen. Sie sind komplexe Räume mit sehr unterschiedlichen Funktionen, Nutzungen und Strukturen. Für Stadtplanung, Infrastrukturmanagement, Energieanalysen oder digitale Stadtmodelle ist es deshalb entscheidend zu wissen, wie Gebäude tatsächlich genutzt werden - ob als Wohngebäude, Industriehalle, Bürokomplex oder öffentliche Einrichtung.

Luft- und Satellitenbilder liefern heute hochaufgelöste Informationen über Städte und werden bereits in vielen Bereichen erfolgreich eingesetzt. Aus der Vogelperspektive lassen sich Gebäudegeometrien, Dachformen oder räumliche Strukturen sehr gut erkennen. Dennoch bleibt eine zentrale Schwierigkeit bestehen: Viele Gebäudetypen sehen aus der Luft überraschend ähnlich aus. Ein Gewerbegebäude kann aus der Draufsicht einer Industriehalle stark ähneln. Gleichzeitig bleiben viele funktionale Hinweise - etwa Fassaden, Eingänge oder Schaufenster - von oben unsichtbar.

Das Projekt untersucht, wie sich unterschiedliche Blickwinkel kombinieren lassen, um Gebäude präziser zu klassifizieren. Statt ausschließlich Luftbilder zu verwenden, werden zusätzlich Straßenansichten in die Analyse integriert. Ziel ist es, Städte nicht nur aus der Vogelperspektive, sondern auch aus der menschlichen Perspektive zu betrachten.

Die Grundlage dafür bilden sogenannte Multi-View-Daten. Für jedes Gebäude werden mehrere Bildquellen kombiniert: hochaufgelöste Luftbilder in verschiedenen Zoomstufen sowie Straßenansichten aus Diensten wie Google Street View. Während die Luftbilder Informationen über Dachstrukturen und räumliche Zusammenhänge liefern, zeigen die

Straßenansichten Fassaden, Fensterstrukturen, Eingangsbereiche oder architektonische Details. Erst die Kombination dieser Perspektiven ermöglicht ein deutlich umfassenderes Verständnis urbaner Gebäude. Für die Untersuchung wurde ein umfangreicher Datensatz mit mehr als 10.000 Gebäuden aus Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg erstellt. Die Gebäude wurden auf Grundlage von Open-StreetMap-Daten unterschiedlichen Nutzungskategorien zugeordnet, darunter Wohn-, Gewerbe-, Industrie- und öffentliche Gebäude.

Unter Einsatz verschiedener KI-Verfahren aus dem Bereich des Deep Learning analysieren verschiedene neuronale Netze die jeweiligen Bildperspektiven zunächst getrennt voneinander. Dadurch kann jedes Modell spezifische Merkmale seiner Datenquelle lernen - beispielsweise Dachstrukturen aus Luftbildern oder Fassadenelemente aus Straßenansichten. Anschließend erfolgt die Kombination dieser Modelle. Statt sich auf ein einzelnes Modell zu verlassen, nutzt die Arbeit sogenannte Ensemble-Strategien. Dabei werden die Vorhersagen unterschiedlicher Modelle intelligent zusammengeführt. Ziel ist es, die jeweiligen Stärken der einzelnen Perspektiven miteinander zu kombinieren und gleichzeitig Unsicherheiten zu reduzieren.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass dieser Multi-View-Ansatz die Gebäudeklassifikation spürbar verbessert. Vor allem die Kombination aus Luftbildern und Straßenansichten führt zu robusteren und realistischeren Ergebnissen als die Verwendung einer einzelnen Perspektive. Besonders Wohn- und öffentliche Gebäude konnten deutlich zuverlässiger erkannt werden. Interessant ist dabei auch, dass unterschiedliche Bildmaßstäbe verschiedene wichtige Informationen liefern. Während größere Maßstäbe vor allem das direkte Gebäude zeigen, liefern kleinere Maßstäbe zusätzlichen Kontext über die umliegende Nachbarschaft oder die städtebauliche Struktur. Auch diese räumlichen Zusammenhänge tragen wesentlich zur Klassifikation bei.

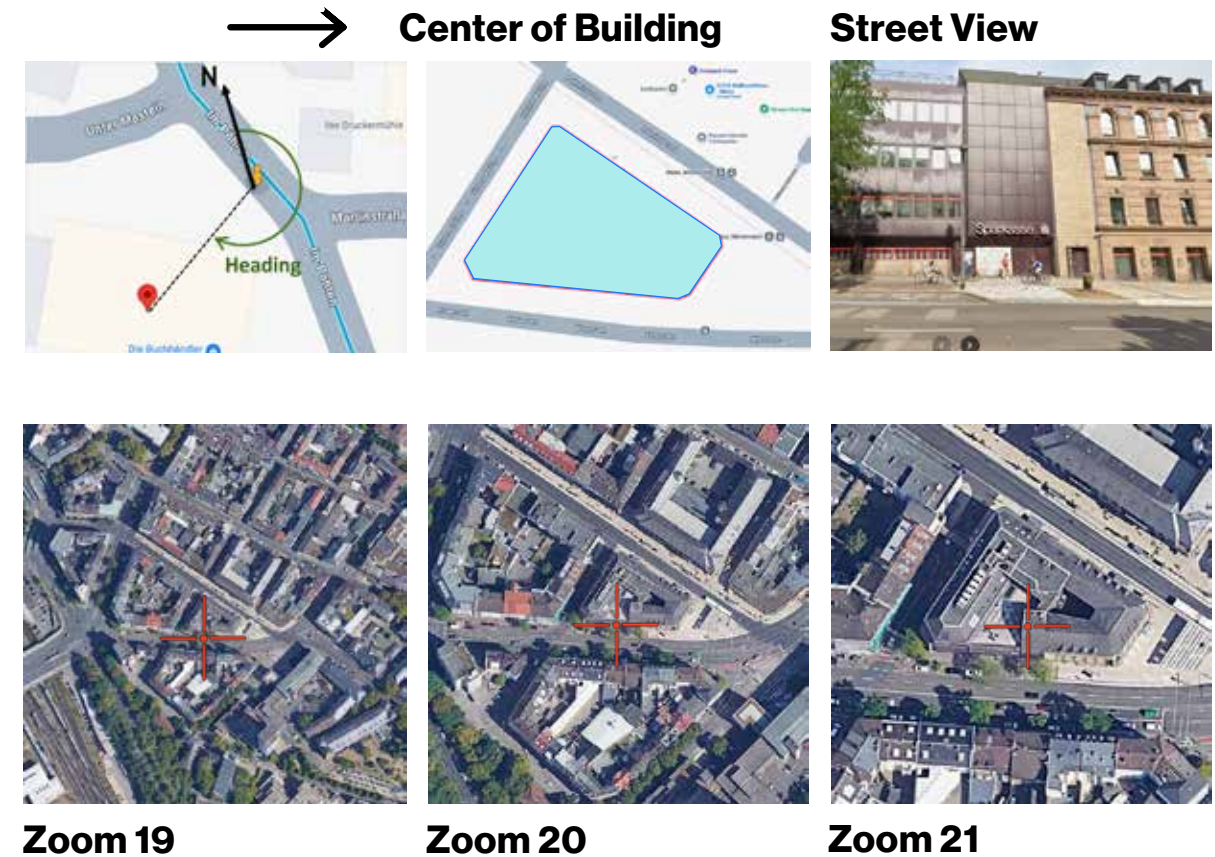


Abbildung:
Beispiel der verwendeten Multi-View-Daten für die Gebäudeklassifikation. Ausgehend von der Position und Blickrichtung einer Straßenansicht werden für jedes Gebäude zusätzlich Luftbilder in verschiedenen Maßstabsebenen (Zoom 19–21) erzeugt. Während die Straßenansicht Fassaden und funktionale Merkmale zeigt, liefern die Luftbilder Informationen über Gebäudestruktur, Dachform und den räumlichen Kontext der Umgebung. Die Kombination beider Perspektiven ermöglicht eine deutlich umfassendere Analyse urbaner Gebäudefunktionen.

Die Arbeit verdeutlicht damit einen grundlegenden Wandel innerhalb der urbanen Geodatenanalyse: Städte werden heute nicht mehr nur geometrisch beschrieben, sondern zunehmend auch semantisch interpretiert. KI-Systeme lernen dabei nicht nur Formen zu erkennen, sie verstehen auch funktionale Zusammenhänge innerhalb urbaner Räume. Gerade für digitale Zwillinge von Städten ist dies von großer Bedeutung. Moderne Stadtmodelle sollen zukünftig nicht nur Gebäudegeometrien enthalten, sondern auch Informationen über Nutzung, Funktion und urbane Dynamiken. Die automatische Gebäudeklassifikation bildet hierfür eine wichtige Grundlage.

Darüber hinaus eröffnen sich zahlreiche praktische Anwendungen. Die Ergebnisse können beispielsweise für Stadtplanung, Energieverbrauchsanalysen, Infrastrukturmanagement oder Umweltuntersuchungen genutzt werden. Auch für Katastrophenschutz oder Mobilitätsanalysen können detaillierte Informationen über Gebäudefunktionen relevant sein.

Die Kombination aus Luftbildern, Straßenansichten und KI ermöglicht eine wesentlich umfassendere Interpretation urbaner Räume als klassische Ansätze. Die Studie verdeutlicht außerdem, dass KI-basierte Stadtanalyse immer stärker menschenähnliche Interpretationsstrategien nutzt. Menschen erkennen Gebäudefunktionen intuitiv aus verschiedenen Blickwinkeln gleichzeitig - moderne KI-Systeme beginnen zunehmend, ähnliche Zusammenhänge zu lernen.

**Städte lassen sich nicht aus nur einer Perspektive verstehen.
Erst die Kombination aus Luftbildern, Straßenansichten und KI ermöglicht ein umfassenderes Verständnis urbaner Strukturen und Gebäudefunktionen.**

pred: commercial
true: commercial



pred: commercial
true: industrial



pred: industrial
true: industrial



pred: industrial
true: commercial



pred: public
true: public



pred: public
true: residential



Abbildung:
Beispiele korrekter und fehlerhafter Gebäudeklassifikationen durch das Multi-View-KI-Modell. Die obere Reihe zeigt erfolgreich erkannte Gebäudearten, während die untere Reihe Beispiele für Fehlklassifikationen enthält. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass ähnliche architektonische Strukturen und funktionale Überschneidungen – insbesondere zwischen Gewerbe- und Industriegebäuden – weiterhin eine Herausforderung für automatische Gebäudeklassifikation darstellen.

KI-gestützte 3D-Modellierung der Erde: Neue Wege in der Fernerkundung

Severin Brochhagen, M.Eng.³

Ob Umweltschutz, Stadtplanung oder Katastrophenmanagement: Daten aus der Luft- und Raumfahrt ermöglichen es uns, unseren Planeten besser zu verstehen. In der modernen Fernerkundung spielen digitale Oberflächen- und Geländemodelle hierbei eine besondere Rolle. Während Geländemodelle ausschließlich das Gelände abbilden, verzeichnen Oberflächenmodelle zusätzliche Informationen über dessen Aufbauten (z.B. Gebäude, Bäume). Durch Subtrahieren des Geländemodells vom Oberflächenmodell bleiben nur die Höhendaten der Aufbauten erhalten – man erhält das sogenannte „normalisierte Digitale Oberflächenmodell“.

Bisherige Methoden zur Erstellung solcher Modelle sind extrem kostspielig. Klassische flugzeuggestützte Verfahren wie LiDAR oder spezielle Bildmessflü-

ge erfordern teures Equipment, Expertenwissen und eine enorme Rechenleistung. Für viele Regionen der Welt, insbesondere in Entwicklungsländern oder bei kurzfristigen Einsätzen im Katastrophenschutz, sind diese Methoden oftmals schlicht nicht zugänglich oder zu langsam.

In seiner Masterarbeit untersuchte Severin Brochhagen, wie moderne Neuronale Netze diese Lücke füllen können. Die Kernidee: eine KI lernt die Höheninformationen direkt aus einzelnen Satellitenbildern zu schätzen, anstatt sie aufwendig vor Ort zu messen. Durch die wesentlich höhere räumliche Abdeckung der Satellitenbilder soll ermöglicht werden, großflächig 3D-Informationen über das Gelände zu gewinnen. Für dieses Vorhaben kommen zwei spezialisierte KI-Verfahren zusammen: Zum einen die sogenannte monokulare Tiefenschätzung, bei der die KI analog zum menschlichen Auge Tiefen- und Höhenstrukturen aus einem einzigen zweidimensionalen Bild ableitet; zum anderen die Super-Resolution, ein Verfahren zum künstlichen Upscaling der Bildqualität und Detailschärfe für präzisere Analysen.



Abbildung:
Eingabe-Fernerkundungsdaten für das Modelltraining (v.l.n.r.): Sentinel-2 (Low-Resolution [10m/Pixel]), PlanetScope (High-Resolution [3m/Pixel]), nDOM (Ground Truth [0,5m/Pixel]); Ausschnitt: Düsseldorf.

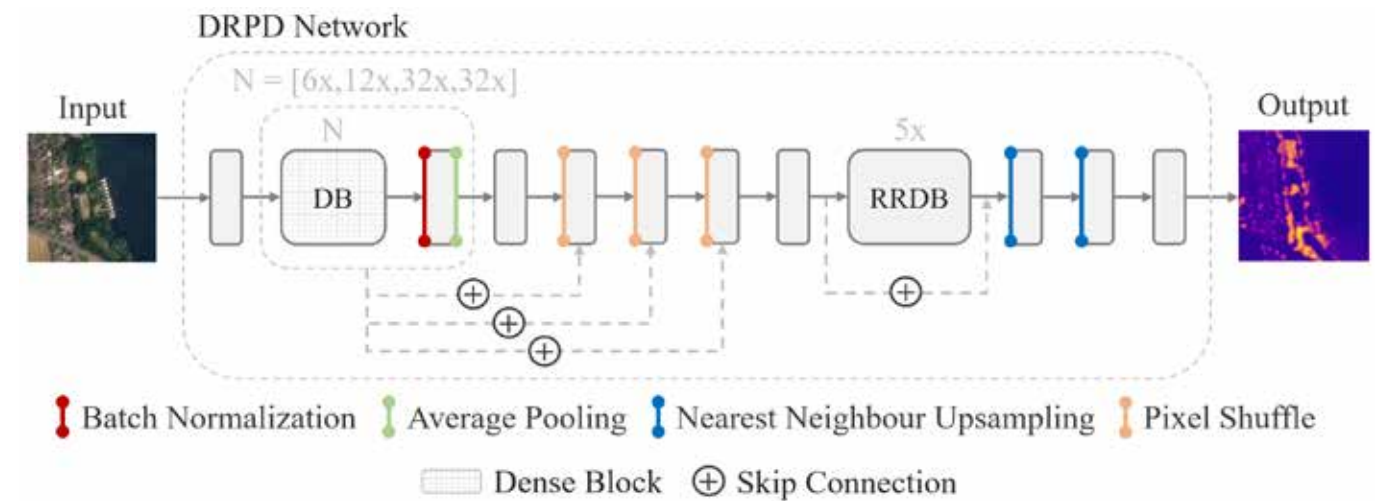


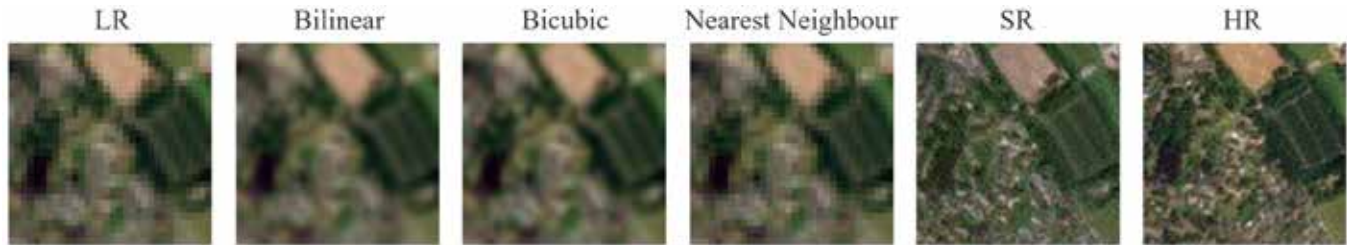
Abbildung:
End-to-End-Architektur des Dense Residual Pixel Depth (DRPD) Netzes mit Dense Block (DB) Klassifizierung und Residual in Residual Dense Block (RRDB) Super-Resolution.

