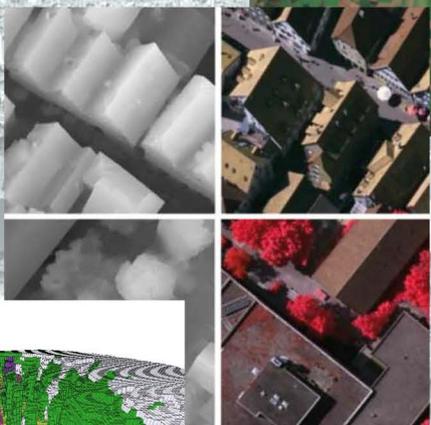




# Aktuelles aus der Fachrichtung

# 2024



Ab Seite 50 | Verschiedene Anwendungen  
von Photogrammetrie und Fernerkundung  
vor dem Hintergrund eines Hannoverschen  
Luftbildes: Details siehe Rückseite.

# Impressum

**Jahresberichtsheft Nr. 75 der  
Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover**

c/o Geodätisches Institut, Leibniz Universität Hannover  
Nienburger Str. 1  
30167 Hannover  
Tel.: +49/(0)511/ 762-2463

Internet [www.hannover-foerdert-geodaesie.de](http://www.hannover-foerdert-geodaesie.de)  
Schatzmeisterin: Frau Anette Rietdorf  
E-Mail: [schatzmeisterin@hannover-foerdert-geodaesie.de](mailto:schatzmeisterin@hannover-foerdert-geodaesie.de)

Bankverbindung:  
Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover  
IBAN: DE41 2504 0066 0301 4164 00  
BIC: COBADEFFXXX

**Bitte teilen Sie uns Ihre Email- und geänderte Post-Adresse sowie Änderungen der Kontoverbindung mit, damit der Versand der jährlichen Berichtshefte gewährleistet ist und wir Sie auch zeitnah informieren können ([schatzmeisterin@hannover-foerdert-geodaesie.de](mailto:schatzmeisterin@hannover-foerdert-geodaesie.de)).**

Zusammengestellt durch:  
Christine Bödeker (GIH), Firat Örü (IFE), Heiner Denker (IFE, Gesamtedaktion), Claudia Sander (IPI), Heike Bank (IKG)

## Rechtlicher Hinweis

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehmen wir keine Haftung für die Inhalte der Beiträge. Für den Inhalt der jeweiligen Beiträge sind ausschließlich die beteiligten Institute verantwortlich. Haftungsansprüche gegen die Gesellschaft oder die Autoren bzw. Verantwortlichen dieses Berichtsheftes für Schäden materieller oder immaterieller Art, die auf ggf. fehlerhaften oder unvollständigen Informationen und Daten beruhen, sind, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegt, ausgeschlossen.

## Urheber- und Kennzeichenrecht

Alle innerhalb des Berichtshefts genannten und ggf. durch Dritte geschützten Marken- und Warenzeichen unterliegen uneingeschränkt den Bestimmungen des jeweils gültigen Kennzeichenrechts und den Besitzrechten der jeweiligen eingetragenen Eigentümer.

Allein aufgrund der bloßen Nennung ist nicht der Schluss zu ziehen, dass Markenzeichen nicht durch Rechte Dritter geschützt sind.

Das Copyright für veröffentlichte, von der Gesellschaft zur Förderung der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik selbst erstellte Beiträge bleibt allein bei der Gesellschaft. Eine Vervielfältigung oder Verwendung solcher Grafiken, Fotos und Texte in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist ohne ausdrückliche Zustimmung der Gesellschaft nicht gestattet.

Copyright: CC BY\_NC\_ND 3.0 DE      DOI: [10.15488/18965](https://doi.org/10.15488/18965)

## Titelbild:

Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI):

Verschiedene Anwendungen von Photogrammetrie und Fernerkundung vor dem Hintergrund eines Hannoverschen Luftbildes: Schätzung von Frischbetoneigenschaften mittels Videoanalyse, semantische 3D Belegungskarte für autonomes Fahren, Ableitung digitaler Oberflächenmodelle in Städten, Landbedeckungsklassifizierung und UAV-Systeme zur schnellen Datengewinnung.

# INHALT

<b>Inhalt</b> .....	<b>1</b>
<b>Neues aus der Fachrichtung</b> .....	<b>3</b>
Sonderforschungsbereich (SFB) 1464 Relativistische und quanten-basierte Geodäsie (TerraQ) .....	3
Exzellenzcluster (EXC 2123) QuantumFrontiers: Licht und Materie an der Quantengrenze .....	5
Graduiertenkolleg GRK 2159 Integrität und Kollaboration in dynamischen Sensornetzen (i.c.sens) .....	6
75 Jahre Institut für Photogrammetrie und GeoInformation - Festveranstaltung am 11.10.2024 .....	7
Nachruf auf Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Gottfried Konecny .....	10
Dr.-Ing. Manfred Wiggenhagen im Ruhestand .....	13
Internationaler Masterabsolvent unserer Fachrichtung mit dem Sonderpreis der Victor Rizkallah-Stiftung ausgezeichnet .....	14
<b>Forschungsarbeiten</b> .....	<b>15</b>
Geodätisches Institut (GIH) .....	15
Institut für Erdmessung (IfE) .....	22
Institut für Kartographie und Geoinformatik (ikg) .....	46
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) .....	51
Dissertationen .....	60
Organisation von Workshops und Symposien .....	72
Messen und Öffentlichkeitsarbeit .....	72
<b>Aus dem Lehrbetrieb</b> .....	<b>75</b>
Bericht des Studiendekanats .....	75
Absolventenfeier der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie .....	77
Internationales .....	79
Master-, Bachelor- und Studienarbeiten .....	80
Exkursionen .....	107
Projektseminare im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik .....	115
Praxisprojekte im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik .....	123
Bachelorprojekte im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik .....	126
<b>Aus der Gesellschaft</b> .....	<b>129</b>
Bericht über die Mitgliederversammlung der Gesellschaft .....	129
Drittes Firmen-Speeddating 2024 und gemeinsamer Sommertreff mit DVW .....	136
Aufruf Bachelor-Preis 2025 der Förderergesellschaft .....	136
Aufruf Walter-Großmann-Preis 2025 der Förderergesellschaft .....	137
Verleihung des Bachelor-Preises 2023 .....	137
Verleihung des Bachelor-Preises 2024 .....	138
Gewinnung von fördernden Unternehmen .....	138
Berichte von geförderten Studierenden und Doktoranden .....	139

<b>Anhang - Personelles.....</b>	<b>145</b>
Geodätisches Institut .....	145
Institut für Erdmessung.....	148
Institut für Kartographie und Geoinformatik .....	153
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation.....	156
<b>Publikationen und Vorträge .....</b>	<b>161</b>
Geodätisches Institut .....	161
Institut für Erdmessung.....	163
Institut für Kartographie und Geoinformatik .....	168
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation.....	170
Geodätisches Kolloquium .....	176
<b>Lehrveranstaltungen .....</b>	<b>177</b>
Geodätisches Institut .....	177
Institut für Erdmessung.....	178
Institut für Kartographie und Geoinformatik .....	180
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation.....	181
<b>Honorarprofessoren und Lehrbeauftragte der Fachrichtung .....</b>	<b>183</b>

# NEUES AUS DER FACHRICHTUNG

SONDERFORSCHUNGSBEREICH (SFB) 1464 RELATIVISTISCHE UND QUANTEN-BASIERTE GEODÄSIE (TERRAQ)



Der Sonderforschungsbereich (SFB) TerraQ widmet sich seit Januar 2021 der Erforschung neuartiger Methoden zur hochpräzisen Erfassung des variablen Gravitationsfeldes der Erde. 2024 war das letzte Jahr der ersten Förderperiode, in dem auch der Fortsetzungsantrag geschrieben wurde und die Evaluation mit großem Engagement der beteiligten Wissenschaftlern stattfand. Trotz exzellenter Bewertung durch das Review-Panel wurde, unter anderem aufgrund von Haushaltszwängen, lediglich eine einjährige weitere Förderung von der DFG genehmigt.



POSTERSESSION BEI DER DFG BEGUTACHTUNG, 11. JUNI 2024

Die Wissenschaft von TerraQ konzentrierte sich im Jahr 2024 auf folgende Forschungsbereiche: Erforschung quantenbasierter Schwerfeldbestimmung auf der Erde und im Weltraum, Höhenmessung mit optischen Atomuhren, die Optimierung der verschiedenen Messkonzepte und Entwicklung zugehöriger Sensorkomponenten sowie entsprechender Analysemethoden - nicht nur für aktuelle Satellitenmissionen, sondern auch für die nächste Generation von Schwerfeldmissionen, um so die Avantgarde in der Relativistischen Geodäsie wesentlich zu unterstützen. Darüber hinaus wurde experimentelle Forschung auf dem Gebiet der Quantengravimetrie betrieben, wobei mit dem speziell angefertigten

Quantengravimeter QG-1 weitere Messungen im Labor durchgeführt wurden. Der einzigartige experimentelle Aufbau der Very Long Baseline Atom Interferometry (VLBAI), ebenfalls mit ersten erfolgreichen Messungen, erweitert die Möglichkeiten der terrestrischen Quantengravimetrie. Zudem wurde ein erstmaliger Vergleich von kommerziellen Quantengravimetern in Hannover durchgeführt, an dem Experten aus der ganzen Welt teilnahmen. Gravimetrische Messungen und die Kombination mit weiteren geodätischen Daten, wie GNSS, wurden zur Erforschung von Grundwasservariationen durchgeführt. Die Basis der erfolgreichen TerraQ-Forschung sind seine ca. 130 eng kooperierende Mitglieder, die quasi aus der ganzen Welt stammen. Die wissenschaftlichen Ergebnisse wurden vielfach publiziert und auf internationalen Konferenzen wie EGU, AGU, COSPAR, IAG-Workshops und etlichen mehr präsentiert. Darüber hinaus fand ein Austausch durch den Besuch von Gastwissenschaftlern und Mercator Fellows in Hannover statt. TerraQ setzte weiterhin die Ausbildung der Nachwuchswissenschaftler durch das interne Programm „Lecture Weeks“ fort, von denen zwei im Jahr 2024 durchgeführt wurden. Darüber hinaus wurde der Öffentlichkeit die Möglichkeit gegeben, TerraQ-Wissenschaft bei Events wie „Highlights der Physik“ im September und eine weitere Veranstaltung in der Vortragsreihe „The Changing Earth“ mit dem Titel „Von Einstein zur Atmosphäre: Relativitätstheorie und Fernerkundung in der Klimaforschung“ kennenzulernen.

Das Jahr 2025 wird nun genutzt, die erfolgreiche TerraQ-Forschung abzuschließen und sich für weitergehende Verbundforschung neu auszurichten.



THE CHANGING EARTH 2024

## EXZELLENZCLUSTER (EXC 2123) QUANTUMFRONTIERS: LICHT UND MATERIE AN DER QUANTENGRENZE

Das Cluster läuft seit 2019 und ist ein Verbund aus der LUH, der PTB und der TU Braunschweig sowie weiteren Partnern. Das Institut für Erdmessung ist an mehreren Projekten beteiligt, u.a. an der Nutzung von optischen Uhren für geodätische Anwendungen oder Tests der Relativitätstheorie aus der Analyse von Lasermessungen zum Mond.



Die Mission des Clusters QuantumFrontiers ist die Zusammenführung von Quanten- und Nano-Metrologie, um eine qualitativ neue Stufe bisher unerreichter Präzision zu erreichen, und damit unsere Erkenntnishorizonte im Größten und im Kleinsten, von der Gravitationswellenastronomie bis hin zur Manipulation von Licht und Materie an der Quantengrenze, weiter zu verschieben.

Dabei werden grundlegende Fragen adressiert: Wie präzise können wir die Welt beobachten? Wie genau können wir Klimawandel, schwarze Löcher oder den Fluss der Zeit beobachten? Die Forschenden von QuantumFrontiers nutzen Quanteneffekte, um unsere globalen Wasserressourcen vom Weltraum aus zu überwachen, Gravitationswellen zu erforschen und die präzisesten Uhren der Welt zu entwickeln. Sie verbinden Nanotechnik und Quantenphysik für sensibelste Messungen und erweitern so unser grundlegendes Verständnis der Natur.

Im November letzten Jahres war die Begutachtung des Fortsetzungsantrages, der unter dem Motto steht „Die Grenzen des Messbaren verschieben“. Die Begutachtung bei der DFG in Bonn verlief sehr gut. Am 22. Mai 2025 wird das Ergebnis verkündet. Bei erfolgreichem Votum kann die Forschung ab 2026 für weitere 7 Jahre fortgesetzt werden, mit vielen Anknüpfungspunkten für die Geodäsie, so etwa auch die Nutzung von Quantensensorik im Weltraum und auf der Erde. Für mehr Informationen siehe [www.quantumfrontiers.de/de/](http://www.quantumfrontiers.de/de/).



## GRADUIERTENKOLLEG GRK 2159 INTEGRITÄT UND KOLLABORATION IN DYNAMISCHEN SENSORNETZEN (I.C.SENS)



Research  
Training  
Group  
i.c.sens

Das Graduiertenkolleg i.c.sens wird seit Dezember 2016 von der DFG gefördert und befindet sich aktuell in der zweiten Förderphase. Der Fokus liegt auf hochaktuellen Themen, die sich mit der Integrität kollaborativ agierender Systeme in dynamischen Sensornetzen befassen. In unserer dritten Kohorte forschen neun junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie eine Postdoktorandin an diesen spannenden Themen.

Auch im Jahr 2024 gab es bedeutende Fortschritte und Ereignisse, die das Jahr prägten. Die dritte Kohorte, die wir Ende 2022 willkommen hießen, befand sich 2024 im zweiten Jahr ihrer Doktorarbeiten. Ali Karimidoona (IfE) und Jeldrik Axmann (ikg), Mitglieder der zweiten Kohorte, schlossen im letzten Jahr erfolgreich ihre Promotionen ab. Rozhin Moftizadeh, ebenfalls ehemalige Doktorandin der zweiten Kohorte, ist seit Anfang 2024 als Postdoktorandin weiterhin ein Teil des Graduiertenkollegs.



KLAUSURTAGUNG DES GRKS I.C.SENS 2024

Einer der Höhepunkte des letzten Jahres war die jährliche Klausurtagung, die am 27. und 28. Juni im Johanniterhaus Kloster Wennigsen stattfand. Die Promovierenden präsentierten in Kurzvorträgen und auf einer Postersession ihre neuesten Forschungsergebnisse. Der Rahmen der Klausurtagung bot die perfekte Gelegenheit für intensiven Austausch mit den Professorinnen und Professoren sowie Kolleginnen und Kollegen aus dem Graduiertenkolleg.

Die Gastvorträge von Prof. Charles Toth von der Ohio State University mit dem Titel "From Mobile Mapping to Autonomous Driving" und von Prof. Allison Kealy von der Swinburne University of Technology zu "Advancing Resilient Positioning, Navigation, and Timing (PNT) Solutions: The Roadmap from Classical to Quantum Sensors" lieferten wertvolle Einblicke und trugen zur Anregung neuer Forschungsfragen bei.

Wir blicken auf ein erfolgreiches Jahr zurück und danken allen Beteiligten für ihr kontinuierliches Engagement und ihren Beiträgen zu unserem Graduiertenkolleg i.c.sens.

## 75 JAHRE INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION - FESTVERANSTALTUNG AM 11.10.2024

Am 11. Oktober 2024 begrüßte Prof. Christian Heipke als amtierender Leiter des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) im ehemaligen königlichen Pferdestall der Leibniz Universität Hannover ein ca. hundertköpfiges internationales Publikum aus (ehemaligen) Mitgliedern und Studierenden, Partnerinnen und Partnern aus Wissenschaft und Industrie sowie Freundinnen und Freunden des Instituts, um dessen 75-jähriges Bestehen zu feiern. Zu diesem Anlass wurden nicht nur die erfolgreiche Geschichte des Instituts und seine umfassenden Beiträge zu Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation hervorgehoben, sondern es wurde auch das Erbe bedeutender Persönlichkeiten, die den Verlauf des Instituts prägten, geehrt. Einen bewegenden Moment der Eröffnungsrede stellte die Schweigeminute für den kürzlich verstorbenen Prof. Gottfried Konecny dar, der die Geschichte des IPI über Jahrzehnte maßgeblich gestaltete. Ein Nachruf findet sich in PFG 2024(5).

Heipke und sein Team luden zu einem Rückblick auf 75 Jahre erfolgreicher Institutsgeschichte und Entwicklung zu einem international anerkannten und vernetzten Photogrammetriestandort ein, was auch die viele Jahre zurückliegende Wahl der Sprache Englisch als Institutssprache und so auch für diese Veranstaltung erkläre.

Prof. Volker Epping, Präsident der Leibniz Universität Hannover, ordnete in einer Ansprache die Errungenschaften des Instituts im Kontext der Geschichte der Universität ein. Epping beschrieb die Rolle der Universität in der Hochschullandschaft Hannovers und betonte die Bedeutung der Geodäsie und des IPI als Teil davon. Er wies auf die internationale Vielfalt innerhalb des Instituts hin, die sich daran zeige, dass rund 40 Mitarbeitende 19 verschiedene Nationen repräsentieren, was die globale Reichweite und den Einfluss des IPI widerspiegele.



PROF. CHRISTIAN HEIPKE UND PROF. VICTOR RIZKALLAH  
(© OLE JANETZKO)

Prof. Victor Rizkallah, Gründer der Victor Rizkallah-Stiftung, hob dann in seiner Rede die Zusammenarbeit und Freundschaft in der Wissenschaft hervor. Er betonte die Bedeutung von Netzwerken, die Grenzen überschreiten, und wie solche Verbindungen die Bildung und Innovation fördern können. Es folgten mit Begrüßungsworten die IPI-Gastforscherin, Prof. Viktoriia Hnatushenko von der staatlichen ukrainischen Universität Dnipro sowie Andreas Mütterthies, Delegierter der European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL).

Mütterthies berichtete von einer langen Geschichte der Zusammenarbeit mit dem IPI und hob die Kontakte, die sich im Laufe der Jahre zwischen dem Institut und verschiedenen internationalen Organisationen entwickelten, hervor.

Die feierliche Atmosphäre der Jubiläumsfeier wurde durch eine Aufführung der internationalen Band des IPI namens "Label Noise" weiter untermalt. Dieses Ensemble spiegelt die kulturelle Vielfalt des IPI wider, indem es



AUFTRITT "LABEL NOISE" (© OLE JANETZKO)

Musizierende verschiedener musikalischer Genres zusammenbringt: von Klassik bis Rock mit internationalen Einflüssen aus Nigeria und Ecuador.

Den Vortragsblock eröffnete Prof. Uwe Sörgel, Präsident der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) und ehemaliger Professor am IPI. In seiner Präsentation bot Sörgel zwei Perspektiven auf das IPI: dessen Bedeutung als

wichtige Säule der DGPF und seine persönlichen Gedanken und Erinnerungen zur Entwicklung des Instituts. Er vollzog die Ursprünge der Photogrammetrie in Hannover nach und diskutierte die entscheidende Rolle der frühen Jahre des Instituts unter der Leitung von Prof. Gerhard Lehmann. Sörgel beschrieb dann insbesondere das „Goldene Zeitalter“ der Photogrammetrie in den 70er bis 90er Jahren, geprägt durch die Führung von Prof. Konecny, und betonte, wie Schlüsselfiguren wie die Professoren Ackermann und Konecny gemeinsam erfolgreich die DGPF und die Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS) voranbrachten.

Nicolas Paparoditis, Vizepräsident der ISPRS, stellte eine ergänzende Perspektive aus internationaler Sicht vor. Er hob die Rolle der Geoinformation bei der Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Nationen hervor und zeigte umfangreiche Beispiele der Aktivitäten des Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Paparoditis betonte insbesondere die Bedeutung von Forschungs- und akademischen Partnerschaften zur Förderung der Geoinformation weltweit.

Nach einer Kaffeepause mit regem Austausch der Teilnehmenden wechselte die Veranstaltung in eine Sitzung, die sich auf aktuelle Forschungsthemen am IPI konzentrierte. Bevor jedoch die aktuellen Arbeiten der IPI-lerinnen und IPI-ler gewürdigt wurden, erlebten die Teilnehmenden erneut die Internationalität der Institutsangehörigen durch eine Aufführung traditioneller und moderner indischer Tänze.

Max Mehlretter referierte anschließend zu "Semantic Scene Understanding from Image Sequences". Sein Vortrag konzentrierte sich auf die Analyse dynamischer Objekte und die komplexen Wechselwirkungen räumlicher, zeitlicher und semantischer Beziehungen in 3D-Umgebungen. Er beschrieb die aktuellen Herausforderungen in diesem Bereich, einschließlich des Umgangs mit dynamischen Szenen, der Rekonstruktion nicht abgebildeter Objektteile und der Berücksichtigung von Unsicherheiten in sowohl Eingabe- als auch Ausgabedaten neuronaler Netze.

Es folgte Mareike Dorozynski zum Thema "Empowering a Sustainable Future". Sie erläuterte, wie Geoinformation eine entscheidende Rolle beim Monitoring von Umweltveränderungen und als Beitrag zu Nachhaltigkeitsinitiativen spielt. Sie schlug die Brücke zu dafür nötigen interdisziplinären Ansätzen und betonte die sich daraus ergebende Notwendigkeit für Expertinnen und Experten aus Geodäsie und Geoinformation, sich an gemeinsamer Forschung zu beteiligen. Sie präsentierte aktuelle Projekte des IPI, darunter die Vorhersage von

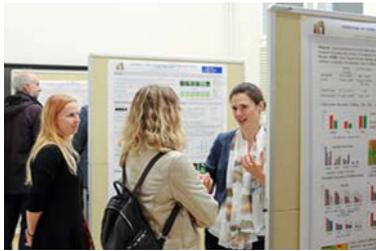
Waldschäden und die multi-temporale Klassifizierung der Landnutzung, die alle zu einer nachhaltigen Zukunft beitragen können.



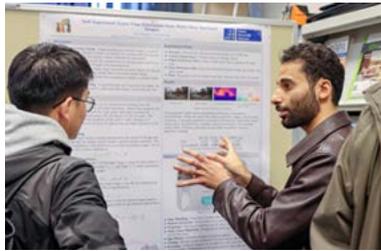
VORTRAG VON MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI  
(© OLE JANETZKO)

Mahmud Haghshenas Haghighi schloss die Forschungspräsentationen mit Erkenntnissen aus zehn Jahren Sentinel-1-Daten ab. Sein Vortrag konzentrierte sich auf die Fortschritte in der Überwachung von Georisiken und ingenieurtechnischen Anwendungen. Er unterstrich die Bedeutung langfristig erfasster und verfügbarer Daten für die Analyse von Zeitreihen, zeigte landesweite Auswertungen zu Bodenbewegungen am Beispiel des Iran und konnte die Teilnehmenden der Veranstaltung mit dem Nachweis sehr geringer

Deformationsraten am Campus der Leibniz Universität beruhigen. All diejenigen, die an der Veranstaltung nicht persönlich teilnehmen konnten, finden Videos der Vorträge inkl. Folien auf <https://www.ipi.uni-hannover.de/de/institut/ueber-uns/75-jahre-institut-fuer-photogrammetrie-und-geoinformation>.



POSTERSESSION AM IPI (© OLE JANETZKO)



POSTERSESSION AM IPI (© OLE JANETZKO)

Nach den Forschungspräsentationen waren die Teilnehmenden eingeladen, das Institut zu besichtigen, wo sie die Gelegenheit hatten, im Rahmen einer Posterausstellung die vielfältigen Tätigkeitsfelder des IPI mit den Mitarbeitenden zu diskutieren und sich untereinander auszutauschen. Zu den Arbeiten des IPI sei auch auf die Jubiläumsausgabe der PFG 2024(5) verwiesen.



BUFFET (© OLE JANETZKO)



COME-TOGETHER AM ABEND (© OLE JANETZKO)

Die Feierlichkeiten wurden am Abend im ehemaligen königlichen Pferdestall fortgesetzt, wo die Teilnehmenden ein köstliches Buffet erwartete. Hier wurde der Austausch der Teilnehmenden untereinander fortgeführt, alte Kontakte aufgefrischt und neue geknüpft sowie gemeinsame Erfahrungen und Errungenschaften gefeiert - auch auf der Tanzfläche bis tief in die Nacht. Diese Jubiläumsfeier wird vielen in Erinnerung bleiben und nachwirken. Das Erlebte lädt dazu ein, die Erfolge des IPI in die Zukunft zu tragen und daran anzuknüpfen.

Jakob Unger, Hannover

## NACHRUF AUF PROF. DR.-ING. DR. H.C. MULT. GOTTFRIED KONECNY



Prof. Gottfried Konecny, der ehemalige Leiter des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation der Leibniz Universität Hannover, ist am Donnerstag, den 25. Juli 2024, im Alter von 94 Jahren friedlich eingeschlafen. Mit ihm verliert die Photogrammetrie und Fernerkundung einen weltweit hoch geachteten und bis ins hohe Alter unermüdlich aktiven, brillanten Wissenschaftler und Wissenschaftsmanager.

Gottfried Konecny war ein Visionär, der sein Fachgebiet in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts weltweit maßgeblich geprägt hat und der als europäischer Vater der Fernerkundung gilt. In seinem beruflichen Leben ging es von Anfang an um die nachhaltige Entwicklung unseres Lebensraumes. Gottfried Konecny war daneben auch Praktiker, Manager und Diplomat, der seine Visionen zielstrebig und mit viel Fingerspitzengefühl umzusetzen vermochte. Das visionäre Abstecken großer Ziele, zusammen mit der Fähigkeit zur Erreichung dieser Ziele, sind wohl das Fundament seiner großen Erfolge.

Gottfried Konecny wurde am 17. Juni 1930 als Kind deutscher Eltern in Troppau geboren, einem ursprünglich mährischen Städtchen mit wechselvoller Geschichte und damals ca. 30.000 Einwohnern, heute Teil der Tschechischen Republik. Seine Jugend in dieser mehrsprachigen Gegend war bestimmt von den Ereignissen vor und während des Zweiten Weltkrieges, gefolgt von Flucht und Vertreibung. Nach dem Krieg fand die Familie in Neumarkt in der Oberpfalz eine neue Heimat. Schon während der Schulzeit machte Gottfried Konecny erste Bekanntschaft mit dem Vermessungswesen, zuerst 1945/46 als Messgehilfe noch in Troppau, danach 1946-1948 am Stadtvermessungsamt in Neumarkt. Nach dem Schulabschluss 1950 folgte das Studium des Vermessungswesens an der Technischen Universität München. Angeregt durch den damaligen Professor für Photogrammetrie, Richard Finsterwalder, ging er, ausgestattet mit einem Fulbright-Stipendium, 1954 an die Ohio State University in Columbus. In den USA kam es zu der für Konecny prägenden Begegnung mit Prof. Fred Doyle, der dort u. a. analytische Photogrammetrie lehrte, auch Prof. Heiskanen zählte zu seinen Lehrern. 1956 erwarb er den Master of Science und kehrte dann nach München zurück, um ein Jahr später die Diplomprüfung abzulegen. Danach holte Prof. Finsterwalder ihn als Assistent an das Institut für Photogrammetrie und Kartographie, wo er 1959 mit der Dissertation „Aerotriangulation mit Konvergentaufnahmen“ promovierte. Das Messverfahren hat sich damals zwar nicht durchgesetzt, aber die Beschreibung und wissenschaftliche Bewertung des Verfahrens durch Konecny erfuhr in der Photogrammetrie großes Interesse<sup>[1]</sup>. Heute spielen Konvergentaufnahmen, die mit Pentakameras gewonnen werden, für die Auswertung urbaner Gebiete eine wichtige Rolle.

Nach der Promotion zog es Konecny als Assistent Professor an die University of New Brunswick (UNB) in Fredericton. Er war wesentlich am

<sup>1</sup>A. Schödlbauer, 2024, persönliche Mitteilung.

Aufbau des ersten englischsprachigen Studienganges im Vermessungswesen in Kanada beteiligt, den er von 1966 an als Full Professor leitete. Bei seinem Abschied war aus den bescheidenen Anfängen eine der weltweit besten Adressen im Vermessungswesen geworden. 1971 kehrte er nach Deutschland zurück und übernahm bis zu seiner Emeritierung 1998 die Leitung des damaligen Instituts für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen (IPI – heute Institut für Photogrammetrie und GeoInformation) der Universität Hannover (heute Leibniz Universität Hannover). Er führte das Institut im nordamerikanischen Stil, international ausgerichtet und auf eine eher lockere, von Vertrauen, Respekt und Toleranz gegenüber seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern geprägte Art und Weise. Auch nach seiner Emeritierung stellte er seine Arbeitskraft bis ins hohe Alter in den Dienst des Instituts und stand mir als Nachfolger stets als erfahrener Ratgeber zur Seite.

Bereits früh wurde Konecny klar, dass die topographische Datenerfassung und -aktualisierung eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Entwicklung unseres Lebensraumes ist, und dass sie in einem akzeptablen Zeit- und Kostenrahmen nur vom Weltraum aus gelingen kann. Vor diesem Hintergrund ergaben sich sowohl Konecnys methodische Arbeitsgebiete – genannt sei stellvertretend die digitale Bildverarbeitung – als auch die von ihm forcierten instrumentellen Entwicklungen. So verfügte das IPI bereits kurz nach seiner Ankunft in Hannover über den ersten analytischen Plotter in Deutschland. Zu erwähnen ist auch die Entwicklung des digitalen Korrelators zusammen mit dem Kanadier Gilbert Hobrough; dieser Korrelator war bereits Ende der 70er Jahre in der Lage, automatisch digitale Geländemodelle zu erzeugen. Daneben wurde Konecny zum Principal Investigator der Metric Camera berufen, der weltweit ersten photogrammetrischen Weltraumkamera, die 1983 auf dem NASA Space Shuttle flog. Mit Hilfe dieser Mission konnte er den Wert der Weltraumbilder für topographische Anwendungen experimentell nachweisen. Parallel dazu war er über lange Jahre Sprecher des von der DFG geförderten Sonderforschungsbereichs „Fernerkundungsverfahren an Küsten und Meeren“. Später entwickelte das Institut die weltweit erste digitale photogrammetrische Arbeitsstation, die 1987 auf der Hannover Messe vorgestellt wurde. Bereits 1980 übernahm Konecny zudem die wissenschaftliche Betreuung des Aufbaus eines digitalen Katasters für den gesamten Staat Kuwait, später war er in ähnlichen Projekten in Dubai und Saudi-Arabien tätig.

Das wissenschaftliche Werk von Gottfried Konecny lässt sich auch anders darstellen: Unzählige Publikationen tragen seinen Namen und allein in seiner hannoverschen Zeit hat er 47 Dissertationen und zwei Habilitationen betreut. Damit trug er wesentlich zum wissenschaftlichen Fortschritt und gleichzeitig zu einem Wissenstransfer in die Praxis bei.

Als Wissenschaftsmanager war Konecny ebenso erfolgreich. Von 1972-1976 war er Präsident der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (DGPF), von 1993-1997 Vorsitzender der European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL). Höhepunkte seines Wirkens als Wissenschaftsmanager waren zweifellos der unter seiner Leitung 1980 in Hamburg organisierte Weltkongress der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung

(ISPRS – zu dem Zeitpunkt wurde der von ihm eingebrachte Zusatz „und Fernerkundung“ beschlossen) sowie seine ISPRS Präsidentschaft 1984-1988. Grundlage dieser erfolgreichen Aktivitäten war eine auf Vertrauen aufbauende persönliche Beziehung zu den Kollegen und Gesprächspartnern, in der Verständnis für die Belange des anderen und das Bemühen um Konsens wichtiger waren als formelle und formale Fragen. Aus diesen Begegnungen erwuchs über die Jahre ein äußerst tragfähiges Netzwerk an Beziehungen, das ihm viele Türen öffnete, die anderen verschlossen blieben.

Auch dem Bereich des Wissenschaftstransfers widmete sich Konecny mit der ihm eigenen Energie. So hat er eine Vielzahl bilateraler Kooperationen mit Universitäten aus aller Welt gepflegt. Fortbildungskurse, die so genannten Caravan Workshops, führten Gruppen des IPI mit Konecny an der Spitze in alle Ecken der Erde. Ergebnisse der Reisen flossen immer wieder in die Lehrveranstaltungen in Hannover ein, die auf diese Art stets aktuell und natürlich international ausgerichtet waren.

Als Zeichen der Anerkennung seiner vielfältigen Leistungen wurden Prof. Konecny eine große Anzahl hochrangiger Ehrungen zuteil. So wurde ihm 1990 das Bundesverdienstkreuz erster Klasse verliehen, daneben erhielt er Ehrendoktorwürden von der Nationalen Universität Tucuman, der University of New Brunswick, der Anna University sowie der Moskauer Staatsuniversität für Geodäsie und Kartographie und Ehrenprofessuren der Universität Wuhan und der Sibirischen Staatsuniversität für Geosysteme und Technologien in Novosibirsk. Konecny war seit 1992 auch Ehrenmitglied u.a. der ISPRS und der DGPF.

Möglich gemacht haben all diese Erfolge seine hohe Intelligenz, seine schnelle Auffassungsgabe, sein sprichwörtliches Gedächtnis und das Gespür für das Wesentliche, gepaart mit Menschlichkeit, enormem Fleiß sowie eisernem Willen und Selbstdisziplin. Visionärer Überblick und Globalität im Denken bei gleichzeitiger Großzügigkeit im Detail, Zielstrebigkeit und Überzeugungskraft im Großen und Gelassenheit im Kleinen, breit gefächerte Neugier gepaart mit Verständnis und Interesse an Geschichte und Traditionen, Fingerspitzengefühl, Diplomatie und Respekt vor Menschen an sich und eine gehörige Portion Humor sind die Eigenschaften, die Gottfried Konecny sein gesamtes berufliches Leben lang charakterisiert haben. Kraft für diese Leistungen hat er ganz wesentlich im privaten Bereich gefunden, bei seiner im letzten Jahr verstorbenen Frau, mit der er seit über 50 Jahren verheiratet war, sowie bei seinen Kindern und Enkelkindern.

Mit seinem Tod haben wir einen exzellenten Wissenschaftler und außergewöhnlichen Menschen und Menschenfreund verloren. Unsere Gedanken sind bei seinen Kindern und seiner Familie.