Traditionell handelt es sich bei der Super-Resolution und der monokularen Tiefenschätzung um zwei getrennte Forschungsfelder, die in der Praxis meist als isolierte Spezialverfahren betrachtet und entwickelt werden. Die entscheidende Innovation dieser Arbeit liegt darin, diese beiden Welten aufzubrechen. Anstatt die Bildverbesserung und die Höhenschätzung als aufeinanderfolgende Einzelschritte zu behandeln, führt der hier entwickelte Ansatz die Mechanismen beider Disziplinen in einer einzigen, geschlossenen Gesamt-Netz-Lösung zusammen.

Mit der „Dense Residual Pixel Depth“ (DRPD) wurde eine eigenständige End-to-End-Methode entwickelt, die diesen Ansatz realisiert. DRPD wurde so konzipiert, dass es Bildverbesserung und Höhenschätzung in einem einzigen, nahtlos optimierten Prozess vereint. Dabei werden die Bilder zunächst hinsichtlich der Höheninformationen klassifiziert und anschließend sukzessive hochskaliert. Für die Klassifizierung kommen Elemente des DenseDepth-Netzes zum Einsatz, welches bereits erfolgreich für Google Satelliten Bilder verwendet wurde⁴. Als Ausgangslage für die hochskalierung mittels Super-Resolution kommen Bestandteile des RealESRGAN-Netzes⁵ verwendet.

Die Ergebnisse sprechen für sich: Das DRPD-Modell liefert im Vergleich zu herkömmlichen KI-Modellen eine deutlich höhere Genauigkeit und stimmt besser mit der echten Geländestruktur überein. Darüber hinaus ist der Ansatz benutzerfreundlich und kosteneffizient gestaltet. Nicht zuletzt wird auch die allgemeine Zugänglichkeit verbessert, da sich aus frei verfügbaren, eigentlich niedrig aufgelösten Satellitendaten hochwertige 3D-Modelle erzeugen lassen. Die Fähigkeit, hochwertige 3D-Daten kostengünstig und schnell aus Satellitenbildern zu extrahieren, eröffnet völlig neue Möglichkeiten. In der Stadtplanung können Sichtachsen und Bebauungsdichten simu-

Moderne KI-Technologien überwinden Kosten- und Technologiebarrieren und ermöglichen präzise 3D-Oberflächeninformation aus einfachen Satellitenbildern weltweit, schnell und für alle verfügbar.



liert werden, während im Umweltschutz die Vegetationshöhe und Biomasse präziser bestimmt werden kann. Besonders wertvoll ist dieser Fortschritt für Regionen mit begrenzten Ressourcen, in denen eine detaillierte Planung und schnelle Reaktion in Krisenfällen hierdurch überhaupt erst möglich gemacht wird. Durch künftige Anpassungen der Netzwerkstruktur und das Training mit vielfältigeren Datensätzen - etwa Bildern aus verschiedenen Jahreszeiten - lässt sich die Genauigkeit weiter steigern. Die Verbindung von Bildverbesserung und Tiefenschätzung markiert einen Wendepunkt für eine demokratisierte und weltweit verfügbare Geodatenerfassung.

Abbildung:
Qualitative Gegenüberstellung der Ergebnisse von herkömmlichen Skalierungsmethoden (Bilinear, Bikubisch, Nächster Nachbar) mit der verwendeten Super-Resolution (SR), bei Eingabebild Low-Resolution (LR) und hochauflöstem Vergleichsbild High-Resolution (HR).

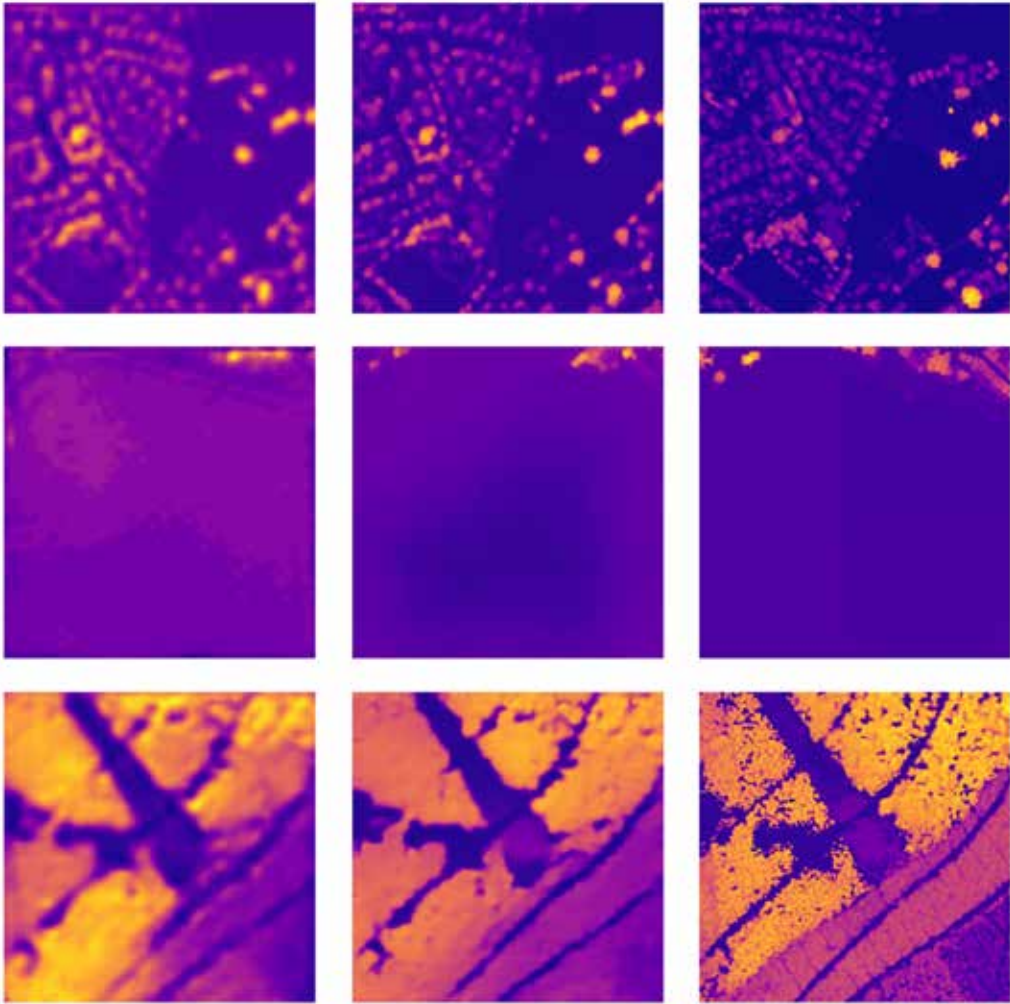


Abbildung:
Qualitative Gegenüberstellung der Ergebnisse (v.l.n.r.): State-of-the-Art Netz DenseDepth (links), DRPD (mitte) im Vergleich zum tatsächlichen nDOM (rechts).

Städtische Hitze sichtbar machen

Von Mahdiyeh Fathi, M.Sc. ⁶

Während sommerlicher Hitzewellen können sich Temperaturen innerhalb einer Stadt bereits auf wenigen Metern deutlich unterscheiden. Eine schattige Straße unter Bäumen bleibt vergleichsweise kühl, während benachbarte Asphaltflächen, Parkplätze oder Dächer Wärme speichern und abstrahlen. Solche kleinräumigen Temperaturunterschiede beeinflussen das thermische Wohlbefinden, den Energieverbrauch, den Zustand der Vegetation und die Gesundheit der Bevölkerung. Für Stadtplanung und Klimaforschung wird das Verständnis dieser lokalen Wärmeverteilungen deshalb immer wichtiger.

Thermale Satellitenmissionen wie Landsat-8 liefern heute wertvolle Temperaturinformationen und gehören zu den wichtigsten Werkzeugen der Umweltbeobachtung. Sie ermöglichen eine kontinuierliche und globale Erfassung der Landoberflächentemperatur über lange Zeiträume hinweg. Gleichzeitig besitzen diese Daten jedoch eine begrenzte räumliche Auflösung. Ein einzelnes thermale Pixel von Landsat deckt eine Fläche von etwa 30 Metern ab. Innerhalb eines solchen Pixels werden Straßen, Vegetation, Gebäude und Schattenflächen zu einem einzigen Temperaturwert zusammengefasst.

Städte sind thermisch hochgradig heterogene Räume. Bereits kleine Strukturen beeinflussen das lokale Temperaturverhalten. Einzelne Baumreihen können Oberflächen deutlich abkühlen. Unterschiedliche Dachmaterialien reagieren verschieden auf Sonneneinstrahlung. Asphaltflächen erwärmen sich stärker als Vegetationsbereiche.

Genau hier entsteht eine zentrale Herausforderung der urbanen Klimabeobachtung: Satelliten liefern großräumige Temperaturinformationen, können jedoch die feinen thermischen Strukturen innerhalb einer Stadt nur eingeschränkt erfassen. Die an-

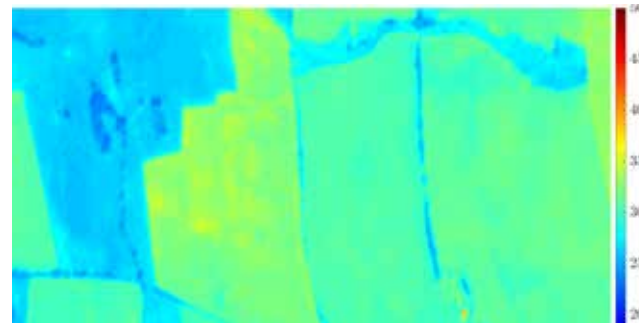
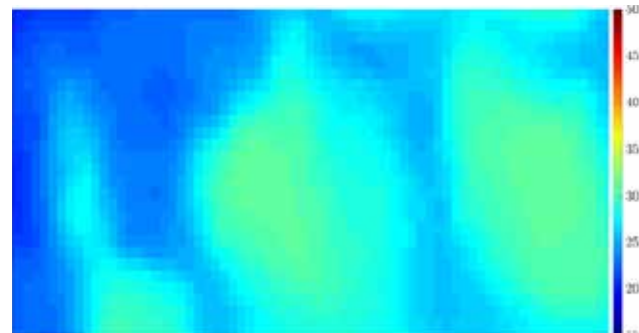
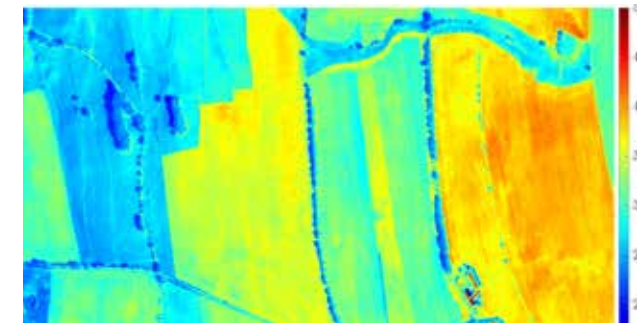


Abbildung:
Vergleich verschiedener Datenquellen zur KI-basierten thermalen Super-Resolution. Oben links ist die ursprüngliche Landoberflächentemperatur (LST) aus Landsat-Daten mit grober räumlicher Auflösung dargestellt, oben rechts das hochaufgelöste RGB-Luftbild des Untersuchungsgebiets. Unten links zeigt die durch das KI-Modell rekonstruierte hochaufgelöste Temperaturkarte (KAN), während unten rechts die thermalen UAV-Aufnahmen als hochaufgelöste Referenzdaten (Ground Truth) dargestellt sind. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die KI-basierte Super-Resolution kleinräumige Temperaturstrukturen deutlich präziser abbilden kann als die ursprünglichen Satellitendaten.



schauliche Grundidee der Studie ist daher, eine KI darauf zu trainieren, genau jene feinen Temperaturmuster zu rekonstruieren, die in den grob aufgelösten Satellitendaten selbst verborgen bleiben. Um diesen Ansatz umzusetzen, kombiniert die Arbeit drei unterschiedliche Arten geographischer Datenquellen. Die erste Grundlage bilden thermale Landsat-8-Aufnahmen, die großflächige Informationen zur Oberflächentemperatur liefern. Hinzu kommen hochaufgelöste optische Satellitenbilder der PlanetScope-Mission mit einer räumlichen Auflösung von etwa drei Metern. Ergänzt werden diese Daten durch thermale Drohnenaufnahmen, die mit einer DJI Mavic 3T aufgenommen wurden und Temperaturstrukturen im Zentimeterbereich erfassen können.

Jede dieser Datenquellen besitzt eigene Stärken. Landsat ermöglicht die kontinuierliche großräumige Temperaturbeobachtung. PlanetScope liefert detaillierte räumliche Informationen über Straßen, Vegetationsgrenzen oder Gebäudestrukturen. Die Drohnenaufnahmen dienen schließlich als hochpräzise thermale Referenzdaten, anhand derer sichtbar wird, wie reale kleinräumige Temperaturmuster tatsächlich aussehen. Statt klassische Interpolationsverfahren zu verwenden, setzt die Studie nun auf KI-basierte Super-Resolution-Verfahren. Das Modell lernt, wie hochaufgelöste Temperaturmuster mit grob aufgelösten Satellitentemperaturen und detaillierten optischen Strukturen zusammenhängen.

Eine besondere Rolle spielt dabei die Verwendung sogenannter Kolmogorov-Arnold Networks (KANs). Während viele moderne KI-Modelle auf sehr große und rechenintensive neuronale Netze setzen, verfolgen KANs einen vergleichsweise effizienten Ansatz. Trotz geringerer Komplexität können sie sehr komplexe Zusammenhänge modellieren. Dadurch eignen sie sich besonders für praxisnahe geographische Anwendungen, bei denen Rechenressourcen oder große Trainingsdatensätze nicht unbegrenzt verfügbar sind. Im Mittelpunkt der Arbeit steht jedoch nicht allein die KI-Architektur selbst.

Die eigentliche Innovation liegt vielmehr in der Kombination unterschiedlicher Datenquellen und Maßstabsebenen zu einem gemeinsamen Workflow für die urbane Klimaaanalyse.

Drohnen liefern extrem präzise Temperaturinformationen, können jedoch nur begrenzte Gebiete erfassen. Satelliten decken dagegen große Regionen kontinuierlich ab, allerdings mit deutlich geringerer Detailtiefe. Durch die Verbindung beider Ebenen mithilfe von KI entsteht ein System, das lokale Genauigkeit mit großräumiger Umweltbeobachtung kombiniert.

Im Vergleich zu klassischen thermalen Satellitenprodukten machen die Super-Resolution-Karten wesentlich feinere Temperaturstrukturen sichtbar. Straßen, Vegetationsflächen, Dachkanten und kleinräumige Wärme-Hotspots lassen sich deutlich besser erkennen. Temperaturübergänge erscheinen schärfer und realistischer. Gleichzeitig stimmen die rekonstruierten Temperaturmuster viel besser mit den hochaufgelösten Drohnenaufnahmen überein.

Besonders relevant ist dabei, dass die Verbesserung nicht nur visuell wirkt. Die erzeugten Wärmekarten ermöglichen eine wesentlich differenziertere Interpretation urbaner Klimaprozesse. Bereiche mit starker Wärmeakkumulation können präziser identifiziert werden. Kühlungseffekte von Vegetation lassen sich besser analysieren. Kleinräumige thermische Unterschiede innerhalb einzelner Quartiere werden sichtbar.

Viele Städte stehen zunehmend unter Druck durch Hitzeinseln und sommerliche Extremtemperaturen. Kommunen benötigen daher verlässliche räumliche Informationen, um besonders belastete Bereiche frühzeitig zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Hochaufgelöste Wärmekarten können etwa bei der Planung von Grünflächen, Dachbegrünungen, Verschattungskonzepten oder hitzereduzierenden Materialien unterstützen.

Die Anwendungsmöglichkeiten reichen aber weit über den urbanen Kontext hinaus. In der Landwirtschaft können detaillierte Temperaturinformationen helfen, Trockenstress oder Wasserbedarf frühzeitig zu erkennen. Im Umweltmonitoring unterstützen sie Analysen von Vegetationszuständen oder Landdegradation. Auch für Katastrophenmanagement und Klimaforschung ergeben sich neue Möglichkeiten.

Hochaufgelöste thermale Befliegungen sind aufwendig und meist lokal begrenzt. Satellitendaten stehen dagegen weltweit und kontinuierlich zur Verfügung.

Durch die intelligente Verbesserung vorhandener Satellitendaten mithilfe von KI entstehen vergleichsweise kosteneffiziente und skalierbare Lösungen.

Die Arbeit verdeutlicht einen grundlegenden Wandel innerhalb der Fernerkundung. Fortschritte entstehen heute nicht mehr ausschließlich durch neue Sensoren, sondern zunehmend durch intelligentere Verfahren zur Kombination und Interpretation vorhandener Daten. Urbane Klimabeobachtung basiert nicht länger auf einzelnen Sensoren oder isolierten Datensätzen. Aussagekräftige Analysen entstehen vielmehr aus dem Zusammenspiel von Satelliten, Drohnen, KI-Modellen und räumlichem Kontext.

Letztlich macht die Studie deutlich, dass Künstliche Intelligenz thermale Satellitendaten wesentlich informativer machen kann als bisher. Städte erscheinen nicht länger nur als grobe Temperaturmuster, sondern als komplexe thermische Landschaften mit kleinräumigen Strukturen, die für Klimaanpassung und Umweltplanung von zentraler Bedeutung sind.

**Künstliche Intelligenz ersetzt
Umweltbeobachtung nicht.
Aber sie erweitert unsere Fähigkeit,
Umweltprozesse in bislang unerreich-
ter räumlicher Detailtiefe sichtbar
zu machen.**

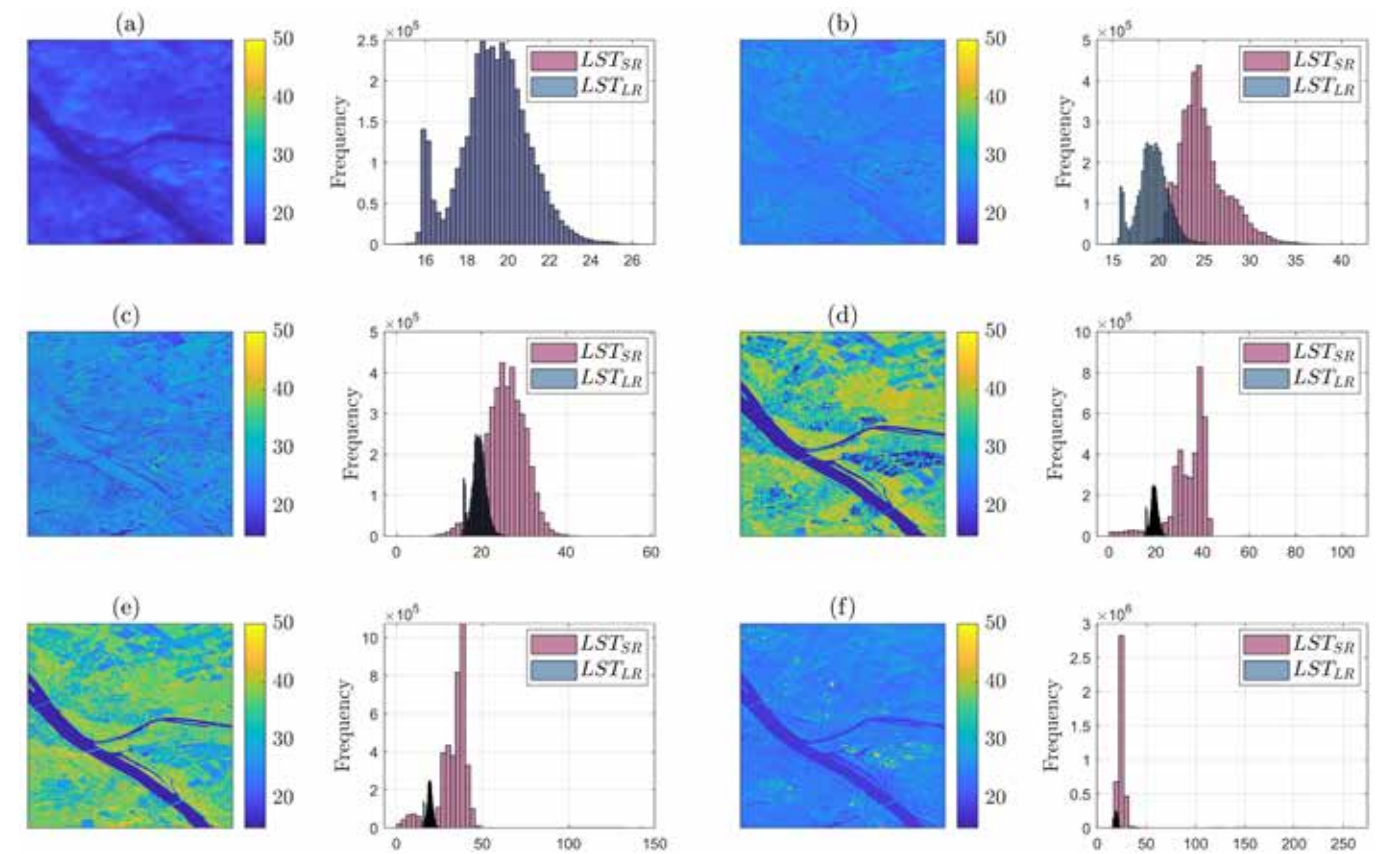


Abbildung:

Vergleich zwischen thermalen Landsat-Daten, der KI-basierten Super-Resolution-Rekonstruktion und hochaufgelösten thermalen Drohnenaufnahmen. Während die ursprünglichen Satellitendaten nur grobe Temperaturmuster zeigen, macht die KI-basierte Rekonstruktion deutlich feinere urbane Wärmestrukturen sichtbar. (Ergebnisse mit verschiedenen KI-Modellen; (a) LSTLR, (b) LightGBM, (c) XGBoost, (d) ResDensNet, (e) ResDensNet-Attention und (f) KAN)

Polarimetrische Photogrammetrie

Von Prof. Mohammad Saadat Seresht, PhD⁷

Die klassische Photogrammetrie erzeugt detailierte 3D-Modelle, erreicht aber bei texturarmen, spiegelnden, nassen oder transparenten Oberflächen deutliche Grenzen. In solchen Fällen werden Merkmalszuordnungen unsicher und die Rekonstruktion dichter Punktwolken kann physikalisch uneindeutig oder widersprüchlich ausfallen.

Polarisationsbildgebung ergänzt die Photogrammetrie um einen zusätzlichen physikalischen Messkanal. Wenn Licht mit einer Oberfläche wechselwirkt, verändert sich sein Polarisationszustand abhängig von Oberflächenorientierung, Brechungsindex, Rauheit und Reflexionsverhalten. Die daraus abgeleiteten polarimetrischen Merkmale enthalten daher Informationen über Oberfläche und Material, die nicht einfach aus der Bildintensität hervorgehen. Polarisation bildet damit eine komplementäre Modalität für Rekonstruktion und Szeneninterpretation.

Die Arbeit greift eine Einschränkung klassischer photogrammetrischer Produkte auf: Sie liefern zwar dichte Geometrie und Textur, unterscheiden Strukturkanten aber nicht nach ihrem physikalischen Ursprung. Für Anwendungen wie Kulturgutdokumentation, Bauschadensanalyse oder geometrische Abstraktion ist jedoch nicht nur die Lage einer Kante relevant, sondern auch ihre Bedeutung.

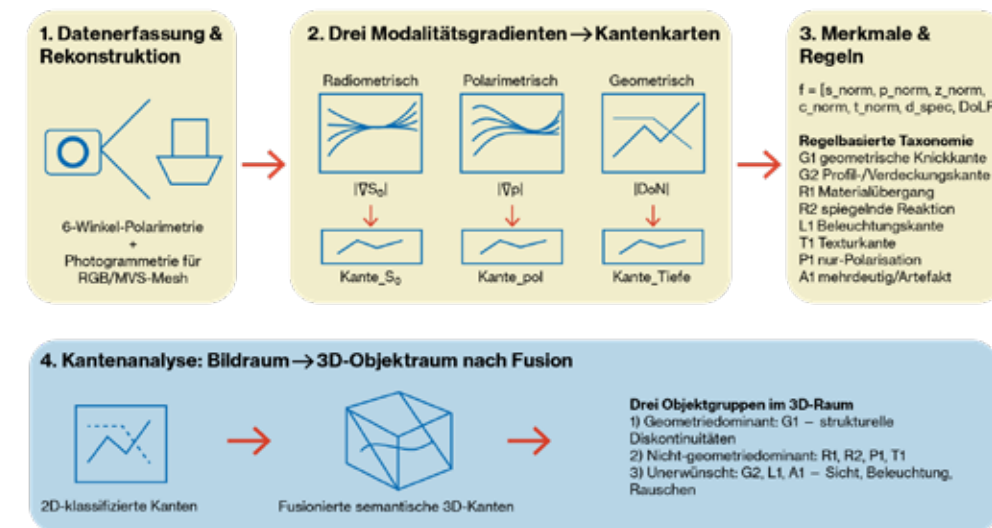
Das vorgeschlagene Framework kombiniert radiometrische, geometrische und polarimetrische Merkmale, um dreidimensionale Strukturkanten semantisch zu klassifizieren. Die zugrunde liegende Geometrie wird weiterhin mit etablierten photogrammetrischen Verfahren erzeugt und durch die Fusion nicht verändert. Polarimetrische Merkmale wirken stattdessen als zusätzliche Sensorschicht auf der Interpretationsebene.

Das Framework fusioniert hierfür radiometrische Intensitätsgradienten, polarimetrische Gradienten sowie geometrische Tiefeninformationen zu einem einheitlichen Merkmalsraum. Dadurch lassen sich Schwellenwerte modalitätsübergreifend setzen und Kanten physikalisch geleitet klassifizieren. Ein darauf aufbauender Klassifikator kann jeder Kante eine von acht spezifischen physikalischen Eigenschaften zuweisen – darunter echte geometrische Falten, reine Materialübergänge, Texturkanten oder störende Spiegelreflexionen.

Der Ansatz versteht Kanten damit nicht nur als Bildunstetigkeiten oder Nebenprodukte der Geometrie, sondern als sensorische Primitiven mit physikalischer Bedeutung. Das ist besonders für Kulturgutobjekte wichtig, bei denen Reliefgrenzen, flache Gravuren, Materialübergänge, Glanzeffekte und Beleuchtungseinflüsse häufig eng beieinander auftreten und für eine belastbare Interpretation unterschieden werden müssen.

Polarimetrie erweitert die Photogrammetrie nicht primär durch bessere Geometrie, sondern durch eine zusätzliche physikalische Interpretationsebene, die hilft, Strukturkanten nach ihrem Ursprung zu unterscheiden.

Photogrammetrie-Polarimetrie-Fusion zur physikalisch geführten 3D-Kantenklassifikation



Zentrale Schlussfolgerungen

- $|\nabla p|$ erkennt subtile Relief- und Orientierungsänderungen in visuell homogenen Bereichen.
- R1/R2 lassen sich von G1 trennen; P1 zeigt Oberflächenzustand oder Mikrorauheit, die in Intensität/Tiefe nicht sichtbar sind.
- Physikalisch interpretierbare 3D-Kantenlabels; Geometrie unverändert; $F1 = 0,92$ am kalibrierten Würfel.
- Mehrbildfusion erhöht die Vollständigkeit geometriedominanter 3D-Kanten.

Grafik:

Photogrammetrie-Polarimetrie-Fusionsframework zur semantischen 3D-Kantenklassifikation. Radiometrische Kanten (aus Intensitätsgradienten), polarimetrische Kanten (aus Gradienten im normalisierten Stokes-Raum) und geometrische Kanten (aus Tiefen- oder Flächennormalen-Operatoren) werden in einem rauschbereinigten multimodalen Merkmalsraum integriert. Ein physikalisch geleiteter regelbasierter Klassifikator ordnet jede Kante einer interpretierbaren physikalischen Klasse zu: geometrische Kante, Profilkante, Materialübergang, spekulare Antwort, Beleuchtungskante, Texturkante, rein polarimetrische Kante oder mehrdeutige Kante.

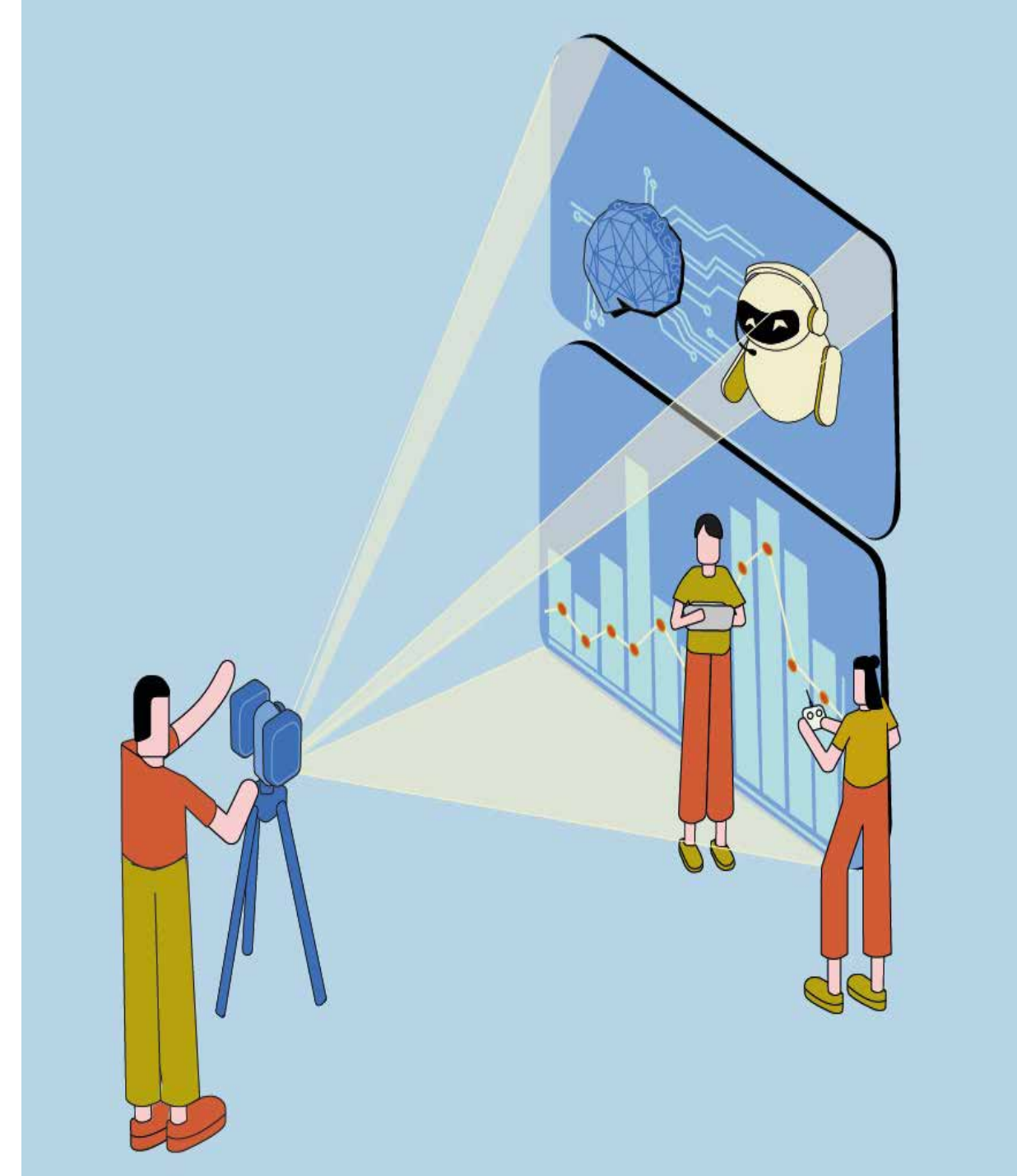
Literatur

- 1 Mahdijeh Fathi, Reza Shah-Hosseini, Hossein Arefi, Armin Moghimi, A Multi-Task 3D-ResNet-BiLSTM transfer learning approach for winter wheat yield prediction using multi-source remote sensing data: Evaluating the impact of source crop selection (corn and soybean) in transfer learning, Remote Sensing Applications: Society and Environment, Volume 40, 2025, ISSN 2352-9385, <https://doi.org/10.1016/j.rsa-se.2025.101766>.
- 2 Tavakoligargari, Mohammad Hassan; Ghasemzadeh, Maryam; Hazrati, Nima et al., High Resolution Multi-View Image-based Building Type Classification Using Deep Learning, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Bd. X-4/W8-2025. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Copernicus GmbH 2026 S. 793 - 799
- 3 Brochhagen, Severin, (2024). Super-resolution based nDSM generation from monocular satellite imagery, Master's thesis, Hochschule Mainz - University of Applied Sciences
- 4 Amirkolaei, H., & Arefi, H. (2019). Monocular depth estimation and super-resolution from satellite imagery. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 150, 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.01.013>
- 5 Wang, X., Xie, L., Dong, C., & Shan, Y. (2021). Real-ESRGAN: Training real-world blind super-resolution with pure synthetic data. In Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV) Workshops (S. 1905–1914). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.10833>
- 6 Deep Super-Resolution of Land Surface Temperature using PlanetScope Imagery and Kolmogorov-Arnold Networks: A Case Study in Germany, Fathi, Mahdijeh; Arefi, Hossein; Shah-Hosseini, Reza et al., ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Bd. X-4/W8-2025. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: Copernicus GmbH 2026 S. 243 - 248
- 7 Saadatseresht, Mohammad; Arefi, Hossein; Torkamandi, Fatemeh; Photogrammetry-Polarimetry Fusion for 3D Structural Edge Extraction and Physics-Guided Classification, Journal of Sensor and Actor Networks. Bd. 15. H. 2. MDPI AG 2026 S. 33

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.