Christian Heipke

## DR.-ING. MANFRED WIGGENHAGEN IM RUHESTAND

### REDE ANLÄSSLICH DER VERABSCHIEDUNG VON MANFRED WIGGENHAGEN

Lieber Manfred,

irgendwann musste es ja so weit kommen – nach 37,5 (!) Berufsjahren am IPI steht Dein Abschied vor der Tür, er wird – kein Aprilscherz – am 01.04.2024 Wirklichkeit. So ganz glauben können wir es noch nicht, dass Du dann nicht mehr aktiver IPlaner bist, aber wir werden uns wohl oder übel alle daran gewöhnen müssen.



Angefangen hat Deine Karriere in der Wissenschaft im November 1986 in der Radarfernerkundung. Während der nächsten Jahre hast Du Dich dann in praktisch allen Bereichen des IPI in Forschung und Lehre eingebracht. Beispiele sind eLearning (in dem Bereich erschien bereits 1993 Deine Dissertation

mit dem Titel „Entwicklung und Einsatz eines Informations- und Lehrsystems im Bereich der Photogrammetrie und digitalen Bildverarbeitung“), GIS (unter anderem das Studentenprojekt zusammen mit der Feuerwehr Hannover, dessen Ergebnisse ich noch heute in der Vorlesung nutze), und in den letzten 25 Jahren natürlich die Nahbereichsphotogrammetrie, die dann irgendwann 3D Messtechnik hieß, mit vielen spannenden und öffentlichkeitswirksamen Projekten. Daneben konnten wir immer auf Dich zählen, wenn es um die Lehre ging – von der Geodäsie für Bauingenieure mit gerne mal 300 und mehr Studierenden über die Bildverarbeitung bis zur Programmierung und vielen weiteren Fächern.

Erwähnen möchte ich auch Dein Engagement für das Institut auf den verschiedensten Ebenen innerhalb und außerhalb der Universität. Du warst Dir für keine Aufgabe zu schade und hast alle mit Bedacht, Wissen und großer Weitsicht bewältigt. Von den heutigen IPlanern wissen wahrscheinlich nur noch wenige, dass Du über lange Jahre Schriftleiter der DGPF warst. In dem Zusammenhang waren immer PFG-Hefte übrig, die wir im Institut verschenkt und so die Mitgliederzahl der DGPF erhöht haben. Als Raumbeauftragter hast Du den Architekten geduldig erklärt, wie man einen Raum kreativ plant (und wie nicht), dazu fällt mir z.B. der 2. Ausgang des i.c.sens Raums oder die Zwischendecke in der Galerie ein. Andererseits hast Du uns (und insbesondere mir) als Sicherheitsbeauftragter klargemacht, was eben nicht geht. Und es wurde nicht nur geredet, die Umsetzung war Deine Sache auch. So habe ich Dich mehrfach im Blaumann mit der Bohrmaschine oder dem LötKolben in der Hand gesehen, wenn wieder mal irgendwo Not am Mann war. Über die diversen Pirouetten im Zusammenhang mit Hiwi-Verträgen und Deine Aktivitäten zum Management unserer Finanzen will ich gar nicht reden ...

Was bleibt? Zum einen die Erinnerung an Dich als jemanden, der immer erst den Menschen und dann die Arbeit gesehen hat, der immer für andere da war, und eine beispielhafte Loyalität dem Institut und auch mir persönlich gegenüber gezeigt hat. Du warst es z.B., der mir das Institut aufschloss, als ich meinen Schlüssel im Schloss der Bibliothek stecken gelassen hatte und

die Glastür des Instituts zufiel – abends um 21 Uhr. Und Du warst es auch, der viele der „schwierigen“ Studierenden in ihren Abschlussarbeiten betreut hat. Du hast es verstanden, sie ins Ziel zu bringen, auch wenn ich nicht mehr weiterwusste. Das habe ich Dir immer sehr hoch angerechnet.

Dafür und für alles andere sage ich, auch im Namen des IPI, ganz herzlichen Dank und wünsche Dir nur das Allerbeste für die Zukunft!

Aber die Erinnerung ist ja nicht alles – Du bleibst ja noch ein Weilchen bei uns, behältst Deinen Raum und wirst die Bauingenieure erst mal weiter betreuen – auch dafür herzlichen Dank!

Christian Heipke

## INTERNATIONALER MASTERABSOLVENT UNSERER FACHRICHTUNG MIT DEM SONDERPREIS DER VICTOR RIZKALLAH-STIFTUNG AUSGEZEICHNET



DER PREISTRÄGER (LINKS) MIT DEM DEKAN  
PROF. HEIPKE

In bewährter Tradition hat die Victor Rizkallah-Stiftung auch für das Jahr 2023 einen Sonderpreis für die besten internationalen Studierenden der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik ausgelobt. Damit würdigt die Stiftung die oft erheblichen zusätzlichen Anstrengungen, die diese Gruppe Studierender bewältigen muss, um das Studium erfolgreich abschließen zu können.

Für das Kalenderjahr 2023 wurde Herr Aswin Lal, M.Sc., ausgezeichnet, der sein Examen mit hervorragenden Leistungen abschloss. Er erhielt den mit 250,- € dotierten Preis im Sommer 2024

im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums aus den Händen des Dekans unserer Fakultät, Prof. Christian Heipke, der die Ehrung in Vertretung des Stifters Prof. Victor Rizkallah vornahm.

# FORSCHUNGSARBEITEN

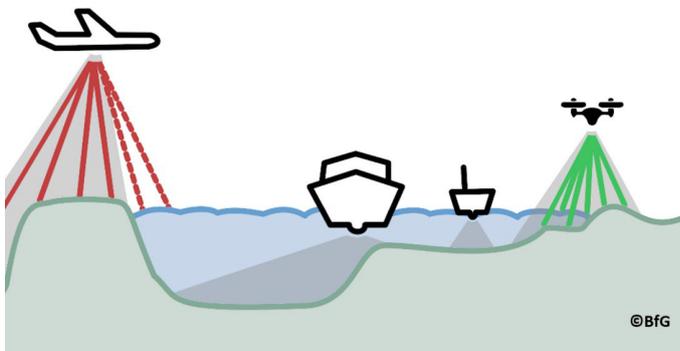
GEODÄTISCHES INSTITUT (GIH)

MESSSYSTEMANALYSE UND MODELLBASIERTE SENSORFUSION FÜR DAS HYDROGRAPHISCHE WASSERWECHSELZONENMONITORING MITTELS UNBEMANNTER TRÄGERSYSTEME (WAMUT) (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, BAHAREH MOHAMMADIVOJDAN, FREDERIC HAKE, INGO NEUMANN, HAMZA ALKHATIB,)

The aim of the project was the consistent, quality assured acquisition and modelling of bathymetric data related to water exchange and shallow water areas. The goal was to improve the quality of digital bathymetric models (DBM) related to waterways, which is specifically important for navigational safety.

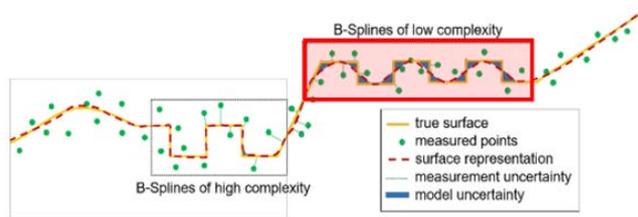
In recent years, the use of unmanned sensor platforms - mainly unmanned aerial vehicles (UAVs) and unmanned surface vessels (USVs) has gained attention. These measurement systems are to be validated in the WaMUT project and, based on this, a quality-assured, integrated measurement program is to be created in order to acquire reliable DBMs for shallow waters and water exchange zones. The innovation of this research project lies in development of a data processing and evaluation concept for DBM production, as well as models for the description of the stochastic characteristics of the measuring systems.

The project was concluded in three phases. In the first phase, the inhomogeneous data were preprocessed to detect outliers and prepare the data for the second phase. An advanced outlier detection algorithm was developed to handle the inherent data irregularities effectively. The second phase was focused on the mathematical modeling of bathymetric point clouds as surfaces. Various approaches, including B-spline, multilevel B-spline, and truncated B-spline models, were investigated to identify optimal methods of DBM generation. Additionally, the project addressed the critical issue of uncertainty in bathymetric measurements. A simulation environment was developed to simulate echo sounder measurements. This environment not only provided a robust framework for analyzing measurement reliability but also serves as a valuable tool for future investigations into bathymetric data uncertainty.



## DEFORMATION ANALYSIS ON TERRESTRIAL LASER SCANNER MEASUREMENT (TLS-DEFO): SURFACE APPROXIMATION UNCERTAINTY (DFG, JAN HARTMANN, INGO NEUMANN)

Um das volle Potenzial etablierter oberflächenbasierter Messverfahren wie dem terrestrischen Laserscanning (TLS) bei der Deformationsanalyse zu nutzen, ist eine kontinuierliche lokale und globale Modellierung der überwachten Oberfläche erforderlich. Dieses Projekt konzentriert sich auf die Untersuchung der Interaktion zwischen Mess- und Modellunsicherheit im Zusammenhang mit der Modellauswahl. Dabei soll die „surface approximation uncertainty“ alle Unsicherheiten zusammenfassen, die in der Oberfläche Approximation auftreten. Die Unsicherheiten und die Modellwahl sind eng miteinander verbunden, da die Höhe der Modellunsicherheit direkt von der Wechselwirkung zwischen der Komplexität des gemessenen Objekts, wie Rauheit und scharfe Kanten, und der räumlichen Dichte der Messpunkte über das Objekt beeinflusst wird.

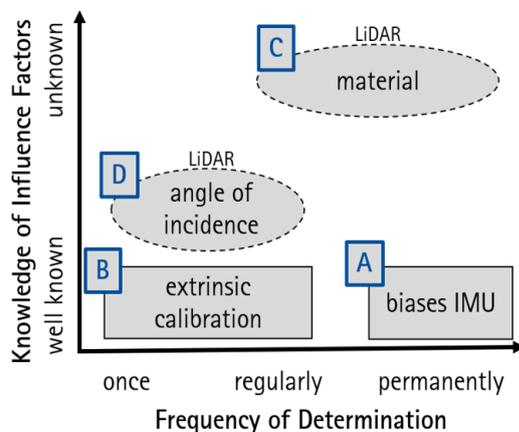


DEFINITION MESS- UND MODELLUNSICHERHEIT

Um dies zu berücksichtigen, unterscheidet das Projekt zwischen drei Unterthemen: TLS-Unsicherheitsbudget, Modellunsicherheit und die Anwendung der fraktalen Geometrie als methodisches Werkzeug zur Verbindung der Unsicherheiten.

## UNSICHERHEITSMODELLIERUNG VON KINEMATISCHEN LiDAR-BASIERTEN MULTI-SENSOR-SYSTEMEN (DFG, DOMINIK ERNST, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

LiDAR-Sensoren erfassen 3D-Punktwolken der Umgebung und ergänzen damit andere Sensoren, wie Kameras. Die resultierenden Punktwolken unterstützen Lokalisierung und Objekterkennung, wobei qualitätsgesicherte Informationen essentiell sind, um Sicherheitsaspekten gerecht zu werden.



KLASSIFIKATION DER UNTERSCHIEDLICHEN EINFLUSSFAKTOREN NACH WISSEN ÜBER DEN MATHEMATISCHEN ZUSAMMENHANG UND DIE ZEITLICHE STABILITÄT

Dieses Forschungsprojekt untersucht die Unsicherheitsmodellierung in LiDAR-basierten Multi-Sensor-Systemen, um durch präzise Unsicherheitsangaben konsistente Ergebnisse bei der Datenfusion zu erreichen. Die Schwerpunkte sind konsistente Kalibrierung, Prozessierungskette und Schätzung systematischer Abweichungen. Dabei werden die unterschiedlichen Einflussfaktoren gruppiert und entsprechend ihrer Eigenschaften mit unterschiedlichen Methoden bestimmt.

Diese Forschung wird von der DFG im Graduiertenkolleg i.c.sens (RTG 2159) unterstützt.

## GEOLOKALISIERUNG VON UAVS MIT KAMERA-LIDAR-AIDED INERTIALNAVIGATIONS-SYSTEM (ARMAN KHAMI, SÖREN VOGEL, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

Das Hauptziel dieses Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines innovativen Ansatzes zur Überwindung der Einschränkungen des globalen Satellitennavigationssystems (GNSS) bei der Geolokalisierung unbemannter Luftfahrzeuge (UAVs) in Umgebungen, in denen GNSS nicht verfügbar ist. Die vorgeschlagene Methode nutzt eine eng gekoppelte Integration von Kamera-LiDAR-Daten zur Unterstützung des Inertialnavigationssystems (INS), um die Positionsgenauigkeit und Zuverlässigkeit zu verbessern. Unsere Lösung nutzt die Informationen eines verallgemeinerten 3D-Stadtmodells und stellt damit eine kostengünstige und leichtgewichtige Alternative zu herkömmlichen GNSS/INS-Positionierungsmethoden dar.

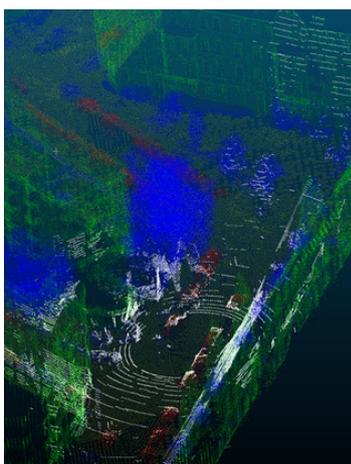


UMGEBUNG AUS SICHT DER UAV-KAMERAS

Der Hauptbeitrag dieser Forschung liegt in der Fusion von LiDAR- und Kameradaten mit der Inertialen Messeinheit (IMU) des UAV, wodurch eine voneinander abhängige Sensoreinheit entsteht, die genaue und präzise Positionsschätzungen liefern

kann. Zusätzlich muss der Umgang mit den systematischen Abweichungen dieser 3D-Stadtmodelle von der Realität, einschließlich lagebezogener Fehler oder Vereinfachungen des Modells, die aus Generalisierungen resultieren und deren Einfluss auf die geschätzte Position, untersucht werden.

## ENTWICKLUNG EINES KOLLABORATIVEN, ROBUSTEN PARTIKELFILTERS FÜR ZUSTANDSSCHÄTZUNG MIT STOCHASTISCHEN UND GRÖßENBASIERTEN UNSICHERHEITEN IN SENSORNETZWERKENS (DFG, MARVIN SCHERFF, HAMZA ALKHATIB)



KI SELEKTIERTE PUNKTE EINER LIDAR-PUNKTWOLKE IN WEIß. DIE MODELLIERTE UMGEBUNG IST DURCH EINE EINGEFÄRBTE TERRESTRISCHE PUNKTWOLKE DARGESTELLT (BLAU: FILTER IGNORIERT PUNKTE, GRÜN: GEBÄUDE, GELB: BODEN, ROT: FAHRZEUGE).

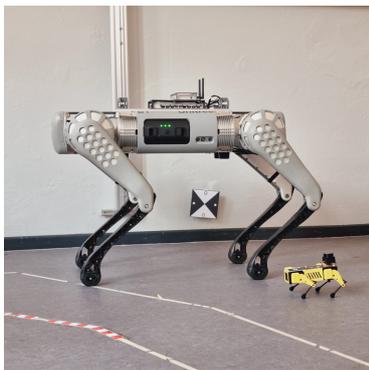
Die Realisierung des autonomen Fahrens erfordert eine besonders präzise Lokalisierung. Für dieses Forschungsthema wird ein LiDAR-basiertes Multisensorsystem genutzt, welches in städtischen Gebieten mithilfe eines detaillierten Modells, bestehend aus Gebäuden und Straßenverläufen, sowie eines fortschrittlichen Partikelfilters präzise georeferenziert wird. Dieses Stadtmodell ermöglicht eine Positionierung mit einer Genauigkeit im Dezimeterbereich, bringt jedoch einen erheblich höheren Rechenaufwand im Vergleich zu häufig verwendeten, stark vereinfachten LoD2-Modellen mit sich. Um dieser Herausforderung zu begegnen, wird ein KI-gestützter Ansatz entwickelt, der semantische Informationen aus der LiDAR-Punktwolke extrahiert und die für die Lokalisierung relevantesten Punkte selektiert. Darüber hinaus wird der Einfluss kamerabasierter Kollaboration zwischen Fahrzeugen untersucht, wobei ein Austausch von Positions- und Orientierungsinformationen vorausgesetzt wird. Diese Forschung wird von der DFG im Graduiertenkolleg i.c.sens (RTG 2159) unterstützt.

## QUALITY CONTROL OF BUILDING COMPONENTS USING QUADRUPEDAL ROBOTS IN CHALLENGING ENVIRONMENTS (DFG, ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

To prevent financial losses and ensure safety, monitoring the progress of manufacturing and infrastructure construction is essential. Traditionally, inspectors have performed this task by periodically measuring key components manually. However, this method is not only time-consuming and costly but can also pose safety risks, especially in hazardous or hard-to-reach environments. In recent years, remote sensing technologies, such as cameras and laser scanners, have replaced manual inspections, delivering substantial improvements in time, cost, and safety.

The long-term goal of this project is to employ a quadruped robot in challenging and dynamic environments to control the quality of building components. Achieving this objective requires addressing four key areas:

- 1. Autonomous Navigation:** The robot must be capable of navigating its environment autonomously. This involves solving challenges related to localization and path planning.
- 2. Data Validation and Integrity Check:** It is essential to evaluate the reliability of the collected data and ensure its completeness. This means verifying that the data adequately represents the objects of interest.
- 3. Object Detection and Motion Analysis:** This phase focuses on handling movements within the environment and understanding their impact on the robot's navigation and collected data.
- 4. Model Comparison and Deviation Analysis:** The final step involves comparing the as-built model with the as-planned model to detect any deviations.



The current project focuses on the first area, the “Autonomous Navigation”. The aim is to design a particle filter-based framework tailored to the unique characteristics of a quadruped robot. This framework will ensure navigation that is not only accurate but also efficient.

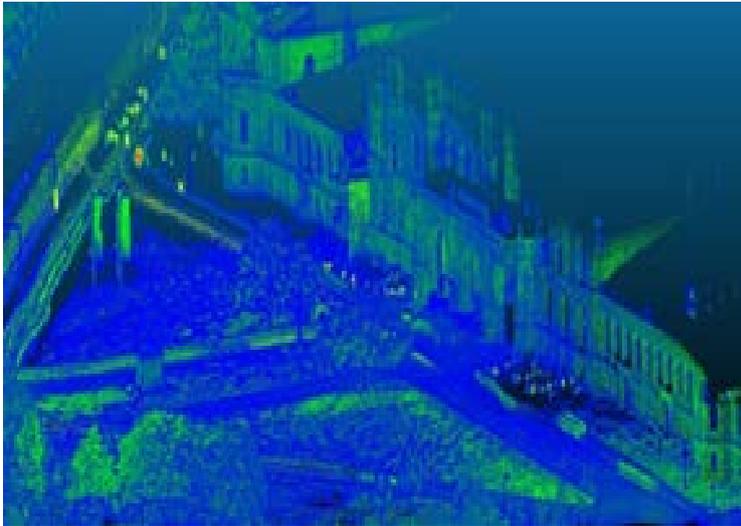
UNITREE B1 ROBOT ALONGSIDE ITS SMALLER COUNTERPART, SHOWCASING THE SCALE OF THIS ADVANCED QUADRUPED PLATFORM.

DEVELOPMENT OF A ROBUST POSITIONING SYSTEM FOR AUTONOMOUS VEHICLES BASED ON COLLECTED ENVIRONMENTAL INFORMATION AND GNSS/IMU DATA (AUTOMAP)  
(MOHAMAD WAHBAH, ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB)

Global pose estimation is an essential component in the advancement of autonomous driving technology. Although Global Navigation Satellite Systems (GNSS) initially appear to be the ideal solution, they often experience signal blockage and interference, compromising their reliability in urban settings. This project seeks to develop a real-time positioning system that is highly accurate (<10 cm) especially in densely populated urban environments.

We rely on a state-of-the-art data acquisition system, incorporating LiDARs, Cameras, and Inertial Measurement Units (IMU) to capture environmental information, identifying unique landmarks for geo-referencing the autonomous vehicle onto a pre-existing map. By exploiting the simplicity and availability of Level of Detail 2 (LoD2) maps, we significantly reduce computational demands, thereby enhancing the system's adaptability and applicability.

To ensure the precision and consistency of the geo-referencing process, even when using these abstract maps, we have partnered with Quality Match GmbH to develop a cutting-edge Artificial Intelligence algorithm capable of accurately detecting landmarks and associating them with their LoD2 map counterparts. Given the complexity of this task, we develop unique databases by collecting real-life measurements and utilize a human-in-the-loop approach to annotate and train the model, we further employ specialized filters designed to smooth and integrate the multimodal measurements.



SCAN OF LEBNIZ UNIVERSITY HANNOVER BY THE DEVELOPED DATA ACQUISITION SYSTEM

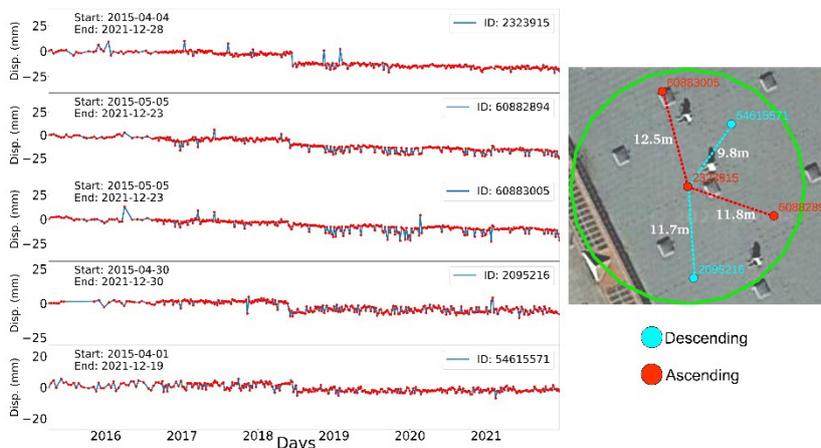
## DETECTING CHANGE POINTS IN TIME SERIES OF INSAR PERSISTENT SCATTERERS USING DEEP LEARNING MODELS (DAAD, KOUROSH SHAHRYARINIA, INGO NEUMANN, MOHAMMAD OMIDALIZARANI)

This project aims to detect significant change points (CPs) on the Earth's surface with precision, addressing the global challenge of land surface deformation, which can impact civil structures and infrastructure. As a key technique in Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR), Persistent Scatterer Interferometry (PSI) generates time series data of Persistent Scatterers (PS), which are stable points on the Earth's surface that enable precise displacement measurements over time.

The study focuses on detecting CPs using deep learning models, each employing distinct strategies to learn patterns and trends from simulated PS time series during training. The simulation dataset includes known targets, addressing the lack of labeled ground truth for supervised learning. Initially, the models were trained on identical simulated time series data. The U-Net network employed the Gramian Angular Summation Field (GASF) method to transform time series into image-like representations, while the BiLSTM model directly processed time series in their raw form, capturing temporal dependencies for CP detection.

Both models aimed to accurately identify CPs on the validation dataset. Performance metrics on the simulated validation set demonstrate the effectiveness of the models, which successfully identified CPs when compared to known targets. Furthermore, when evaluated against the BEAST method—a Bayesian approach for CP detection—the deep learning models consistently outperformed it.

Subsequently, after removing significant seasonal components from real PS time series, the trained deep learning models and the BEAST method were applied for CP detection. To enhance reliability, a selected PS time series from the study area, along with its neighboring PS points, was analyzed. This approach enabled a comprehensive evaluation of CP detection methods, despite the lack of ground truth for real PS data. As expected, the neighboring PS time series displayed similar trend-change behavior, further validating the results. Overall, the models demonstrate robust performance in detecting CPs.



PS POINTS LOCATED ON A BUILDING ROOF IN HENGSTLAGE, GERMANY

UNTERSUCHUNGEN ZUR EIGNUNG EINER DATENFUSION VON DATEN AUS OPEN DATA QUELLEN (GNSS- UND SAR-DATEN SOWIE GEBÄUDE- UND VERKEHRSMODELLE, INSBESONDERE VON SAPOS, BKG UND COPERNICUS PROGRAMM) (BMDV, mFUND, KOUROSH SHAHRYARINIA, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI, INGO NEUMANN)

Die alternde Infrastruktur auf dem Landweg, der Schiene und dem Wasser erfordert bedeutende Ressourcen für die Sicherstellung der Betriebssicherheit. Das Monitoring von Deformationen, insbesondere an Brückenbauwerken und anderen wichtigen Infrastrukturen, verursacht durch Alterung, Materialermüdung und langsam (auch klimabedingt) verlaufende Bodenbewegungen, ist aktuell sehr kostenintensiv. Es gilt daher, massenhaft einsetzbare und kosteneffiziente Analyseverfahren anhand von Open Data-Quellen kombiniert mit lokaler GNSS-Sensorik zu entwickeln und zu evaluieren, die bisher nicht existieren.

Im Projekt sollen Möglichkeiten der strengen Fusion von freien GNSS- und Radardaten sowie 3D-Stadtmodellen und Verkehrswegeplänen zum Zweck der besseren Beurteilung von Deformationen an Bauwerken in Kombination mit lokal installierter Sensorik untersucht werden, insbesondere an Infrastrukturen wie Bahntrassen, Energie-Leitungstrassen und (Brücken-) Bauwerken. Der Mehrwert der Daten wird vor allem durch KI-Analysen und raum-zeitliche Parameterschätzung in Kombination mit lokalen GNSS-Daten generiert.



UNTERSUCHUNGSOBJEKT WASSERSTRÄßENKREUZ MINDEN; LIZENZRECHTE:  
CREATIVE COMMONS — ATTRIBUTION-SHAREALIKE 3.0 UNPORTED — CC  
BY-SA 3.0

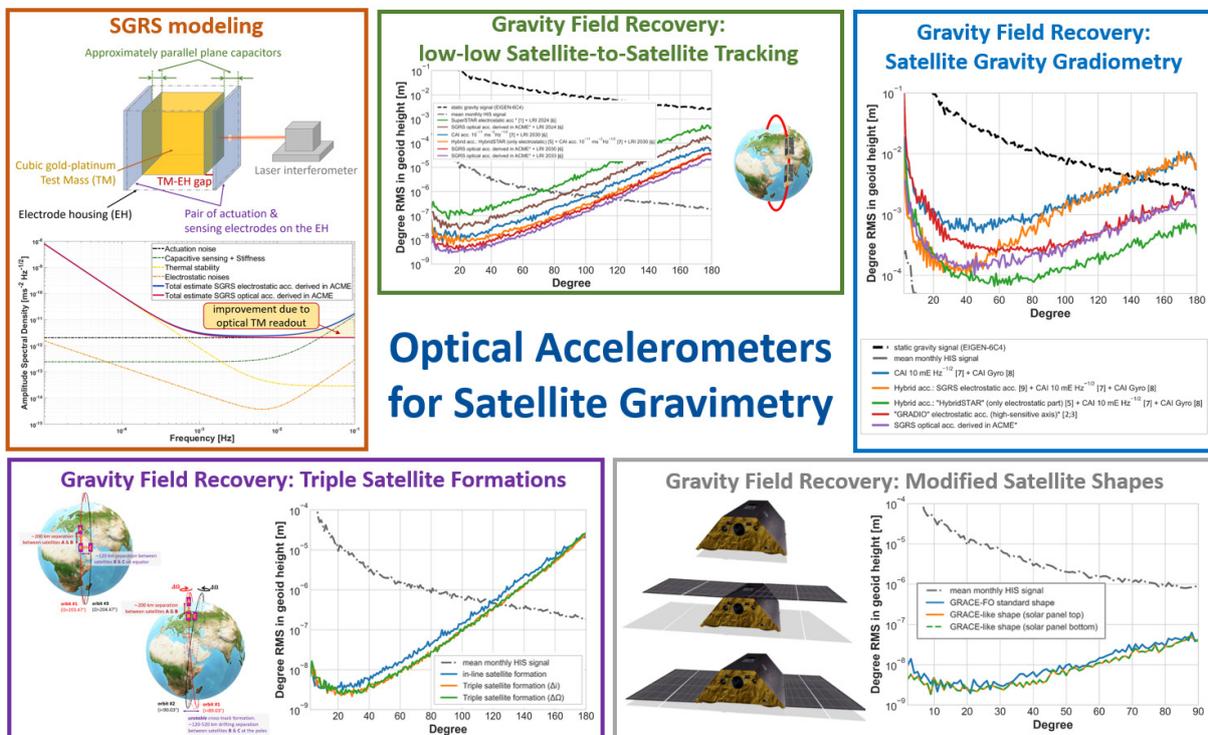
## INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE)

### OPTICAL ACCELEROMETERS FOR SATELLITE GRAVIMETRY (DFG, SFB 1464 TERRAQ, ALEXEY KUPRIYANOV, MANUEL SCHILLING, JÜRGEN MÜLLER)

This project investigates advancements in satellite gravimetry to enhance spatio-temporal resolution of gravity field measurements, addressing limitations of current technologies. A key focus is on evaluating the performance of novel inertial sensors, such as the Simplified Gravitational Reference Sensor (SGRS), an optical accelerometer (ACC) based on LISA-Pathfinder's Gravitational Reference Sensor. The noise budget of the modeled SGRS optical ACC, including various error sources, achieves  $\sim 3 \times 10^{-12} \text{ m/s}^2/\sqrt{\text{Hz}}$  level of accuracy at 1 mHz.

The study also includes comparisons of various sensors, such as Cold Atom Interferometry (CAI), hybrid (CAI + electrostatic), and their performance in low-low Satellite-to-Satellite Tracking and cross-track gradiometry. Gravity field recovery simulations indicate that combining the SGRS with the level of accuracy of the inter-satellite Laser Ranging Instrument anticipated for 2033, could reduce spatial residuals down to  $\pm 5 \text{ mm}$  Equivalent Water Height (EWH) and mitigate North-South striping artifacts.

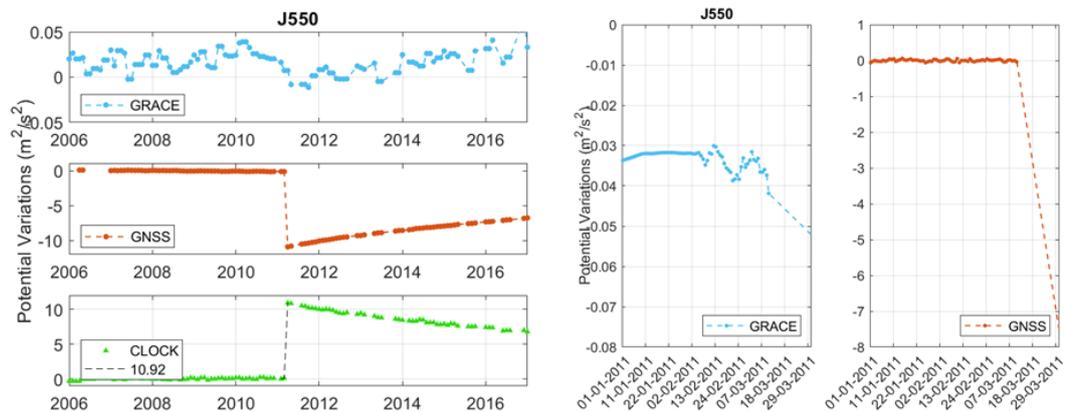
Additionally, novel satellite formations, such as triple satellite constellations, are evaluated. These configurations show potential for reducing residuals down to  $\pm 2.5 \text{ mm}$  EWH but present technical challenges, including high relative range rates. Complementary studies explore the effects of enhanced satellite geometries, double-pair Bender constellation, scale factor for residual drag in II-SST configuration, etc.



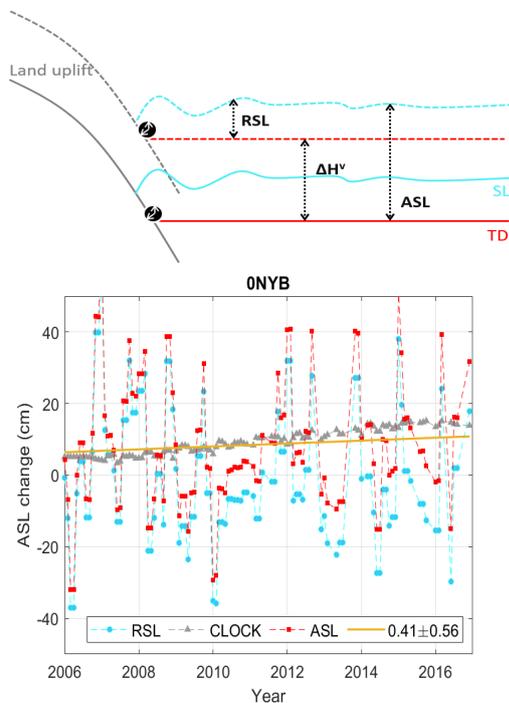
GRAPHICAL REPRESENTATION OF THE MAJOR TOPICS STUDIED WITHIN THE 'OPTICAL ACCELEROMETERS FOR SATELLITE GRAVIMETRY' PROJECT

TERRESTRIAL CLOCK NETWORKS: FUNDAMENTAL PHYSICS AND APPLICATIONS (DFG, SFB 1464 TERRAQ, ASHA VINCENT, JÜRGEN MÜLLER)

With the remarkable advancements in atomic clock performance, these instruments become powerful tools for many geodetic applications. The potential of atomic clocks can be demonstrated in the context of the 2011 Tohoku earthquake in Japan. Effective geopotential variations capturing pre-seismic, co-seismic, and post-seismic effects were simulated as clock observations. The benefit of high-precision atomic clocks for earthquake forecasting lies in their ability to detect subtle precursor signals, such as slow slip events, that often precede major seismic events. Unlike GNSS which failed to detect significant precursor signals, data from GRACE revealed small changes in gravitational potential in the order of  $0.01 \text{ m}^2/\text{s}^2$ .



EFFECTIVE POTENTIAL VARIATION AT SITE J550 IN JAPAN. THE SUBPLOTS SHOW THE MONTHLY VARIATIONS SEPARATELY FROM GRACE, GNSS AND CLOCK (LEFT). THE DAILY SOLUTIONS OF GRACE AND GNSS TO DETECT THE PRECURSOR SIGNALS (RIGHT).



ESTIMATED MONTHLY ASL CHANGES (ASL) BY REDUCING THE LAND MOTION (CLOCK) FROM RSL CHANGES (RSL) AT THE TIDE GAUGE SITE ONYB, KALIX, SWEDEN.