Grafik:
Alexa Berger, CC BY-SA 4.0



Kalibrierungsframework zur polarimetrischen Oberflächennormalenschätzung aus DoFP-Bildgebung

Zeitraum 01.08.2025 – 31.08.2026
Leitung Prof. Mohammad Saadat Seresht, PhD
Prof. Dr. Hossein Arefi
Kooperation University of Tehran

Die klassische Photogrammetrie nutzt radiometrische Intensität als zentrale Messgröße. Dadurch stößt sie bei anspruchsvollen Oberflächen an Grenzen.

Hier setzen die Forschungsaktivitäten an und führen Polarimetrie als neues Paradigma ein. Division-of-Focal-Plane-Kameras (DoFP), die gleichzeitig Polarisationszustände in mehreren Richtungen erfassen, werden auf ihre Eignung hin überprüft.

Aktivitäten 2025

Anstatt Kanten in 3D-Modellen lediglich als beiläufige geometrische Nebenprodukte zu betrachten, werden sie zu physikalisch interpretierbaren Messprimitiven erhoben. (siehe Fokusbericht)

Um solche hochkomplexen Messungen durchführen zu können, kommen spezielle Kamerasensoren (Division-of-Focal-Plane, DoFP) zum Einsatz, die multidirektionale Polarisationszustände über ein integriertes Mikropolarisatorgitter direkt auf dem Bildsensor erfassen.

Da diese Sensoren jedoch systematische Unvollkommenheiten aufweisen, wurde ein tiefgreifendes Framework entwickelt, das die Kalibrierung als integralen Bestandteil des Abbildungsmodells behandelt.

Das Projekt liefert dabei eine wichtige Erkenntnis: Die radiometrische Abstimmung zwischen den Sensor-Kanälen (PRNU-Korrektur) ist der dominierende Faktor für die 3D-Genauigkeit. Kontraintuitiv können nachträgliche räumliche Bildverbesserungen die Qualität der Normalenschätzung sogar verschlechtern, da sie die feinen kanalübergreifenden Intensitätsbeziehungen stören.

Ausblick

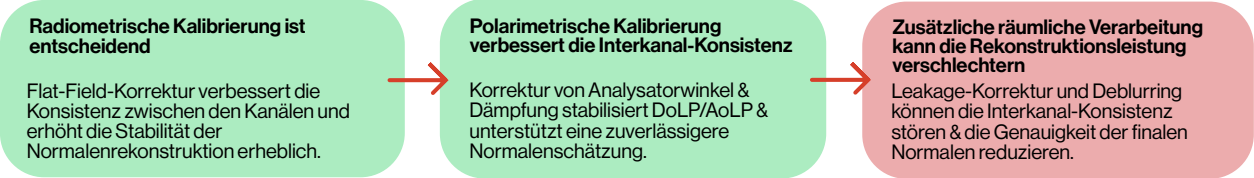
Im nächsten Schritt wird ein auf Gradienten-Tensoren basierender Algorithmus zur Fusion von Intensitätsinformationen und polarimetrischen Merkmalen für die Kantendetektion weiterentwickelt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf photogrammetrisch anspruchsvollen Oberflächen, etwa spiegelnden, nassen, texturarmen und transparenten Materialien.

Der Ansatz wird anhand zahlreicher praktischer Beispiele getestet und mit visuellen Interpretationen verglichen, um zu bewerten, inwieweit Polarisation die Erkennung physikalisch relevanter Kanten gegenüber der klassischen Photogrammetrie verbessern kann.

Kalibrierungsbewusste Verarbeitungskette: von rohen DoFP-Messungen zu Oberflächennormalen und mehrdomäner Bewertung



Hauptergebnisse und praktische Leitlinien



Kernaussage:

Eine zunehmende Komplexität der Verarbeitung verbessert die Rekonstruktionsgenauigkeit nicht automatisch; die Erhaltung der Interkanal-Konsistenz ist der entscheidende Faktor.

Abbildung:
Kalibrierungskonsistenz-Framework zur DoFP-basierten Oberflächennormalenschätzung.

Verlässliche KI-Assistenten für das Management dynamischer Produktionssysteme und Supply Chains (VAMoS)

Zeitraum	01.09.2024 – 31.08.2027
Leitung	Prof. Dr. Jens Heidrich Prof. Dr.-Ing. Peter Liggesmeyer
Mitarbeit	Janek Groß , M.Sc. Elena Zentgraf, M.Sc.
Förderung	Ministerium für Wissenschaft und Gesundheit des Landes Rheinland-Pfalz
Kooperation	RPTU Kaiserslautern-Landau

Mit dem Forschungskolleg VAMoS sind die Hochschule Mainz und die Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RPTU) Kaiserslautern-Landau eine wichtige Kooperation zur Erforschung von Künstlicher Intelligenz (KI) eingegangen. Im Rahmen des Kollegs sollen insgesamt fünf Promotionen entstehen. Es wird federführend von der Hochschule Mainz geleitet.

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 präsentierten wir Beiträge auf Workshops der Gesellschaft für Informatik (GI) zum Thema Verlässlichkeit von KI-Systemen in industriellen und sicherheitskritischen Kontexten. Der Beitrag auf dem TAHAI Workshop fokussiert die Qualität von Testdaten als zentrale Voraussetzung, um KI realistisch und belastbar zu evaluieren. Aufbauend auf den grundlegenden Annahmen des statistischen Testens werden drei Qualitätsmerkmale definiert. Für jedes Merkmal werden konkrete konstruktive und analytische Qualitätssicherungsmaßnahmen für praktische Anwendung vorgeschlagen und exemplarisch demonstriert.

Auf dem KI4SE Workshop stellten wir ein integriertes Evaluationsframework für den Einsatz großer Sprachmodelle (LLMs) in Industrie-4.0-Anwendungen vor. Im Zentrum steht die Frage, wie generative KI-Systeme hinsichtlich Zuverlässigkeit, Transparenz und Robustheit bewertet werden können. Als praxisnahes Anwendungsfeld dient die automatische Extraktion von technischen Werten aus PDF-Produktdatenblättern für die Generierung von Verwaltungsschalen (Asset Administration Shells, AAS) mithilfe von LLMs. Eine empirische Studie mit 6.400 generierten Verwaltungsschalen untersucht geeignete Qualitätsmetriken. Zusätzlich wurde ein perturbationsbasierter Evaluationsansatz entwickelt, um Metriken selbst zu prüfen und miteinander vergleichen zu können. Mit den Metriken konnte auch untersucht werden, wie sich die Größe des KI-Modells auf die Qualität der Ergebnisse auswirkt.

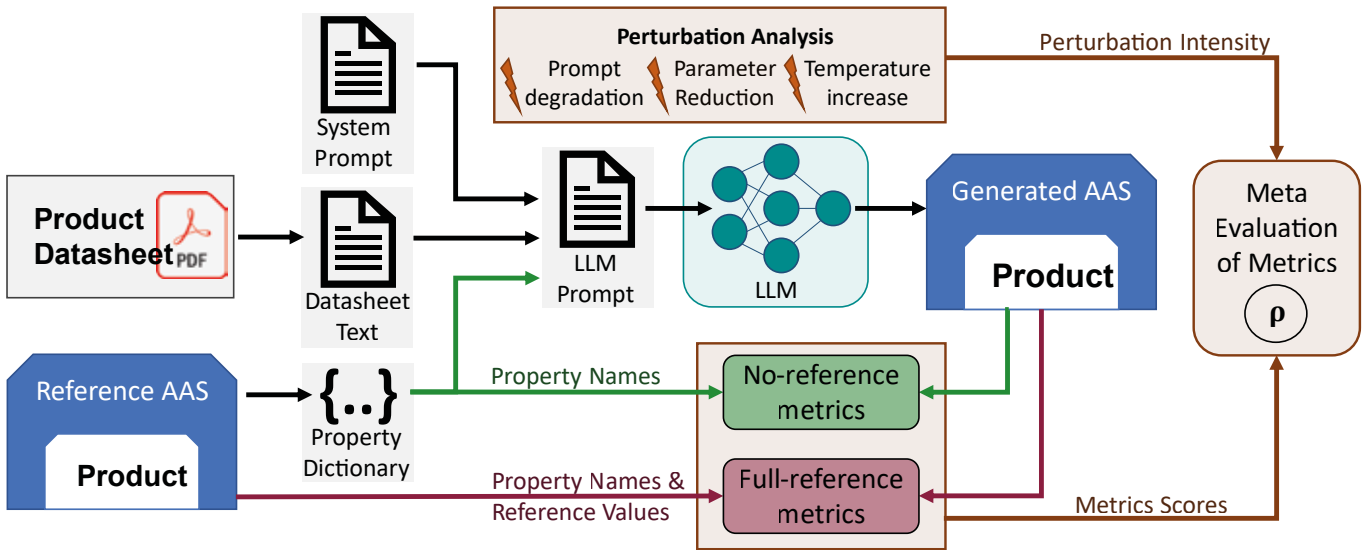
Ausblick

Für 2026 planen wir, industrielle Datenstandards als Antwortschemata für LLMs zu implementieren, um die Struktur und Verbindlichkeit der Modellantworten weiter zu erhöhen. Diese Ansätze evaluieren wir mit unserem Framework, um generative KI noch robuster für industrielle Anwendungen zu machen.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/vamos/

Abbildung:
Evaluierungsframework: Aus einem Produktdatenblatt und einer vorhandenen AAS wird ein Prompt für ein Sprachmodell erstellt. Das Modell liest das Datenblatt und extrahiert die passenden Eigenschaftswerte aus einem Eigenschaftsverzeichnis. Diese Werte werden anschließend genutzt, um eine neue AAS zu generieren. Danach wird die Qualität der erzeugten AAS mit verschiedenen Bewertungsmetriken geprüft. In einer Meta-Evaluation wird untersucht, wie empfindlich diese Metriken auf Fehler oder Veränderungen im Extraktionsprozess reagieren.
Grafik: Janek Groß, CC BY SA 4.0



Profilscanning (PLS) für das Monitoring von Infrastruktur- bauwerken

Zeitraum	01.08.2024 – 31.07.2026
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Florian Schill
Mitarbeit	Niklas Bockshecker, B.Sc. Frederik Fuhrmann , B.Sc. Malte Horn, B.Sc.
Förderung	Dieses Projekt wird durch die Carl-Zeiss-Stiftung gefördert

Die deutsche Verkehrsinfrastruktur ist vielfach in die Jahre gekommen, für einen flächendeckenden Neubau fehlen jedoch die Kapazitäten und finanziellen Mittel. Hinzu kommt, dass die Klimabilanz des Bausektors, insbesondere im Neubaubereich, problematisch ist.

Das Monitoring mit Profilsclannern ermöglicht die hochfrequente und berührungslose Erfassung der Verformung von Infrastrukturbauwerken simultan in Raum und Zeit und bietet so eine bisher unerreichte Informationstiefe.

Aktivitäten 2025

Im vergangenen Jahr wurden deutliche Fortschritte bei der Weiterentwicklung und Portierung der Auswertesoftware erzielt. Insbesondere wurde ein Entwicklungsstand erreicht, in dem nahezu vollständig in der neuen Python-Umgebung gearbeitet werden kann. Damit wurden Abhängigkeiten von der bisherigen Softwarelösung reduziert und neue Funktionen in einer grafischen Benutzeroberfläche integriert.

Die praktische Anwendung der Methodik in diversen Messkampagnen, insbesondere in Kooperation mit der Deutschen Bahn zeigte, dass durch die PLS-Messungen mehr Wissen über die konkreten Auswirkungen der Zug-Brücken-Interaktion erlangt wird, wodurch sich der Zustand der Brückenbauwerke genauer beschreiben lässt. Konkret konnten somit bspw. Langsamfahrstellen durch bessere Kenntnis kritischer Geschwindigkeitsbereiche aufgehoben werden.

Zusammen mit dem Landesbetrieb Mobilität RLP wurde zudem die Eignung des PLS zur Erfassung hochpräziser Biegelinien im Rahmen eines statischen Belastungsversuchs an einem maroden Bundesstraßenviadukt bestätigt.

Die Ergebnisse der fortlaufenden Entwicklung wurden in Artikeln und auf internationalen Konferenzen wie dem 6th Joint International Symposium on Deformation Monitoring und der 13th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure präsentiert.

Ausblick

Für das Jahr 2026 ist die Vervollständigung der Auswertesoftware, sowie die Durchführung von Messkampagnen und Publizierung der Ergebnisse geplant.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/monitoring-von-infrastrukturbauwerken/



Abbildung oben:
Erfassung vertikaler Bauwerksverschiebungen am Unkelsteinviadukt (Remagen) mittels terrestrischem Laserscanning im Rahmen von Belastungsversuchen
Foto: Peter Steffens CC BY-SA 4.0.

Abbildung rechts:
Fabian Mascioni, Sarah Hillen und Malte Horn bei Messungen an Brücke in Hamburg.
Foto: Malte Horn, CC BY-SA 4.0



HERMES - Humanities Education in Research, Data and Methods

Zeitraum	15.11.2023 – 14.11.2026
Leitung	Prof. Torsten Schrade Prof. Dr. Malte Hagener, Philipps-Universität Marburg (Gesamtprojektleitung)
Mitarbeit	Julia Tolsdorf M.A. Robert Zwick M.A.
Förderung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Europäischen Union – NextGenerationEU
Kooperation	Philipps-Universität Marburg Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz Deutsche Nationalbibliothek Universität Trier Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung – Institut der Leibniz-Gemeinschaft Leibniz-Institut für Europäische Geschichte Technische Universität Darmstadt Hochschule Darmstadt

Das Projekt HERMES etabliert Orte des Lernens, Forschens und Vernetzens, an denen Datenkompetenzen in den Geistes- und Kulturwissenschaften vermittelt, weiterentwickelt und kritisch reflektiert werden. In neun Formaten werden Kenntnisse datenwissenschaftlicher Methodik und nachhaltiger datenkuratorischer Praxis an Forschende aller Kompetenzniveaus sowie an Beschäftigte aus dem GLAM-Bereich vermittelt.

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 wurden in den von der Hochschule Mainz verantworteten Formaten „Data Carpentries“ und „Data Challenges“ mehrere Veranstaltungen durchgeführt. Im Rahmen der International Summer School (ISS) an der Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz organisierte das Projektteam mehrtägige, praxisorientierte Workshops. Dort wurden die in den vergangenen Jahren entwickelten Data-Carpentry-Lehrinhalte zur Vermittlung von grundlegenden Datenkompetenzen erprobt. Zudem wurden weitere Lehrveranstaltungen zu den Themen Python, Linked Data und R angeboten.

Ein Schwerpunkt war die Durchführung der zweiten Data Challenge „Let’s Make a Cinephile Search Tool!“. Ziel war die Entwicklung eines Recherchewerkzeugs für Filmdaten. Das Format richtete sich an ein internationales Publikum und brachte zahlreiche Einreichungen hervor, die unterschiedliche technische und konzeptionelle Ansätze umsetzen.

Ausblick

2026 geht HERMES in sein drittes und letztes Projektjahr. Mit der dritten Data Challenge „From Notes to Nodes“, die in Kooperation mit NFDI4Culture stattfindet, steht die Entwicklung eines Tools zur Exploration von Graphdaten für Musikwissenschaftler*innen im Mittelpunkt. Zum Abschluss des Projekts werden außerdem praxisorientierte Handreichungen zur Konzeption und Durchführung von Data-Carpentry-Workshops sowie von Data Challenges in den Geistes- und Kulturwissenschaften erarbeitet, um die nachhaltige Nachnutzung der entwickelten Formate zu sichern.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/hermes/



Grafik:
HERMES - Projektgrafik

MoDiTa - Modulare Digitalkamera-tachymeter 3.0

Zeitraum	01.10.2023 – 31.08.2028
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Martin Schlüter Prof. Dr.-Ing. Florian Schill
Mitarbeit	Sebastian Dessloch
Förderung	Transferboni

Die Kombination von bildgebendem Tachymeter, modularer Okularkamera und grafisch-interaktiver Software offeriert Lösungen für 3D-Messaufgaben, bei denen unser menschliches Auge zu langsam, zu wenig ausdauernd oder zu empfindlich wäre.

Aktivitäten 2025

Das Messsystem Modulare Digitalkamera-Tachymeter MoDiTa 3.0, entwickelt am i3mainz, wurde im Jahr 2025 unter der Leitung von Prof. Dr. Florian Schill und Prof. Dr. Martin Schlüter erfolgreich im Kontext des geodätischen Monitorings eingesetzt. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Bauwerksüberwachung sowie auf der Erfassung und Analyse dynamischer Prozesse in Form von Schwingungsmessungen. Ein konkreter Anwendungsfall wurde im Rahmen der Bachelorarbeit von Sebastian Dessloch realisiert, in der das System unter praxisnahen Bedingungen erprobt und bewertet wurde.

Die Besonderheit von MoDiTa 3.0 liegt in seinem bildbasierten Messansatz, der im Vergleich zu klassischen tachymetrischen Verfahren deutlich höhere Taktraten ermöglicht. Diese hohe zeitliche Auflösung eröffnet insbesondere für die Analyse schnell ablaufender Bewegungs- und Schwingungsprozesse neue Möglichkeiten. Im Zuge der Untersuchungen konnte Sebastian Dessloch zeigen, dass die maximale Taktrate der eingesetzten Totalstation MS60 von 20 Hz bei reflektorgebundener Entfernungsmessung für die spezifischen Anforderungen des Projekts als ausreichend einzustufen ist.

Damit wurde nicht nur die grundsätzliche Eignung der Systemkombination für dynamische Monitoringaufgaben bestätigt, sondern auch eine belastbare Grundlage für den zukünftigen Einsatz in vergleichbaren Anwendungsszenarien geschaffen. Die Ergebnisse verdeutlichen das Potenzial der Integration bildbasierter Verfahren in geodätische Messsysteme, insbesondere dort, wo hohe Messfrequenzen und eine präzise Erfassung zeitlich variabler Prozesse erforderlich sind.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/modita-3-0/



Foto oben
Einsatz von MoDiTa 3.0 mit Leica MS60 im Hohlkasten der Südbrücke Koblenz.
Foto: Sebastian Dessloch, CC BY SA 4.0

SpaGAT - Spatiotemporal and Geodata-related Applications in Trust Models of Public Administration

Zeitraum	01.10.2023 – 28.02.2026
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Markus Schaffert
Mitarbeit	Severin Brochhagen, M.Eng. Kevin Kaminski, M.A. Dr. Claire Prudhomme Christian Wolff, M.Sc.
Förderung	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Förderkennzeichen 16DTM237
Kooperation	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie FIRU mbH Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz (GDI-RLP) Verbandsgemeinde Otterbach-Otterberg

Im Projekt SpaGAT sollen Lösungsansätzen für eine stärkere Nutzer-Orientierung bei der Bereitstellung von Geodaten mittels semantischer Technologien erarbeitet und in einem Assistenzsystem bereitgestellt werden. Dies betrifft insbesondere die technischen Aspekte von Datentreuhandmodellen (DTM).

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 lag der Projektfokus auf der praktischen Umsetzung der im ersten Projektjahr ermittelten Anforderungen. Ein zentraler Schwerpunkt war dabei die weitere Ausarbeitung des Anwendungsfalls „Baumfällung“, der sowohl konzeptionell als auch technisch-organisatorisch weiter präzisiert wurde. Zur Verbesserung der Übertragbarkeit wurde hier auch Kontakt zu weiteren Kommunen aufgenommen. Dabei zeigte sich ein sehr heterogenes Bild der verschiedenen lokalen Verwaltungsprozesse.

Zur Verbesserung der Dateninteroperabilität wurde das semantische Geodatenformat GeoJSON-LD in die Plattform integriert. Dadurch können Geodaten nun nicht nur strukturell, sondern auch inhaltlich eindeutig beschrieben und mit anderen semantischen Daten verknüpft werden. Die entstandenen GeoJSON-LD-Dateien sind sowohl valide GeoJSON-Dateien als auch valide JSON-LD-Dateien und können so in beiden Bereichen verwendet werden.

Ergänzend dazu erfolgte die Implementierung eines Semantik-Matchings. Dieses ermöglicht die semantische Definition des gesamten Datensatzes einschließlich einer präzisen Beschreibung aller einzelnen Attribute. Zudem wurde ein semantisches Antragsformular entwickelt, das strukturierte Eingaben mit eindeutig definierten Bedeutungen verknüpft und so eine konsistente Weiterverarbeitung und Verlinkung der Daten unterstützt. Ein weiterer wichtiger Baustein war die Einbindung des Projekts in die Lehre. Studierende konnten so aktuelle Entwicklungen im Bereich semantischer Geodaten praxisnah kennenlernen und anwenden. Gleichzeitig profitierte das Forschungsprojekt von Tests und Rückmeldungen durch die zukünftigen potenziellen Nutzer.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/spagat/

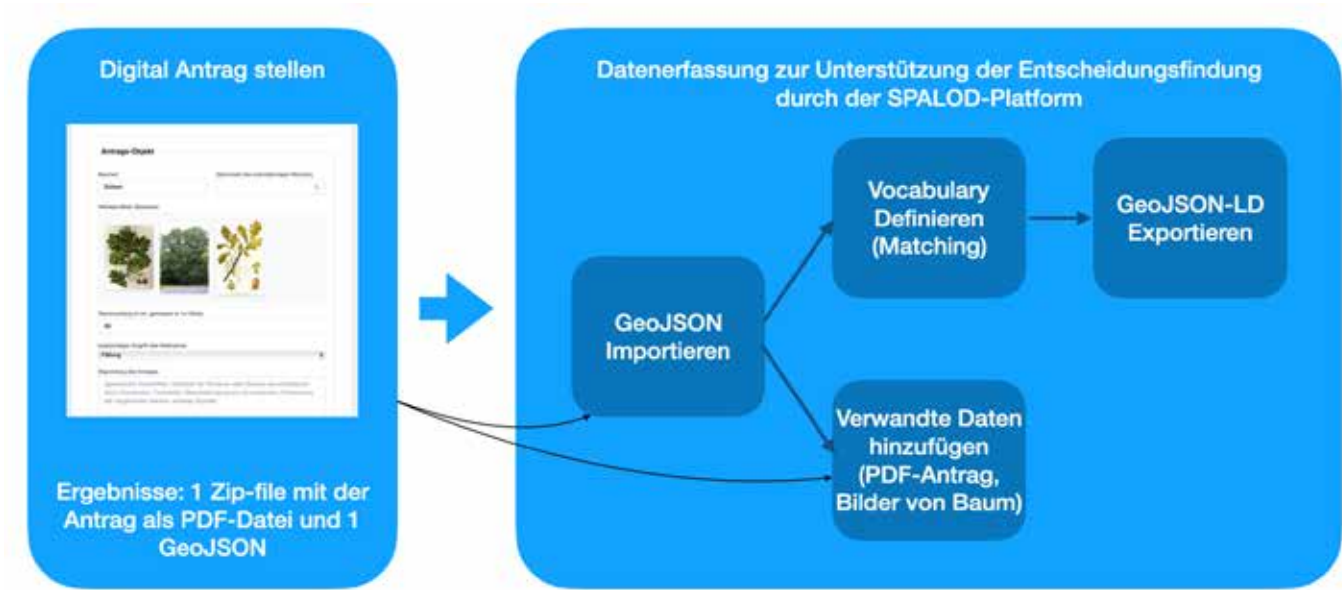


Abbildung:
Übersicht über die Synergie zwischen dem digitalen Formular und der Datenplattform SPALOD
Grafik: Claire Prudhomme, CC BY SA 4.0

MINOS - Echtzeit-Datendienst für Rettungsfahrzeuge – Prognose zur verzögerungsfreien Querung streckenseitiger Bahnübergänge

Zeitraum	01.08.2023 – 31.07.2026
Leitung	Prof. Dr. Karl-Albrecht Klinge
Mitarbeit	Philipp Eichele Mahmoud Eslami, B.Eng. Konstantin Geist, M.Sc. Peeranut Noonurak , M.Eng. Ali Sayyadi, B.Eng. Sarah Schütz, M.Sc. Julian Stockemer, M.Sc.
Förderung	mFUND, Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Kooperation	DB Netz AG DB Systel GmbH Neovendi GmbH

Im Projekt MINOS werden auf Basis von Echtzeitdaten der Deutschen Bahn die Schließzeiten von Bahnübergängen möglichst genau prognostiziert. Diese Daten werden Einsatzkräften wie der Feuerwehr zur Verfügung gestellt, um die Anfahrt zu einem Einsatzort bei geschlossenen Bahnübergängen zu optimieren.

Aktivitäten 2025

Im vergangenen Jahr erzielte das Team von MINOS bedeutende Fortschritte bei der Analyse und Prognose von Schließzeiten an Bahnübergängen. Ein zentraler Schwerpunkt lag auf der Weiterentwicklung des Prognosealgorithmus hin zu einem probabilistischen Ansatz, der realistischere Vorhersagen für Schließ- und Öffnungszeiten ermöglicht. Hierfür wurden Fahrplan- und Zuglaufdaten kombiniert, um den Bahnbetrieb optimal in Echtzeit abzubilden. Zudem wurde eine technische Schnittstelle vorbereitet, über die Zustandsdaten direkt von Bahnübergängen abgefragt werden können.

Die Verarbeitung der großen Datenmengen erforderte eine Optimierung sämtlicher Prozesse. Das Team verbesserte die Effizienz der Datenpipelines, Analyseverfahren und Rechenprozesse, sodass große Datenbestände schneller und zuverlässiger verarbeitet werden können. Dadurch konnte die Leistungsfähigkeit der Prognosemodelle weiter gesteigert werden.

Parallel dazu wurde die mobile Applikation weiterentwickelt. Sie verfügt nun über mehrere Tracking- und Feedbackfunktionen, mit denen sich Nutzungsszenarien, das Systemverhalten und die Prognoseergebnisse systematisch erfassen lassen. Dies ermöglicht die Validierung der entwickelten Funktionen, Ergebnisse und der Benutzeroberfläche, gleichzeitig wird die Anwendbarkeit des Systems im Einsatzkontext untersucht.

Ausblick

2026 soll die mobile Anwendung gemeinsam mit der Feuerwehr Weilerswist im Einsatz erprobt werden. Dabei werden die prognostizierten Schließ- und Öffnungszeiten von Bahnübergängen detailliert untersucht.

Ergänzend ist geplant, die vorbereitete Schnittstelle zur Abfrage von Zustandsdaten an ausgewählten Bahnübergängen zu installieren und zu nutzen. Dadurch kann eine direkte Validierung der Prognosen anhand realer und digitaler Bahnübergangszustände erfolgen.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/minos/



Abbildungen oben:
Echtzeit-Darstellung der Prognoseergebnisse in der App
Foto: Julian Stockemer, CC BY-SA 4.0

NFDI4Objects - Task Area 6 "Qualifikation, Integration and Harmonisation"

Zeitraum	01.03.2023 – 29.02.2028
Leitung	Prof. Dr. phil. Kai-Christian Bruhn
Mitarbeit	Henrike Backhaus, M.Sc. Donata Gerhards, B.A. Lennart Linde, M.A. Dr. Sandra Schröer-Spang Julia Tolkstdorf, M.A. Robert Zwick, M.A.
Förderung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Kooperation	Deutsches Archäologisches Institut (DAI) Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Klassik-Stiftung Weimar

Die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) hat das Ziel, wertvolle Daten aus Wissenschaft und Forschung systematisch zu erschließen, zu vernetzen und nachhaltig sowie qualitativ nutzbar zu machen. Zudem sollen Standards für das Management von wissenschaftlichen Daten entwickelt werden. Die NFDI wird durch wissenschaftliche Institutionen gestaltet, die in insgesamt 27 Konsortien zusammenarbeiten. Das i3mainz verantwortet in der Task Area 6 des Konsortiums NFDI-4Objects das Themenfeld Qualifikation.

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 entwickelte das Team der Hochschule Mainz im Rahmen von NFDI4Objects ein Konzept zur Erstellung FAIRer Open Educational Resources (OER) für die NFDI4Objects-Community. Auf dieser Grundlage wurden Quarto-Templates für OER-Bausteine erarbeitet, die sowohl die Erstellung als auch die Weiterverwendung FAIRer Lehrmaterialien erleichtern. Darüber hinaus wurden insgesamt 21 OER-Bausteine zu Themen des Forschungsdatenmanagements (FDM) für die NFDI4Objects-Community entwickelt.

Im Oktober 2025 fand das NFDI4Objects Community Meeting in Bochum statt. TA 6 nutzte die Veranstaltung für einen gut besuchten Präsenzworkshop zum Forschungsdatenmanagement für Nachwuchswissenschaftler:innen aus der NFDI4Objects-Zielgruppe. Darüber hinaus organisierte das Team der Hochschule Mainz weitere Online-Veranstaltungen, die einer breiten Zielgruppe aus der NFDI4Objects-Community Wissen und Kompetenzen im Forschungsdatenmanagement vermittelten. Parallel dazu nahm TA 6 an zahlreichen Veranstaltungen mit FDM-Bezug teil, wirkte an deren Programmen mit oder richtete sie selbst aus und intensivierte so den fachlichen Austausch und die Vernetzung.

Ausblick

2026 werden die in GitLab entwickelten OER in die neu erstellten Templates überführt und über die NFDI-4Objects GitHub-Instanz mit persistenter Identifikation veröffentlicht. Darüber hinaus werden neue OER in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern der Hochschule Mainz in NFDI4Objects entwickelt. Der Austausch zwischen NFDI4Objects und der Community wird durch zwei Ende 2025 neu geschaffene Community Cluster zu „Qualifikation und Open Educational Resources“ sowie „FDM-Beratung“ intensiviert, die Anfang 2026 ihre Arbeit aufnehmen.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/nfdi4objects/



Abbildung:
Gruppenbild vor dem Deutschen Bergbaumuseum,
Foto: © Fliegender Fotograf 01.10.2025

Codiro - Entwicklung einer automatischen, projektunabhängigen Fertigungsplanung und Robotersteuerung

Zeitraum	01.03.2023 – 28.02.2025
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Thomas Klauer Prof. Klaus Teltenkötter (FB Gestaltung)
Mitarbeit	Jonas Veller, M.Sc. Max Witkop (FB Gestaltung)
Förderung	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie
Kooperation	Fachbereich Gestaltung der Hochschule Mainz KOCH Industrieanlagen GmbH

Mit dem System Codiro (Compact digital robot-milling) soll die Hürde für die Nutzung von Robotersystemen im Bereich der Einzelstückfertigung von Platten verringert werden. Ziel ist es unter anderem, für Schreinereien eine Bedienung ohne umfangreiche Schulung zu ermöglichen. Das System soll platzsparend und für große Materialien geeignet sein.

Aktivitäten 2025

In der letzten Phase des Projekts wurde eine umfassende digitale Fertigungsinfrastruktur für Prozessplanung, Vermessung und Robotersteuerung entwickelt und weitgehend abgeschlossen. Zentrale Software-Services ermöglichen die präzise Werkstückplatzierung, Interaktion und Echtzeitsteuerung von Robotern. Für eine Fertigungsgenauigkeit von ± 1 mm wurde ein kamerabasiertes Messverfahren umgesetzt, das Zielmarkenerkennung, Monoplotting und Transformation kombiniert. Die entsprechenden Algorithmen wurden in Python unter Nutzung von OpenCV realisiert und erfolgreich experimentell validiert sowie wissenschaftlich präsentiert.

Die Roboteranbindung erfolgt über Profinet IP und erlaubt mittels RoboDK eine Online-Programmierung mit synchroner Simulation. Ergänzend wurde eine prototypische, interaktive Benutzeroberfläche entwickelt, die den Digitalen Zwilling der Roboterzelle visualisiert, Module konfigurierbar macht und den Anwender durch einen linearen Arbeitsablauf führt.