Currently, land-based measurements of Absolute Sea Level (ASL) are estimated relative to nearby GNSS benchmarks or local tidal datums, providing ASL values with respect to the reference ellipsoid. However, this method requires reducing land motion from Relative Sea Level (RSL) measurements to derive accurate ASL changes. Replacing traditional GNSS benchmarks with atomic clocks introduces a globally consistent framework for measuring ASL changes relative to the global geoid. Hence, atomic clocks can provide the direct measurement of land motion as physical height variations and RSL changes are referenced to the geoid. This approach eliminates regional inconsistencies like local tidal datum variations and ensures uniformity in sea level estimates worldwide.

APPLICATION OF OPTICAL CLOCKS FOR DETERMINATION OF TEMPORAL VARIATIONS IN THE EARTH'S GRAVITY FIELD: FUNDAMENTAL PHYSICS AND APPLICATIONS (EXC 2123, QUANTUM FRONTIERS, AKBAR SHABANLOUI, JÜRGEN MÜLLER)

The current generation of optical atomic clocks has reached a fractional frequency uncertainty of  $10^{-18}$  (and beyond with adequate averaging time) which corresponds to a geopotential difference of  $0.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$ . Transportable optical atomic clocks have demonstrated frequency uncertainties less than  $10^{-18}$ . The gravitational potential differences can be observed as gravitational redshift when comparing the frequencies of optical clocks by using free-space links. In this project, we investigate the estimation of temporal variations of the Earth's gravity field through comparisons between an orbiting optical clock onboard Low Earth Orbiter (LEO) as slave clock and three geostationary satellite orbiters (GEOs) as master clocks. The Doppler Canceling Frequency Shift observables are used to recover the temporal variations of the Earth's gravity field in terms of spherical harmonic coefficients. In fact, the gravitational acceleration onboard the orbiters are projected to the line of sight from master clocks to slave clock. This kind of observable is maximized by placing orbital slave clock and the master orbital clocks (reference clocks) at great radial distance. In this scenario, we place the slave clock onboard LEOs (e.g. GRACE-A at altitude of 500 km) and three master clocks onboard GEOs (e.g. at altitude of 36000 km). Since the magnitude of the classical Doppler effect as observable is approximately ten times greater than potential redshifts, then it improves the signal to noise ratio and the dependency of the observables to the spherical harmonic coefficients. The Figure below depicts the contribution from the Earth's gravity field in terms of Einstein's general relativity, the classical Doppler effects as resulted from orbital velocity changes which is used to recover the Earth's gravity field.

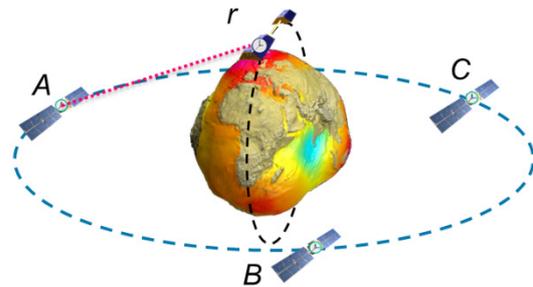
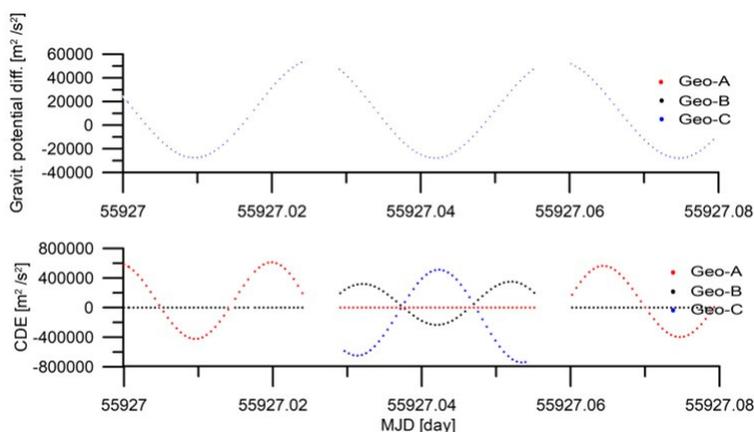


ILLUSTRATION OF THE SATELLITE MISSION ARCHITECTURE USING GRACE-A (LEO) AND THREE GEOSTATIONARY SATELLITES (GEOs) FOR THE ESTIMATION OF TEMPORAL VARIATIONS OF THE EARTH'S GRAVITY FIELD BY USING FREE-SPACE LINKS.



THE GRAVITATIONAL POTENTIAL DIFFERENCE AS RED-SHIFT ALONG GRACE-A ORBIT FOR THREE GEOSTATIONARY SATELLITES A, B AND C (TOP), THE CLASSICAL DOPPLER EFFECT BASED ON THE PROJECTION OF GRAVITATIONAL ACCELERATION E.G., GRACE-A TO THE LINE OF SIGHTS OF THREE GEOSTATIONARY SATELLITES A, B AND C (B) WHICH CAN BE USED TO RECOVER THE TEMPORAL VARIATIONS OF THE EARTH'S GRAVITY FIELD.

---

## QUANTEN-BASIERTE BESCHLEUNIGUNGSMESSUNG AUF GEODÄSIE-SATELLITEN (Q-BAGS, BMWK/DLR E.V., ANNIKE KNABE, MOHSEN ROMESHKANI, JÜRGEN MÜLLER)

Das Ziel dieses Projektes ist die Weiterentwicklung der Modellierung von quantensensor-unterstützten Schwerefeldsatellitenmissionen. Durch die Simulation von Beschleunigungsmessern und Gradiometern unter Nutzung der Atominterferometrie sowie die Integration in die Schwerefeldsimulation wird das Potential dieser Sensoren für zukünftige Schwerefeldsatellitenmissionen quantifiziert. Im Quantensensor-Simulator werden realistische Messungen durch die detaillierte Modellierung physikalischer Prozesse eines Atominterferometers erzeugt. Dabei werden Faktoren wie Laserwellenfronten, Eigenschaften der Atomquelle sowie Umwelteinflüsse wie Drehungen auf einer Satellitenplattform berücksichtigt. Die simulierten Messungen klassischer elektrostatischer und Atominterferometrie-Beschleunigungsmesser werden mit Hilfe eines Kalman-Filters kombiniert, um von ihren komplementären Eigenschaften in Bezug auf Abtastrate und Langzeitstabilität zu profitieren. Die Auswirkungen auf das ermittelte Schwerefeld werden durch Closed-Loop-Simulationen für Low-Low-Satellite-to-Satellite-Tracking (II-SST) und Satellitengradiometrie bewertet. Die Simulationsergebnisse zeigen den Vorteil eines zusätzlichen CAI-Beschleunigungsmessers, aber auch kritische Faktoren wie die Fehler durch unzureichend Hintergrundmodelle, die rotationsbedingte Phasenverschiebung und die erforderliche Genauigkeit der Winkelgeschwindigkeitsbestimmung.

## COLD ATOM RUBIDIUM INTERFEROMETER IN ORBIT FOR QUANTUM ACCELEROMETRY – PATHFINDER MISSION PREPARATION (CARIOQA-PMP, EU/DLR, NINA FLETTLING, ANNIKE KNABE, JÜRGEN MÜLLER)

Satellitenmissionen zur Schwerefeldbestimmung liefern seit über zwei Jahrzehnten wertvolle Informationen über Massentransporte im Erdsystem und sind damit unverzichtbar für die Geowissenschaften und Klimawandelforschung geworden. Für zukünftige Missionen werden neue Konzepte entwickelt, um die Genauigkeit der Beobachtungen und Schwerefeldmodellierung zu steigern. Einen genauigkeitslimitierenden Faktor stellen die Beschleunigungsmesser an Bord der Satelliten dar, die die nicht-gravitativen Einflüsse messen. Eine Möglichkeit zur Verbesserung hierfür ist die Integration von Quantensensoren, deren Funktionsprinzip auf der Atominterferometrie basiert.

Im Projekt CARIOQA-PMP, gefördert von der Europäischen Union, wird ein solches Instrument für den Einsatz auf einem Satelliten entwickelt und eine Pathfinder-Mission zur Demonstration der Funktionsfähigkeit geplant. Am Institut für Erdmessung wird mithilfe von umfassenden Simulationen sowohl die Pathfinder-Mission designt als auch die Verwendung von Quantensensoren in zukünftigen Schwerefeldmissionen untersucht. Dafür werden verschiedene Konfigurationen von Orbits und Satellitenkonstellationen in Kombination mit Instrumenten unterschiedlichen Rauschverhaltens getestet, um eine möglichst optimale Bestimmung des Schwerefelds zu ermöglichen.

## BESTIMMUNG VON PHYSIKALISCHEN HÖHEN VIA ZEITÜBERTRAGUNG (DFG FOR 5456, KLARISSA E. LACHMANN, JÜRGEN MÜLLER)

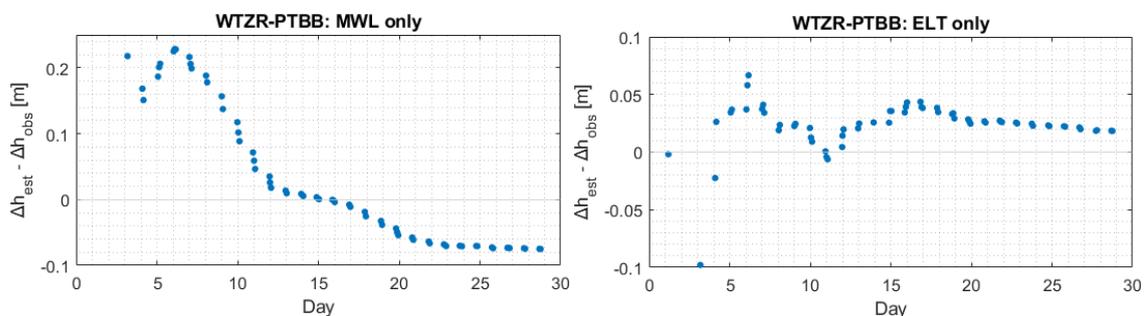
Im Fokus dieses Projektes steht die Bestimmung physikalischer Höhendifferenzen zwischen entfernten Standorten durch den Vergleich optischer Uhren. Hierzu wird eine Strontium-Optische-Gitteruhr der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig über eine verzögerungskompensierte Glasfaserverbindung mit dem Deutschen GeoForschungsZentrum (GFZ) verbunden. Eine weitere optische Uhr befindet sich in Wettzell. Der optische Zeittransfer zwischen Potsdam und Wettzell wird durch das Atomic Clock Ensemble in Space (ACES) mithilfe von Satelliten-Laser-Ranging Teleskopen ermöglicht.

Der innovative Aspekt dieses Ansatzes liegt in der Nutzung von Zeittransfer anstelle von Frequenztransfer und der Verwendung von Freiraumverbindungen statt Glasfaserverbindungen für höhere Flexibilität.

Die von der TU München bereitgestellten simulierten Daten konzentrieren sich auf die Nutzung von Laser- (ELT) und Mikrowellen-Verbindungen (MWL) zwischen den Stationen. Die Simulation umfasst den Juli 2021 und beinhaltet pro Satellitenüberflug etwa 1500 Messungen.

Um den Zeittransfer durchzuführen, muss sich das ACES-Modul innerhalb von zwei Minuten im Common View zu den Stationen befinden. Des Weiteren werden die 1500 Messungen pro Überflug durch Mittelbildung zu einem Messwert zusammengefasst. Die MWL-Daten sind außerdem durch einen variablen Bias beeinträchtigt. Um dessen Fehlereinfluss zu verringern, wird die Steigung zwischen den Datenpunkten berechnet und als Grundlage für die anschließende Höhenberechnung verwendet.

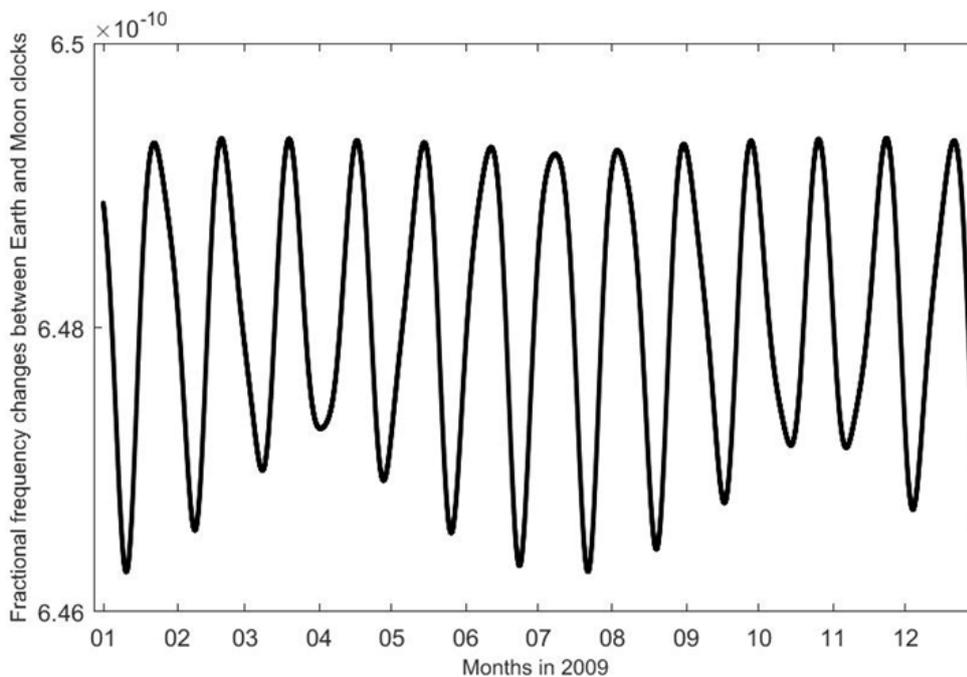
Bei der Verwendung von MWL-Daten kann die Höhendifferenz zwischen den Standorten nach etwa zwei Wochen mit einer Abweichung im geringen Zentimeterbereich bestimmt werden. Anschließend dominieren weitere Fehlereffekte, sodass die Differenz zur bekannten Höhe auf etwa acht Zentimeter ansteigt. Die Berechnung mit ELT-Daten erreicht bereits nach etwa einer Woche eine Genauigkeit von zwei bis drei Zentimetern. Dieses Ergebnis bleibt über den restlichen Monat hinweg stabil, wobei anfängliche Schwankungen fünf Zentimeter nicht überschreiten.



**ABWEICHUNG DER AUF BASIS SIMULIERTER UHR- UND LINK-DATEN ERMITTELTEN HÖHENDIFFERENZ ZUR BEKANNTEN HÖHENDIFFERENZ ZWISCHEN WETZELL UND BRAUNSCHWEIG, JEWEILS FÜR DIE EINZELLÖSUNG MWL UND ELT.**

**SIMULATION OF FREQUENCY DIFFERENCES BETWEEN EARTH AND MOON CLOCKS (DFG SFB 1464 TERRAQ, DFG EXC 2123 QF, MINGYUE ZHANG, JÜRGEN MÜLLER)**

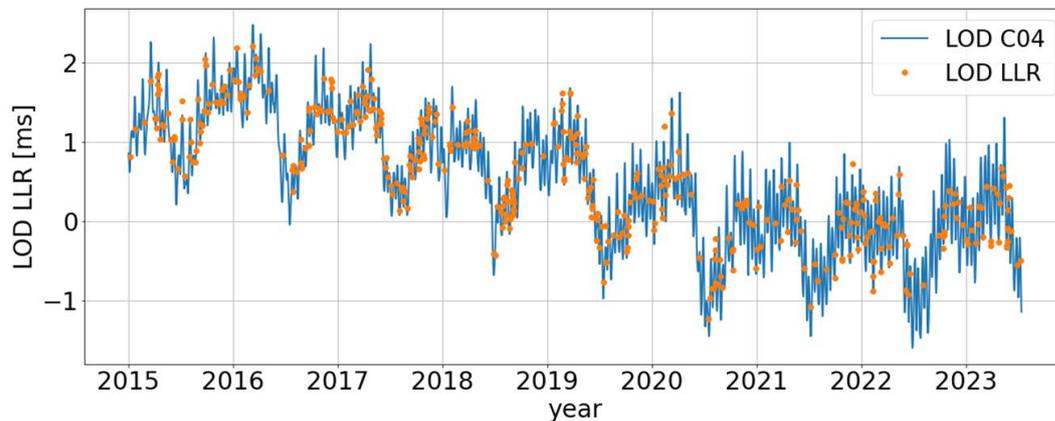
Precise clock measurements are required for many geodetic applications, e.g., related to the space geodetic techniques, but also to determine heights and geopotential variations. So far, the Moon does not have an independent time system. However, driven by satellite navigation plans for the Moon, defining and establishing an appropriate lunar time system has become an urgent necessity. Some studies have begun to focus on the concepts of lunar time and coordinate systems. In the future, lunar clocks can become essential tools for lunar exploration, while also facilitating synchronization with Earth clocks. For the latter application, the Earth-Moon clock observations, i.e. fractional frequency changes, that can potentially be determined with an accuracy of  $10^{-18}$ , were simulated in our study. The Earth clocks were assumed at the locations of the Lunar Laser Ranging (LLR) stations LURE, WLRS, OCA, MLRS2, APOLLO and MLRO, while the Moon clocks at the five LLR reflector locations A11, A14, A15, L17, L21. We considered the Earth and Moon clocks in their respective Earth- and Moon-centered inertial systems. Similar to clocks at different locations in the same system, gravity potential differences affect the clock measurements again, here in the order of  $10^{-10}$ . A significant difference to only having clocks in the same system arises: there is an extra contribution related to the coordinate times of the used inertial frames centered on Earth and Moon, having an effect on the observations in the order of  $10^{-11}$ . Various components affecting the relative Earth's and Moon's clock measurements have been studied.



**SIMULATED FRACTIONAL FREQUENCY CHANGES BETWEEN EARTH AND MOON CLOCKS LOCATED AT THE LLR APOLLO STATION AND THE A15 LUNAR REFLECTOR FOR 2009**

LUNAR LASER RANGING FOR EARTH ORIENTATION PARAMETERS (DFG EXC 2123 QF, MINGYUE ZHANG, LILIANE BISKUPEK, JÜRGEN MÜLLER)

Lunar Laser Ranging (LLR) measures the distance between Earth and Moon for more than 54 years and contributes to many research fields, e.g. determining the Earth orientation parameters (EOPs), i.e. nutation coefficients as well as Earth rotation phase  $\Delta\text{UT1}$  and the pole components. In recent years, advancements in infrared-based LLR have led to a significant increase in the quantity of highly precise LLR data. This progress has enabled a more homogeneous tracking of the retro-reflectors on the Moon as well as the lunar orbit. Additionally, the ability to observe more normal points per night has greatly contributed to the determination of the EOPs. The estimation accuracies of  $\Delta\text{UT1}$  or length of day (LOD) come close to VLBI determinations in very good nights. Since  $\Delta\text{UT1}$  can only be directly determined through VLBI and LLR without assumptions, LLR plays a crucial role in providing independent  $\Delta\text{UT1}$  measurements, serving as the only space geodetic technique capable of meaningful comparison with VLBI. But there are gaps in the  $\Delta\text{UT1}/\text{LOD}$  series derived from LLR estimations due to the intermittent nature of LLR measurements, often caused by challenging weather conditions and the vast Earth-Moon distance. Here, the data from ring lasers can serve as an ideal complement, offering high temporal resolution. However, ring lasers require an independent reference to maintain long-term stability due to the instrumental drift. Therefore, combining LLR and ring laser data would leverage their respective strengths, providing a more comprehensive understanding of Earth orientation.



LOD DETERMINED BY LLR COMPARED TO THE COMBINATION SERIES C04

IMPROVING BACKGROUND MODELLING FOR TERRESTRIAL GRAVIMETRY AND SATELLITE BASED GRAVIMETRY MISSIONS (GRACE-FO AND SUCCESSORS) (DFG TERRAQ, A. WEISE, D. CHEBOLU, L. TIMMEN, COOPERATION WITH GFZ POTSDAM)

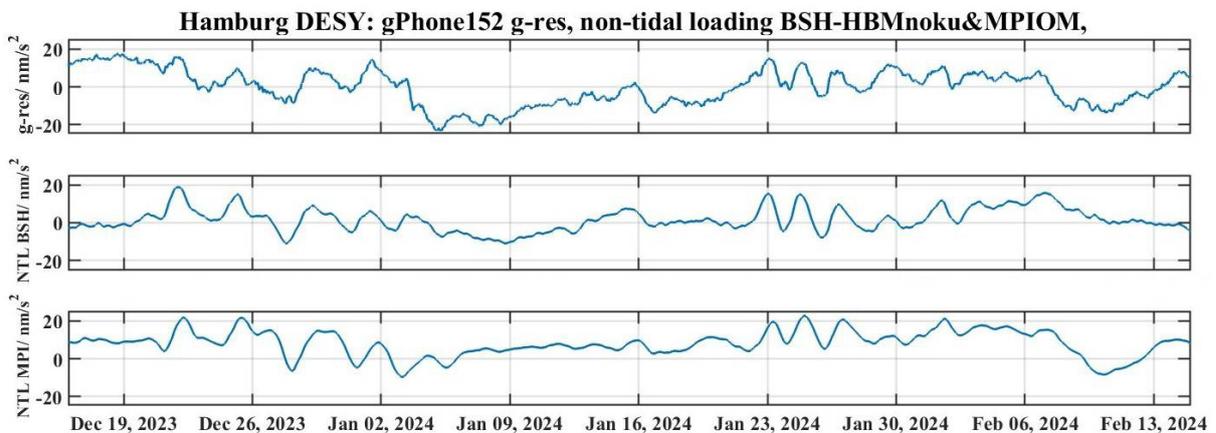
In close cooperation with GFZ Potsdam, investigation about the loading deformation of the Earth's surface due to varying seawater load has been continued on a more intense investigation level. The central site of terrestrial measurements is Helgoland in the North Sea where gravimetric data are now available since summer 2018 showing largest effects during strong storm surges. The water mass loading affects gravity to large distances from the coast, which is also measured at DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron) in Hamburg as well at LUH in Hannover.

As the local signals on the island of Helgoland are far more homogeneous and better observed by local tide gauges than underground water storage variations on the mainland, the derivation of regional tidal and non-tidal ocean loading signals is representative for a model covering the whole German Bight.

The observational gravimetric results are compared with the predicted effect based on the hydrodynamic sea surface elevation model BSH-HBMnoku which has been provided by the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH, Hamburg) covering the whole North Sea and Baltic Sea.

The new loading model serves as "ground truth" for the calibration and validation of recent and future ocean tide models, for processing satellite gravimetric data from GRACE Follow-On and evaluating the corresponding de-aliasing product AOD1B as well as for supporting optical clock comparisons between height benchmarks on the mainland and the island of Helgoland.

The gravity recording at DESY/Hamburg was finished in June 2024, and presently IfE is focussing more on the GEO600 location south of Hannover (170 km away from the North Sea) where 3 spring gravimeters are recording in parallel since Nov. 2024.



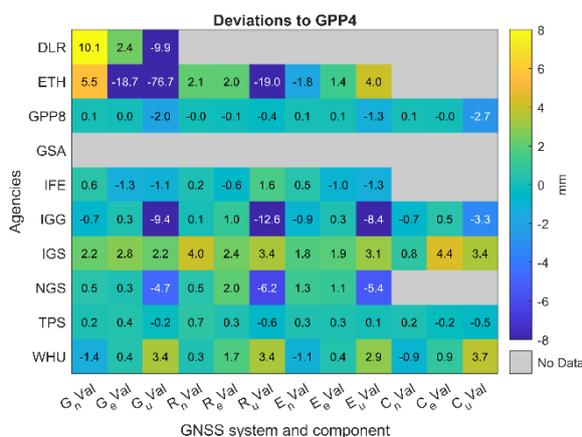
OBSERVATIONAL GRAVITY VALUES COMPARED WITH 2 DIFFERENT PREDICTION CALCULATIONS OF NON-TIDAL LOADING AT DESY SHOWING PARTLY AN EXCELLENT AGREEMENT AND PARTLY DISCREPANCIES.

## IGS-AWG RINGCALVAL RINGKALIBRIERUNG VON GNSS-EMPFANGSANTENNEN (TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

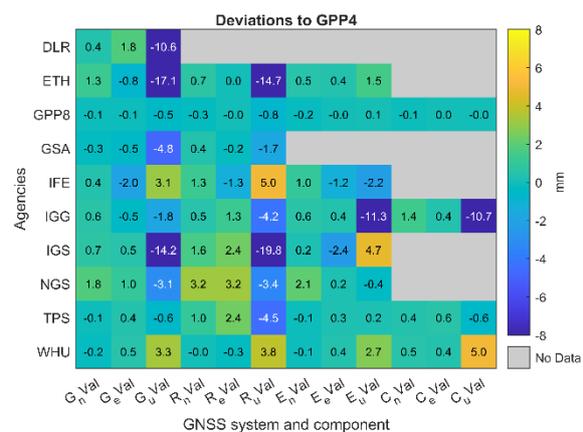
Die einheitliche Phasenzentrumskorrektur (PCC) von GNSS-Empfängern ist nach wie vor eine große Herausforderung, da es derzeit an Grenzwerten zur konsistenten Bewertung von Pattern oder vergleichbaren Werten zwischen verschiedenen Institutionen und Methoden (echolose Kammer und Feldroboter) mangelt. Um diese Herausforderung anzugehen, wurde eine globale Zusammenarbeit mit neun weltweit verteilten Kalibrierungsorganisationen ins Leben gerufen, die als IGS-Ringkalibrier- und Evaluationskampagne (IGS ringCalVal) bekannt ist. Diese umfassende Initiative zielt darauf ab, die unterschiedlichen Kalibrierungsmethoden zu harmonisieren und einen robusten Rahmen für die Qualitätsbewertung zu schaffen. Sechs verschiedene GNSS-Antennen wurden für die Kalibrierung in dieser Kampagne verwendet, um eine Unabhängigkeit des Designs und der Kalibrierorte nachzuweisen.

Im Laufe des letzten Jahres wurden erhebliche Fortschritte erzielt. Es wurden Grenzwerte und Methoden entwickelt, die den Vergleich von PCC-Mustern erleichtern und Richtwerte für konsistente PCCs liefern sollen. Unsere detaillierten Ergebnisse zeigen, dass im Patternbereich die Konsistenz der Systeme bzw. Frequenzen pro Antennendesign innerhalb eines Unsicherheitsniveaus von  $\pm 1$  mm variiert, wobei ein zusätzlicher höhenabhängiger Effekt zu beobachten ist. Auch hier haben die Randbedingungen (Methode und Ansatz der Kalibrierung) einen wesentlichen Einfluss auf die Vergleichbarkeit. Im Bereich der Positionierung werden systemspezifische PPP-Ergebnisse (Precise Point Positioning) pro Antenne und System vorgestellt, die eine Abweichung von typischerweise weniger als 2-3 mm für die horizontale Komponente zeigen.

Das Projekt wird federführend durch das IfE sowie Kollegen des National Geodetic Survey (NGS) und Italien (Topcon) koordiniert und angeleitet.



(A) JAVRINGANT\_DM NONE



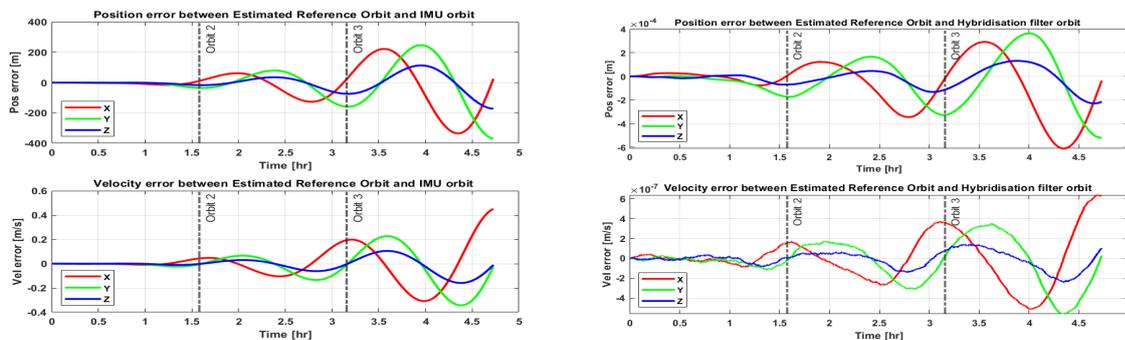
(B) TPSCR.G5C NONE

TOPOZENTRISCHE POSITIONABWEICHUNGEN DER INDIVIDUELLEN PPP-ERGEBNISSE FÜR DIE GNSS-SYSTEME GPS, GLONASS, GALILEO UND BEIDOU IM VERGLEICH ZUR REFERENZ GPP4 (GEO++ ROBOTER MP4).

NAVIGATION WITH QUANTUM SENSORS IN SPACE (SPACEQNAV) (BMWK,FKZ: 50NA2310A, ARPETHA C. SREEKANTIAH, ALIREZA HOSSEINIARANI, BENJAMIN TENNSTEDT, AND STEFFEN SCHÖN)

This research investigates the potential, limitations, and performance of Cold Atom Interferometry (CAI)-based quantum inertial sensors for space navigation. It focuses on their application in Low Earth Orbit (LEO) missions and trajectories from Earth to the Moon. Additionally, the study examines the optimal parameters for quantum inertial accelerometers and gyroscopes, including sensor combinations, rotation compensation methods, sensor placement, and interrogation times. The study also explores the feasibility of using these sensors for future Moon rovers. A key aspect of the research is the hybridization of classical and quantum inertial sensors to leverage the high-frequency sensitivity of classical sensors while benefiting from quantum sensors' superior low-frequency performance. The study also assesses the potential of stand-alone quantum sensors, which could offer reduced weight, power consumption, and technical complexity but may have limitations in applicability and performance.

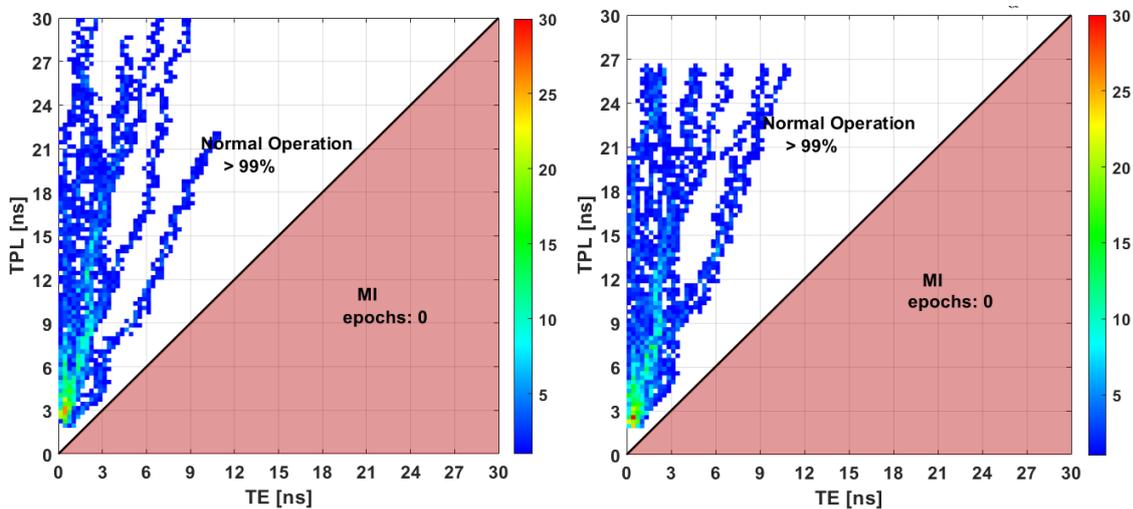
To enhance hybridization, the research employs angular rate and specific force data from an inertial measurement unit (IMU) to predict the phase shift in the CAI sensor. This data is processed using an Extended Kalman Filter (EKF), which refines the phase shift by resolving fringe ambiguity. The bias-corrected IMU data is then used to determine the satellite's trajectory. The study is conducted in two stages. The first stage involves a proof-of-concept simulation in Low Earth Orbit for 24 hours spanning 15 orbits. The second stage focuses on simulating a trajectory from Earth to the Moon using a realistic force model that accounts for both gravitational and non-gravitational forces. The measurements of quantum inertial sensors along the trajectory are simulated using a detailed noise model that includes quantum projection noise, which represents the fundamental quantum limit, along with various instrumental and environmental noise sources. Additionally, uncertainties in the knowledge of angular velocities are considered. Results from the initial proof-of-concept stage reveal that the hybrid system significantly improves accuracy, reducing errors in satellite states which highlight the substantial advantages of a hybridized inertial navigation approach over conventional IMU-based methods.



LEFT: POSITION ( $\pm 400$  METERS) AND VELOCITY ( $\pm 0.6 - 0.4$  METER/SECONDS) ERROR GRAPHS WITH ONLY IMU MEASUREMENTS. RIGHT: POSITION ( $\pm 4 \times 10^{-4}$  METERS) AND VELOCITY ( $\pm 6 - 4 \times 10^{-7}$  METER/SECONDS) ERROR GRAPHS WITH EKF FILTER RESULTS

FIRST: FINGERPRINTING, INTEGRITY MONITORING AND RECEIVER SIGNAL PROCESSING USING MINIATURE ATOMIC CLOCK TECHNOLOGY (BMWK/DLR, FKZ: 50NA2101, QIANWEN LIN, STEFFEN SCHÖN)

Building on previous research, static experiments lacking time ground-truth (receivers to a common clock employed in indoor and urban scenarios) were applied to the integrity concepts. Results highlighted the need to characterize time and frequency behaviors of clocks for generating time ground-truth instead. A quadratic polynomial-based estimation, physically modeling clock behaviors, was validated to ensure integrity monitoring for receivers aided by Chip-Scale Atomic Clocks (CSACs) in such scenarios. Another Chebyshev polynomial-based approach enhanced the availability of integrity monitoring by further reducing the Timing Protection Level (TPL) ranges. Results indicate that TPLs derived from power law noises optimally constrain Timing Errors (TEs) of receivers with or without CSACs connected.



STANFORD DIAGRAM FOR TIMING INTEGRITY - RELATIONSHIPS BETWEEN TES AND TPLS DETERMINED FROM THE MODEL OF CHEBYSHEV POLYNOMIALS BY DEALING WITH VARIANCES OF MODEL RESIDUALS (LEFT) AND THEORETICAL POWER-LAW NOISE LEVELS (RIGHT).

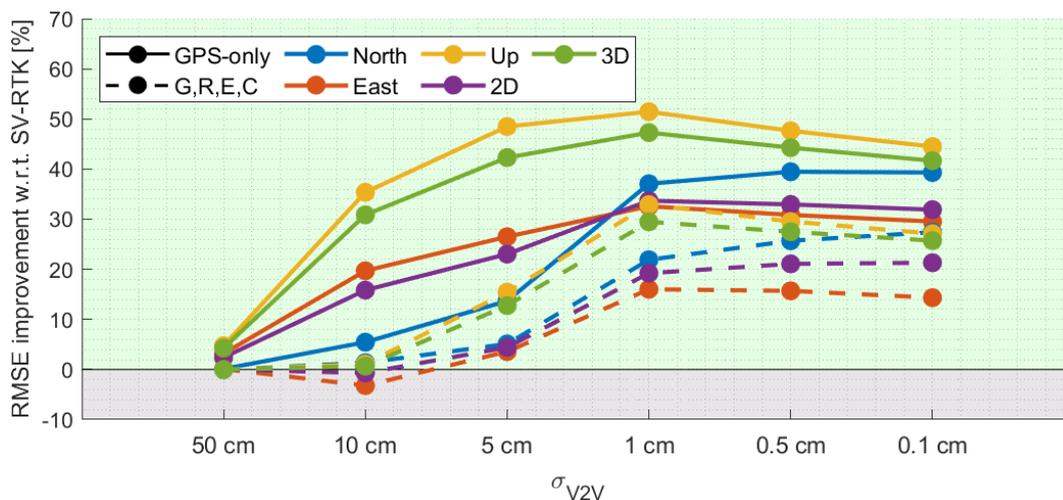
The integrity algorithm was again employed in static experiments simulating signal outages and attenuations. For short measurement durations, receivers equipped with CSACs exhibited consistently high TPLs-bounding-TEs. proportions. However, the optimal measurement duration for maximizing bounding performance remains to be investigated.

The vibration process was re-analyzed for various kinematic experiments using acceleration and angular rates data from IMU sensors. Maneuvers of static running/acceleration/deceleration were identified, and corresponding periods were segmented. Allan Variances (AVAR) were converted from Power Spectral Density (PSD) of frequency domain using power-law theory, enabling automatic noise-type identification. New vibration-related features were extracted and supplemented to the existing feature sets used in the receiver fingerprinting algorithm. Random forest was integrated into the algorithm, outperforming previous methods like support vector machines. The classification performance with vibration-related features is currently under evaluation.

## KOLLABORATIVE NAVIGATION IN URBANEN GEBIETEN (DFG GRK 2159 I.C.SENS, ANAT SCHAPER, STEFFEN SCHÖN)

In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach präziser und verlässlicher Positionsbestimmung gestiegen, besonders im Kontext des autonomen Fahrens. Herkömmliche GNSS-Lösungen liefern in offenen Gebieten zuverlässige Ergebnisse, jedoch stellt die Positionsbestimmung in städtischen Umgebungen wie Straßenschluchten, Tunneln oder Tiefgaragen eine Herausforderung dar. In solchen Bereichen muss GNSS durch zusätzliche Informationsquellen ergänzt werden, um die gewünschte Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu erreichen. Im Rahmen dieses Projektes werden die Möglichkeiten und Grenzen der kollaborativen Navigation bezüglich Genauigkeit und Robustheit der Positionsbestimmung anhand von Sensorfusion in einem Netzwerk aus Fahrzeugen untersucht. Dabei wird auch der Einfluss der Präzision der Beobachtungen zwischen den Fahrzeugen (*engl.*: Vehicle-to-Vehicle, V2V) analysiert.

Erste Simulationsergebnisse zeigen, dass die Verbesserung der kollaborativen RTK-Lösung (C-RTK) durch die Präzision der V2V-Beobachtungen, die Anzahl verfügbarer GNSS-Beobachtungen und die Performance der unterstützenden Agenten im Netzwerk bestimmt werden. Die Ergebnisse belegen, dass C-RTK im Vergleich zur Einzelfahrzeug-RTK-Lösung (*engl.*: Single-Vehicle, SV) zu einer maximalen Verbesserung des 3D-RMSE um bis zu 51 % führen kann. Die kollaborative Lösung hat insbesondere einen positiven Einfluss auf die Bestimmung der Höhenkomponente. Allerdings ist eine sorgfältige Auswahl der Kooperationspartner erforderlich, da ungenaue und unpräzise unterstützende Agenten zu einer erheblichen Verschlechterung im Vergleich zur SV-Lösung führen können.



**SIMULATIONSSTUDIE ZUR UNTERSUCHUNG DES POTENTIALS VON KOLLABORATIVER POSITIONIERUNG IN ABHÄNGIGKEIT DER PRÄZISION DER V2V-BEOBACHTUNGEN. EINE VERBESSERUNG > 0 BEDEUTET, DASS DIE KOLLABORATIVE LÖSUNG GENAUER IST ALS DIE EINZELFAHRZEUGLÖSUNG.**

---

## 5GAPS: NETZWERKUNABHÄNGIGE MOBILFUNKGESTÜTZTE POSITIONIERUNG (BMDV,FKZ: 45FGU121\_F, KAI-NIKLAS BAASCH, STEFFEN SCHÖN)

In einem Verbundvorhaben erforscht das IfE gemeinsam mit verschiedenen Partnern öffentlicher und privater Einrichtungen die Schaffung eines digitalen Zwillings der Stadt Hannover. Möglich machen soll das der neueste Mobilfunkstandard 5G New Radio (NR). Das Ziel ist es, Hannovers öffentliche Räume in einem mehrdimensionalen raum-zeitlichen Koordinatensystem digital und in Echtzeit abzubilden. Im Rahmen des Projektes untersucht das IfE dabei die netzwerkunabhängigen Positionierungsmöglichkeiten des terrestrischen Mobilfunknetzes. Der Bedarf an schneller und datenintensiver Kommunikation führt zu einer zunehmend flächendeckenden Installation des 5G NR Netzes. Daher kann 5G NR eine Alternative oder Ergänzung für die absolute Positionsbestimmung sein, wenn GNSS-Signale nicht verfügbar sind oder ihre Genauigkeit durch die Umgebung eingeschränkt ist. Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Analyse der Positionierungsmöglichkeiten in Innenräumen, sowie der Entwicklung einer Receiveralgorithmik zur Bestimmung von Navigationsbeobachtungen. Um die Positionierungsmöglichkeiten zu untersuchen und die Genauigkeit der verfügbaren Signalstrukturen und Netzwerkbedingungen zu analysieren, wurde zunächst eine Simulationsumgebung geschaffen. Basierend auf den Erkenntnissen, wurde anschließend ein Receiverprototyp entwickelt um reale Signale in urbanen Umgebungen aufzunehmen und Navigationsbeobachtungen zu extrahieren. Die beobachteten Signale wurden hinsichtlich ihrer Positionierungseigenschaften analysiert und mit den Ergebnissen der Simulationsumgebung zusammengeführt.

## SIMULAQRUM: MODELLING QUANTUM SENSORS IN A REALISTIC NAVIGATION SYSTEM CONTEXT (ESA: NAVISP-EL1-089, BENJAMIN TENNSTEDT, NICOLAI WEDDIG, STEFFEN SCHÖN)

Positionierung, Navigation und Timing sind für moderne Infrastrukturen, einschließlich Transport, Landwirtschaft und Raumfahrtanwendungen, unerlässlich. Dank der Entwicklungen im Bereich GNSS, insbesondere des europäischen Galileo-Systems, sind Navigationsgeräte heute allgegenwärtig, wobei Smartphones als Multisensorplattformen dienen. Qualitativ hochwertige Positionierungslösungen sind jedoch aufgrund von schwachen GNSS-Signalen, Jamming, Spoofing und Signalbehinderung in städtischen Umgebungen oder unter Vordächern nicht immer gewährleistet. Signale sind weder unter der Erde, noch unter Wasser oder im Weltraum verfügbar. Folglich liegt der Fokus zunehmend auf der Verbesserung der Autonomie, Integrität und Zuverlässigkeit von Navigationslösungen. Trägheitsnavigationssysteme sind gut etabliert, leiden aber unter kumulierten Fehlern in Umgebungen, in denen GNSS verweigert wird. Die Hybridisierung von Quantensensoren mit IMUs bietet ein hochwertiges autonomes Navigationssystem, das eine dynamische Reaktion und Langzeitstabilität bietet, wie in diesem Projekt untersucht. Ziel dieses Projektes als Gemeinschaftsarbeit des IfE mit dem Institut für Quantenoptik und Airbus Defence and Space ist die Entwicklung eines End-to-End Simulationstools für quantenbasierte Inertialnavigationssysteme im Kontext realistischer Navigationsanwendungen.

## INTEGRITY FOR GNSS VELOCITY (GRK 2159 I.C.SENS, DENNIS KULEMANN, STEFFEN SCHÖN)

Precise and reliable velocity estimation is required in many autonomous navigation applications, e.g. path planning, sensor fusion or collision avoidance. To obtain absolute velocity information at a cm/s-level, Doppler observations of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) can be used. Contrary to the code observations, the Doppler observations are more robust against effects in urban environments, such as multipath or non line-of-sight (NLOS) signals, which can assist the overall positioning performance.

To achieve reliability, the concept of integrity, which is widely used in the position domain, can be applied to the velocity estimates. Therefore, the so-called protection level (PL) is computed based on the observation geometry and noise assumptions. First results show, that the velocity can be bounded, even if the position errors are larger than the PL (i.e. not bounded).

Another important parameter in integrity is the alert limit, which describes a threshold, not to be violated without issuing an alert. This value can be chosen on the application, however in autonomous navigation the values are very stringent. A velocity alert limit can be derived by first computing position and attitude alert limits. These are estimated based on traffic and crash statistics, road and car geometry and finally the localization and accuracy requirements. The velocity alert limit can then be estimated by dividing the absolute velocity in its topocentric components and then linking it to the heading angle.

The overall goal of this work is, to define integrity measures for GNSS estimated velocity and evaluate the benefits for the position domain, especially in urban environments.

## BESTIMMUNG VON PHASENZENTRUMSKORREKTUREN FÜR MULTI-GNSS TRÄGERPHASENSIGNALE UND DEREN EINFLUSS AUF GEODÄTISCHE PARAMETER (JOHANNES KRÖGER, TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

Für präzise und genaue GNSS-Anwendungen müssen Phasenzentrumskorrekturen (PCC) berücksichtigt werden. Das Institut für



Erdmessung verwendet das Konzept der absoluten Roboterkalibrierung, um PCC für verschiedene Antennen, Frequenzen und Systeme zu bestimmen. Normalerweise werden die PCC mithilfe von Sphärischen Harmonischen Funktionen modelliert. Der Nachteil hierbei ist, dass diese Funktionen für die gesamte Kugel gelten, obwohl vorhandene Beobachtungen hauptsächlich die obere Hälfte der Antenne abdecken. Dies kann während der PCC-Schätzung zu einem instabilen Gleichungssystem führen. Aus diesem Grund wurde eine angepasste Version von Hemisphärischen Harmonischen Funktionen eingeführt, die die Verteilung der Beobachtungen auf der Antenne berücksichtigt. Dadurch kann eine zuverlässige PCC-Schätzung sowie die Bestimmung der formalen Fehler gewährleistet werden.

QGYRO+: ENTWICKLUNG EINER KOMPAKTEN EXPERIMENTALPLATTFORM EINES GYRO-STABILISIERTEN QUANTENNAVIGATIONSSENSORS (BMW/DLR: 50NA2106, BENJAMIN TENNSTEDT, NICOLAI WEDDIG, STEFFEN SCHÖN)

Quanteninertialsensoren basieren auf quantenmechanischen Messkonzepten, in denen Beschleunigungen und Rotationen mittels von Materiewellen eingeschlossenen Raumzeit- bzw. räumlichen Flächen bestimmt werden. Sie lassen eine hohe Empfindlichkeit und überragende Langzeitstabilität gegenüber konventionellen Inertialsensoren erwarten und weisen so ein komplementäres Fehlverhalten zu klassischen Inertialsensoren auf. Somit sind sie prädestiniert für eine Stützung dieser ohne mit Einbußen bei der Autonomie des Navigationssystems rechnen zu müssen. Hier setzt das Vorhaben QGyro+ an, in dem hochgenaue Quanteninertialsensoren zur Stützung konventioneller Inertialnavigationssensoren entwickelt und getestet werden sollen, die für eine autonome Navigation eingesetzt werden können.

Von Seiten des IfE werden dabei die Anforderungen von Navigationsanwendungen für die technische Realisierung von Quantensensoren aus einer Vielzahl an kinematischen Datensätzen zu Boden, Luft und Wasser abgeleitet. Weiterhin sind Methoden zur Kopplung von konventionellen und quantenbasierten Inertialsensoren im Rahmen eines Quanten-Inertialnavigationssystem (QINS) entwickelt und experimentell validiert worden. Auf Basis der im Projekt entwickelten Methoden wurden in diesem Jahr eine Reihe an Anforderungen für den Entwurf eines QINS spezifiziert. Dies umfasst Anforderungen an die Qualität der klassischen Beschleunigungsmesser und Kreisel, sowie Anforderungen an die Genauigkeit der Systemkalibrierung.

ENTWICKLUNG EINES DAB-EMPFANGSMODULS ZUR GNSS-KORREKTURÜBERMITTLUNG (EUROPÄISCHER FONDS FÜR REGIONALE ENTWICKLUNG/LAND NIEDERSACHSEN, THOMAS KRAWINKEL, STEFFEN SCHÖN)

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines DAB-Empfangsmoduls, das in Verbindung mit einem geodätischen GNSS-Empfänger den Empfang und die Verarbeitung von GNSS-Korrekturen via DAB-Technik ermöglicht. Die Nutzung dieser Technik soll im realen Einsatz qualitativ und quantitativ untersucht werden. Im Fokus steht hierbei der direkte Vergleich mit der Korrekturdatenübermittlung via Mobilfunk, die aktuell als Standard in diesem Bereich gilt. Neben der technischen Planung und Realisierung des Empfangsmoduls umfasst das Projekt die detaillierte Evaluierung und Validierung des Moduls in verschiedenen statischen und kinematischen GNSS-Anwendungsszenarien. Das Projekt erfolgt in Kooperation mit der RFmondial GmbH, deren Aufgaben umfassen zum einen die Entwicklung des Empfangsmoduls inkl. Systemdesign mit Auswahl eines geeigneten Chips, Platinendesign und anschließender Verifikation der gefertigten Prototypen. Zum anderen wird sie das IfE beim Aufstellen und Umsetzen des Konzepts zur Evaluierung und Validierung des Moduls sowie bei den praktischen Messungen und anschließender Auswertung unterstützen. Seitens des IfE unterteilt sich die praktische Evaluierung und Validierung des Empfangsmoduls und des Korrekturdatenstroms in zwei Bereiche. Zunächst ist der Datenstrom an sich zu untersuchen, insbesondere hinsichtlich Vollständigkeit, Latenz und Integrität. Im zweiten Teil soll dann das entwickelte Modul im praktischen Einsatz umfangreich getestet werden. Das

Hauptaugenmerk liegt hierbei auf dem direkten Vergleich der Empfänger, die die GNSS-Korrekturdaten via Mobilfunk erhalten und denen, die diese mittels des entwickelten DAB-Moduls empfangen.

#### ACCURATE PREDICTION OF GNSS ANTENNA PERFORMANCE IN AUTOMOTIVE SCENARIOS - ACCURAUTO (BMDV, JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

Das Ziel von „Accurauto“ ist die Vorhersage des Antennenfehlers bei GNSS-Fahrzeugantennen. Dazu wird erstmalig eine Kombination aus realen Antennenmessungen mit einer Simulation genutzt. Die realen Messungen haben den Vorteil, dass der Fehler direkt bestimmt werden kann. Sie sind allerdings zeit- und kostenintensiv. Die Simulationen hingegen können schnell und günstig durchgeführt werden, bilden die Realität aber nur näherungsweise ab. Die Kombination der Verfahren verspricht, die Vorteile von beiden Methoden, Genauigkeit und Skalierbarkeit, nutzen zu können.

Zur Bestimmung des Antennenfehlers wurde die Fahrzeugantenne, die auf einem Auto montiert ist, auf einer Rotationsplattform kalibriert. Dabei wurden GNSS-Rohdaten mit klassischen geodätischen Empfängern aufgezeichnet. Um den Einfluss der Empfänger zu untersuchen, wurden Kalibrierungen durchgeführt, bei denen vier unterschiedliche Empfänger gleichzeitig an die Fahrzeugantenne angeschlossen waren. Erste Analysen zeigen, dass der verwendete Empfänger die geschätzten Antennenfehler um bis zu 2 Meter beeinflussen kann, wobei die größten Differenzen bei niedrigen Elevationswinkeln auftreten.

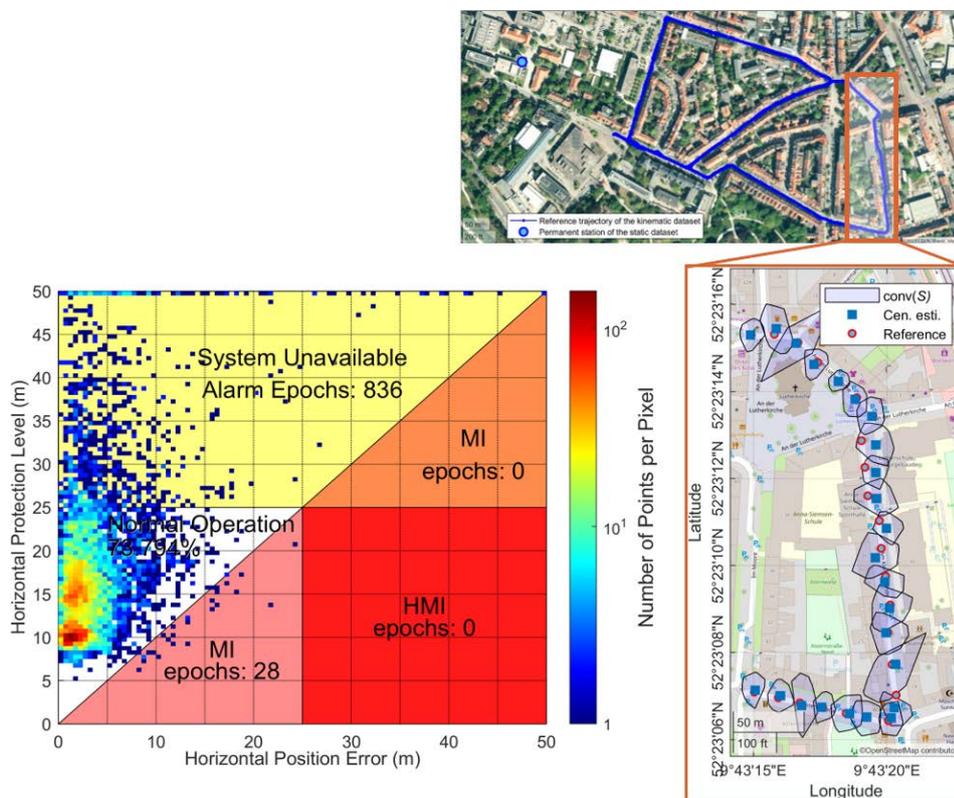


EINMESSUNG DER KALIBRIERPLATTFORM ZUR ERSTELLUNG EINES DIGITALEN ZWILLINGS. DIESER IST ERFORDERLICH, UM DIE REALEN

INTERVAL-BASED RECEIVER AUTONOMOUS INTEGRITY MONITORING (DFG GRK I.C.SENS, JINGYAO SU, STEFFEN SCHÖN)

For safety-critical GNSS applications, estimation errors must be reliably quantified and safely bounded. This requirement is crucial for ensuring navigation integrity, which was originally formulated for aviation navigation. It concerns the trust that can be placed in a navigation solution under rare-event conditions and, hence, differs from the commonly expressed user demand in accuracy, focusing on the trustiness and reliability of the navigation system. Conventional solutions have been concentrating on stochastic approaches, relying on distributional assumptions for the observation errors before they are propagated through state estimation. However, the exact error distribution is either unknown or hardly validated, and the remaining systematics persist in the GNSS measurements after applying correction methods. In this regard, purely stochastic modeling of all error sources will not be adequate, necessitating the exploration of alternative approaches.

Interval is a promising alternative representation of uncertainty. It provides deterministic bounds that indicate the possible variation of errors and, hence, is feasible to represent the uncertainty due to remaining systematic effects. Grounded on the interval-described uncertainty modeling, an innovative integrity monitoring framework is developed in this project, providing an alternative approach to classical stochastic methods.



EXAMPLE RESULTS OF URBAN NAVIGATION EXPERIMENT IN THE HANNOVER URBAN AREA. SETTING INTEGRITY RISK REQUIREMENT TO  $10^{-4}$  AND ALERT LIMIT TO 25 M, THE DEVELOPED METHOD ENSURES ZERO HAZARDOUS MISLEADING INFORMATION (HMI) FOR THE ENTIRE THE 17-KM TRAJEC

MAESTRO: GEWINN EINES GRUNDLEGENDEN VERSTÄNDNISSES DER MEHRWEGEANTENNEN-EMPFÄNGER-INTERAKTION ZUR STANDARDISIERUNG DER KALIBRIERUNG VON CODEPHASENARIATIONEN VON GNSS-EMPFANGSANTENNEN (DFG, YANNICK BREVA, TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

Eine der zentralen offenen Forschungsfragen bei der Positionierung mit Globalen Satelliten Navigationssystemen (GNSS) ist die genaue Charakterisierung der für die Messungen verwendeten Hardware. Während im Bereich der Trägerphase präzise Kalibrierungsstrategien entwickelt wurden, ist die Charakterisierung der Codephasenvariationen (CPV) aufgrund des höheren Rauschens und des stärkeren Mehrwegeeinflusses immer noch ungelöst, und es fehlt darüber hinaus ein ausreichendes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Antenne, Empfänger und Mehrwegeausbreitung, vor allem in der Geodäsie.

Dieses Projekt kombiniert das Hintergrundwissen aus Geodäsie (IfE) und Elektrotechnik (DLR) und wird damit diese Wissenslücke schließen und grundlegende physikalische Einblicke in die Wechselwirkungen zwischen Antenne, Empfänger und Mehrwegeausbreitung liefern, um neuartige Methoden für eine konsistente CPV-Kalibrierung zu etablieren. Wir werden diese Erkenntnisse verwenden, um die Verbesserungen durch Anbringen der neuen CPV zu analysieren, die bei Anwendungen in der Luftfahrt, bei der Zeitübertragung und bei PPP entstehen und allgemeine Empfehlungen für die Antenneninstallation ableiten.

Die Herausforderung besteht darin das große Rauschen der Codephasen Beobachtungen signifikant zu reduzieren ohne dabei Patterninformation zu eliminieren. Dazu sind Analysen des Mehrwegeeinflusses vom DLR auf Grundlage eines, im Rahmen dieses Projektes erstellten, digitalen Messdachmodells durchgeführt wurden. Aus diesen Analysen sind Mehrwegekarten verschiedener Antennentypen erstellt worden, welche im Kalibrieralgorithmus genutzt werden können, um mehrwegebehaftete Signale vor der Schätzung zu eliminieren oder herunterzugewichten.

Eine Monte-Carlo Simulation ist durchgeführt wurden, die es erlaubt, den Einfluss bestimmter Rauschtypen verschiedener Größenordnungen auf die geschätzten Antennenpattern zu analysieren. Dabei stellte sich heraus, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der Größenordnung des Rauschens und verschiedener Vergleichsmetriken gibt.

Des Weiteren sind diverse Analysen durchgeführt wurden, die zu einem vertieften und besseren Verständnis über den Einfluss von Tracking-Loops der GNSS Empfänger auf die Beobachtung während der Roboterkalibrierung und der daraus resultieren Antennenkorrekturen führten. Eine Optimierung der Tracking-Loop Parameter durch Verringerung der Delay Lock Loop (DLL) Bandbreite resultiert in einer Rauschreduzierung in der Codephasenbeobachtung um durchschnittlich 40 Prozent gegenüber der Nutzung der vom Hersteller bereitgestellten Standeinstellungen.

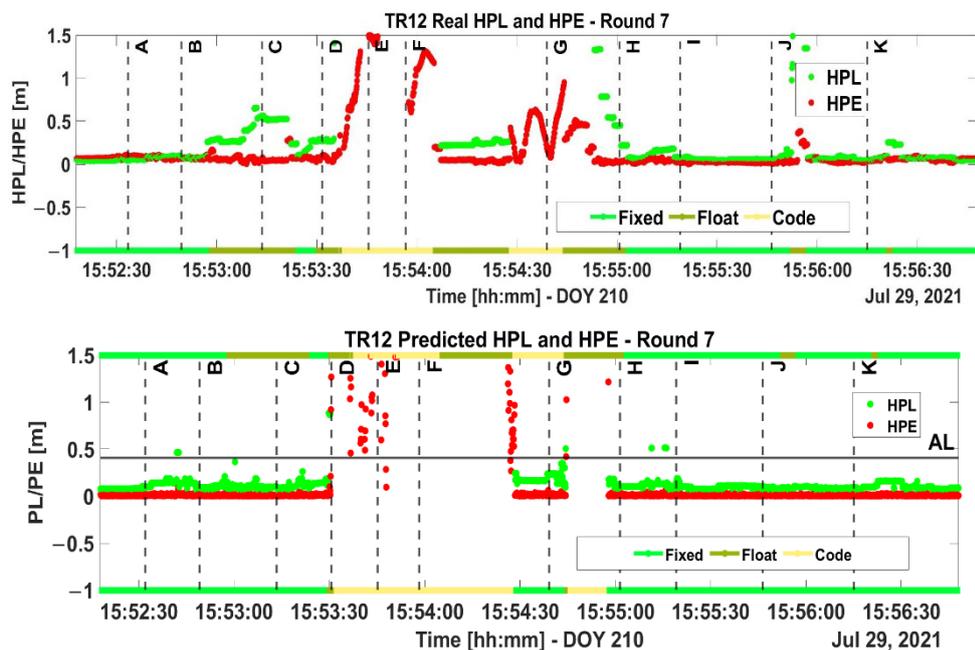
Durch die Optimierung der Tracking Loops und der Eliminierung der Mehrwegeeffekte durch, unter Anderem der Mehrwegekarten, ist die Wiederholbarkeit der geschätzten Pattern signifikant verbessert wurden.

ON INTEGRITY PREDICTION FOR NETWORK-RTK POSITIONING IN URBAN ENVIRONMENTS (DAAD STIPENDIAT IM DFG-GRK I.C.SENS, ALI KARIMIDOONA, STEFFEN SCHÖN)

The main purpose of this research is evaluating the possibility of predicting the integrity of Network-RTK positioning in urban environments. For predicting the integrity, every component of the positioning algorithm should be simulated. The (double difference) observations, the design matrix and the C/N0 for weighting, should be predicted, to simulate the whole positioning algorithm. Using ray tracing algorithms, along with digital 3D city models, it is possible to predict the satellite visibility status for a specific position on the ground. For this research, a kinematic field experiment was conducted. Four different RTK-enabled GNSS receivers were installed on top of a van. To compare the simulations with real data.

The satellite visibility can be predicted with an accuracy of more than 90% in terms of confusion matrix. For predicting the C/N0, the attenuation of the signal from satellite to receiver should be considered. The power losses include free space loss, and satellite and receiver antenna gain. Moreover, losses due to reflection or diffraction or passing through vegetation, should be considered. The C/N0 can be predicted by a mean value of 2.21 dB-Hz difference to the real value in LOS situations.

For predicting integrity, a positioning simulation is developed to emulate RTK positioning. As there is already a very precise reference trajectory available, a linearized Kalman filter is used. The observations consist of double difference (DD) residuals that can be assumed to be the station dependent errors in urban environments, i.e., those errors from MP, NLOS, and diffraction. The predicted C/N0 is used as a criterion to see if the code and phase observations can be present or not, and also for defining a weighting scheme. The positioning simulation provides PE and PL, which are compared to the real values. The true positive rate (TPR) or sensitivity for prediction of nominal operation cases as well as detection of fixed solutions can reach near 90%.

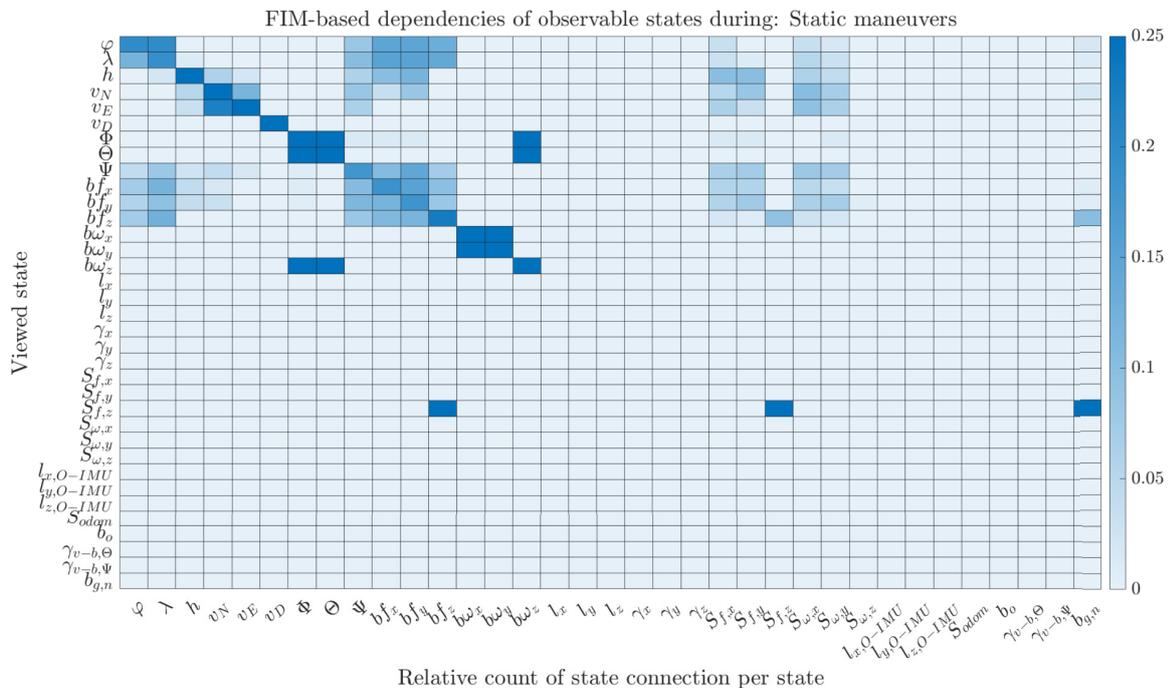


## OBSERVABILITY AND ESTIMABILITY ANALYSIS OF AN ERROR STATE MULTI-SENSOR NAVIGATION FILTER USING NUMERICAL OBSERVABILITY METHODS (QGYROPLUS, NICOLAI WEDDIG AND STEFFEN SCHÖN)

Determining the observability and estimability of specific states in ESEKF-based navigation filters is often a complex matter, as a set of differential equations has to be linearized and analytically solved to provide detailed answers about individual states. Furthermore, complex models result in additional differential equations, which leads to unwieldy systems for analytical analysis. This lengthy process makes the design and testing of novel filter architectures quite challenging, and forbids „fast prototyping.“

A different idea to provide observability is via numerical methods, which use the observability matrix, or one of its analogues, to provide a geometrical interpretation of the resulting statespace via SVD-based methods. Here, however, the effect of the stochastic behaviour of the system and measurements is often missing.

In this article, a known numerical observability method, based on an estimate of the Fisher Information Matrix (FIM), is performed for the first time on an ESEKF-based filter system of high complexity. The state vector holds 35 states, including an IMU error model, offsets between sensors, but also e.g. the kinematic state. It is shown that the inclusion of variance-covariance information of the state and measurements can be used to compute observability, but also estimability, so how much the variance-covariance entry of a given state changes over time. Linear subsets can be isolated, as shown in the figure below, and observability can be provided on a dynamics-basis via a MC-approach. Finally, additional sensor equations were incorporated to show the applicability to fast prototyping.

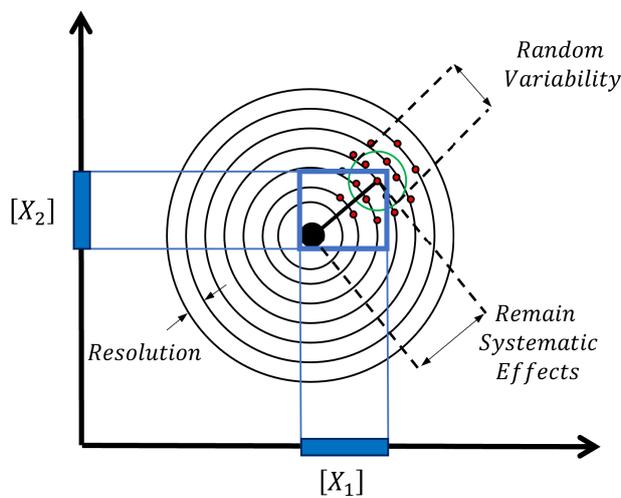


SHOWN ARE THE DEPENDENCIES BETWEEN DIFFERENT ERROR STATES OF THE SYSTEM, GIVEN RESULTS FROM MULTIPLE FIM. IT CAN BE SEEN THAT WHILE THE SYSTEM IS STATIC, THE YAW ANGLE AND HORIZONTAL VELOCITY ERRORS CANNOT BE PROPERLY SEPARATED. FURTHERMORE, MULTIPLE BIAS TERMS OF THE ACCELEROMETER ARE HIGHLY CONNECTED WITH EACH OTHER, DUE TO STATIC CONSTRAINTS AND LACK OF DYNAMICS.

## DEFORMATION ANALYSIS BASED ON TERRESTRIAL LASER SCANNER MEASUREMENTS (TLS-DEFO, FOR 5455, PROJECT 5, REZA NAEIMAEI, STEFFEN SCHÖN )

Deformation monitoring of natural and man-made structures is a critical task in engineering geodesy. It involves the investigation of geometric changes between two or more states of an object or area. A fundamental aspect of this investigation is the clear distinction between actual deformations and uncertainties. Point clouds obtained from terrestrial laser scanners (TLS) are subject to random variations and systematic uncertainties. These uncertainties may originate from sensor calibration, unmodeled atmospheric refraction, complex laser beam reflection, proprietary pre-processing algorithms embedded within the instrument, and unknown but bounded errors.

A purely stochastic treatment that assumes all errors follow a normal distribution is often an oversimplification. Such an assumption can impede the accurate detection of deformations. To address this limitation, a distribution-free uncertainty description is being developed based on interval enclosures of observation uncertainties. This approach does not depend on specific distributional assumptions and thus provides a more comprehensive representation of uncertainties. By complementing stochastic methods, this distribution-free uncertainty description offers a more robust framework for uncertainty analysis and propagation in TLS-based deformation monitoring.