Auf algorithmischer Ebene wurden Prozessmodelle, Randbedingungen und Bearbeitungssequenzen für eine automatisierte Prozessdatenerstellung entwickelt. Ein zentraler Prozessplaner analysiert CAM-Daten, erkennt notwendige Umpositionierungen und teilt Bearbeitungspfade automatisch auf, um Genauigkeitsverluste zu minimieren. Die Fertigungsalgorithmik prüft Simulationen auf Erreichbarkeit, Kollisionen und Singularitäten und generiert lauffähige Roboterprogramme. Die Software wurde an einem realen Anwendungsbeispiel – der Fertigung eines modularen Ausstellungssystems aus großformatigen MDF-Platten – validiert. Die Ergebnisse bestätigen die Praxistauglichkeit des Ansatzes und zeigen weiteres Optimierungspotenzial für zukünftige Arbeiten auf.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/codiro/

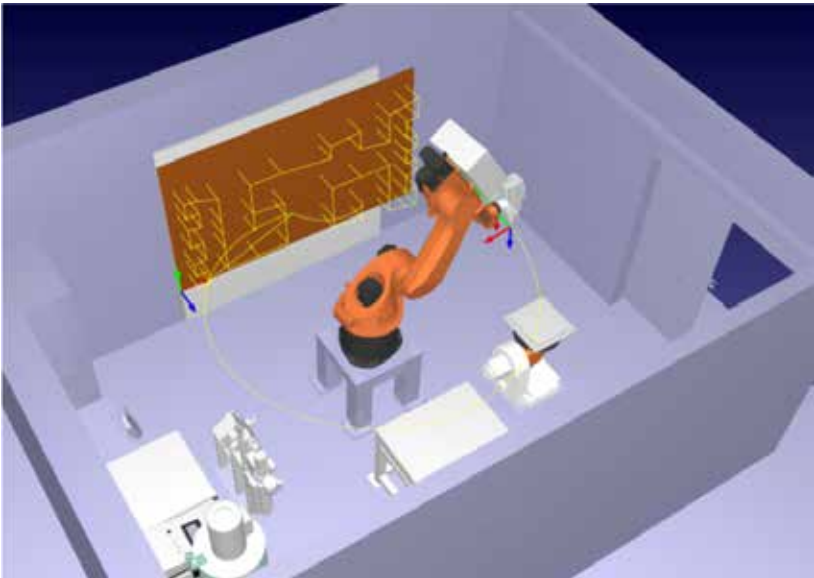
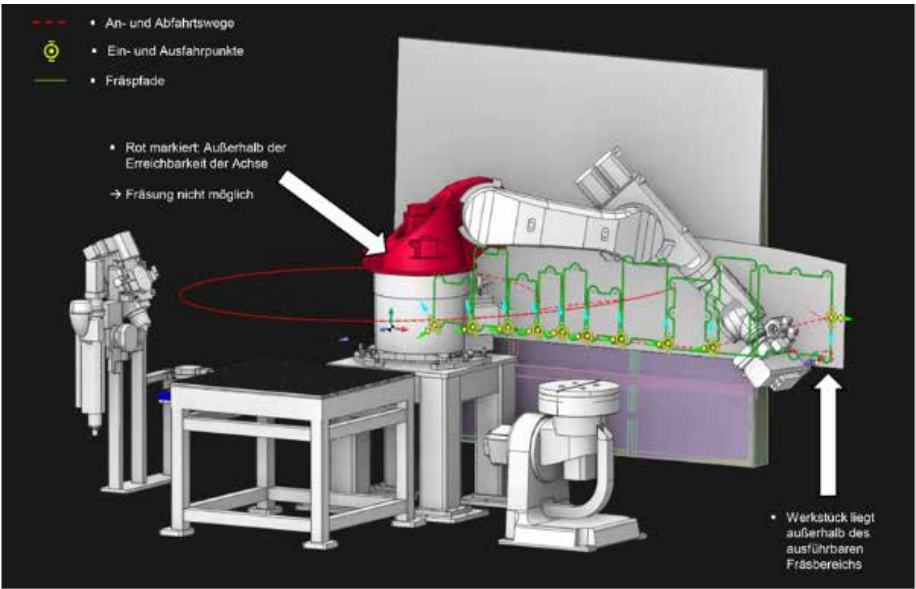


Abbildung links:
Digitaler Zwilling des Robolabs der Hochschule Mainz im 3D-Viewer,
Abbildung: Jonas Veller, CC BY-SA 4.0

Abbildung unten:
Simulation in der CAM-Software, Werkstück liegt außerhalb des Fräsbereichs,
Abbildung: Max Witkop, CC BY-SA 4.0



ORALHYPE 2.0 – Oral Health using Hyper-spectral Imaging and Computer Vision

Zeitraum	01.03.2023 – 28.02.2025
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Thomas Klauer Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Daniel G. E. Thiem, (Universitätsmedizin Mainz)
Mitarbeit	Dr. Jean-Jacques Ponciano
Förderung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, Fördernummer: 516210826)
Kooperation	Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitäts- medizin der Johannes Gutenberg- Universität Mainz

Erkrankungen der Mundhöhle, insbesondere das orale Plattenepithelkarzinom (OSCC), stellen eine große Herausforderung für die medizinische Diagnostik dar. Da eine späte Diagnose die Prognose erheblich verschlechtert, ist eine frühzeitige und präzise Erkennung essenziell. Unser Projekt zielt darauf ab, die nicht-invasive Diagnostik durch endoskopische Hyperspektralbildgebung (eHSI) in Kombination mit KI-gestützten Analysemethoden zu verbessern. Durch den Einsatz von Deep-Learning-Modellen wird die Differenzierung von gesundem und krankem Gewebe optimiert, um eine gezieltere Therapieplanung und minimalinvasive Behandlungsansätze zu ermöglichen.

Aktivitäten 2025

Auf Basis einer klinischen Kohorte von 226 Probandinnen und Probanden wurde mit dem Comprehensive Oral Health Hyperspectral Dataset (COHHD) ein umfangreicher, qualitativ hochwertiger Datensatz aufgebaut, der RGB- und hyperspektrale Bilddaten samt detaillierter Annotationen zahlreicher intraoraler Strukturen umfasst. Die Analyse der spektralen Daten ergab eine hohe intra-klassenspezifische Variabilität (Coefficient of Variation meist > 15 %) was auf eine erhebliche spektrale Vielfalt in eHSI-Daten hinweist.

Diese hohe Variabilität stellt für schwellenwerte Klassifikationsmethoden Herausforderungen dar, da Variationen innerhalb der Klassen zu Überschneidungen führen können. Diese Vielfalt enthält jedoch auch wertvolle Informationen, die, wenn sie von fortschrittlichen computergestützten Modellen genutzt werden, die Gewebeklassifikation und die Erkennung pathologischer Anomalie mit hoher Genauigkeit verbessern können.

Um diese Komplexität zu bewältigen, evaluierte dieses Projekt mehrere etablierte Deep-Learning-Architekturen zur semantischen Segmentierung. Besonders leistungsfähig erwiesen sich DeepLabv3 mit ResNet-101-Backbone sowie U-Net mit EfficientNet-B0, die insgesamt F1-Scores von etwa 0,86–0,87 erreichten. Sehr gute Ergebnisse wurden insbesondere für Mukosa, Zähne, Gaumen und Retraktoren erzielt (F1-Werte meist > 0,9), während Gingiva und Lippen eine größere Herausforderung darstellten. Die hohe Übereinstimmung zwischen unabhängigen Annotierenden bestätigt zudem die Qualität der Datenbasis.

Insgesamt belegt das Projekt, dass eHSI-Daten in Verbindung mit modernen neuronalen Netzen eine robuste und präzise Differenzierung oraler Gewebe ermöglichen. Damit schafft COHHD eine wichtige Grundlage für zukünftige KI-gestützte Verfahren zur frühzeitigen Erkennung und präziseren Beurteilung oraler Erkrankungen.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/oralhype2-0/

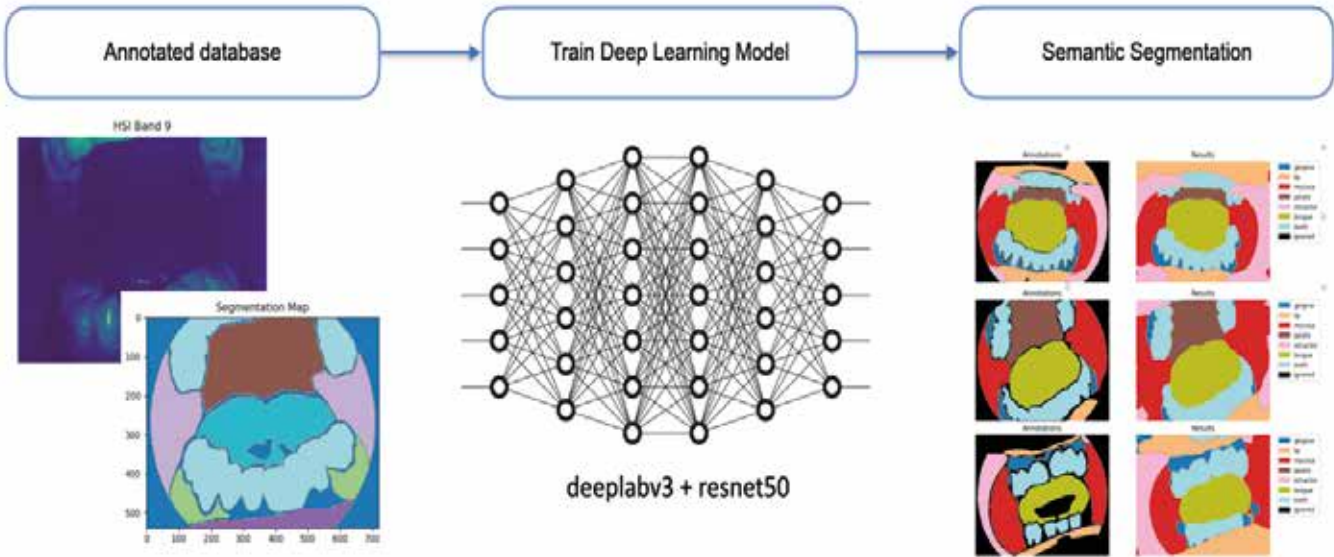


Abbildung oben:
Ablauf der Erkennung der Mundschleimhaut (Mucosa)
Jean-Jacques Ponciano, CC BY 4.0

AI-assisted Point Cloud Analysis Based on Natural Language Inputs

Zeitraum	01.01.2024 – 31.12.2026
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Thomas Klauer Prof. Dr. Peer Neubert (Universität Koblenz)
Mitarbeit	Jessica Buchner, M.Sc.
Förderung	Ministerium für Wissenschaft und Gesundheit des Landes Rheinland- Pfalz
Kooperation	Universität Koblenz

Das Forschungskolleg AI-DPA beschäftigt sich mit der KI-gestützten Analyse und Interpretation von Daten und Prozessen in verschiedenen Anwendungsszenarien. Thematisch ist das Kolleg in zwei Blöcke unterteilt, wobei sich Block 1 mit der semantischen Interpretation von unstrukturierten 3D-Punktwolken in Innen- und Außenbereichen befasst, wohingegen Block 2 das sogenannte Predictive Process Monitoring für unstrukturierte Prozesse behandelt. Im i3mainz wird Block 1 mit dem Schwerpunkt Innenraumanalysen bearbeitet.

Aktivitäten 2025

Im Berichtsjahr lag der Schwerpunkt auf der praktischen Umsetzung der im Vorjahr erarbeiteten theoretischen Grundlagen. Auf Basis der umfangreichen Recherchen zu Punktwolken, Segmentierungsverfahren, Normen und Sprachverarbeitung wurde ein prototypisches Gesamtsystem zur „KI-gestützten Punktwolkenanalyse auf Basis natürlichsprachlicher Eingaben“ entwickelt. Das System ist modular als Multi-Agenten-Architektur aufgebaut und ermöglicht die Verarbeitung natürlichsprachlicher Anforderungen bis hin zur regelbasierten Bewertung von 3D-Szenen.

Es umfasst spezialisierte Agenten zur Extraktion formaler Regeln aus natürlichsprachlichen Anforderungen, zur panoptischen Segmentierung von Punktwolken, zur gezielten Untersuchung relevanter Szenen- bzw. Objekteigenschaften sowie zur Anwendung der abgeleiteten Regeln auf die 3D-Szene. Alle Zwischenergebnisse werden gespeichert, sodass die Analysen reproduzierbar und nachvollziehbar sind. Ergänzend wurden interaktive Visualisierungen sowie textuelle und statistische Ausgaben implementiert. Eine Veröffentlichung zum Thema 3D-Datensätze wurde auf der AGIT-Konferenz in Salzburg präsentiert. Sie ist über die zugehörige Online-Sammlung abrufbar (DOI: 10.25598/agit/2025-17).

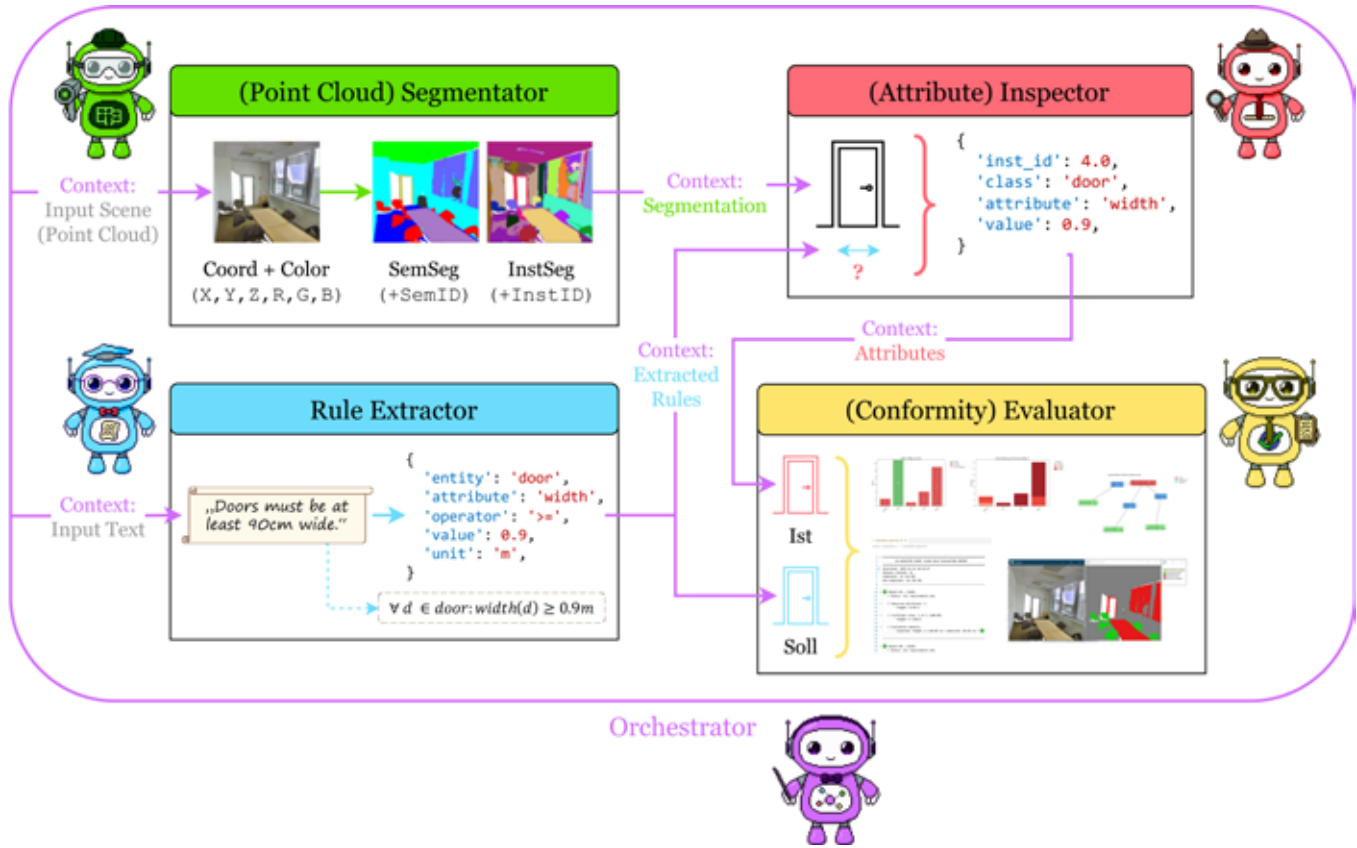
Ausblick

Im laufenden Jahr liegt der Fokus auf der experimentellen Evaluation des entwickelten Gesamtsystems. Geplant ist insbesondere die Integration von Ground-Truth-Daten aus relevanten Normen sowie die Definition geeigneter Bewertungsmetriken. Der Schwerpunkt der Untersuchungen wird dabei auf dem NLP-Bereich liegen, während moderne Segmentierungsverfahren primär zur Anwendung und Validierung des Gesamtsystems eingesetzt werden sollen. Darüber hinaus sind mehrere Abschlussarbeiten im Bereich der Sprachverarbeitung angesetzt, deren Ergebnisse, bei entsprechender Qualität, perspektivisch in eine weitere wissenschaftliche Veröffentlichung einfließen könnten.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/forschungskolleg-ai-dpa/

Abbildung unten:
Visualisierung der erarbeiteten Multi-Agenten-Architektur.
Abbildung: Jessica Buchner CC BY-SA 4.0



TOPML – Trading off Non-Functional Properties of Machine learning (KI-Lab)

Zeitraum	01.07.2022 – 30.06.2028
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Klaus Böhm Prof. Dr.-Ing. Anita Sellent
Mitarbeit	Cédric Roussel, M.Sc Amir Zahedidarehshoori, B.Sc.
Förderung	Dieses Projekt wird durch die Carl-Zeiss-Stiftung gefördert
Kooperation	Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Transparenz, Fairness, Privatsphäre und Ressourceneffizienz – Wechselwirkungen dieser Eigenschaften im Themengebiet Machine Learning werden im interdisziplinären Forschungszentrums TOPML an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) analysiert. Im KI-Lab der Hochschule Mainz werden die im Forschungszentrum gefundenen Erkenntnisse in die industrielle Praxis getragen.

Aktivitäten 2025

Der Fokus des KI-Labs im Projekt TOPML lag auch in diesem Jahr auf der Verbesserung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit von KI-Modellen durch den gezielten Einsatz von Explainable Artificial Intelligence (XAI). Durch die Kombination verschiedener XAI-Methoden mit innovativen Geovisualisierungstechniken konnten mehrere praxisnahe Prototypen entwickelt werden, die den Mehrwert dieser Technologien anschaulich demonstrieren.

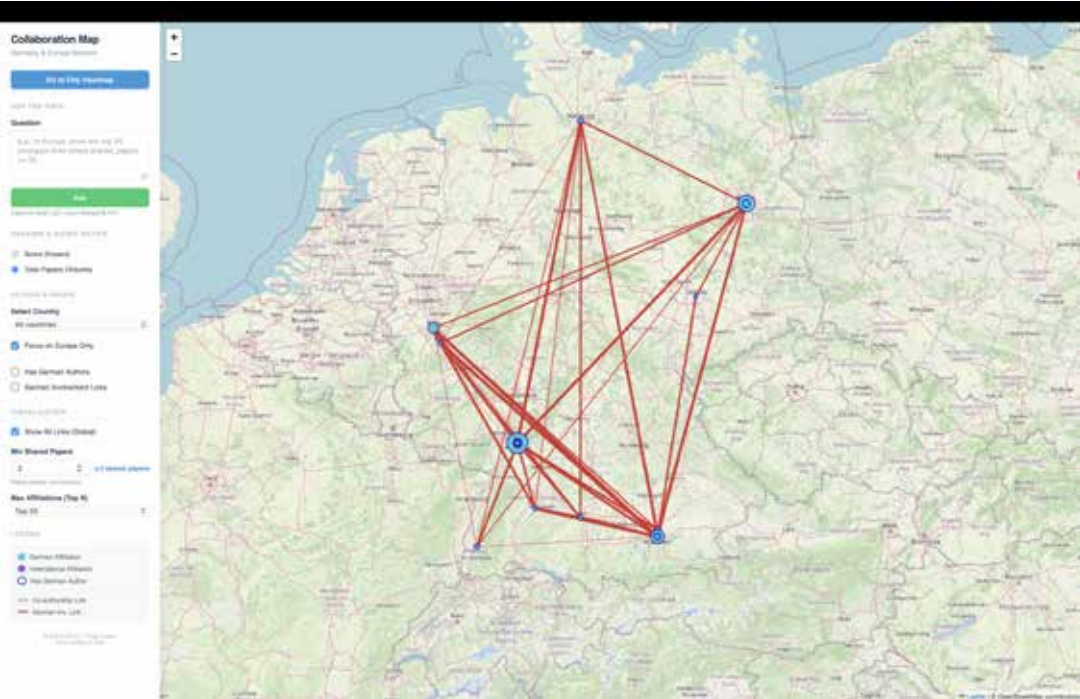
Untersucht wurden unter anderem Modelle zur Vorhersage von Fahrradbuchungszahlen an Verleihstationen, der Auslastung von Parkhäusern sowie der Schwere von Verkehrsunfällen. Die neu entwickelten Ansätze im Bereich von geospatial XAI ermöglichten dabei nicht nur ein besseres Verständnis der Modellentscheidungen, sondern lieferten auch wirtschaftlich und gesellschaftlich relevante Erkenntnisse für die jeweiligen Anwendungsfälle. Insbesondere die visuelle Aufbereitung komplexer Zusammenhänge trug dazu bei, Ergebnisse nachvollziehbar darzustellen und fundierte Entscheidungsprozesse zu unterstützen. Die Ergebnisse wurden erfolgreich auf internationalen Konferenzen und Journalen veröffentlicht. Darüber hinaus wurden im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem IMB (Institut für Molekulare Biologie) für spezielle anwendungsbezogene Fragestellungen Analyseverfahren entwickelt, um Erkenntnisse zu Zusammenhängen in der Kooperation von Forschungseinrichtungen im Themenfeld der Altersforschung zu gewinnen.

Ausblick

Zu Beginn des Jahres 2026 wird das Team durch einen weiteren Mitarbeiter, Julian Stockemer (M.Sc.), verstärkt. Er bringt insbesondere seine Expertise im Bereich der Datenvisualisierung in das Projekt ein. Darüber hinaus befindet sich die Forschungsarbeit von Cédric Roussel zur erklärbaren KI für Geodaten in der finalen Phase und wird voraussichtlich im April 2026 mit der Disputation abgeschlossen.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/kilab/



Screenshot:
Resultat aus der Zusammenarbeit mit dem IMB:
Die 25 Institute mit den meisten Veröffentlichungen im Bereich der Altersforschung in Deutschland und deren Kooperationen.

Digitale Edition der Keilschrifttexte aus Haft Tappeh (Iran)

Zeitraum	01.09.2019 – 31.08.2025
Leitung	Prof. Dr. phil. Kai-Christian Bruhn
Mitarbeit	Timo Homburg M. Sc. Josefine von Puttkamer-Luerssen Tim Brandes, Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Förderung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Fördernummer: 424957759
Kooperation	Jun.-Prof. Dr. Hubert Mara, Universität Halle-Wittenberg Prof. Dr. Doris Prechel, 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 Berücksichtigung vorhandener und Entwicklung neuer Werkzeuge, internationaler Standards und computerlinguistischer Auswerteverfahren.

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 wurde die finale digitale Editions-umgebung sowohl auf Zenodo als auch als statische Web-seite im Gitlab-RLP publiziert. Hierbei wurden die digi-talen Wörterbuchressourcen, welche in Wikidata für Sumerisch und Akkadische entwickelt wurden, mit den Daten der digitalen Edition verbunden, um die Synner-gien zwischen dem Knowledge Graph und der Edition aufzuzeigen.

Die Edition erhielt zudem Links in den FactGrid Know-ledge Graph, der einen Einblick in Personennamen so-wie weitere Metadaten der Keilschriftedition als Linked Open Data bereitstellt.

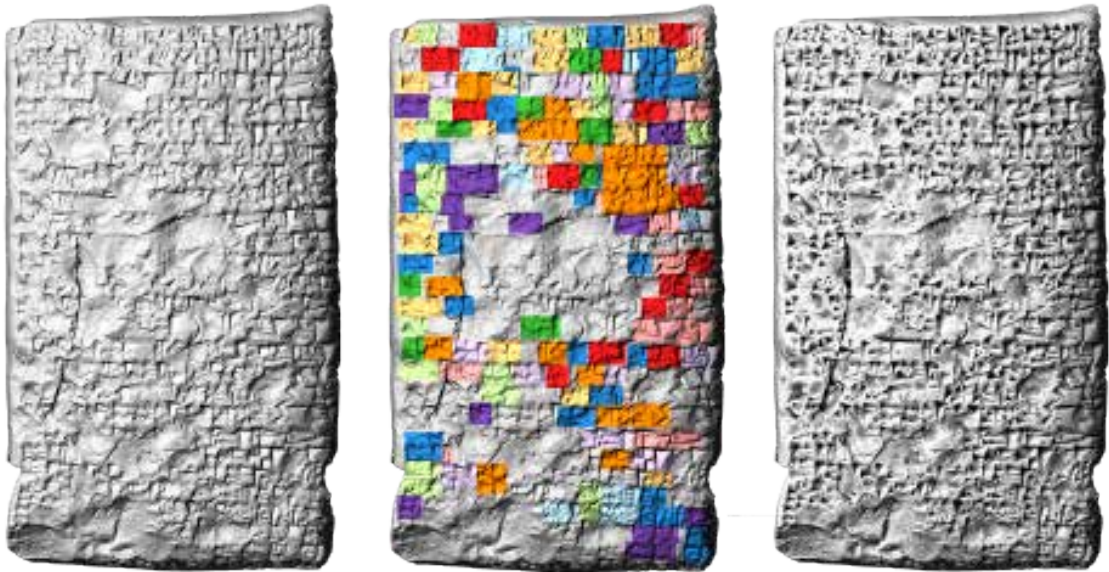
Gleichzeitig wurden die 2024 finalisierten Annotatio-nen von Keilschriftzeichen als MaiCuBeDa HT eben-falls in der Universitätsbibliothek Heidelberg publiziert. MaiCuBeDa HT existiert genauso wie das bereits vorher publizierte MaiCuBeDa ebenfalls als statische Webseite, welche die Einzelannotationen für Fachwis-senschaftlerInnen nachvollziehbar macht und Korrek-turvorschläge zentral über Gitlab einsammeln kann.

Als weitere Neuheit bieten die Annotationskorpora einen Zugriff über eine statische IIIF-Schnittstelle, die die Annotationen selbst anzeigen kann. Ein Viewer in JavaScript ermöglicht den Zugriff direkt im Webbrowser, aber auch mit anderen standardisierten IIIF Clients ist der Zugriff auf die Bilddaten möglich. Eine Publi-kation über die Annotationskorpora MaiCuBeDa und MaiCuBeDa HT erschien im Journal of Open Archaeo-logical Data.

Zum Abschluss des Projekts wurden Kai-Christian Bruhn, Hubert Mara und Timo Homburg eingeladen, einen Beitrag für eine Ausstellung im Museum für Ge-staltung in Zürich zu leisten. Die Ausstellung zeigte den 3D-Druck einer Keilschrifttafel aus der Hilprecht-sammlung im Detail und beschrieb in einem Video den Annotations- sowie den Zeichenerkennungsprozess, der im Projektkontext entwickelt wurde.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/hafttappeh/



Grafik:
Die Keilschrifttafel HS 1445 als 3D Scan (links) als MSII Version (rechts) und als Version mit 3D-annotierten Keilschriftzeichen (mitte)

Linked Open Data Wörterbücher und Paläographie

Zeitraum	Seit 01.08.2021
Leitung	Timo Homburg, M.Sc.
Kooperation	Adam Anderson (University of California, Berkeley), DANES, Digital Ancient Near Eastern Studies Network

Im Rahmen des Haft Tappeh-Projekts entsteht eine digitale Edition von Keilschrifttexten, welche vollständig kompatibel mit Linked Open Data ist. Um die Interoperabilität mit der (Linguistic)Linked Open Data Cloud zu gewährleisten, werden Annotationen von semantischen Aspekten, sowie linguistische Annotationen von Textstellen als zentrale Elemente vorausgesetzt. Diese Voraussetzungen fehlten jedoch für Keilschriftzeichen und -sprachen, weshalb sie zunächst kooperativ aufgebaut werden mussten.

Das Projekt beschäftigt sich daher mit der Digitalisierung vorhandener, analoger Wörterbuchressourcen und von Werken der Paläographie mithilfe frei verfügbaren Schrift- und Zeichen-Fonts in Wikidata. Die Erstellung dieser Ressourcen ist eine Voraussetzung für eine inter-operable Annotation von Keilschrifttexten sowie für die Auffindbarkeit und Vernetzung von digitalen Keilschriftressourcen über den Projektkontext hinaus.

Aktivitäten 2025

2025 wurden die Wörterbuchressourcen für sumerische Lexeme und Senses finalisiert. Eine automatische Generierung und Integration von Wortformen folgt in einem weiteren Schritt. Die akkadischen Wörterbuchressourcen weisen nun mehr als 11500 Lexeme auf, was ungefähr einem Stand von 60% der erwartbaren Lexeme für Akkadisch entspricht.

Die Spezifikation des Wörterbuchs für Elamisch schritt ebenfalls voran. Der aktuelle Stand wurde auf der Rencontre Assyriologique Internationale in einem Workshop zu Elamisch einem Fachpublikum vorgestellt und soll im nächsten Jahr einem noch größeren Publikum zugänglich gemacht werden.

Eine weitere Neuerung zeigte sich in der Publikation der DANES-Konferenz 2025. Die im Jahr 2024 ermittelten fehlenden Unicode-Keilschriftzeichen wurden systematisch analysiert und Encoding-Vorschläge mit Zeichenmodifizierungen in Unicode für die Konferenz erarbeitet. Ein Testunicodefont zeigte die prinzipielle Machbarkeit des Encoding-Ansatzes.

Ausblick

Nach einer noch zu finalisierenden Publikation der Konferenzergebnisse überlegt die Publikationsgruppe, die Erkenntnisse in einem Unicode Proposal zur Standardisierung vorzuschlagen.

Da Timo Homburg das i3mainz Ende 2025 verlassen hat, wird in zukünftigen Ausgaben dieses Jahresberichts nicht mehr über den Fortschritt in diesem Projekt berichtet werden.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/linked-open-data-dictionary/



Lemma Base Draft									
Lemma	Word Type	Base	Classifier	Morphemes	Sense	Time Period	Loan Word	Reference	
𒂗𒂗𒂗 / bālu-mu-qip	noun	𒂗𒂗𒂗			Pottery (clay) (Q1793141) Bauwerk (city)	Achaemenid Elamite Period (011498-330)		Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch vol. 1 p. 263	
𒂗𒂗𒂗𒂗 / a	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗						Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch	
𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗 / a-al	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗						Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch	
𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗 / a-al-a	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗			Maßstab (city) (Q143360)	Achaemenid Elamite Period (011498-330)		Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch vol. 1 p. 263	
𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗 / a-al-a-a	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗			Maßstab (city) (Q143360) Tafel (city) (Q1370000) Tafel (city)	Neo-Elamite Period (01050-330)		Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch vol. 1 p. 263	
𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗 / a-al-a-a-a	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗			Schreib (city) (Q143360) Schreib (city) (Q1370000)	Achaemenid Elamite Period (011498-330)		Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch vol. 1 p. 263	
𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗 / a-al-a-a-a-a	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗				Achaemenid Elamite Period (011498-330)		Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch vol. 1 p. 263	
𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗 / a-al-a-a-a-a-a	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗			Wörterbuch (city)	Achaemenid Elamite Period (011498-330)		Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch vol. 1 p. 263	
𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗 / a-al-a-a-a-a-a-a	noun	𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗𒂗				Achaemenid Elamite Period (011498-330)		Hinz & Koch: Elamisch: Wörterbuch vol. 1 p. 263	

Screenshot:
Eine Lemmabase für die elamische Sprache kollaborativ entwickelt mit Links zu bereits existierenden Lexemen in Wikidata hier am Beispiel des elamischen Wortes a-al, ein Lehnwort des akkadischen Wortes alu

Standardisierung von GeoSPARQL

Zeitraum	08.2019 – 12.2025
Leitung	Timo Homburg, M.Sc.
Kooperation	Adam Anderson (University of California, Berkeley), DANES, Digital Ancient Near Eastern Studies Network

Der GeoSPARQL 1.0 Standard wurde im Jahre 2012 als erster OGC Standard für die Repräsentation von Vektordaten im Semantic Web publiziert. In den darauffolgenden Jahren implementierten ihn viele Linked Open Data Datenbanken (Triple Stores).

Aufgrund intensiver Diskussionen in der “Spatial Data On The Web Working Group” und der “OGC GeoSemantics DWG”, wurde seit dem Jahr 2020 an einer Aktualisierung des GeoSPARQL 1.0 Standards gearbeitet. Sie sollte GeoSPARQL knapp 10 Jahre nach seiner Erstpublikation zunächst technisch auf den neuesten Stand bringen und um weitere Kernkomponenten ergänzen.