CONCEPTUAL MODEL OF UNCERTAINTY BASED ON INTERVALS

Our research contributes to the total uncertainty budget associated with TLS measurements. To achieve this, we develop a strategic approach to determine and validate deterministic observation intervals. This strategy involves a detailed analysis of the data acquisition process and seeks to ensure the reliability and accuracy of TLS measurements.

A central aspect of our work involves designing and implementing methods to translate observation error bands into precise point uncertainty metrics. By

refining these techniques, we aim to enhance the accuracy of point data derived from TLS, thereby improving the efficiency of spatial analysis and modeling tasks.

Furthermore, we are advancing the development of distribution-free metrics to assess surface uncertainty. These metrics are particularly important in scenarios where traditional statistical distribution assumptions may not hold, offering a more robust framework for understanding and addressing uncertainty in various applications of TLS data. Through these efforts, we aim to advance remote sensing by enhancing the accuracy and reliability of TLS-derived data products.

## GNSS-BASED FREQUENCY TRANSFER (DFG, SFB1464 TERRAQ, AHMED ELMAGHRABY, STEFFEN SCHÖN)

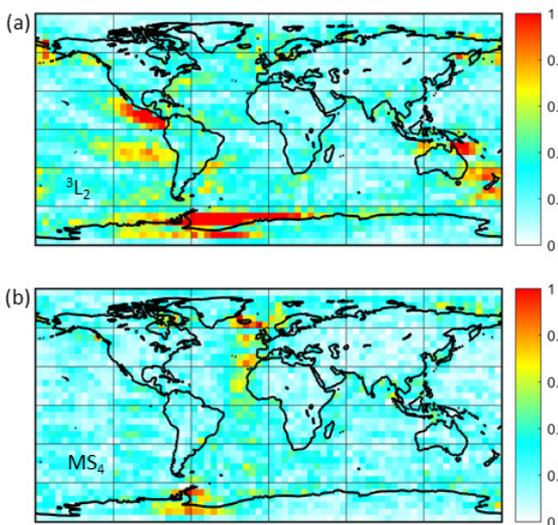
TerraQ establishes innovative techniques to measure mass changes from space and on ground. That includes advancing not only the hardware used but also the algorithms applied on the acquired data afterwards. Our research focuses on Global Navigation Satellite Systems (GNSSs) to form links comparing frequency of the respective clocks. We develop algorithms to achieve stable and accurate GNSS-based frequency transfer (FT) in range of  $5e-17$ . This shall enhance the ability of GNSS FT to be used for relativistic geodesy, which demands a precision in the range of  $1e-18$ . We adopt the concept of a common clock experiment in order to evaluate the link stability without being limited by the stability of the frequency source. In our case, the frequency source could be an H-Maser or an optical clock. Fibre link is exploited as ground truth for GNSS links. Hence, we investigate errors influencing GNSS links by forming baselines with various length. This provides a practical method to decorrelate baseline-dependent errors. Temperature effects are considered crucial when we aim for high stability over short averaging time in terms of Allan variance. Therefore, we carried out an experiment at our GNSS laboratory to evaluate temperature effects using a dedicated climate chamber.



Zero baseline has been formed between two receivers; one is located in controlled climate chamber and the other is located outside in the lab. The experiment has been planned in three phases spanning one week. Splitter has been located inside the climate chamber in one phase. In the second phase, receivers of interest are setup inside the climate chamber. All receivers are installed outside in room temperature while climate chamber is turned off.

## ANALYSE VON OZEANGEZEITENSIGNALEN IN DISTANZMESSUNGEN VON GRACE UND GRACE-FOLLOW-ON (IGOR KOCH, MATHIAS FRYE, JAKOB FLURY)

Um ein genaues Erdschwerefeldmodell zu bekommen, muss der Einfluss diverser Störbeschleunigungen mittels Modellen aus den Satellitendaten herausgerechnet werden. Insbesondere Massenumverteilungen mit einer kürzeren Periode als die monatliche Auflösung der Schwerefeldprodukte müssen präzise modelliert werden. Modellfehler verschlechtern nicht nur die allgemeine Qualität der Schwerefeldprodukte, sondern können dazu führen, dass hochfrequente Störeffekte fälschlicherweise als langsame Massenveränderungen interpretiert werden. Einen solchen herausfordernden Effekt stellen die Ozeangezeiten dar. Um ein genaues Ozeangezeitenmodell zu bekommen, werden numerische Modelle mit Daten von Altimetriesatelliten kombiniert, welche die Meereshöhe relativ zum Satellitenorbit vermessen. Diese Satelliten decken aber nicht die polaren und subpolaren Gebiete der Erde ab, was zu Modellgenauigkeiten in diesen Regionen führt. Zudem weisen Ozeangezeitenmodelle Schwächen in Küstenregionen auf, wo die Interaktionen der Gezeitenwellen mit den Küstenlinien recht komplex sind, und zudem die Abtastung der Meereshöhe durch die Altimetriesatelliten zu grob ist.



SPEKTRALE AMPLITUDEN DER OZEANGEZEITEN-KOMPONENTEN  ${}^3L_2$  (A) UND  $MS_4$  (B) IN GRACE UND GRACE FOLLOW-ON DISTANZMESSUNGEN IN  $10^{-8} \text{ M/S}^2/\text{SQRT(HZ)}$ .

Mit einem alternativen Ansatz zur Auswertung der GRACE- und GRACE Follow-On-Distanzdaten gelang es uns, dominante Ozeangezeitenfrequenzen zu identifizieren und die dazugehörigen räumlichen Strukturen herauszuarbeiten. Neben den klassischen Frequenzen, die direkt mit der Gravitation von Mond und Sonne zusammenhängen, lassen sich in den Daten auch weniger erforschte Gezeitenfrequenzen erkennen. Dazu gehören beispielsweise in Küstenregionen auftretende nichtlineare Gezeiten, Effekte aufgrund periodischer atmosphärischer Auflasten und kleinere durch den Mond verursachte asymmetrische Gezeitenkomponenten (Grad-3 Gezeiten), für deren Beobachtung sehr lange Messreihen erforderlich sind. Einige der entdeckten Effekte wurden bislang

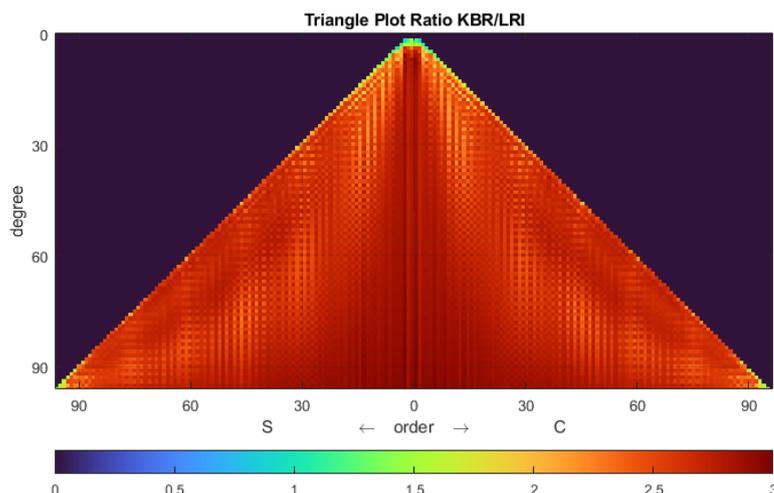
noch nie in Satellitendaten beobachtet und in der Ozeangezeitenmodellierung vernachlässigt. Die Ergebnisse dieser Studie wurden beim GGHS2024 Symposium in Thessaloniki vorgestellt. Der Autor möchte der Fördergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der LUH für die finanzielle Unterstützung zur Teilnahme an der Konferenz danken.

## ANALYSE DES LASER RANGING INTERFEROMETERS VON GRACE-FOLLOWON (MATHIAS FRYE, IGOR KOCH, JAKOB FLURY)

Das Laser Ranging Interferometer (LRI) der GRACE Follow-On Mission, das seit 2018 präzise Messungen zur Schwerefeldbestimmung der Erde ermöglicht, ist der Fokus der aktuellen Studie. Die Analyse der post-fit Range Rate Residuen deckte mehrere systematische Effekte auf, darunter den Range Rate Effekt, der bei niedrigen Relativgeschwindigkeiten auftritt, sowie den Panel Effekt, der durch Sonnenlichteinstrahlung auf die Satellitenpaneele verursacht wird. Weitere festgestellte Anomalien sind der CNR Effekt bei sinkender Signalqualität, erhöhte Residualwerte bei Polarüberflügen und bei Übergängen in den Erdschatten.

Die LRI-Technologie zeigt gegenüber dem klassischen K-Band Ranging System (KBR) deutliche Vorteile im Hochfrequenzbereich, insbesondere durch geringeres Rauschen, was die Identifikation solcher Effekte erleichtert. Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial der LRI-Technologie für zukünftige Missionen, verdeutlichen aber auch die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen zur Verbesserung der Datenverarbeitung und Modellsysteme.

Diese Studie liefert wertvolle Einblicke für die Entwicklung künftiger satellitengestützter Schwerefeldmissionen, die verstärkt auf Laserinterferometrie setzen werden. Darüber hinaus wird die Schwerefeldprozessierungskette für das LRI analysiert und optimiert um best-mögliche Ergebnisse für LRI Schwerefelder zu erzielen. Der Genauigkeitserfolg in den Schwerefeldkoeffizienten verglichen mit dem KBR-System ist ca. 3 mal besser (vgl. Abb.). Dies ist vor allem in den zonalen und nahe-zonalen Koeffizienten zu sehen. Weitere Analysen stehen noch aus.



VERHÄLTNISS DES RELATIVEN FEHLERS VON KBR ZU LRI.

## INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK (IKG)

### DER FORSCHUNGSVERBUND DiViAS: DIGITALISIERUNG, VISUALISIERUNG UND ANALYSE VON SAMMLUNGSGUT (MWK/VOLKSWAGENSTIFTUNG, STEFAN FUEST)

DiViAS (Digitalisierung, Visualisierung und Analyse von Sammlungsgut) ist ein transdisziplinärer Forschungsverbund, der Geisteswissenschaften wie Provenienzforschung und Geschichte mit technischen Methoden verbindet. Auf der Grundlage von zwei Fallstudien werden verschiedene, miteinander verschränkte Analyseverfahren und Techniken, wie beispielsweise KI und 3D-Messtechnik, zur raumzeitlichen Erschließung und Repräsentation von Sammlungsgut aus kolonialen Kontexten angewendet.



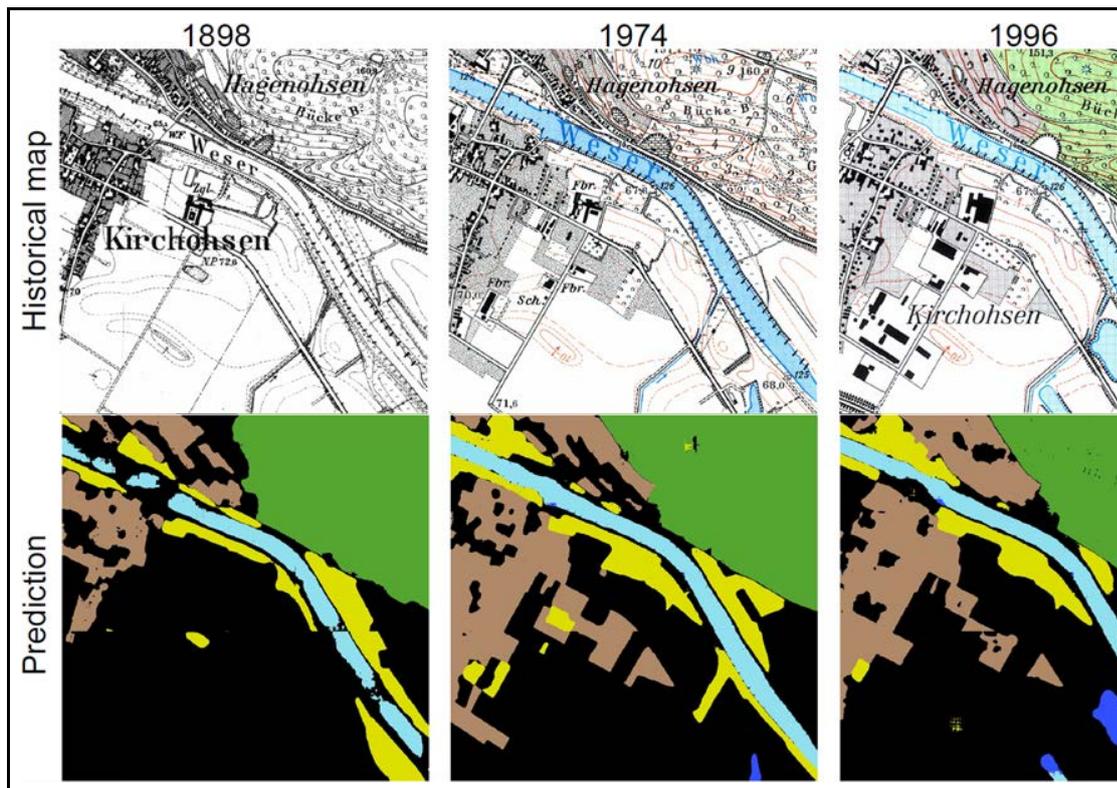
LINKS: BEISPIEL EINER HISTORISCHEN SCHIFFSRUTE DER SMS ALBATROSS AUS DEM JAHR 1886, KARTENGRUNDLAGE: STAATSBIBLIOTHEK ZU BERLIN - KARTENABTEILUNG; RECHTS OBEN: LOGBUCH AUS DER PRIZE PAPERS SAMMLUNG, HCA 32/1828/2; RECHTS UNTEN: BOOTSMODELL MIT ZWEI FIGUREN AUS DER SAMMLUNG KUPREJANOV, INV.-NR. 1390 - FOTO: LANDESMUSEUM NATUR UND MENSCH / MARTIN HENZE.

Um historische Prozesse wie beispielsweise Schiffsreisen in kolonialen Kontexten zu rekonstruieren, werden im Projekt Logbücher und Reiseberichte in moderne Sprache transkribiert und dann mit Hilfe von Natural Language Processing und Transformerbasierten Sprachmodellen automatisch annotiert, um Informationen über Orte, Zeiten, Personen und Objekte aus den Texten zu extrahieren und zu klassifizieren.

Eine besondere Herausforderung bei der Rekonstruktion und Visualisierung historischer Schiffsrouten stellt die oft unscharfe Datengrundlage dar, vor allem in Bezug auf räumliche und zeitliche Informationen, die durch Messfehler, Datenlücken oder ungenaue Beschreibungen entstehen können. Um räumliche und zeitliche Unschärfe visuell zu vermitteln, werden visuelle Variablen (z.B. Transparenz, Blurring, Farb- und Größenvariationen) verwendet, sowie eine mögliche Anwendung von dynamischen Effekten wie Animationen, die Bewegungsdaten intuitiver darstellen könnten, untersucht.

## AUTOMATISCHE INTERPRETATION VON HISTORISCHEN KARTEN (BKG / YUNSHUANG YUAN, FRANK THIEMANN, MONIKA SESTER)

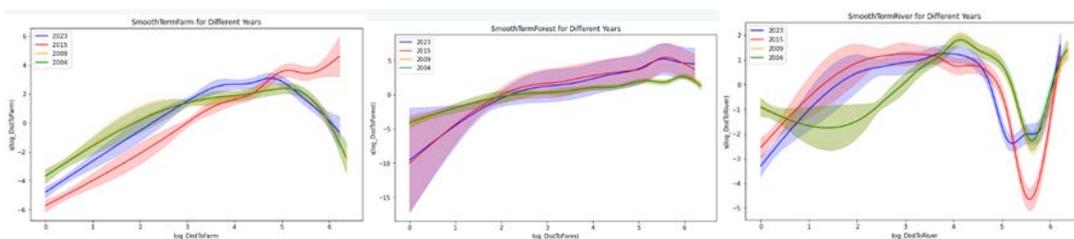
Historische Karten sind wertvolle Quellen für geographische Informationen aus der Vergangenheit, liegen jedoch oft nur in analogen oder eingescannten Formaten vor. Erst die Digitalisierung dieser Karten in ein objektbasiertes Format ermöglicht es, automatische raumzeitliche Analysen durchzuführen. Da die manuelle Annotation dieser Datensätze zeitaufwendig ist und es an ausreichenden Trainingsdaten für die automatische Interpretation mittels Deep Learning mangelt, wird im Rahmen des vom BKG finanzierten Projekts „Der zeitliche Wandel von Geodaten“, an dem das igk beteiligt ist, an neuen Lösungen geforscht. Insbesondere konzentriert sich das Projekt auf die automatische Interpretation von Messtischblättern und topographischen Karten im Maßstab 1:25.000. Der Ansatz zur semantischen Segmentierung nutzt die selbst entwickelte Age-Tracing-Strategie, eine Form des schwach überwachten Lernens, die die Ähnlichkeit von Karten benachbarter Zeiträume ausschöpft. Modellvorhersagen eines annotierten Datensatzes werden als Pseudo-Labels für das Training weiterer Karten verwendet. Experimente am Datensatz des Testgebiets Hameln zeigen, dass eine Genauigkeit von 97 % (OA) und 77,3 % (IoU) erreicht werden kann.



AUSSCHNITTE AUS DER TOPOGRAPHISCHEN KARTE 1:25.000 UND ERGEBNIS DER SEMANTISCHEN SEGMENTIERUNG  
(BRAUN: GÄRTEN, GELB: WIESE, GRÜN: WALD, BLAU: WASSER)

## ERKLÄRUNG DER LANDSCHAFT IM ZEITLICHEN WANDEL MIT STATISTISCHEN METHODEN (BKG / MIREILLE FANGUENG, PHILIPP OTTO)

Das Teilprojekt Zeitreihenanalyse im Projekt “Der zeitliche Wandel von Geodaten” des BKG-Gauß-Zentrums zielt darauf ab, zu ermitteln, welche Faktoren die Entwicklung und das Bestehen städtischer Gebiete beeinflussen. Dabei wurde zunächst ein besonderes Augenmerk auf die Rolle der Entfernung zu landwirtschaftlichen Flächen, Wäldern und Flüssen gelegt. Um diese Zusammenhänge zu analysieren, wurden drei unterschiedliche statistische Modelle eingesetzt: verallgemeinerte lineare Modelle (GLM), verallgemeinerte additive Modelle (GAM) und das Verfahren Deep Regression. Diese Modelle wurden mit Datensätzen aus den Jahren 2004, 2009, 2015 und 2023 trainiert und mit Hilfe der Kreuzvalidierung überprüft. Um die Leistungsfähigkeit der Modelle zu vergleichen, kamen Kennzahlen wie Genauigkeit, Präzision und der F1-Score zum Einsatz. Neben der Bewertung der Vorhersagegenauigkeit wurde auch untersucht, wie gut die Modelle die Beziehungen zwischen den Einflussfaktoren und der Urbanisierung verständlich darstellen konnten. Die Analyse ergab, dass das GAM besonders nützlich war, um verständliche Einblicke zu liefern, zum Beispiel durch Diagramme (Abbildung), die zeigen, wie sich der Einfluss verschiedener Landschaftsmerkmale im Laufe der Zeit verändert. Dennoch übertraf das Deep-Regression-Modell die anderen Modelle in puncto Vorhersageleistung. Dies liegt vor allem an seiner Fähigkeit, sowohl tabellarische Daten als auch Bilder zu integrieren, was es ermöglicht, komplexe Muster in der urbanen Dynamik besser zu erfassen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Kombination leistungsfähiger statistischer Verfahren mit modernen Techniken des maschinellen Lernens, um die Trends der Urbanisierung besser verstehen und prognostizieren zu können. Die Abbildung zeigt die zeitliche Analyse der glatten GAM-Terme für verschiedene Landschaftsmerkmale im Laufe der Zeit.

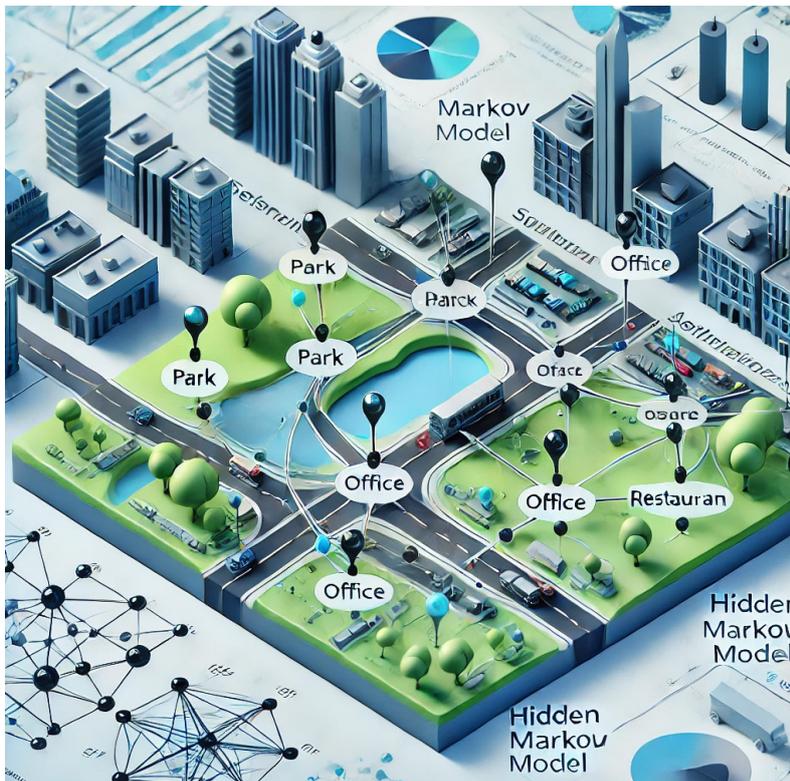


ZEITLICHE VERÄNDERUNG DER GLATTEN GAM-TERME, ENTFERNUNG ZU LANDWIRTSCHAFTLICHEN GEBIETEN (LINKS), ZU WÄLDERN (MITTE) ZU FLÜSSEN (RECHTS)

## SEMANTISCHE ANNOTATION VON TRAJEKTORIEN MITTELS HIDDEN-MARKOV-MODELL (JENS GOLZE)

Für Anwendungen wie Stadtplanung, Verkehrsoptimierung und personalisierte standortbezogene Dienste ist das Verständnis der menschlichen Mobilität und des räumlichen Verhaltens von entscheidender Bedeutung. Diese Informationen helfen dabei, effizientere Verkehrsströme zu gestalten, die Nutzung öffentlicher Räume zu verbessern und individuelle Bedürfnisse besser zu erfüllen. Um diese Aspekte zu analysieren und nutzbare Erkenntnisse zu gewinnen, ist die Verknüpfung von Mobilitätsdaten mit semantischen Informationen unerlässlich.

Rohdaten, wie sie beispielsweise aus Trajektorien gewonnen werden, fehlen jedoch häufig der notwendige semantische Kontext. Ohne diesen Kontext ist es schwierig, die Aktivitäten der Nutzenden zu interpretieren, Muster zu erkennen oder Regionen von besonderer Bedeutung zu identifizieren. Dies erschwert nicht nur die Analyse menschlicher Mobilität, sondern auch die Ableitung von Maßnahmen oder die Entwicklung neuer Anwendungen, die auf diesen Daten basieren.



Um dieses Problem zu lösen, wird ein Ansatz zur semantischen Annotation von Trajektorien entwickelt. Dieser konzentriert sich auf die Identifikation und Analyse von geclusterten Haltepunkten, die Bereiche von persönlicher Bedeutung für die Nutzenden darstellen. Der Ansatz verwendet ein Hidden-Markov-Modell in Kombination mit einem angepassten Viterbi-

Optimierungsalgorithmus, um den Haltesequenzen die wahrscheinlichsten semantischen Labels zuzuweisen. Dabei berücksichtigt das Modell die allgemeine Nutzung besuchter Orte durch die Einbeziehung von sogenannten Ortsemis-

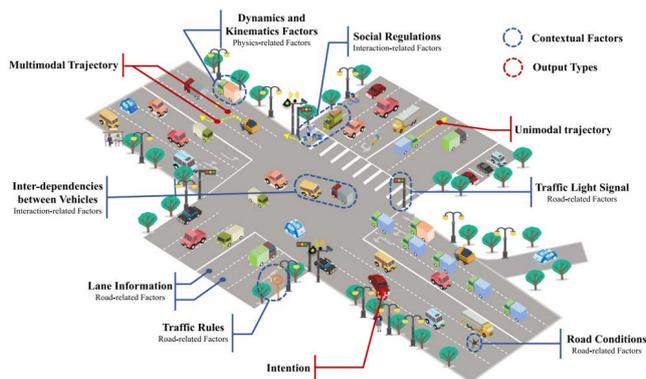
sionen. Diese Emissionen ermöglichen es, die Häufigkeit und Art der Nutzung bestimmter Orte in die Analyse einzubeziehen, wodurch die Annotation realistischer und verlässlicher wird.

## VORHERSAGE DES VERHALTENS VON VERKEHRSTEILNEHMENDEN (DFG I.C.SENS, YIMING XU, MONIKA SESTER)

Die Vorhersage des zukünftigen Verhaltens und der Trajektorien von Verkehrsteilnehmenden ist eine der zentralen Forschungsaufgaben für autonome Fahrsysteme, um sichere und effiziente Entscheidungen zu ermöglichen. Die dynamische Komplexität von Verkehrsszenarien ergibt sich aus der Vielfalt der Verhaltensweisen der Akteure, einschließlich der Unsicherheiten im Verhalten von Fußgängern, Radfahrern und anderen Fahrzeugen, sowie aus der Komplexität der Interaktionsfaktoren in der Straßenumgebung. Daher ist die Entwicklung von Modellen, die in der Lage sind, die Trajektorien von Verkehrsteilnehmenden präzise vorherzusagen, von entscheidender Bedeutung für die Erhöhung der Sicherheit und Robustheit autonomer Fahrsysteme.

Die Verhaltensvorhersage steht jedoch vor mehreren Herausforderungen. Erstens sind die Verhaltensweisen von Verkehrsteilnehmenden oft durch Zufälligkeit und Vielfalt gekennzeichnet, die von individuellen Entscheidungen, sozialem Verhalten und Umweltbedingungen gemeinsam beeinflusst werden. Zweitens stellt die Quantifizierung von Unsicherheiten eine zentrale Schwierigkeit in der Trajektorienvorhersage dar.

Wir verwenden die Methode des Denoising Diffusion Models, um das Problem der multimodalen Trajektorienvorhersage zu lösen. Diese Methode kann die zeitlichen und räumlichen Informationen der gesamten Umgebung erlernen und den Kontext der Karte sowie die zeitlichen Interaktionen zwischen den



Verkehrsteilnehmern verstehen. Wir kodieren die Karteninformationen und den Zustand der Verkehrsteilnehmer in Tokens, um sie in den Denoising-Prozess des Diffusion Modells einzubinden. Diese Methode ermöglicht es, die Wahrscheinlichkeitsverteilung der zukünftigen Verkehrssituation zu erlernen und durch Sampling verschiedene mögliche zukünftige Trajektorien zu generieren. Basierend auf der abgetasteten Verteilungsdichte können wir die Wahrscheinlichkeitsschätzungen verschiedener Trajektorien erhalten.

## INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION (IPI)

### FERNERKUNDUNG FÜR AUFGABEN DER LANDESVERMESSUNG: AKTUALISIERUNG BESTEHENDER DATENBESTÄNDE MITTELNS ANSÄTZEN DES DEEP LEARNING UNTER NUTZUNG FREI VERFÜGBARER FERNERKUNDUNGSDATEN (LGLN, MIRJANA VOELSEN)

Topographische Datenbanken bilden die Grundlagen für viele Aufgaben der Landesvermessung, darum ist es wichtig, diese Datenbanken möglichst aktuell zu halten. In diesem Projekt werden die vorhandenen Datenbestände des LGLN genutzt, um mithilfe künstlicher Intelligenz eine automatische Klassifikation neuer Satellitenbilder zu ermöglichen. Genutzt werden hierfür frei verfügbare Sentinel-2 Bilder, die mit der Information der

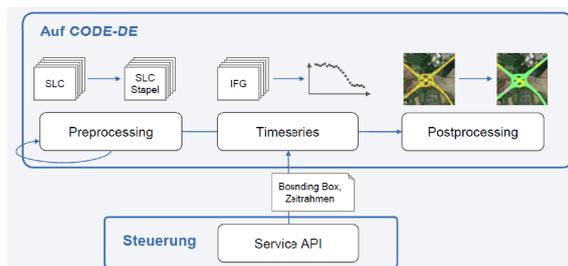


KLASSIFIKATION DER LANDBEDECKUNG IN EINEM TESTGEBIET IN NRW.

Landbedeckung aus ATKIS kombiniert werden. Die Landbedeckung beschreibt das physikalische Material auf der Erdoberfläche, wie bspw. Wald. Genutzt wird ein überwachter Klassifikator, der mithilfe von Trainingsdaten erlernt, welche spektralen Eigenschaften die unterschiedlichen Klassen auszeichnen. Ziel ist es, jedem Pixel im Satellitenbild eine Landbedeckungsklasse zuzuweisen.

Der große Vorteil von Satellitenbildern ist ihre hohe zeitliche Auflösung, die es ermöglicht, sowohl temporale als auch räumliche Zusammenhänge zu erkennen. Durch den Einbezug der temporal Information wurden die Klassifikationsergebnisse bereits signifikant verbessert. Im weiteren Projektverlauf sollen nun auch temporale Änderungen der Landbedeckung schon im Modell selbst erkannt werden.

### SAR4INFRA - MONITORING VON VERKEHRSINFRASTRUKTUREN IN SCHLESWIG-HOLSTEIN MITTELNS RADARINTERFEROMETRIE (BMDV, ANDREAS PITER, MAHMUD HAGSHENAS HAGHIGHI, & MAHDI MOTAGH)

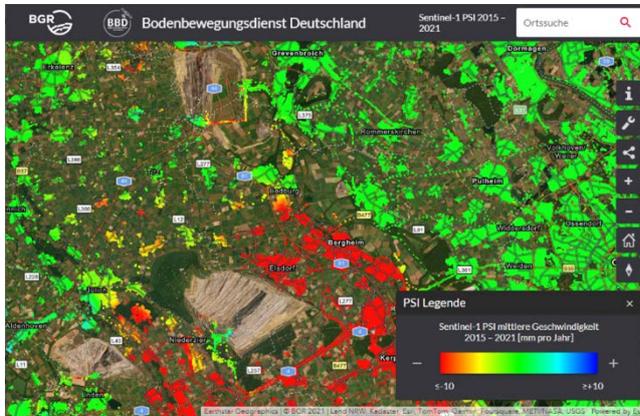


PROZESSKETTE DES SAR4INFRA DIENSTES

In diesem Forschungsprojekt wird die traditionelle Überwachung von Verkehrsinfrastrukturen am Boden um die Erfassung von Bodenbewegungen mittels Radarinterferometrie erweitert. Es wurde eine Prozesskette zur Berechnung von Bodenbewegungen basierend auf Sentinel-1 Aufnahmen entwickelt. Diese wurde zur effizienten Verarbeitung in die Cloud-Umgebung CODE-DE integriert, welche sowohl Sentinel-1-Daten als auch

Rechenkapazitäten vorhält. Das entwickelte Zeitreihenverfahren ermöglicht die genaue Beobachtung von lokalen Bewegungen an den Bauwerken. Das Ergebnis des Projektes ist der entwickelte on-demand Service, mit dem für Schleswig-Holstein eine Gefährdungsanalyse durchgeführt werden kann und der somit die Entscheidungsträger in Behörden unterstützt.

## SARKI4TAGEBAUFOLGEN - MODELLIERUNG DER AUSWIRKUNGEN VON BODENBEWEGUNGEN AUF INFRASTRUKTUREN (BMWK, MARZIEH BAES, ANDREAS PITER, DIBAKAR KAMALINI RITUSHREE, MAHDI MOTAGH)



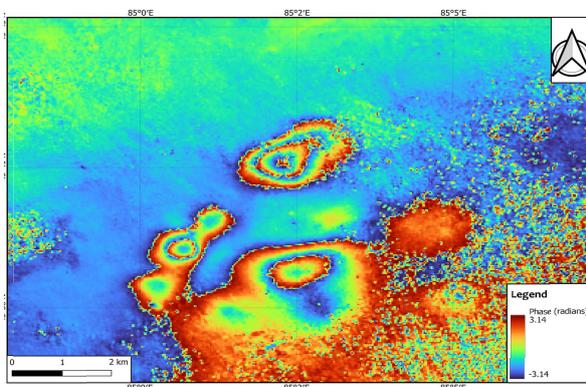
**BEWEGUNGSKARTE FÜR DAS RHEINISCHE REVIER**

Großflächige Kohletagebaue haben erhebliche Auswirkungen auf die Instabilität der Infrastruktur in den umliegenden Gebieten. Dies liegt an der Absenkung des Grundwasserspiegels, die für die Förderung der Braunkohle notwendig ist. Diese Veränderung des Porenwasserdrucks und der Spannungsverhältnisse kann zu einer Reaktivierung von Verwerfungsrisse führen, die wiederum zu Schäden an Infrastrukturen führen können.

In diesem Projekt untersuchen und modellieren wir Bodenbewegungen im Rheinischen Revier in NRW. Die mittels Sentinel-1 Radarinterferometrie ermittelten Bodenbewegungen werden genutzt um ein Deep Learning Modell zur Schadensprädiktion zu trainieren. Außerdem werden die Bodenbewegungen mit einer eigens erstellten 2.5D geomechanischen Modellierung verglichen. Hierbei gehen Informationen über die Verwerfungsrisse und geologischen Schichten mit ein. Ziel ist es die Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf die Reaktivierung von Verwerfungsrisse und Entstehung von Bodenbewegungen besser zu verstehen.

## GROUND DEFORMATION ANALYSIS IN HYDROCARBON FIELDS USING REMOTE SENSING AND GEOMECHANICAL MODELING (DAAD, IMEIME UYO, MAHMUD HAGHIGHI, WEI TANG, MAHDI MOTAGH)

The continuous production of hydrocarbons presents critical challenges for sustainable resource management and environmental safety. Changes in pore pressure, whether through a decrease caused by oil and gas extraction or an increase from water or gas injection into the reservoir, alter the effective stress on the rock framework.

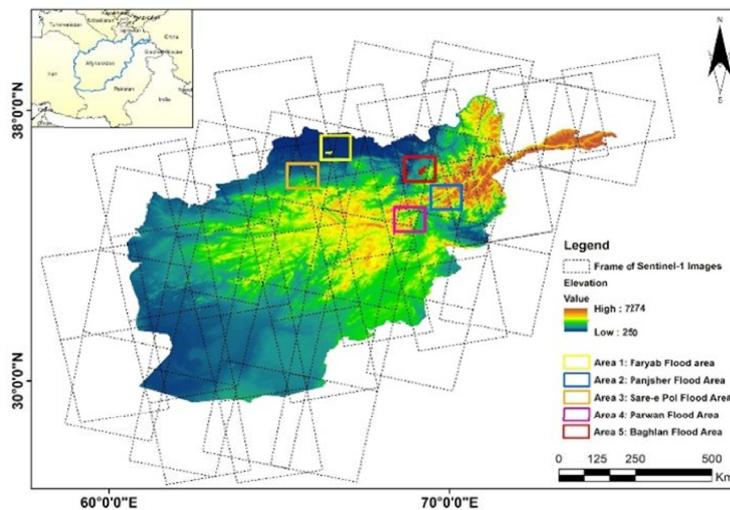


**SEVERAL LOCALIZED SUBSIDENCE AND UPLIFT AROUND AN OILFIELD**

In this project, we analyze different oilfields to investigate the temporal dynamics of their reservoir deformations. Using the small baseline subset (SBAS) method, Sentinel-1 SAR ascending and descending datasets are processed to derive deformation velocities and time series in the line-of-sight direction. In the next phases of this project, linear elastic geomechanical models will be used to infer information about the underlying reservoir pressure depletion dynamics.

## ENHANCED FLOOD EXTENT DELINEATION IN AFGHANISTAN: A COMBINED SAR INTENSITY AND INTERFEROMETRIC COHERENCE APPROACH (DAAD, M. SULAIMAN FAYEZ HOTAKI, MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI, MAHDI MOTAGH)

While Afghanistan faces severe flood risks due to its diverse topography and variable climate, information about floods is scarce. This project addresses this issue by utilizing time-series SAR Analysis of intensity and interferometric coherence. Using the Sentinel-1 SAR data on Google Earth Engine (GEE) and the Hybrid Pluggable Processing Pipeline (HyP3), this project automates data processing workflows and enhancing flood mapping capabilities. Supplementary datasets, including DEMs, water body data, and land cover information, are integrated to improve the accuracy and reliability of the flood extents. Additionally, the validation is conducted using high-resolution PlanetScope imagery. The outcomes of the project delineates various flood events between 2018 and 2024 and reveals significant impacts of flood on irrigated lands and urban areas, emphasizing their vulnerability to flood events. This project demonstrates the effectiveness of combining SAR intensity and coherence data for reliable flood mapping. By leveraging the capabilities of Sentinel-1 and the scalability of GEE, this project offers a rapid solution for flood monitoring and disaster management in data-scarce regions like Afghanistan.



**MAP OF THE STUDY AREAS IN AFGHANISTAN, SHOWING THE SELECTED FLOOD-AFFECTED REGIONS ANALYZED USING SENTINEL-1 IMAGERY. THE YELLOW, BLUE, ORANGE, MAGENTA AND RED RECTANGLES HIGHLIGHT THE LOCATIONS OF THE FIVE AREAS CHOSEN FOR DETAILED FLOOD EXTENT MAPPING**

## RECYCONTROL: BILDBASIERTE BESTIMMUNG RHEOLOGISCHER EIGENSCHAFTEN VON FRISCHBETON (BMBF, KONSORTIALPROJEKT UNTER LEITUNG DES INSTITUTS FÜR BAUSTOFFE; LUH, MAXIMILIAN MEYER)

Die Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen stellt eine große Herausforderung für die Bauindustrie dar, wobei der Betonherstellung eine entscheidende Rolle zukommt. Beton trägt allein durch die Zementherstellung zu etwa 6,7 % der weltweiten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Um diesem Problem zu begegnen, konzentriert sich die Forschung zunehmend auf die Reduzierung des Zementverbrauchs, z.B. durch die Verwendung alternativer Stoffe. Der Trend geht daher dahin, Beton nicht mehr nur aus den drei klassischen Stoffen (Zement, Gesteinskörnung und Wasser), sondern aus mehreren zusätzlichen Stoffen herzustellen, um die benötigte

Zementmenge zu reduzieren. Dies führt jedoch auch zu immer komplexeren Mischungsentwürfen, was die Robustheit des Betons beeinträchtigen kann. Folglich wird die Kontrolle der Betoneigenschaften, insbesondere der Frischbetoneigenschaften, immer schwieriger. Die derzeit verwendeten Qualitätssicherungsmethoden sind für diese Herausforderung nicht geeignet, da sie erst nach der Produktion eingesetzt werden. Um auf mögliche Abweichungen in den Betoneigenschaften reagieren zu können, müssen die Eigenschaften bereits während des Mischprozesses bestimmt werden.



AUFNAHME DES MISCHVORGANGS MIT EINEM STEREOKAMERASYSTEM

Das Ziel des Projekts ist es, den Betonmischvorgang mit optischen Sensoren zu beobachten und aus den Bilddaten direkt die Eigenschaften des Betons zu bestimmen. Für die Versuche wurde ein Industriemischer verwendet, mit welchem Betone mit unterschiedlichen Frischbetoneigenschaften hergestellt wurden. Ein Stereokamerasystem nimmt diesen Vorgang auf und ermöglicht eine 3D-

Rekonstruktion der Oberfläche. Es wurde ein Lernverfahren entwickelt, das ein digitales Höhenmodell (DEM) und ein Orthophoto (generiert durch klassische photogrammetrische Methoden), unterstützt durch Informationen aus dem Mischungsentwurf, zur Vorhersage der Frischbetoneigenschaften verwendet. Da sich die Eigenschaften des Frischbetons stark über die Zeit verändern, wird diese zeitliche Abhängigkeit bei der Vorhersage berücksichtigt. Eine Regression wird von einem Convolutional Neural Network (CNN) durchgeführt, welches das Ausbreitmaß, die Fließgrenze und die plastische Viskosität prädiziert. Es konnte gezeigt werden, dass die Eigenschaften des Betons anhand von Bildern vorhergesagt werden können.

## IMPROVED PERCEPTION OF THE ENVIRONMENT USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (DFG I.C.SENS, TUAN NGUYEN)

Perceiving the environment is a critical task for robots and autonomous vehicles, enabling them to collect information and make informed decisions. Within the context of the i.c.sens research training group, this project aims to enhance collaborative positioning for vehicles by detecting surrounding vehicles and reconstructing their shapes. This information is maintained



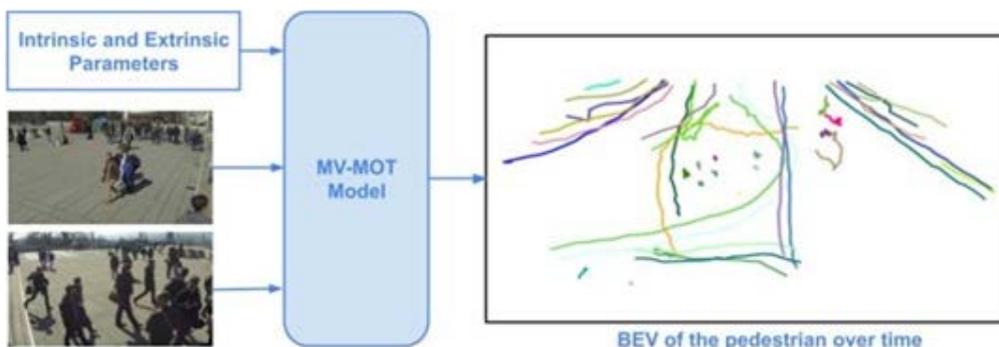
A SAMPLE WITH PANOPTIC LABEL FROM OUR DATASET

consistently across a sequence of frames. Additionally, semantic information about static objects, such as buildings, plays a crucial role in localizing the ego-vehicle. Using a sequence of stereo images as input, the project addresses challenges related to multi-modality fusion, temporal information exchange, and 3D shape reconstruction. We have proposed a method that allows Convolutional Neural Networks to leverage depth information from stereo image pairs to improve panoptic segmentation quality. Moreover, we organized a data collection campaign,

called Mapathon, involving vans equipped with stereo rigs and a LiDAR mounted on top of the left camera. This dataset includes annotated samples to support experiments with our algorithms. The adjacent figure showcases an example from the Mapathon dataset, overlaid with its corresponding annotations.

## MULTI-CAMERA STEREO-BASED PEDESTRIAN TRACKING FROM MOVING SENSORS (DFG I.C.SENS, RASHO ALI)

Tracking pedestrians over time is a topic of significant research interest due to its potential applications in areas like autonomous driving, robotics, and safety surveillance. Within the framework of the i.c.sens research training group, this project focuses on Multi-View Multi-Object Tracking (MV-MOT) by integrating data from stereo cameras mounted on moving vehicles and stationary traffic surveillance systems. Leveraging images from multiple viewing directions, and their intrinsic and extrinsic parameters the proposed model aims to address challenges such as occlusions and the limitations of single-camera setups.

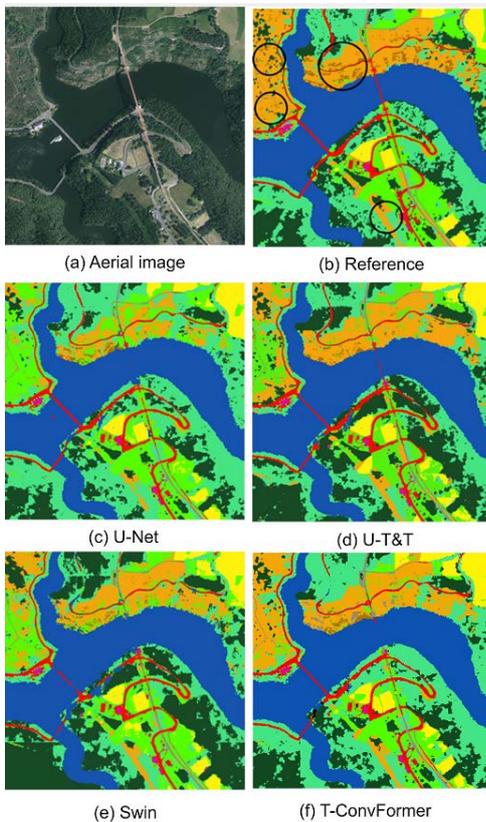


OVERVIEW OF INPUTS AND OUTPUTS OF THE PROPOSED MODEL

## CLASSIFICATION OF SATELLITE IMAGE TIME SERIES AND AERIAL IMAGES BASED ON MULTISCALE FUSION AND MULTILEVEL SUPERVISION (HUBERT KANYAMAHANGA)

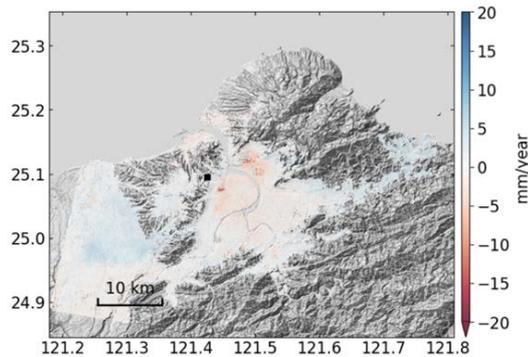
There is a large variety of sensors which can be used for effective monitoring of processes on the Earth's surface. Different sensors can capture complementary information of the same observed region. In this context, a challenge is training classifiers given the high differences in resolutions of the data: for instance, aerial images offer a high spatial resolution but do not capture temporal information. Conversely, satellite image time series (SITS) capture temporal variations, such as seasonal changes, but with limited spatial resolution, making it difficult to distinguish small objects. This paper presents a method to jointly exploit the strengths of SITS and aerial images for land cover classification. We utilize

convolutions to extract spatial information and consider self attention in the temporal dimension for SITS. Additionally, a multi-resolution supervision strategy is proposed, applying auxiliary losses at different stages of the SITS decoder to enhance feature learning. In our method, features extracted from SITS data are fused via a cross attention module with features learned by a SegFormer network from aerial images before predicting land cover at the geometrical resolution of the aerial image. We perform comparative experiments on an existing benchmark dataset, showing that the convolution-and-attention-based fusion of a SITS from Sentinel-2 with aerial image improves the classification results by +4.9% in the mean IoU and +3.0% in the OA compared to fully convolutional networks based on aerial images only.



## GROUNDWATER BUDGET AND SUBSIDENCE RISK ASSESSMENT IN TAIPEI BASIN, TAIWAN, FROM REMOTE SENSING AND NUMERICAL MODELING (DFG, ERIK RIVAS, MAHDI MOTAGH)

Taipei city where approximately 2.5 million people live is the main economic and historical center of Taiwan. The Taipei Basin has historically recorded



SENTINEL-1 LINE-OF-SIGHT VELOCITY MAP FROM THE 105 DESCENDING TRACK FROM 2014 UNTIL MID-2024

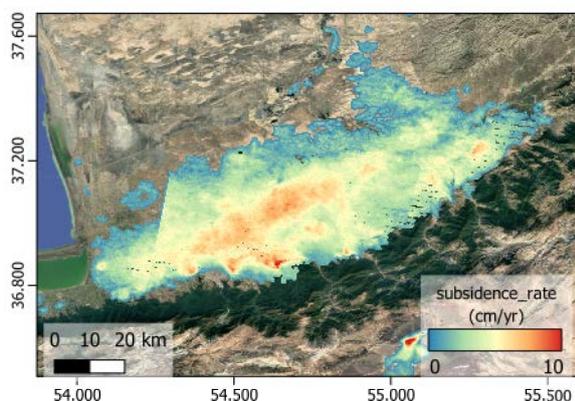
strong periods of deformation, and this has brought the need to control and mitigate its impact on the population. In order to characterize and quantify the recent deformation in this area, this project uses geodetic measurements from the satellite technique of InSAR (Synthetic Aperture Radar Interferometry) as well as leveling and GNSS. It exploits the capabilities of the C-band Sentinel-1 satellite and its 10 years of imagery data since 2014. The results unveil spatial and temporal patterns in the deformation time series that show local patchy subsidence areas attributed to anthropogenic activities. Also, the center of

the basin shows high seasonal and transient signals related to the geological nature of the basin and the groundwater extraction activities within the basin.

RS4Taipei is a joint project in cooperation with the National Taiwan University and Leibniz Hannover University funded by DFG.

## LONG-TERM MONITORING OF SUBSIDENCE USING MULTI-SENSOR INSAR (CSC, MINGYUE MA, MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI, MAHDI MOTAGH)

Land subsidence caused by groundwater extraction has become a critical environmental issue in many regions worldwide. It poses significant challenges to infrastructure stability, agricultural productivity, and water management systems. To assess the long-term impacts of land subsidence on the environment and infrastructure, this project employs Interferometric

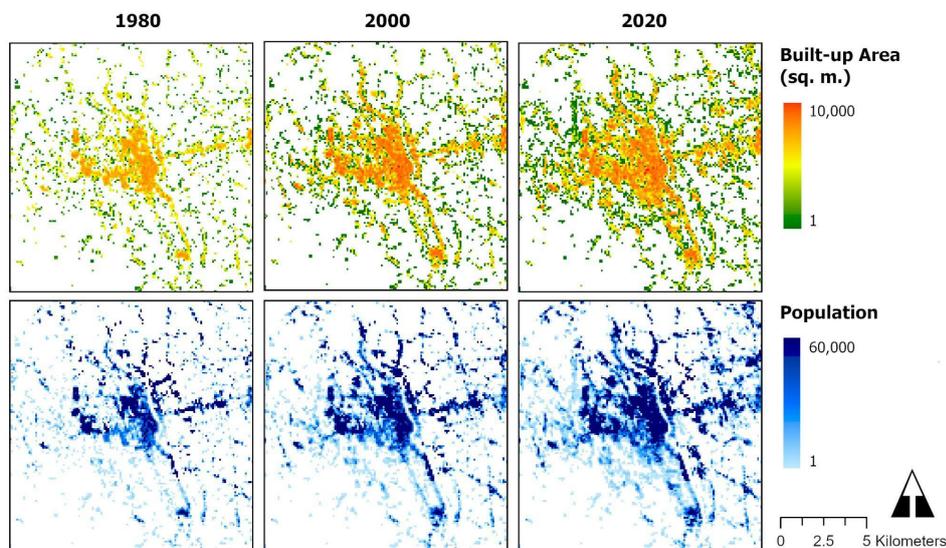


LAND SUBSIDENCE IN GOLESTAN PROVINCE, IRAN FROM SBAS ANALYSIS OF SENTINEL-1 DATA

Synthetic Aperture Radar (InSAR) technology. It uses the Small Baseline Subset (SBAS) InSAR technique to analyze the overall land subsidence patterns, utilizing data from various SAR sensors, including Sentinel-1, ALOS, Envisat, and ERS. Additionally, the Persistent Scatterer Interferometry (PSI) method implemented in SARvey software, developed at IPI, is used to estimate localized subsidence that affects infrastructure. The outcomes of the project will provide a better understanding of the subsidence issue and help for sustainable groundwater management.

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF EARTH OBSERVATION DATA FOR MAPPING THE EVOLUTION AND CHANGES IN LAND-USE EFFICIENCIES OF URBAN AND OTHER SETTLEMENT AREAS (JOJENE R. SANTILLAN, CHRISTIAN HEIPKE)

Urbanization is a global trend that often leads to challenges like inefficient land use, especially when built-up area growth surpasses population increases. SDG 11 emphasizes monitoring LUE using the LCRPGR indicator, which compares land consumption and population growth rates over time to assess the balance between urban expansion and land use. While EO data has been widely used for urban mapping and LUE assessment, gaps persist in accuracy assessments, uncertainty



**Time-series earth observation data showing the evolution of an urban area in the Philippines.**

Data source: Global Human Settlement Layers (GHSL) Data Package 2023; Credits: European Commission, Joint Research Centre (JRC)

quantification in LCRPGR calculations, and the integration of spatial and economic land-use dimensions. Additionally, the potential of ML and DL remains underutilized for improving LUE predictions. Our research focuses on addressing these gaps by advancing methodologies for urban area mapping and LUE monitoring in the Philippines and other regions. We aim to quantify how urban growth affects LUE, explore the use of time-series 3D EO data for deeper insights into LUE dynamics, and develop predictive models that combine satellite data with ML/DL techniques for LUE predictions to support sustainable urban planning.

## SELF-SUPERVISED SCENE FLOW ESTIMATION FROM MULTI-VIEW SURROUND IMAGES (SAMER ABUALHANUD, MAX MEHLTRETTER)

Understanding 3D scenes using surround camera setups poses significant challenges due to the minimal overlap between images, which limits depth estimation. One way to improve this is by using temporal context—information from consecutive frames over time—to increase the effective overlap between images. This approach works well for static scenes where objects remain in the same position. However, dynamic objects introduce additional complexity, requiring their motion to be accurately captured. Achieving a precise 3D representation of such objects depends on predicting their scene flow, which involves determining how points in 3D space move over time. While most existing research focuses on monocular or stereo camera configurations, this work addresses the critical challenge of ensuring multi-view consistency in surround camera systems to produce

a cohesive scene flow field, ensuring that the motion predictions from all cameras are consistent with each other. Another major hurdle in this research is the difficulty and cost of obtaining ground truth labels, which are needed to train models in a supervised manner. To address this, a self-supervised learning approach is used in this work. Self-supervised methods allow the model to learn from the raw data itself, leveraging photometric consistency—how the appearance of objects matches across frames and camera views—without requiring manual annotations.



TWO INPUT IMAGES AND THE PREDICTED FLOW IN 2D

---

## DISSERTATIONEN

### GEODÄTISCHES INSTITUT

**Frederic Hake, M.Sc.:** Schadenserkenennung an Bauwerken mittels maschinellem Lernen, 20.09.2024.

Referent: PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Prof. Dr.-Ing. Vincent Oettel, Prof. Dr.-Ing. Harald Sternberg (HCU Hamburg)

Der Güterumschlag in den 60 deutschen Seehäfen hat in den letzten Jahren zugenommen und soll bis 2030 auf etwa 468 Millionen Tonnen steigen. Der steigende Bedarf des Güterumschlags stellt eine erhebliche Belastung für die bestehende Infrastruktur dar. Die vorhandene Infrastruktur unterliegt bereits durch Überbelastung, Salzwassereinwirkung und dem Alter der Bauwerke einem hohen Verschleiß. Die Überprüfung der Verkehrswasserbauwerke ist für den Erhalt einer wettbewerbsfähigen Volkswirtschaft unerlässlich. Frühzeitige Schadenserkenennung ist die Grundlage für kostengünstige Erhaltungsmaßnahmen, da frühzeitig erkannte Schäden in der Regel geringere Instandsetzungskosten verursachen. Infrastrukturbauwerke werden derzeit regelmäßig durch manuelle Kontrollen überprüft. Dies ist besonders unter Wasser mit erheblichem Aufwand verbunden, da Taucher eingesetzt und komplette Bereiche gesperrt werden müssen. Dies verdeutlicht den hohen Bedarf an automatisierten, digitalen Prozessen in der Bauwerksprüfung, um diese zukünftig vollständig, transparent und kosteneffizient gestalten zu können.

Die vorliegende Dissertation konzentriert sich auf die automatisierte Erkennung von Schäden aus 3D-Punktwolken und Farbbildern. Die Daten werden mit einem kinematischen Multisensorsystem auf einer schwimmenden Plattform erfasst. Aufgrund der Plattformbewegungen durch Wellengang und Strömungen sind die entstehenden 3D-Punktwolken und Farbbilder sehr herausfordernd. Die automatisierte Segmentierung der Daten in beschädigte und unbeschädigte Bereiche stellt aufgrund der unterschiedlichen Schadensstrukturen und der Datenkomplexität eine große Herausforderung dar. Die automatisierte Schadenserkenennung ist ein wichtiger Aspekt im Gesamtprozess der digitalen Bauwerksprüfung, da Schadensverdachtspläne erzeugt werden können, die von Bauwerksprüfern für eine schnellere und kosteneffizientere Prüfung genutzt werden. Durch die vollständige Erfassung der Infrastruktur und der automatisierten Schadenserkenennung wird die Bauwerksprüfung auf ein völlig neues Niveau gebracht. Aufgrund der Komplexität des Gesamtprozesses ist die Lösung der Problemstellung als langfristige Aufgabe zu betrachten. Diese Dissertation zielt darauf ab, die Vorgehensweise durch zielgerichtete Beiträge konstruktiv zu unterstützen und bietet gleichzeitig eine Basis für zukünftige Forschungsarbeiten, die die Integration weiterer Sensordaten und fortschrittlicherer Algorithmen zur Schadenserkenennung untersuchen könnten:

Es wird ein Verfahren entwickelt, um geometrische Bauwerksschäden in 3D-Punktwolken mithilfe von Algorithmen des Machine Learning automatisiert zu erkennen. Dabei werden verschiedene Methoden zur

Erzeugung von Höhenfeldern aus 3D-Punktwolken als Vorverarbeitungsschritt für die automatisierte Schadenserkenntung analysiert. Hierfür werden Computer-Aided Design (CAD)-Modelle oder aus den Daten bestmöglich geschätzte geometrische Modelle verwendet. Die darauf aufbauende automatisierte Schadenserkenntung nutzt generische Merkmalsgeneratoren und Ausreißererkenntungsmethoden. Die Methode erreichte einen F1-Score von 96,3 % für einen simulierten Datensatz und 72,4 % für einen realen Datensatz.

Es wird ein Verfahren entwickelt, um Schäden, welche eine Farbänderung hervorrufen, automatisiert aus Bildern von Verkehrswasserbauwerken durch einen Deep Learning Ansatz zu erkennen. In diesem Kontext wird auch untersucht, ob sich automatisiert generierte, schwach überwachte Labelbilder für das Training der Algorithmen eignen. Zusätzlich zu den segmentierten Segmenten werden Unsicherheitswerte prädiziert. Dies wird am Beispiel von Fotos des JadeWeserPorts in Wilhelmshaven evaluiert. Für die Segmentierung der Bilder in Korrosion und unbeschädigte Bereiche wird ein F1-Score von 98,0 % für unbeschädigte Bereiche und von 71,7 % für die Korrosionsschäden erreicht.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die gezielten Beiträge zur automatisierten Schadenserkenntung den Prozess der digitalen Bauwerksprüfung vollständiger, transparenter und effizienter machen können. Dies trägt dazu bei, die Sicherheit und Lebensdauer der Infrastruktur zu erhöhen und die Betriebskosten zu senken. Die verbesserte Überwachung kann in die statische Beurteilung einfließen, was dazu führen kann, dass Bestandsbauwerke im Mittel länger genutzt werden und somit die Produktivität der Häfen dauerhaft erhöht werden kann. Zudem werden Inspektionsprozesse effizienter und kostengünstiger, was langfristig zur Nachhaltigkeit der Infrastruktur beiträgt.

## INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

**Ali KarimiDoona:** On Integrity Prediction for Network-RTK Positioning in Urban Environments, 12.09.2024

Referent: Prof. Dr. Steffen Schön, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester, HDR Dr. Juliette Marais (University Gustave Eiffel, Lille)

Die Arbeit zielt darauf ab, die Vorhersagbarkeit der Integrität von Netzwerk-RTK-Positionierung in Städten zu untersuchen. Dafür muss der Positionierungsalgorithmus vollständig simuliert werden, einschließlich Vorhersagen zu Beobachtungen, Designmatrix und Signalstärke. Raytracing und 3D-Stadtmodelle helfen, den Satellitensichtbarkeitsstatus zu bestimmen. Verschiedene Signalbedingungen sind möglich: direkte Sicht (LOS), Mehrwegeausbreitung (MP) durch Reflexion oder Nicht-Sichtlinie (NLOS) nur durch Reflexion. Signale können zudem durch Beugung oder Vegetationsdämpfung beeinflusst werden.

Es wurde ein kinematisches Feldexperiment mit vier verschiedenen RTK-fähige GNSS-Empfänger. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung können wie folgt zusammengefasst werden:

Die Satellitensichtbarkeit kann mit einer Genauigkeit von über 90% in Bezug auf die Konfusionsmatrix vorhergesagt werden. Zur Vorhersage des C/N0 wurden Freiraumdämpfung sowie Antennengewinne von Satelliten und Empfängern wie auch Verluste durch Reflexion oder Beugung oder Durchdringen von Vegetation berücksichtigt. C/N0 kann mit einer mittleren Differenz von 2,21 dB-Hz zum tatsächlichen Wert in LOS-Situationen vorhergesagt werden.

Das vorhergesagte C/N0 zusammen mit empfängerinternen Grenzwerten wird als Kriterium verwendet, um zu prüfen, ob die Code- und Phasenbeobachtungen vorliegen können oder nicht.

Die Positionierungssimulation liefert PE und PL, die mit den realen Werten verglichen werden. Die True-Positive-Rate (TPR) oder Empfindlichkeit für die Vorhersage von nominellem Betrieb sowie die Erkennung von festen Lösungen kann nahezu 90 % erreichen.

**Benjamin Tennstedt, M.Sc.:** Concept and Evaluation of a Hybridization Scheme for Atom Interferometers and Inertial Measurement Units. 09.09.2024

Referent: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön. Korreferenten: PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib, Univ.-Prof. Mag. Dr. habil. Thomas Pany

Durch Messung von Beschleunigungen und Drehraten mittels Trägheitssensorik (IMU) lassen sich die Orientierung, Geschwindigkeit und Position einer mobilen Plattform berechnen. Die Integration von Unsicherheiten in den Signalen führt zu einer allmählichen Drift der Lösung. Zur Reduktion dieser Drift bei gleichzeitiger Wahrung der Autonomie des Messprinzips sind Quantensensoren ein vielversprechendes Konzept. Experimente mit Atominterferometrie auf Basis kalter Atome (CAI) zeigen hohe Genauigkeit und Stabilität der Messung von Beschleunigungen und Winkelgeschwindigkeiten. Akurate Messungen sind jedoch auf kleine Bandbreiten der Signale limitiert; bedingt durch die Kühlzeit der Atome, sowie die sinusförmige und daher mehrdeutige Messgleichung des CAI. Aus diesen Gründen ist eine Hybridisierung mit klassischen Inertialsensoren mit hoher Rate und großer Bandbreite ein oft diskutierter Ansatz für mobile Anwendungen. Diese Kombination wurde bisher hauptsächlich in stationären Experimenten unter Nutzung einzelner Beschleunigungsmesser untersucht. Ein vollständiges Quanteninertial-navigationssystem (QINS) erfordert die Einbeziehung von Gyromessungen sowie Experimenten in dynamischen Anwendungen zur Validierung der Modelle und zum besseren Verständnis des Verhaltens von CAI.

Die vorliegende Arbeit verfolgt einen ingenieurwissenschaftlichen Ansatz zur Modellierung von CAI und QINS. Unter Verwendung von Methoden aus der Navigations- und Physik-Community wird ein kinematisches Modell für den Massenschwerpunkt der Atom-Wellenpakete entwickelt, mit welchem sich die Mehrdeutigkeit der Phasenverschiebung lösen lässt. Die Fehlerzustandskinematik der Wellenpakete ermöglicht darüber hinaus eine Abschätzung der Grenzen des CAI und der Hybridisierung in dynamischen Anwendungen. Ein erweitertes Kalman-Filter (EKF) wird vorgestellt, mit

dem sich systematische Fehler der klassischen IMU schätzen lassen. Im Rahmen einer Beobachtbarkeitsanalyse wird gezeigt, dass die Beschleunigungsbias immer beobachtbar sind, während die Schätzung der Drehratenbias eine Positionsverlagerung oder Geschwindigkeit der Atome senkrecht zur Messachse des CAI erfordert. Die Beobachtbarkeit weiterer systematischer Effekte wie Fehlaustrichtung und Hebelarm wird diskutiert. Ein zusätzlicher Schwerpunkt dieser Arbeit sind die Untersuchungen zu einer optimalen Konfiguration von CAI und IMU, welche Methoden und Formeln für den Entwurf zukünftiger hochperformanter QINS bieten. Es werden unterschiedliche QINS-Designs vorgestellt und bewertet. Eine Positionsgenauigkeit von weniger als zehn Metern nach einer Stunde freier inertialer Navigation scheint möglich, während sich unter stationären Bedingungen eine weitere Genauigkeitssteigerung der Beschleunigungsmessung um eine Größenordnung erzielen lässt. Die Methoden werden experimentell anhand eines statischen, eindimensionalen CAI-Datensatzes demonstriert.

#### MITBERICHTE IFE

**M.Sc. Eshetu Hega Erkihume, Uni Luxemburg:** Multi-GNSS Precise Point Positioning with Integer Ambiguity Resolution for Geophysical Applications, Vice-President of the jury Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön

#### INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

**Stefan Fuest, M.Sc.:** Nudging travelers to societally favorable routes by means of cartographic symbolization, 13.2.2024.

Referentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester, Korreferenten: Prof. Dr. Mark Vollrath (TU Braunschweig), Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß

Mit zunehmender Verstädterung gewinnt eine gut funktionierende Verkehrsinfrastruktur, die den Bedürfnissen der Gesellschaft Rechnung trägt, immer mehr an Bedeutung. Insbesondere ein hoher Anteil an motorisiertem Verkehr kann weitreichende Probleme verursachen, die große Teile der Stadtbevölkerung betreffen, wie z.B. Verkehrsstaus oder erhöhte Luftverschmutzung. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, könnte eine optimierte Verteilung der Verkehrsströme die Situation für die Gemeinschaft verbessern. Da die meisten Routing-Entscheidungen vor Reiseantritt auf der Grundlage digitaler Karten getroffen werden, ist eine klare und intuitive Visualisierung entscheidend für die Vermittlung kartografischer Informationen an den Reisenden. Während die meisten bestehenden Dienste in der Regel die effizientesten Routing-Optionen im Hinblick auf die Reisezeit bieten, versuchen neuere Ansätze, die Fahrer auf *gesellschaftlich vorteilhafte* Routen zu leiten. Diese berücksichtigen gesellschaftlich relevante Faktoren, die in dieser Arbeit als Szenarien bezeichnet werden. Darunter fallen Umweltprobleme wie Verkehrsstaus oder Luftverschmutzung. Da eine solche *gesellschaftlich vorteilhafte* Route für den einzelnen Reisenden jedoch nicht zwangsläufig effizient ist, ist es wichtig, den Reisenden davon zu überzeugen, eine scheinbar weniger

effiziente Route zu wählen. Dazu wird im Rahmen der Arbeit ein automatisches Verfahren zur Visualisierung von Routenkarten entwickelt, welches *gesellschaftlich vorteilhafte* Routen berechnet und diese so visuell dem Endnutzer kommuniziert, dass dieser sie bevorzugt nutzen möchte. Für diese Kommunikation kommen verschiedene visuelle Variablen der Kartographie zum Einsatz, deren Verwendung auf die verschiedenen Szenarien angepasst sind und über Szenario-spezifische Schwellwerte gesteuert werden. Basierend auf dem Ziel einer dynamischen Verteilung der Verkehrsströme empfiehlt die vorgeschlagene Methode Routen, die nicht unbedingt die kürzesten oder schnellsten sind, sondern vielmehr solche Routen, die ungünstige oder gefährliche Wege oder Bereiche zu vermeiden versuchen. Die vorgeschlagenen Designvarianten von Routenkarten nutzen eine Vielzahl von Symbolisierungstechniken; darunter klassische, visuelle Variablen der Kartographie wie Farbe, Größe oder Muster, aber auch abstraktere Methoden, die kartographische Generalisierungstechniken verwenden. Die subjektive und objektive Nutzbarkeit der vorgeschlagenen Symbolisierungsmethoden wird in drei verschiedenen Nutzerstudien untersucht. In einem ersten Schritt wird die subjektive Nutzbarkeit getestet, indem verschiedene Beispiel-Routenkartendarstellungen hinsichtlich ihrer Attraktivität, Intuitivität und Eignung zur visuellen und vorteilhaften Kommunikation von Routen im Szenario der *Luftqualität* bewertet werden (*Nutzerstudie 1*). Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten darauf hin, dass einige der vorgeschlagenen Gestaltungsvarianten für die Darstellung von Luftqualität geeignet sein können. Insbesondere werden Gestaltungsvarianten mit Änderungen im Intensitätswert der Farbe gegenüber komplexeren Visualisierungen, die möglicherweise mehrere visuelle Variablen kombinieren, bevorzugt. Im nächsten Schritt wird die objektive Nutzbarkeit im Sinne der Effektivität getestet, indem der Einfluss der verwendeten Symbolisierung auf die Routenwahlentscheidung des Reisenden untersucht wird. In diesem Zusammenhang testet die *Nutzerstudie 2* die Effektivität verschiedener kartographischer Gestaltungsvarianten anhand eines *Verkehrsszenarios*, um Reisende dazu zu bewegen, eine längere, aber weniger überlastete Route zu wählen. Die Ergebnisse belegen, dass die angewandten, visuellen Modifikationen zu einem veränderten Routenwahlverhalten beitragen. Bei den meisten Gestaltungsvarianten wird die Routenwahl der Teilnehmer signifikant in Richtung der *gesellschaftlich vorteilhaften* Route beeinflusst. *Nutzerstudie 3* vergleicht die Effektivität zur Beeinflussung der Routenwahl in den beiden Szenarien *Verkehr* und *Luftqualität*. Zusätzlich untersucht diese Studie den Einfluss emotionaler Reaktionen auf die Entscheidungsfindung. Die Ergebnisse dieser Nutzerstudie bestätigen, dass Kartensymbole effektiv zur Beeinflussung der Routenwahl in Richtung der günstigen Route für die beiden getesteten Szenarien eingesetzt werden können. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse aber auch, dass die Eignung und Wirksamkeit der gewählten, visuellen Kommunikation zwischen Endnutzer und Karte je nach Szenario unterschiedlich ausfallen können. Die Ergebnisse deuten ferner darauf hin, dass bei einigen der Visualisierungsvarianten die Emotionen, die als Reaktion auf die Kartensymbolisierung empfunden werden, wesentlich dazu beitragen, dass von den Nutzern die *gesellschaftlich vorteilhafte* Route gewählt würde. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass Kartensymbolisierung erfolgreich

eingesetzt werden kann, um eine Verhaltensänderung zu einem sozialeren Verkehrsverhalten bei der Routenwahl zu bewirken. Die Ergebnisse dieser Forschung sollen daher Kartengestalter oder Entwickler zukünftiger Routingdienste oder Navigationssysteme bei ihren Designentscheidungen unterstützen.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 396 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 935 online veröffentlicht ([www.dgk.badw.de](http://www.dgk.badw.de)).