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 wurden die Ergebnisse der Umfrage 2024 zu den Wünschen der Community bezüglich der Abbildung von 3D analysiert und anschließend priorisiert. Eine Lösung für die Darstellung von Texturen und der Darstellung von 3D Modellen im Speziellen wurde zusammen mit der CityRDF Gruppe erarbeitet. Das Appearance-Modul der CityRDF-Gruppe wurde generalisiert und wird künftig von GeoSPARQL verwendet.

Der GeoSPARQL 1.1 Compliance Benchmark wurde im Frühjahr 2025 weiterentwickelt und ist in einer noch unfertigen Entwicklerversion neben Java und Python nun auch in JavaScript verfügbar. Es wird angestrebt, diesen im nächsten Jahr zu finalisieren. GeoSPARQL 1.2, eine ISO-Version des GeoSPARQL 1.1 Standards, wurde zur Standardisierung bei der ISO eingereicht. Zudem wurde der GeoSPARQL 1.1 Standard Ende 2025 als Pilotprojekt für die Adoption des OGC Building Block Frameworks für die verbesserte Nachnutzbarkeit von Spezifikationen nach den FAIR Prinzipien ausgewählt. Die Adoption startete Ende 2025 und wird in 2026 abgeschlossen werden

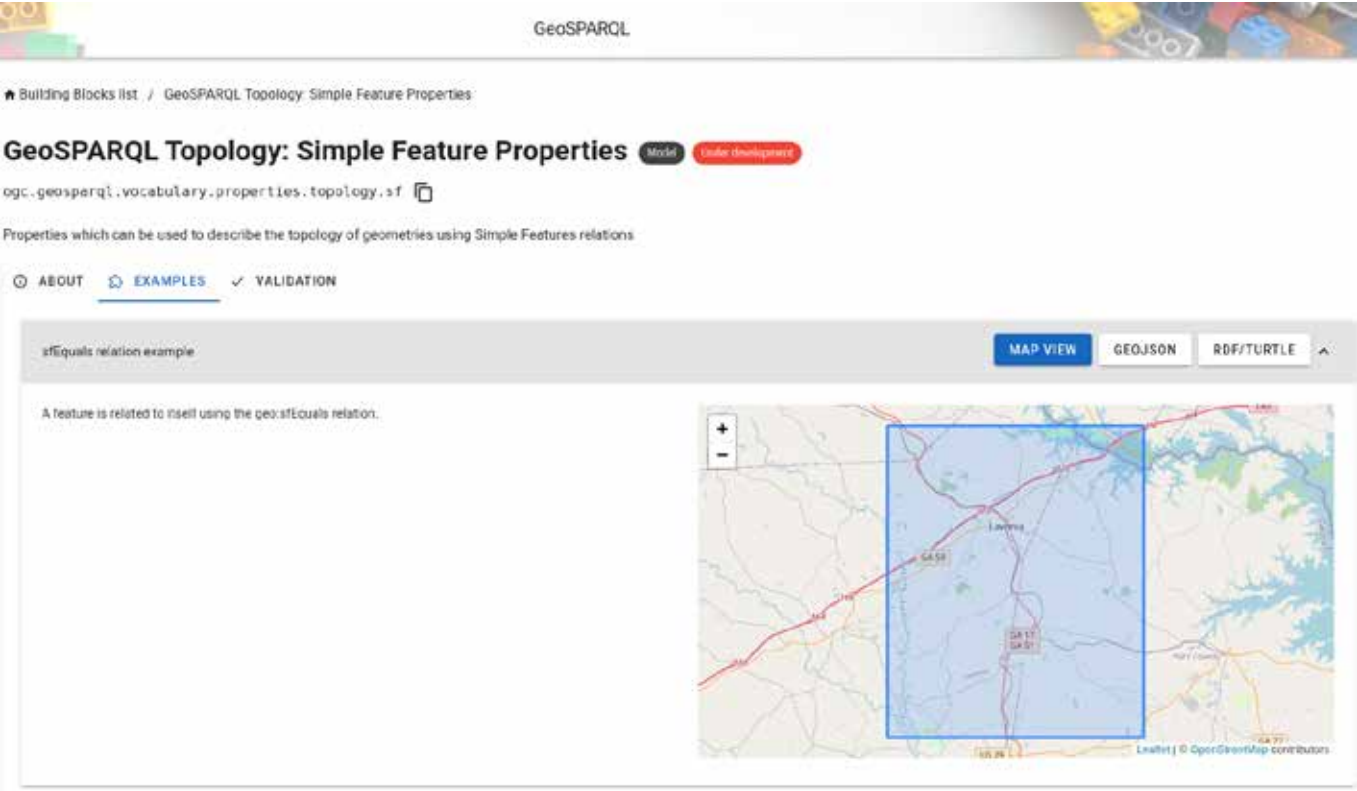
Zudem erfolgten Arbeiten an der Standardisierung des Ontologiemodells für Koordinatenreferenzsysteme (CRS Ontologie). Nach der Finalisierung des Vokabulars wird im nächsten Jahr die Spezifikation fortgeführt, Use Cases erarbeitet und die Konvertierbarkeit bereits bestehender CRS-Formate in das Ontologiemodell gezeigt. Das Ontologiemodell wurde bereits bei der IGN France einem Praxistest unterzogen.

Ausblick

Im nächsten Jahr wird die Standardisierung von GeoSPARQL 1.3 fortgesetzt und mittelfristig soll der Standard nach dem Schema der OGC Building Blocks modernisiert aufbereitet werden. Da Timo Homburg das i3mainz Ende 2025 verlassen hat, wird in zukünftigen Ausgaben dieses Jahresberichts nicht mehr über den Fortschritt in diesem Projekt berichtet werden.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/geosparql/



Screenshot:
Adoption des Building Block Frameworks für GeoSPARQL 1.1 am Beispiel der Property geo:sfEquals

Cuneiform Annotator und Keilschriftzeichenklassifikation

Zeitraum	Seit 01.08.2021
Leitung	Timo Homburg, M.Sc.
Kooperation	Jun.-Prof. Dr. Hubert Mara (Universität Halle-Wittenberg) Hameeuw Hendrik (University of Leuven) Katrien De Graef (Ghent University) Gustav Ryberg Smidt (Ghent University) Anne Goddeeris (Ghent University) Krishna Kumar Thirukokaranam Chandrasekar (Ghent University) Philipp Bullenkamp (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)

Die Performance von Machine Learning Anwendungen basiert maßgeblich auf der Qualität der Trainingsdaten, die der Machine Learning Algorithmus verarbeitet. Im Bereich der Zeichenerkennung auf Keilschrifttafeln ist die Klassifikation von Trainingsdaten abhängig, die üblicherweise von Fachwissenschaftlern erstellt werden.

Das Projekt zielt darauf ab, Tools für die Erstellung und Transformation von Annotationen auf 2D und 3D Medien bereitzustellen, Annotationsstandards für die Repräsentierung von noch nicht bestehenden Annotationstypen zu entwickeln, für den Anwendungsfall Keilschrift ein Trainingsdatenset zu erstellen und anschließend dieses für Klassifikationen zu nutzen.

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 wurden Richtlinien für die Erstellung von Annotationsformaten in 3D für eine Publikation in Zusammenarbeit mit Jan Philipp Bullenkamp konsolidiert. Diese bauten auf Erkenntnissen und Feedback aus einem Vortrag auf der virtuellen DANES-Konferenz im Dezember 2024 auf. Auch die Erkenntnissen von Paula Dicke, zu denen sie im Rahmen ihres Praxisprojekts im Masterstudiengang Digitale Methodik in den Geistes- und Kulturwissenschaften am i3mainz gelangte, flossen in die Richtlinien ein.

Fragestellungen waren hier im Speziellen, welche Selektoren im Web Annotation Data Model für die Abbildung von 3D-Annotationen am sinnvollsten sind. Teile dieser Diskussion wurden von Steffen Bauer ebenfalls auf dem NFDI4Objects Community Meeting in Bochum auf einem Treffen der 3D TWG geführt.

Ausblick

In absehbarer Zeit ist die Finalisierung der Publikation geplant. Im Anschluss sollen die Erkenntnisse in der NFDI TWG diskutiert und mittelfristig ggf. als W3C Community Standard eingereicht werden.

Da Timo Homburg das i3mainz Ende 2025 verlassen hat, wird in zukünftigen Ausgaben dieses Jahresberichts nicht mehr über den Fortschritt in diesem Projekt berichtet werden.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/cuneiform-annotator/



Screenshot:
Prototypische Implementierung eines 3D Annotators für Keilschrift für die im Projekt entwickelten 3D Annotationsformate. Programmierung durch Paula Dicke.

Intelligente Datenerfassung, Haltung und Bereitstellung innerhalb der Öffentlichen Verwaltung

Zeitraum	01.11.2019 – 31.12.2026
Leitung	Prof. Dr.-Ing. Markus Schaffert
Mitarbeit	Dr. Claire Prudhomme Dr. Jean-Jacques Ponciano
Kooperation	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)

Geodaten als Linked Data (5-Sterne-Modell) werden europäisch, etwa durch den Europäischen Geo-Wissens-Graph, vorangetrieben. Modernisierung via OGC API-Features, semantische Integration externer Quellen (Wikidata) und Qualitätssicherung zielen auf erweiterte GDI-DE: Globale Visualisierung, KI-Zugang sowie direkter Daten-/Metadaten-Zugriff mit Änderungsoptionen.

Aktivitäten 2025

Im Jahr 2025 standen umfangreiche Untersuchungen zu verschiedenen bestehenden Methoden und Standards für die Bewertung der Datenqualität im Mittelpunkt. Diese Überprüfung umfasste eine eingehende Untersuchung des Fünf-Sterne-Modells von Tim Berners-Lee, erweiterter Sternmodelle, der FAIR-Prinzipien und der Norm ISO 19115. Ziel war es, die strukturellen Vor- und Nachteile sowie die potenziellen Grenzen jedes Bewertungsrahmens klar zu identifizieren.

Diese kritische Analyse ergab, dass herkömmliche Sternmodelle oft nicht in der Lage sind, die multidimensionale Natur der Qualität von Geodaten zu erfassen. Um diese Einschränkung wirksam zu überwinden, wurde systematisch eine neuartige mnemonische Methode entwickelt. Dieser neue Ansatz gewährleistet die strikte Einhaltung sowohl der FAIR-Prinzipien als auch des Metadatenstandards ISO 19115 und bietet einen äußerst robusten Rahmen für die Bewertung komplexer räumlicher Datensätze.

Parallel zu dieser Forschungsphase wurde ein umfassender Artikel verfasst und auf der GeoEarth 2025 Konferenz in Berlin vorgestellt. Der Artikel mit dem offiziellen Titel „Enhancing Geospatial Data Integration and Completeness through Semantic Web and Linked Open Data“ (Verbesserung der Integration und Vollständigkeit von Geodaten durch Semantic Web und Linked Open Data) wendet diese theoretischen Konzepte anhand einer detaillierten Fallstudie zum Thema Radwege praktisch an.

Ausblick

Mit Blick auf die Zukunft wird das primäre Ergebnis und der Schwerpunkt für das nächste Jahr die technische Umsetzung dieser neu entwickelten Methode sein, um automatisierte Qualitätsbewertungen systematisch zu verbessern.



Weiter zum Projekt:
i3mainz.hs-mainz.de/projekte/bkgidh/

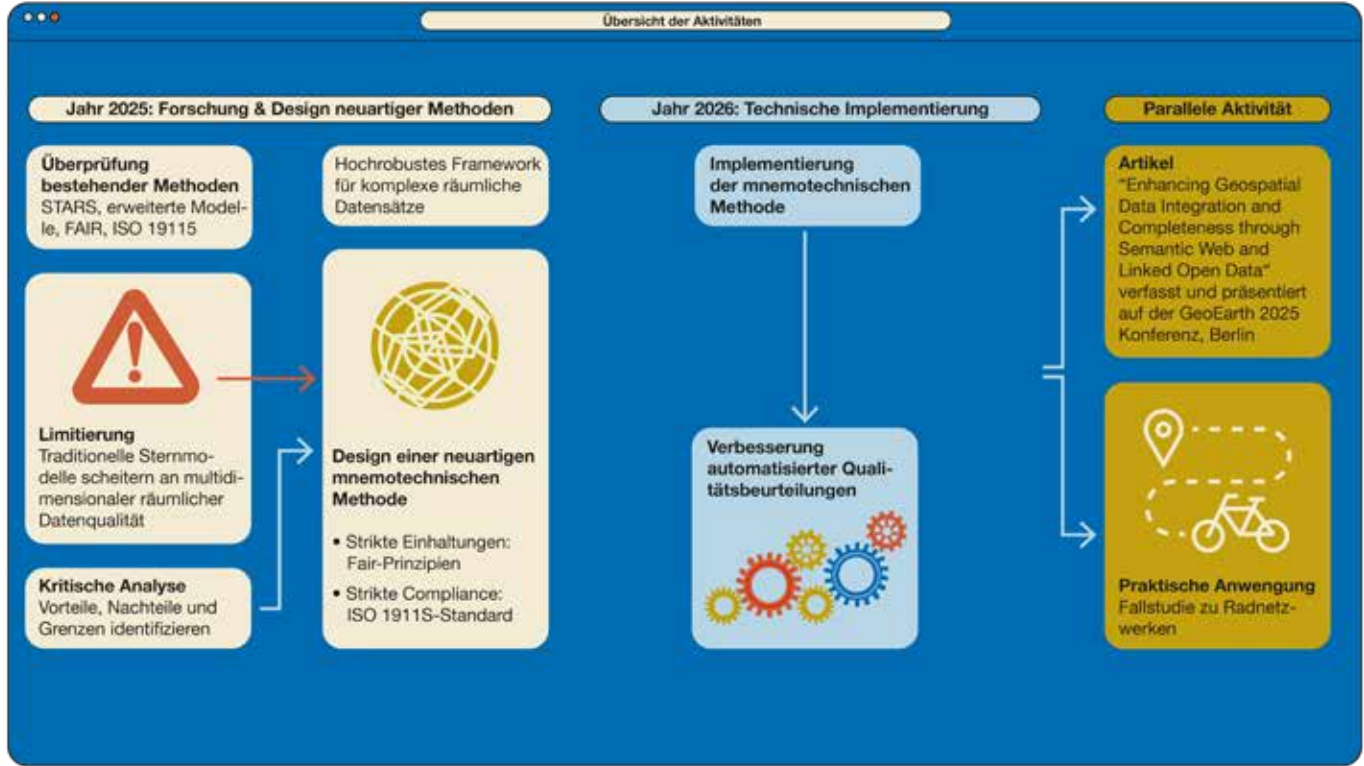


Abbildung oben:
Überblick über die Aktivitäten des Projekts « Intelligente Datenerfassung, Haltung und Bereitstellung innerhalb der Öffentlichen Verwaltung » im Jahr 2025.
Grafik: Claire Ponciano und Leo/Alexa, CC BY-SA 4.0

Ausblick

Hochschule Mainz erhält Promotionsrecht

In Rheinland-Pfalz werden 2026 erstmals eigenständige Promotionen an Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) möglich. Drei hochschulübergreifende Promotionscluster erhalten das Promotionsrecht, die Hochschule Mainz ist an zwei Clustern beteiligt: Angewandte Informatik und Nachhaltige Technik und Naturwissenschaften.

Klaus Böhm und Markus Schaffert sind Mitglieder im Cluster Angewandte Informatik. Gleichzeitig wird die bereits bestehende Möglichkeit der kooperativen Promotion weiterhin angeboten.

Hackathon #hack4GDI_DE kommt zurück

Wie bereits in den Jahren 2022 und 2024 werden i3mainz und die Fachrichtung AIGeo gemeinsam mit der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) Mitte November 2026 wieder einen Hackathon ausrichten.

Das Ziel des Hackathons wird sein, neue Anwendungsfelder für öffentliche Geodaten zu erschließen und ihre Einsatzmöglichkeiten greifbar zu machen.



Die Teilnehmenden beim #hack4GDI_DE 2024
Foto: Christopher Folz, CC BY SA 4.0

i3mainz
Institut für Raumbezogene
Informations- und Messtechnik
Hochschule Mainz

Redaktion
Nicole Vögtlin Bruhn M.A.

Gestaltung
Nicole Vögtlin Bruhn M.A.
Lea Jüngst, B.A.
Alexa Berger

Verantwortlich
Prof. Dr.-Ing. Thomas Klauer
Prof. Dr.-Ing. Markus Schaffert

Lucy-Hillebrand-Straße 2
55128 Mainz
Deutschland

E-Mail: i3mainz@hs-mainz.de
www.i3mainz.hs-mainz.de

DOI: [10.25358/openscience-15851](https://doi.org/10.25358/openscience-15851)

Der Text des Jahresbericht 2025 des i3mainz 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.