**Anna Malinovskaya, B.Sc.:** Statistical process monitoring of networks, 11.04.2024

Referent: Prof. Philipp Otto, Korreferenten: Prof. Franz Rottensteiner, Prof. Christian H. Weiß (Helmut-Schmidt-Universität Hamburg)

The digital information revolution offers rich opportunities for scientific progress; however, the amount and variety of data available require new analysis techniques in order to adequately address the growing complexity of processes. These requirements have influenced the development of networks and integrated their application in various disciplines.

This thesis addresses the detection of changes in networks, combining network theory and statistical process monitoring to create improved techniques for network monitoring. Considering networks as graph-structured data with either fixed or dynamic nodes and edges or as a model based on artificial intelligence, three directions of network monitoring are identified, namely,

random network monitoring where the networks represent random variables, fixed network monitoring where the networks are assumed to be fixed structures, and monitoring of artificial neural

networks. The idea of using different modelling techniques and control charts to monitor network-related processes connects contributions in this thesis to the outlined monitoring directions.

The first developed approach shows how multivariate control charts can be used to detect changes in dynamic networks of various types generated by the temporal exponential random graph model in an online manner. This monitoring procedure allows for many applications in different disciplines which are interested in analysing networks of medium size.

Next, the monitoring framework to detect anomalies in the network with a given structure but a random process on it by combining the generalised network autoregressive model with node-specific time series exogenous variables and the cumulative sum control chart based on residuals is presented. This approach can be of particular interest for guaranteeing the safety of the infrastructure but also for foreseeing possible accidents.

The third contribution is dedicated to the development of a monitoring procedure for artificial neural network applications that applies a non-

parametric multivariate control chart based on ranks and data depths. The core idea is to monitor a low-dimensional representation of input data called embeddings that are generated by artificial neural networks to detect nonstationarity in a processed data stream.

In addition to the development of three monitoring approaches, a fourth contribution, namely the extension from the pure detection of the change point to the identification of its cause is presented. The investigation includes a proposal for an automated inspection procedure, bringing together a control chart for quantile function values and a graph convolutional network.

**Jeldrik Axmann, M.Sc.:** Localization using maximum consensus, 10.7.2024.

Referent: Prof. Claus Brenner, Korreferenten: Prof. Steffen Schön, Prof. Dr. Andreas Nüchter, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg

The basic requirement for autonomous driving is an accurate localization of the vehicle, where not only accuracy is important, but also reliability, to provide correct information even in difficult situations, and integrity, to ensure safe operation. Reliability describes the occurrence of failures and is related to the robustness of an operation, while integrity refers to a system's ability to correctly and timely alert the user when certain error limits are exceeded.

Often, the vehicle pose is estimated under the assumption of normally distributed errors, resulting in a quadratic loss function that can be solved efficiently. However, in the presence of outliers causing deviations from the distribution function that cannot be modeled, this assumption leads to an incorrect estimate of the system state. Outliers arise from false associations caused by, for example, outdated maps, dynamic traffic participants, or rain. To reduce the susceptibility to outliers, more robust loss functions have been proposed, the most robust of which is inlier counting, also known as maximum consensus optimization, where measurements with residuals greater than a predefined threshold do not affect the result, making it ideal for robust parameter estimation.

To determine the ego-pose, autonomous vehicles are equipped with a sensor suite that combines global positioning sensors, such as GNSS receivers, and relative positioning sensors, such as cameras and LiDAR sensors. This work focuses on localization using LiDAR, which is based on the registration of point clouds. It investigates the application of the robust maximum consensus criterion and other loss functions to LiDAR-based localization and explores the application of the concept of integrity. Overall, it presents a robust and reliable localization framework, where relative positioning between a sparse 'car sensor' point cloud from a LiDAR mounted on the ego-vehicle and a dense, high resolution 'map' point cloud is performed. To address the non-convexity of the estimation problem, candidate poses within a certain parameter search space are evaluated in an exhaustive manner. This search strategy guarantees global optimality

and provides full knowledge of the parameter space, which is then used to evaluate the integrity of the localization.

First, in the basic approach, the candidate poses are evaluated based on the number of measurements that match the map, known as the inlier count. The correspondences between the car sensor scan and the map are established in two ways. The first is based on projective data associations using rendered synthetic range images for each candidate pose, and the second is based on the Euclidean point-to-point distance between scan and map points after transforming the measured scan according to each candidate pose. Second, a new objective function based on Helmert's point error is proposed, where instead of simply counting matches, the constraints generated by each correspondence with respect to the unknown pose are modelled. The approach considers the uncertainty of a point-to-plane adjustment, and the corresponding score is defined as the inverse of the square of Helmert's point error, which results in a lower number of localization failures and thus higher robustness, especially in longitudinal direction while driving along straight streets. Third, in addition to the maximum consensus criterion, other well-known M-estimators and a data-adapted loss function based on a beam model for range sensors are investigated for the task of LiDAR-based localization. Fourth, by estimating discrete probability distributions, single positioning is extended to a filtering strategy. To preserve the full knowledge of the explored parameter space and to avoid the shortcomings of Monte Carlo-based filtering techniques, a histogram filter is used. It further increases the reliability and reduces the number of large localization errors. Finally, a protection level definition is proposed that exploits the knowledge of the parameter space. It enables a safe operation, and it allows to derive localization integrity levels by taking into account the true position error and an alert limit.

**Vinu Kamalasanam, M.Sc.:** Control of Walking Behaviour in Shared Spaces using Augmented Reality, 6.8.2024

Referentin: Prof. Monika Sester, Korreferenten: Prof. Ingo Neumann, Prof. Jörg Müller (TU Clausthal-Zellerfeld)

Walking is by far the most important form of active transportation that helps to both explore the environment and also socialise with others while navigating a street. However, with the increasing number of vehicles, the safety distance that pedestrians are expected to maintain with other fellow pedestrians, cyclists and cars has reduced. This has raised safety concerns, especially in mixed-traffic urban designs like Shared Spaces. Shared traffic spaces are mixed environments where the physical separation between walking pedestrians and other road participants (like cyclists and vehicles) is reduced. The mix of different road users and lesser rules are expected to increase communication and interaction between pedestrians and others. The streets designed using the sharing principle are characterized by the removal of traffic signals and cyclist lanes while adding street furniture to promote pedestrians space utilization. While such designs are mainly focused on reducing the dominance of vehicles, pedestrians especially the elderly and disabled, feel less safe using such spaces. This is because they

find it hard to estimate threats and potential collisions when crossing paths with fellow pedestrians, cyclists or vehicles in the scene. Also when considering pedestrians outside the aged population, little work has addressed how AR could be used to improve the feeling of safety and enhance walkability for public spaces.

To support pedestrians from a safety perspective, this research intends to use Augmented Reality (AR) to influence pedestrian path choices and walking behaviours during collision avoidance. For this purpose, the thesis first reviews related work on how visual information has been used to manipulate walking paths and proposes a scene perception pipeline as an essential component to influence a walker in a scene. Once it has been proven that it is possible to use the AR headset for scene perception - to detect and track the movements in the walker's surroundings, the visualization of the future path of the neighboring pedestrians could be used to influence the AR headset user's choice of route.

To demonstrate a proof of concept in applying motion perception to AR walking influence, this thesis uses the HoloLens and its RGBD sensors to design and implement a workflow that consists of detection and tracking to yield the movements of the people in the environment, who could potentially get into conflict. For the pipeline, 3D pedestrian detection is used to localise surrounding pedestrians while tracking is implemented to associate the detection's and approximate their walked trajectories in the scene. Then a concept to visualize the future path in order to influence the ego user is presented. For this a design and implementation of possible visualizations and a subsequent user study was completed where preferred walking paths to destinations while seeing a scene with future motion of others was augmented with AR. The preferred paths were then compared from a safety perspective to evaluate the implications of seeing future path visualization. The findings indicated that people prefer to walk longer and safer paths around conflict points with future information. Also to study other AR influences that could affect walking, two methods of influences - AR for virtual traffic infrastructure implementation and AR to represent moving and crossing traffic agents are evaluated. Both studies when evaluated using surrogate safety measures pointed towards AR content playing a role in promoting safer walks.

The results of this thesis show that the use of both an AR device and appropriate visualizations can successfully be used to induce changes in preferred walking paths and the way a person would be confronted with a collision. While the results from the study could support and enhance safer walking, the findings could also be used as a foundation to understand how pedestrians with AR would interact and collaborate with cyclists and autonomous vehicles.

## MITBERICHTE IKG

**Benjamin Beaucamp, M.Sc. Institute de Recherche de L'Ecole Navale:** Automatic Assessment of the Visual Perception of the Urban Space by Pedestrians, 13.6.2024. Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester.

**Frauke Berghöfer, M.Sc., TU Braunschweig:** Towards Attractive Cycling Routes – How Cyclists Evaluate Route Characteristics, 4.4.2024. Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester.

**Dipl.-Inf. Philipp Matthes, TU Dresden:** Green Light Optimal Speed Advisory for Bikes, 3.7.2024. Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester.

**Lasse Bienzeisler, M.Sc., TU Braunschweig,** Modeling the Last Mile: A Large-Scale Agent-Based Simulation Framework for Parcel Delivery, 19.11.2024. Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester.

**Christoph Reinders, M.Sc., TNT, LUH:** Deep Learning with very few training examples, 29.11.2024. Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester.

## INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

**Magdalena Vassileva, M.Sc.:** Satellite Radar Interferometry for Geohazards: from ground deformation to processes understanding, 04.03.2024.

Referent: Prof. Mahdi Motagh, Korreferenten: Prof. Dr. Paolo Tarolli, Universität Padua, Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Jedes Jahr fordern Georisiken wie Erdbeben, Erdrutsche, Vulkanausbrüche und Erdrutsche Tausende von Menschenleben und führen zu akuten wirtschaftlichen, materiellen und ökologischen Verlusten. Die Identifizierung von Orten, an denen geologische Ereignisse auftreten oder in Zukunft auftreten könnten, die Bewertung ihres Ausmaßes, die Überwachung ihrer räumlichen und zeitlichen Entwicklung und die Untersuchung der wichtigsten physikalisch-mechanischen Aspekte und der wichtigsten treibenden Klima- und Umweltfaktoren sind die ersten Schritte auf dem Weg zu einer möglichen Prävention und Eindämmung von Georisiken. Um das benötigte Wissen über Georisiken zu sammeln, ist eine Multi-Sensor- und Multi-Parameter-Datenerfassung erforderlich. In den letzten Jahrzehnten haben Satellitenmissionen zur Erdbeobachtung (EO) die Datenerfassung auf der Erdoberfläche revolutioniert, indem sie kostengünstige, großflächige, hochwertige und systematische Bilder liefern. Heutzutage wird die Satellitenradarinterferometrie zunehmend von verschiedenen Interessengruppen zur Messung von Bodenverformungen eingesetzt. Die kontinuierliche und systematische Erfassung von SAR-Missionen eröffnete die Möglichkeit, die SAR Interferometrie für echtzeitnahe Geohazard-Anwendungen einzusetzen. Allerdings gibt es noch viele Forschungslücken bei der Interpretation der Bodenverformungsbeobachtungen und der Ableitung eines umfassenden Verständnisses der geologischen Prozesse und treibenden Kräfte, die zu Georisiken führen. Diese Forschungsfragen wurden in dieser Doktorarbeit auf der Grundlage von drei analytischen

Säulen behandelt: Analyse der Bodenverformung, numerische Quellenmodellierung und Analyse der treibenden externen Faktoren. Fünf verschiedene Georisikoereignisse wurden erfolgreich untersucht, und für alle untersuchten Fälle wurden wichtige Erkenntnisse gewonnen. Die Untersuchung von Bodensenkungen in der Gemeinde Maceió (Brasilien) brachte die Bodenverformung mit tiefliegenden Salzabbauhohlräumen in Verbindung. Die Analyse des Erdbebens vom April 2019 im Dorf Hoseynabad-e Kalpush (Nord-Zentral-Iran) zeigt, wie ein früherer Erdbeben nach einer Wasseraufstauung reaktiviert wurde. Die seismische Analyse des Offshore-Erdbebens der Stärke 6,6 vom 29. März 2017 an der Ostküste der Halbinsel Kamtschatka (Russland) zeigt, dass das Gebiet nördlich der Subduktionszone der pazifischen Platte eine höhere seismische und tsunamigene Gefährdung aufweist als bisher angenommen. Die Untersuchung der geothermischen Unruhen im Jahr 2020 in der Nähe der Eruptionsstelle des Fagradalsfjall (Island) im Jahr 2021 gibt Aufschluss über die Wechselwirkung zwischen vulkanischen Prozessen und geothermischen Systemen und ermöglicht eine angemessene Bewertung und Vorhersage von Georisiken. Die Analyse des Flankeneinsturzes vom Dezember 2018 am Vulkan Anak Krakatau (Indonesien) zeigt, dass die Instabilität seit Jahren anhielt und Beschleunigungen, die mit Magmaintrusion korrelierten, festgestellt wurden. Die Ergebnisse dieser Doktorarbeit zeigen den wertvollen Beitrag von InSAR-Beobachtungen zum Verständnis geologischer Prozesse im Zusammenhang mit Georisiken.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 398 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 938 online veröffentlicht ([www.dgk.badw.de](http://www.dgk.badw.de)).

**Mabel Ortega, M.Sc.:** Domain Adaptation for Deforestation Detection in Remote Sensing: Addressing Class Imbalance and Performance Estimation, 04.11.2024 - Cotutelle zusammen mit der Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC Rio).

Referenten: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke und Prof. Raul Feitosa (PUC Rio). Korreferenten: Prof. Gilson da Costa (Staatsuniversität Rio de Janeiro), Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester, Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner.

Deep learning methods based on remote sensing data can play a critical role in monitoring and quantifying deforestation globally. However, their quality depends on the availability of large annotated datasets. Domain adaptation is an emerging technique that addresses the scarcity of annotated training data by leveraging knowledge from application domains for which there are abundant labeled data. The success of domain adaptation depends, however, on the level of (dis)similarity between the source and target domains. Although there are some statistical techniques that may be used to measure relative discrepancies between domain data distributions, anticipating the outcome of a particular domain adaptation

method is an open issue. Additionally, class imbalance is a significant problem for domain adaptation. The deforestation detection application is often characterized by a high level of imbalance, as only a minor portion of extensive forest areas are deforested within the monitored periods. This work proposes novel solutions for both of these issues. In order to forecast domain adaptation performance without target labeled samples to assess the adapted model accuracy, we propose a strategy to measure uncertainty in its predictions, gaining insights into its generalization capacity. Regarding class imbalance, we apply an unsupervised debiasing module that determines sampling probabilities for the selection of batches used in the training iterations, considering the distributions of samples across the whole training dataset. The module assigns higher sampling probabilities to underrepresented samples. To evaluate the proposed solutions, several experiments were carried out considering four distinct domains within the Amazon rainforest. The domains correspond to different geographical locations, characterized by different vegetation types and deforestation patterns. The experimental results demonstrate that integrating the debiasing technique into domain adaptation methods improved classification performance, and that the estimated uncertainty is a valuable indicator of the generalization ability of the adapted models.

#### MITBERICHTE IPI

**Mohamed Ali Chebbi, M.Sc.:** Similarity learning for large scale dense image matching. Université Gustave Eiffel, Paris, 12.07.2024. Korreferent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke.

## ORGANISATION VON WORKSHOPS UND SYMPOSIEN

### INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

SUMOB 2024: 2ND ACM SIGSPATIAL INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE MOBILITY, 29. OKTOBER 2023, ATLANTA, GEORGIA. LEITUNG: MONIKA SESTER, STEPHAN WINTER (MELBOURNE), LATIFA OUKHELLOU, UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL, FRANCE

Im Rahmen der ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems wurde der zweite Workshop über nachhaltige Mobilität veranstaltet. Neben einem Keynote-Vortrag von Srinivas Peeta, Frederick R. Dickerson Chair in Transportation Systems in the School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Tech, wurden verschiedene Vorträge präsentiert, u.a. zu Ride-Sharing und der Analyse von Fahrradrouten. Die Präsentationen finden sich in der ACM Digital Library: <https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.1145/3678717>

## MESSEN UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

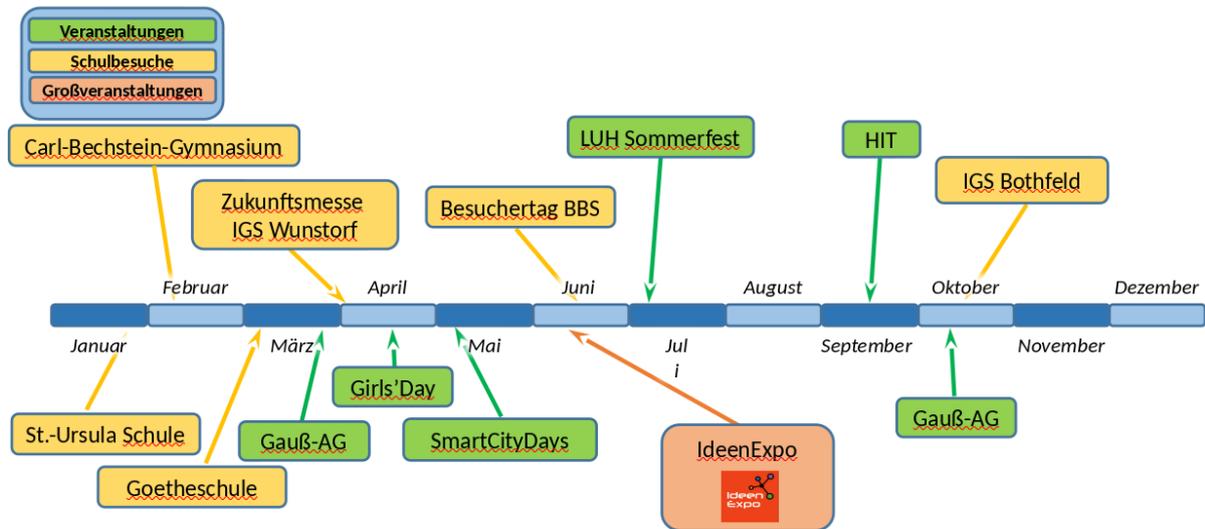
### BERICHT DER KOMMISSION FÜR ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Kommission für Öffentlichkeitsarbeit der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik arbeitet seit nun mehr als 23 Jahren (Mai 2001 gebildet) daran, den Studiengang Geodäsie und Geoinformatik öffentlich bekannter zu machen und die Zahl der Studienanfänger:innen zu erhöhen.

Die Kommission setzte sich größtenteils aus den Mitglieder des Vorjahres zusammen. Allerdings gab es eine personelle Änderungen. Yannick Brevé wurde von Nina Fletling abgelöst. Die PR-Kommission bedankt sich an dieser Stelle bei Yannick für die Arbeit und sein Engagement.

Im Jahr 2024 setzte sich die Kommission aus folgenden Mitgliedern zusammen:

- Rasho Ali (IPI)
- Nina Fletling (IfE)
- Jens Golze (ikg)
- Tanja Grönefeld (Studiendekanat)
- Frederic Hake (GIH, Vorsitz)
- Kamiel Heidberg (Fachschaft)
- Nathanael Hehs (Fachschaft)
- Eva Mentzel (Fakultät)
- Jürgen Ruffer (Förderergesellschaft)



Eine Übersicht aller durchgeführten Events sind in der obigen Abbildung aufgeführt. In diesem Jahr durften wir zum dritten Mal angehende Vermessungstechniker:innen sowie Schüler:innen des technischen Gymnasiums der BBS3 bei uns in der Universität begrüßen, denen wir durch praktische Mitmachaktionen (GNSS, Laserscanner, ...) einen kleinen Einblick in die Vielfalt des Geodäsie-Studiums ermöglichen konnten. Auch an den jährlich wiederkehrenden Schulveranstaltungen, wie das Berufs-Speeddating der St. Ursula Schule oder der Markt der Möglichkeiten an der Schillerschule, konnten wir wieder teilnehmen. Des Weiteren zeigten wir Präsenz an den Universitätsevents wie z.B. den Hochschulinformationstagen, dem Sommerfest der Universität und der GaußAG.

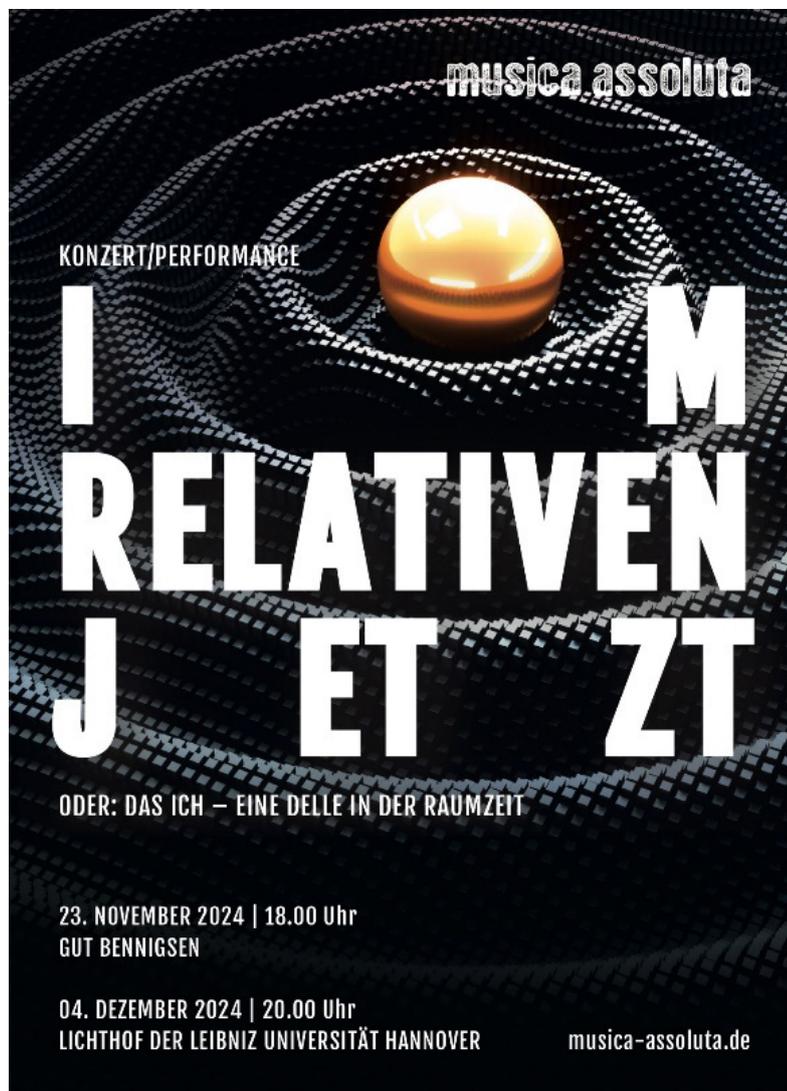
Ebenfalls in diesem Jahr fand wieder eine IdeenExpo vom 08. – 16.06.2024 unter dem Motto „Mach doch Einfach!“ statt. An unserem Messestand auf dem Gemeinschaftsstand der LUH konnten interessierte Schüler:innen erfahren wie Windkraftanlagen mit modernster Messtechnik auf Schäden überprüft werden, wie in Offshore Windparks präzise Navigiert werden kann oder die Schwingungen eines Windraturmes hochgenau erfasst werden können.

Im Jahr 2025 wird wieder eine „Nacht, die Wissen schafft“ stattfinden. Die Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie beteiligt sich mit Exponaten und Inhalten. Im Jahr 2026 findet dann die nächste IdeenExpo statt.

Ein besonderer Dank gilt allen Professor:innen, Studierenden sowie Kolleg:innen, die uns bei allen Veranstaltungen tatkräftig unterstützt haben. Des Weiteren bedanken wir uns als PR-Kommission herzlichst bei der Fördergesellschaft und dem DVW Niedersachsen/Bremen, die die Arbeit der Kommission finanziell und beratend unterstützt haben. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die PR-Kommission jederzeit ein offenes Ohr für neue Vorschläge und Ideen hat. Sie bittet deshalb um Mitteilung an [pr@gug.unihannover.de](mailto:pr@gug.unihannover.de)

KONZERTVERANSTALTUNG „IM RELATIVEN JETZT, ODER: DAS ICH - EINE DELLE IN DER RAUMZEIT“ AM 23.11.2024 (GUT BENNIGSEN) UND AM 4.12.2024 (LICHTHOF DER UNIVERSITÄT). ENSEMBLE MUSICA ASSOLUTA, GESANG/PERFORMANCE: VIKTORIIA VITRENKO, LEITUNG: THORSTEN ENCKE, EINFÜHRENDES BÜHNENGEPRÄCH: PROF. MICHELLE HEURS (INSTITUT FÜR GRAVITATIONSPHYSIK), DR. VITALI MÜLLER (AEI), PROF. JAKOB FLURY

Das IfE und das Institut für Gravitationsphysik übernahmen gemeinsam die Veranstaltung dieses Konzertes. Encke und sein Ensemble knüpften damit an frühere vielbeachtete Aktivitäten zu Kunst und Wissenschaft in Zusammenarbeit mit dem IfE an. Die Musik, u.a. die Uraufführung "Wellen" ist inspiriert von Enckes Auseinandersetzung mit der Wissenschaft und den Wissenschaftlern.



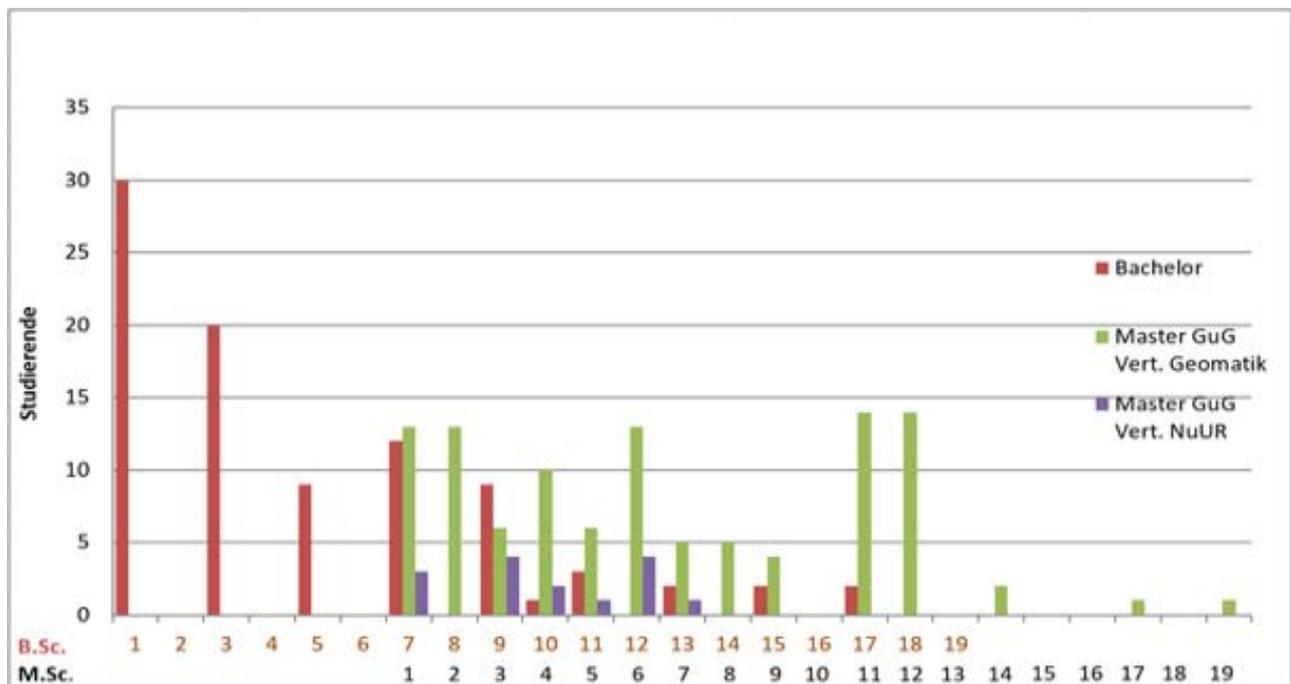
KONZERTVERANSTALTUNG DES HANNOVERANER ENSEMBLES MUSICA ASSOLUTA, GEMEINSAM VERANSTALTET VOM IfE UND DEM INSTITUT FÜR GRAVITATIONSPHYSIK

# AUS DEM LEHRBETRIEB

## BERICHT DES STUDIENDEKANATS

### STUDIERENDENSTATISTIK WS 2024/25

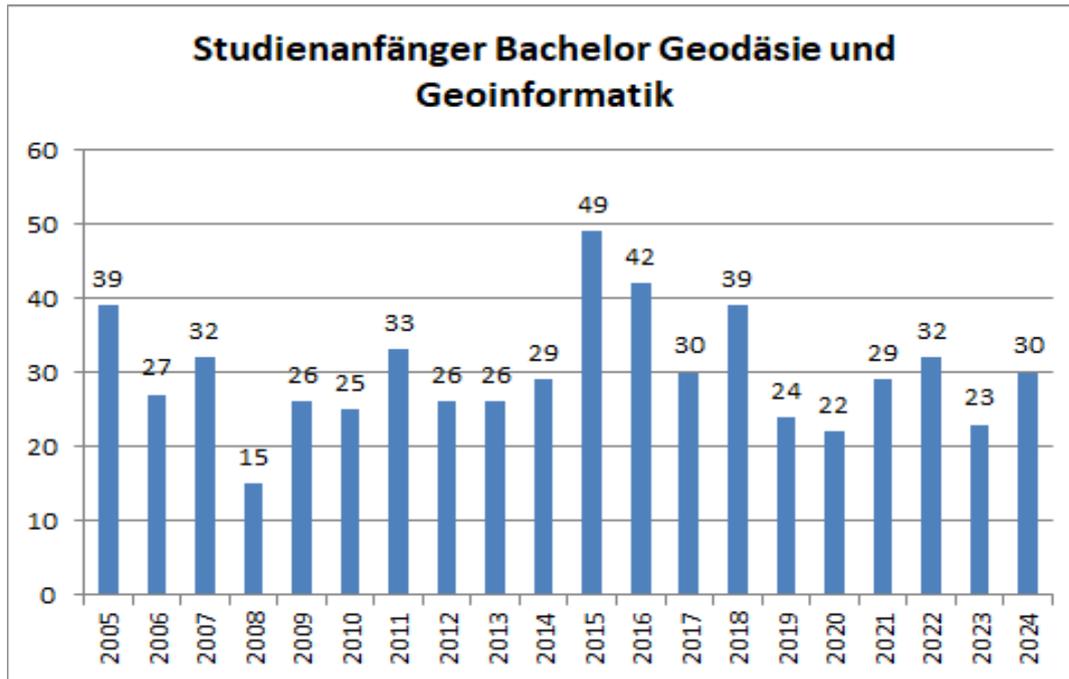
Im Wintersemester 2024/25 sind in den Studiengängen der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik 212 Studierende eingeschrieben. Im Bachelorstudium Geodäsie und Geoinformatik sind davon 90 immatrikuliert, im Masterstudium Geodäsie und Geoinformatik, Vertiefung Geomatik, 107 Studierende. In der Vertiefung Navigation und Umweltrobotik (NuUR) befinden sich 15 Studierende. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht die Verteilung der Studierenden je Studiengang und Semester. Die Fachsemester der Studierenden in den konsekutiven Masterstudiengängen werden dabei laufend gezählt.



VERTEILUNG DER STUDIERENDEN JE STUDIENGANG UND SEMESTER

Mit einem Frauenanteil von etwa 30% im Bachelorstudiengang und 21% im Masterstudiengang GuG ist der Anteil der Studentinnen für Ingenieurstudiengänge wie gewohnt sehr gut.

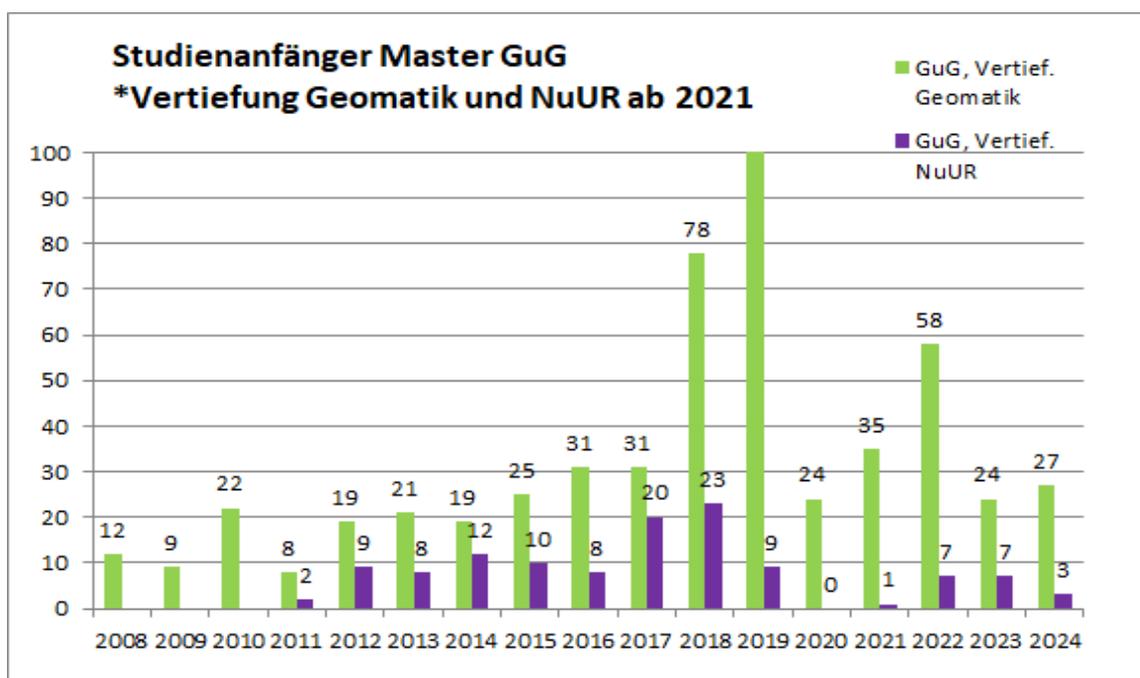
Zum Wintersemester 2024/25 haben 30 Studierende das Bachelorstudium aufgenommen. Die genaue Entwicklung ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen. Im zweiten Studienjahr sind 20 Studierende eingeschrieben, in das dritte Studienjahr sind 9 Studierende gewechselt. In höheren Semestern befinden sich 31 Studierende.



STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG BACHELOR GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2007 - 2024

Im gleichen Zeitraum haben im Master Geodäsie und Geoinformatik 30 Studierende (27 Geomatik/3 NuUR) das Studium aufgenommen, von denen ca. über 90% ihren Bachelorabschluss an einer ausländischen Universität abgelegt haben. Das zeigt wiederum das große Interesse an englischsprachigen Studienangeboten im Bereich der Geodäsie und Geoinformatik.

Die Entwicklung der Studienanfängerzahlen im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik ist der nachfolgenden Grafik zu entnehmen.



STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG MASTER GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2008 - 2024

Es ist auch weiterhin das Ziel, mehr Studierende in den Studiengängen der Fachrichtung aufzunehmen. Dazu werden die verschiedenen Werbeaktionen der PR-Kommission weitergeführt, die sich im Abschnitt "Bericht der Kommission für Öffentlichkeitsarbeit" wiederfinden. Zukünftig ist hier eine Unterstützung der Förderergesellschaft wichtig, beispielsweise durch Bekanntmachen des Studienangebots im Bekanntenkreis.

Weiterhin wird ab dem Wintersemester 2025/26 eine dritte Vertiefung im Master eingerichtet: "Remote Sensing and GIS". Diese eignet sich sowohl für Bachelorabsolventen von Geodäsie und Geoinformatikstudiengängen und weiterer Ingenieurwissenschaften, als auch für Interessierte aus der Geographie und den Geowissenschaften. Die Fachrichtung erhofft sich somit weiteren Zuwachs, auch im Sinne des Fachkräftemangels in Wirtschaft, Forschung und Verwaltung.

## ABSOLVENTENFEIER DER FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN UND GEODÄSIE

Die Fakultät veranstaltete am Samstag, 11.01.2025, eine Absolventenfeier für die Abschlussjahrgänge 2024. Dort wurden auch die silbernen Abschlüsse von 1999 sowie die goldenen Diplome von 1974 geehrt. Ausgerichtet wurde die Feier vom Institut für Statik und Dynamik und von Prof. Raimund Rolfes moderiert.

2024 erreichten 31 Absolventen aus der Geodäsie ihren Abschluss. Vor 25 Jahren machten 65 GeodätInnen ihr Diplom. Vor 50 Jahren waren es 22 Geodäten. Die Anzahl der Promotionen 2024 lauten: 9 (davon 3 Doktorandinnen), 1999: 7 (eine Doktorandin), 1974 5 (alle männlich).

Die Absolventen erhielten die Urkunden aus den Händen des Prüfungsausschussvorsitzenden Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller sowie des Dekans Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke.

Als beste Bachelorabsolventen 2024 des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik wurden Katharina Kellner und Tobias Klapper ausgezeichnet. Die besten Masterabschlüsse 2024 erreichten Mohammadreza Heidarianbaei und Mariya Jose. Die Ehrungen und Buchpreise wurden von der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik verliehen.

Den Festvortrag hielt Dr.-Ing. Anne Bechtel, Global Head of Engineering & System Integration, Vice President, Skyborn Renewables. Musikalisch wurde die Veranstaltung von der Acapella-Gruppe Fairytales begleitet.

Im Anschluss gab es im Rahmen eines Sektempfangs die Gelegenheit sich auszutauschen. Die Durchführung der Veranstaltung wurde von vielen Sponsoren aktiv und passiv unterstützt, wofür sich die Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie herzlich bedankt.



DR.-ING. TOBIAS KERSTEN, VORSTAND DER FÖRDERERGESELLSCHAFT, MIT DEN  
ABSOLVENTENPREISTRÄGERN DES STUDIENGANGS GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

## ABSOLVENTEN

Im Kalenderjahr 2024 haben insgesamt 13 Studierende erfolgreich ihr Bachelorstudium beendet. Im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik gab es 18 Absolvent:innen. Sie sind in der folgenden Auflistung zu finden:

### BACHELOR

<b>Brand</b>	Finn	<b>Möllers</b>	Alexander
<b>Cordes</b>	Hanna Maria	<b>Möllers</b>	Lennart
<b>Heidberg</b>	Kamiel-Karl	<b>Scharnowski</b>	Julian
<b>Höft</b>	Lennart	<b>Tassotto</b>	Vincent
<b>Kellner</b>	Katharina	<b>Ullrich</b>	Nils
<b>Klapper</b>	Tobias	<b>Zhu</b>	Yanchao
<b>Langhoff</b>	Malin		

### MASTER GUG, VERTIEFUNG GEOMATIK

<b>Alkanj</b>	Ahmad	<b>Heidweiler</b>	Sebastian
<b>Al-Taan</b>	Ahmed	<b>Jose</b>	Mariya
<b>Baloch</b>	Jalil Ahmed	<b>Mandala</b>	Neeharika
		<b>Gunasekhar</b>	
<b>Baloch</b>	Siddique	<b>Mergu</b>	Sai Krishna
<b>Böllert</b>	Jan Ole	<b>Niknejad</b>	Niloufar
<b>Brekenkamp</b>	Mareike	<b>Paul</b>	Ansa Anna
<b>Cornelius</b>	Nils Jesper	<b>Singh</b>	Swapnil
<b>Genctürk</b>	Ismail Cagri	<b>Wilson</b>	Vinny
<b>Heidarianbaei</b>	Mohammadreza		

### MASTER GUG, VERTIEFUNG NUUR

<b>Grannemann</b>	Christian
-------------------	-----------

Im Jahr 2024 wurden 9 Promotionen abgeschlossen (s. Dissertationen). Darunter waren drei weibliche Promovierende.

Informationen zum Bachelor- und Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik sowie zur Vertiefungsrichtung Navigation und Umweltrobotik gibt es für Interessierte auf unserer Homepage (1) sowie in den Studienführern der Leibniz Universität Hannover (2). Eine persönliche Beratung ist jederzeit bei der Studiengangskoordination möglich (1). Weitere Hilfe zur Studienbewerbung und Immatrikulation stellt das Immatrikulationsamt der Universität auf seiner Webseite (3) bereit.

- (1) <https://www.fbg.uni-hannover.de/de/studium/studienangebot-der-fakultaet/geodaesie-und-geoinformatik/>
- (2) <http://www.uni-hannover.de/de/studium/studienfuehrer/geodaesie/>
- (3) <https://www.uni-hannover.de/de/studium/vor-dem-studium/bewerbung-und-zulassung/nach-der-bewerbung/einschreibung/>

## INTERNATIONALES

### AUSLÄNDISCHE AUSTAUSCHSTUDIERENDE IN DER FACHRICHTUNG

Fatima                      Manoor                      SS 2024, Aalto University, Finnland

---

## MASTER-, BACHELOR- UND STUDIENARBEITEN

### GEODÄTISCHES INSTITUT

#### MASTERARBEITEN

##### VERWENDUNG VON MASCHINELLEM LERNEN ZUR AUTOMATISIERTEN ERMITTLUNG VON IMMOBILIENWERTEN (LEON SIEBERT, BETREUER: JÖRN BANNERT, HAMZA ALKHATIB)

In dieser Arbeit wird untersucht, wie sich die maschinellen Lernverfahren Random Forest und XGBoost auf einen Datensatz des Obersten Gutachterausschusses für Grundstückswerte in Niedersachsen übertragen lassen, um Flächenpreise modellieren bzw. präzisieren zu können. Es wird eine Gegenüberstellung der beiden Verfahren und mit dem Verfahren der multiplen linearen Regression gemacht, da letztere in der Praxis bereits Verwendung für die Ermittlung von Immobilienwerten findet. Die beiden Verfahren des maschinellen Lernens besitzen sogenannte Hyperparameter, welche vor dem tatsächlichen Lernprozess definiert werden müssen, daher wird ebenfalls mittels eines Bayes'schen Optimierungsverfahrens eine Hyperparameteroptimierung vorgenommen. Ein so großer Datensatz wie in dieser Arbeit wurde bisher in Niedersachsen noch nicht im Kontext der Immobilienbewertung analysiert, daher ist dies ebenfalls eine explorative Analyse und es sollen aus den Ergebnissen vorläufige Verkehrswerte für Immobilien abgeleitet werden können.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Hannover als eigener Markt eventuell vom Rest Niedersachsens getrennt betrachtet werden könnte oder sollte. Durch das Entfernen der Kauffälle aus Hannover aus den Daten sowie dem Vergleich von (Nicht)-Nutzung der absoluten Koordinaten der Kaufobjekte, konnte eine kleine kontinuierliche Senkung für beide Fehlermaße  $R^2$  sowie MAE nachgewiesen werden. Über Partial Dependency Plots konnte gezeigt werden, wie insbesondere der XGBoost Regressor die Einflüsse von Features auf den Flächenpreis registrieren konnte und dabei feine Unterschiede in den Parameterkombinationen sowie ihres Effekts auf das Ergebnis ausmachen konnte.

##### INFLUENCE OF ENERGY EFFICIENCY AND CLIMATE PROTECTION MEASURES ON REAL ESTATE PURCHASE PRICES (ANSA ANNA PAUL, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Energy efficiency is a key element of the European Union's plan to achieve climate neutrality. Energy Performance Certificates (EPCs) promote transparency and awareness regarding building energy efficiency. This study focuses on how EPCs influence property selling prices within the Hanover region of Germany, using a dataset of property transactions encompassing different building types and influencing factors. Analysis using MATLAB, data preprocessing (handling missing values, outlier detection), and regression analysis reveals that land value and living area are the main factors that influence price. Additionally, statistical evidence that links between EPCs and property prices with higher efficiency ratings generally correspond to higher prices. EPC rating significantly impacts

property selling prices, with around a 9 to 11 % decrease in price for each increase in the energy consumption rate. This trend is more pronounced for single-family houses with a clear price premium. The impact appears less consistent within double-family and unclear for multi-family housing. These results imply that EPCs impact the Hanover real estate market dynamics, especially in single-family houses. This highlights how EPCs can encourage energy-efficient renovations and new buildings while supporting more general sustainability goals.

#### MODEL FOR BURDEN SHARING TO OPTIMISE WIND ENERGY SITES IN A MUNICIPALITY OR INTERMUNICIPALLY (NILOUFAR NIKNEJAD, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

The adverse impacts and restricted availability of fossil fuels, along with climate change, are increasingly recognized in the European Union (EU) not only as a significant global environmental and ecological issue but also as a critical security concern of the twenty-first century that poses a direct threat to European interests. Therefore, it has established ambitious greenhouse gas (GHG) emission reduction targets as part of its long-term strategy to become the world's first climate-neutral continent by 2050. As part of the EU, Germany aims to achieve its renewable energy (RE) goals primarily through the reliable production of electricity from renewable sources, notably wind. In 2023, for the first time, the production of electricity from renewable sources in Germany, totaling 50.8 Terawatt-hours (TWh), exceeded its consumption which was 50.5 TWh. However, the development and approval process of a Wind Park (WP) is not only time-consuming but also susceptible to delays or even cessation due to public protests against the development of WPs. Therefore, it is important to increase the acceptance of wind energy among the public. In the development process of a WP, three groups are involved: wind energy operators, municipalities and residents living near a WP.

In the context of this master's thesis, a model has been developed to increase the acceptance of wind energy in society and expedite the approval process for WPs. According to the findings, transparency, public education on wind energy, detailed information about the pros and cons of wind energy installations and financial benefits are significant factors that influence public acceptance of WPs.

#### QUALITATIVE COMPARISON OF THE PRODUCTS "DEUTSCHLANDATLAS" AND "LANDATLAS" FOR DIFFERENT USER GROUPS (ABDELRAHMAN GAMALELDIN, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Web Geographic Information Systems (Web GIS) are essential tools that provide a large amount of information and facts in the form of geospatial data. Offering raw data and interactive maps with accurate and detailed information in different application domains. These tools have been developed in modern applications and now include more than just a presentation of geospatial data in its raw form, now they offer interactive maps with accurate and detailed information.

This thesis presents a comprehensive Qualitative analysis of two significant Web GIS platforms in Germany: “Landatlas” and “Deutschlandatlas”. Through interactive web maps, both tools provide valuable geospatial information about Germany in different domains.

STRATEGIC DISTRICT HEATING PLANNING FOR A CLIMATE-FRIENDLY AND COST-EFFICIENT HEAT SUPPLY IN MUNICIPAL LAND MANAGEMENT (VINNY WILSON, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Germany has set a goal to achieve greenhouse gas neutrality by 2045, which requires a rapid decarbonization of the heating sector. The enactment of the Heat Planning Act (HPA) and Renewable Heating Act (RHA) represents a significant milestone in the establishment of a new regulatory framework designed to expedite the transition through strategic district heating planning. This thesis investigates how these legislative measures influence municipal land management practices and decisions on heating technology, aiming to facilitate a climate-friendly and cost-efficient heat supply. The research explores how municipal land-use planning is adapting to accommodate the expansion of district heating networks and the integration of diverse renewable energy sources through a comparative case study analysis in two German cities: Dresden and Hannover.

The study assesses the prospects of different heating technologies, considering their environmental impact, cost-effectiveness, and compatibility with existing urban infrastructure. By identifying best practices, potential barriers, and policy recommendations, this thesis contributes to a deeper understanding of how Germany can effectively leverage strategic district heating planning within municipal land management to achieve an affordable and sustainable energy transition in the heating sector.

MODELLIERUNG DER MESSUNGSICHERHEIT VON ECHOLOTMESSUNGEN (JAN OLE BÖLLERT, BETREUER: FREDERIC HAKE, BAHAREH MOHAMMADIVOJDAN, HAMZA ALKHATIB)

Diese Arbeit behandelt die Entwicklung und Implementierung einer Methode zur Unsicherheitsmodellierung von 3D-Gewässersohlkoordinaten, die durch Echolotmessungen auf Peilschiffen erfasst werden. Im Rahmen der Entwicklung der PAUSSH durch die WSV in Zusammenarbeit mit der BFG liegt der Fokus auf der Plausibilisierung der Peilmessungen. Hierzu wird der Ansatz der Monte-Carlo-Simulation (MCS) implementiert und kritisch hinterfragt, um Messunsicherheiten zu bestimmen. Die Arbeit gliedert sich in mehrere Schritte. Zunächst wird die Berechnung der Sohlkoordinaten aus Rohdaten nachvollzogen und implementiert. Anschließend werden Unsicherheiten den Eingangsgrößen zugeordnet, und mit Hilfe der MCS werden die Abweichungen der finalen Koordinaten ermittelt. Dieser Ansatz ermöglicht eine detaillierte Analyse der Unsicherheiten unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen. Die Implementierung erfolgt in Python, wobei ein Datensatz von Messungen des Peilschiffes UWJ als Grundlage dient. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen Lage- und Höhenunsicherheiten, wobei die Unsicherheiten mit zunehmender Entfernung vom Messpunkt stark

zunehmen. Die Validierung der Ergebnisse erfolgt durch den Vergleich mit alternativen Ansätzen der BFG, den von der IHO definierten Standards und den Angaben der Software QINSy. Trotz gewisser Abweichungen werden die berechneten Unsicherheiten als plausibel angesehen. Die Methode bietet einen alternativen Ansatz zur Bestimmung von Unsicherheiten bei Echolotsystemen und unterstützt die Bewertung von Peilmessungen sowie planerische Entscheidungen basierend auf den erwarteten Unsicherheiten. Im Ausblick wird auf potenzielle Anwendungen hingewiesen, wie die Nutzung der Unsicherheiten zur Ausreißerdetektion und für Sensitivitätsanalysen. Zukünftige Untersuchungen könnten die Einbindung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Kovarianzen der Eingangsgrößen vertiefen. Die entwickelte MCS-Implementierung bietet eine Basis für weiterführende Untersuchungen und vielseitige Einsatzmöglichkeiten.

#### AN EFFICIENT ASSIGNMENT APPROACH FOR POSITION TRACKING USING LiDAR POINT CLOUDS (ZHANG MENG, BETREUER: DOMINIK ERNST, ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB)

Localization in urban areas is a challenging task for multiple reasons. One possibility to alleviate the problems is the usage of LiDARs to capture point clouds of the environment. These point clouds can be matched to existing maps to guide the localization. This procedure should be fast, reliable and accurate to provide a safe localization.

This study introduces a voxel-based approach to enhance the efficiency of position tracking using an Error State Kalman Filter (ESKF) in 3D environments. Unlike previous methods, which struggle with the simplicity of LoD-2 models and the computational demands of mesh-based algorithms, the proposed method generates models based on the distribution of 3D points, applicable to various datasets. Implemented within a position tracking process for a Multi-Sensor System (MSS), it was tested with a simulated environment, leading to increased assignment speed at the cost of reduced accuracy. The accuracy issue remains unresolved for now, suggesting a need for further algorithm refinement. Future work includes exploring different parameter configurations, testing in diverse environments, and utilizing real datasets to optimize performance.

#### ADAPTATION OF DEEPLABV3+ FOR ENHANCED CRACK DETECTION IN PORT INFRASTRUCTURE (MOHD ADEEB KHAN, BETREUER: MARVIN SCHERFF, HAMZA ALKHATIB)

This Master's thesis, conducted as part of the Port AI project, aims to enhance port infrastructure inspection through image-based crack detection using Deep Learning. The study refines the DeeplabV3+ model, leveraging its encoder-decoder architecture and atrous convolutions to detect narrow cracks. Initial training utilized publicly available datasets like DeepCrack, followed by fine-tuning on proprietary port infrastructure image sequences from a partnering engineering office. The training pipeline previously used for corrosion segmentation was adjusted according to cross-validation results. Performance evaluation included confusion matrix metrics and a

comparison with a U-net-based approach developed by the Port AI research group at the Technical University of Brunswick.

#### ENHANCING CORROSION SEGMENTATION ACCURACY IN PORT INFRASTRUCTURE USING DEEPLABV3+ WITH UNCERTAINTY PREDICTION (WAQAS MUNAWAR, BETREUER: MARVIN SCHERFF, HAMZA ALKHATIB)

This Master's thesis addresses the need for efficient inspection of marine steel structures, such as offshore wind turbines and seaports, which are vulnerable to corrosion in harsh environments. Traditional manual inspections are slow and costly, highlighting the need for automated solutions. Semantic segmentation plays a key role in identifying structural damage, improving efficiency and safety, while addressing the variability of marine structures through robust methods that account for prediction uncertainty.

The study employs a modified Deeplab v3+ model architecture and explores two methodologies for uncertainty quantification. The first, Deep Uncertainty Distillation using Ensembles for Semantic Segmentation (DUDES), uses a Teacher-Student framework. An ensemble of Teacher predictions generates uncertainty maps, which the Student model, with segmentation and uncertainty heads, mimics. This enables efficient uncertainty estimation with a single forward pass during inference.

The second, Deep Deterministic Uncertainty (DDU), quantifies epistemic uncertainty through feature space density, addressing feature collapse with inductive biases. These approaches improve segmentation reliability, supporting safer and more resource-efficient maintenance of port infrastructures.

#### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF OBJECT TRACKING METHODS FOR ANONYMIZATION IN AUTOMATED DRIVING APPLICATIONS USING PARTICLE FILTERS (CHENGXI ZHOU, BETREUER: MARVIN SCHERFF, HAMZA ALKHATIB, THOMAS BOEHME (IAV))

The integration of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) and Autonomous Driving (AD) technologies has increased the collection of video data, often containing personal information like faces and license plates. This raises significant privacy concerns under regulations such as the GDPR, requiring effective anonymization techniques to balance data usability and privacy.

This thesis builds on the Simple Online and Realtime Tracking (SORT) algorithm to enhance object detection and anonymization quality in urban and highway driving scenarios. By leveraging the Tracking-by-Detection (TBD) framework, temporal information across video frames is used to improve detection consistency. Key contributions include the creation of a custom dataset for IAV-specific driving scenarios, a new hyperparameter (`min_conf`) for confirming high-confidence detections earlier, and dynamic noise matrices based on object size. The study evaluates Intersection over Union (IoU) and Mahalanobis distance for data association, and compares Particle Filters to Kalman Filters for motion estimation.

The methodology integrates a pre-trained YOLOv7 object detection model into a SORT-based TBD framework. Kalman and Particle Filters are tested

independently, with parameters optimized using Optuna and custom objective functions. Two optimization strategies are explored: a two-phase approach for sequential parameter tuning and a single-phase approach for simultaneous optimization.

Results indicate that IoU is superior to Mahalanobis distance for data association, and dynamic noise matrices outperform fixed ones for motion estimation. Kalman Filters deliver better performance than Particle Filters in this context. Despite improvements, a balance between recall and precision remains critical for real-world applications, as enhancing one often reduces the other.

#### ADVANCED DOWNSAMPLING AND SEGMENTATION TECHNIQUES OF LiDAR DATA FOR URBAN LOCALIZATION (YAXI WANG, BETREUER: MARVIN SCHERFF, ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB, MARIUS LINDAUER (AI))

This thesis presents an innovative deep learning framework designed to address the challenges faced by autonomous vehicles in urban localisation. It is evident that traditional Global Navigation Satellite Systems (GNSS), such as GPS, are susceptible to signal interference and inaccuracies in dense urban environments. Conversely, Laser Radar (LiDAR) technology offers a reliable and complementary solution by providing continuous and accurate environmental scanning. However, the considerable volume of data produced by LiDAR presents a substantial computational challenge in terms of real-time processing. To address these limitations, this study presents a unified framework for the simultaneous downsampling and semantic segmentation of LiDAR point clouds. By utilising an advanced deep learning architecture, efficient data reduction is achieved, resulting in enhanced computational efficiency while maintaining the essential features necessary for accurate vehicle localisation. The framework is evaluated using a proprietary dataset, demonstrating its efficacy within a custom filter and simulation environment. The results demonstrate satisfactory outcomes in terms of localisation accuracy and processing efficiency, establishing a foundation for real-time autonomous navigation in complex urban environments.

#### INFLUENCE OF LOD2 SIMPLIFIED GEOMETRIES ON THE GEOREFERENCING PERFORMANCE OF AN AUTONOMOUS VEHICLE USING SENSOR DATA FUSION FROM IMU AND LiDAR (LUKAS RAMME, BETREUER: MOHAMAD WAHBAH, SÖREN VOGEL, HOLGER BLUME (IMS), HAMZA ALKHATIB)

In urban areas with tall buildings, where satellite-based positioning is unreliable, digital building models can assist in georeferencing autonomous vehicles, with the aid of inertial measurement units (IMUs) and LiDAR sensors. This is accomplished by matching LiDAR point clouds to model surfaces to correct predictions based on IMU data in an Error State Kalman Filter (ESKF). Simplified building models at Level of Detail 2 (LoD2) are useful due to their widespread availability and reduced computational requirements, although they lead to generalization effects that impact filter performance. This study examines how an LoD2 city model compares to a high-detail (HD) model in estimating the pose in a CARLA simulation along

four urban routes. Results show that estimation errors with LoD2 models using realistic sensor noise are 94 times larger for position, 23 times for angles, and 3 times for speed compared to HD models. With estimation errors being smaller on routes with fewer simplifications. On half the routes, a direct correlation between model quality and filter error over time is observed. High deviations impact low-development density routes strongly. When model deviations exceed point assignment threshold, fewer observations are matched, increasing estimation errors. Misassignments of points from façade elements not present in the LoD2 model also contribute to errors. A novel plane-based down-sampling technique is proposed to address this issue, detecting planes in LiDAR point clouds and selecting nearby points, thereby reducing position errors with the LoD2 model.

UNTERSUCHUNGEN VON AKUSTISCHEN UNTERWASSER-SCANDATEN ZUR ERKENNUNG VON SCHADENSBILDERN (NILS JESPER CORNELIUS, BETREUER: CHRISTIAN HESSE, FREDERIC HAKE, INGO NEUMANN)

Regelmäßige Inspektionen von Hafeninfrastrukturen sind entscheidend für deren strukturelle Integrität und Langlebigkeit. Traditionelle manuelle Methoden sind oft langsam, teuer und gefährlich, da sie Taucher und Inspektoren erfordern. Diese Ansätze können Spundwände nicht schnell und umfassend analysieren, was zu Ineffizienzen und höheren Kosten führt. Die Automatisierung der Schadensmustererkennung hat einen erheblichen wirtschaftlichen Einfluss und kann den physischen Arbeitskräftebedarf, einschließlich Tauchern und manuellen Inspektoren, reduzieren. Ziel dieser Studie ist es, diesen Prozess durch die Bereinigung vorhandener Datensätze zu automatisieren und mittels Feature Engineering Muster leichter zu interpretieren. Wesentliche physikalische Merkmale werden verwendet, um Schadensmuster anhand der geometrischen Eigenschaften der Spundwände zu identifizieren. Dabei kommen maschinelle Lernmethoden wie XGBoost zum Einsatz, um Modelle auf annotierten Datensätzen zu trainieren. XGBoost, ein Gradient-Boosting-Framework, ermöglicht eine genaue Identifizierung der Schadensmerkmale. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Verbesserung bei der Erkennung von Schadensmustern in der Hafeninfrastuktur und bieten eine einfach umzusetzende Methode zur effizienten Abtastung größerer Flächen. Die automatisierte Schadenserkennung ermöglicht zudem eine kontinuierliche Überwachung und Echtzeitanalyse, was eine frühzeitige Erkennung potenzieller Probleme und rechtzeitige Wartung ermöglicht. Dies trägt zur Nachhaltigkeit bei, indem Ressourcen für aufwändige manuelle Inspektionen optimiert werden. Durch den Einsatz dieser Technologien können Häfen ihre Betriebseffizienz steigern, Ausfallzeiten reduzieren und die Sicherheit erhöhen, was zu einer robusteren maritimen Industrie beiträgt.

OPTIMAL OCCLUSION RELATED VIEWPOINT PLANNING OF TERRESTRIAL LASER SCANNING (HESHAN HAO, BETREUER: JAN HARTMANN, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI)

Terrestrial Laser Scanning (TLS) is a stationary, active, imaging 3D technique (Szulwic & Ziolkowski, 2016). The 1990s saw the gradual

introduction of TLS technology commercially and the introduction of a number of commercial laser scanners that were smaller, more automatic, and had higher scanning speeds and higher accuracy. TLS began to be widely used in architecture, cultural heritage preservation, and urban planning. However, the data acquisition part is labor-intensive and therefore costly due to a lack of automation. The process from object detection to referencing and modelling to visualization should be as efficient and automated as possible due to the availability of complete data on the computer. TLS placement is nowadays more based on empirics, and good TLS placement leads to better data collection results, such as lower occlusion and higher accuracy. Also, using fewer TLSs saves time in placement. The optimal viewpoint planning has a decisive role in the quality of the TLS point clouds due to occlusion and interference effects, especially in indoor environment. In this master thesis, a methodology for 3D viewpoint selection shall be developed and implemented, which automatically minimizes the occlusion of point clouds in different scenarios. In order to introduce a score to assess the occlusion rate, different parameters are set to simulate the real scanning process. Two optimal viewpoint selection methodology based on greedy algorithms are used so as to calculate the optimal TLS position arrangement in different scenarios. Finally, the best combination of parameters applicable to the automated simulation process is found. The occlusion rate and efficiency are compared for different scenarios.

#### OPTIMAL QUALITY RELATED VIEWPOINT PLANNING OF TERRESTRIAL LASER SCANNING (JALIL AHMED BALOCH, BETREUER: JAN HARTMANN, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI)

Terrestrial laser scanning (TLS) technology is becoming increasingly popular in the Architectural Engineering and Construction industry. It is also used for monitoring construction project progress and ensuring dimensional accuracy. However, a common challenge in using TLS for these purposes is figuring out the best viewpoint position. This thesis delves into the crucial aspect of identifying the optimal viewpoint for terrestrial laser scans. It achieves this by creating an algorithm for realistic point cloud simulation, with a primary focus on improving data quality. The enhancement measures encompass aspects such as position error, incidence angle, distance and spot size within a virtual environment. The term "quality" is initially defined, setting the stage for the central theme of this thesis. The methodology devised facilitates the automatic adjustment of viewpoints in TLS, with a specific emphasis on factors influencing data quality. This approach is designed to function seamlessly across various scanning specifications and utilizes a predefined Three-dimension (3D) mesh model of the target structure or facility. A standout feature of this methodology lies in its dedicated attention to two important factors: Level of accuracy (LOA) and Level of detail (LOD) specifications. Through the integration of these specifications, the methodology aims to significantly enhance the effectiveness and overall quality of point cloud acquisition. The established quality score parameter serves as a key element, systematically identifying optimal standpoints for TLS. By leveraging this quality score, the algorithm systematically determines the most advantageous positions and perspectives that result in high-quality point clouds.

---

## QUALITY ASSURED DEFORMATION ANALYSIS OF CIVIL INFRASTRUCTURES USING TLS POINT CLOUDS (SIDIQUE BALOCH, BETREUER: JAN HARTMANN, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI)

Deformation monitoring in engineering geodesy often relies on Terrestrial laser scanning (TLS) due to its ability to capture high-precision Three-dimension (3D) point clouds, allowing for comprehensive object behavior monitoring. A popular approach involves approximating point clouds from different epochs using mathematical models, typically within a linear Gauss-Markov framework, to detect geometry changes and model deformations automatically. This automated process requires selecting suitable mathematical models, introducing both stochastic and functional components, to ensure reliable results. Meanwhile, in infrastructure monitoring, such as bridge assessment, TLS proves valuable for rapidly and precisely detecting object changes and deformations. In a collaborative project investigating a historic masonry arch bridge, TLS was employed alongside other sensors to measure vertical deflection under varying load conditions. Spatial approximation of resulting 3D point clouds using B-Spline-based free-form curves and surfaces requires careful selection of basis function degrees and control points to ensure accurate estimates. In addition, the precision of the captured point cloud measurement is ensured by applying an error propagation technique, which helps us understand and account for any uncertainties in the measurements. Subsequently, we integrate this quality-assured point cloud measurements into B-spline surface approximation. By integrating the precise point cloud measurements into these models, with the idea of accurately assessing and analyzing the deformation occurring in the object over time. Furthermore, the statistical significance test is carried out by utilizing the congruence-based deformation to notice any change or deformation in the bridge structure over different epochs.

## BACHELORARBEITEN

### OPTIMIERUNG EINES KALMAN-FILTERS FÜR DAS TRACKEN PER TACHYMETER (KAMIEL HEIDBERG, BETREUER: DOMINIK ERNST, SÖREN VOGEL, HAMZA ALKHATIB)

Beim Einsatz von Multi-Sensoren-Systemen (MSS) wird die Fusion der Daten von mehreren Sensoren über die räumliche Referenzierung der Sensordaten und die zeitliche Synchronisation der Daten realisiert. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde der Fokus auf die Georeferenzierung per Tachymeter gelegt. Dieser Ansatz wird beispielsweise bei der Baumaschinensteuerung gewählt.

Zur Fusion der Messungen des Tachymeters mit anderen Sensordaten des MSS wurde ein Kalman-Filter gewählt. Kalman-Filter geben die Möglichkeit ein dynamisches Modell einer Bewegung mit Messungen verschiedener Sensoren zu verbinden und in Abhängigkeit der Zeit zu modellieren. Für diese Modellierung ist eine Vielzahl an Parametern notwendig, von denen die Qualität der Ergebnisse entscheidend beeinflusst wird. Im Rahmen

dieser Bachelorarbeit wurde ein Gridsearch-Verfahren zur Bestimmung von Parameter für Kalman-Filter implementiert und anhand einer Messung eines Tachymeters mit Referenzdaten eines Lasertrackers getestet.

#### GENERIERUNG EINES TRAININGSDATENSATZES FÜR DIE KALIBRIERUNG EINES TLS (JULIAN SCHARNOWSKI, BETREUER: DOMINIK ERNST, JAN HARTMANN, HAMZA ALKHATIB)

Ziel dieser Bachelorarbeit war die Erfassung eines Datensatzes zum Training von Machine Learning Modellen für die Prognose von Messabweichungen. Der Datensatz ist geeignet, den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Messungen zu quantifizieren. Dazu wurde ein Messkonzept konzipiert, bei dem ausgewählte Faktoren (Distanz, Farbe und Auftreffwinkel) variiert und andere konstant gehalten wurden. Dabei wurde besonders die hohe Genauigkeit des Scanners beachtet. Die Ergebnisse zeigen verbleibende Resteffekte aus der Messung, welche im Training beachtet werden müssen.

#### ANALYSE EINES LIVOX HAP LiDARS (KATHARINA KELLNER, BETREUER: DOMINIK ERNST, SÖREN VOGEL)

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden zwei Livox HAP analysiert. Der Sensor ist für Anwendungen im Automobilbereich konzipiert. Ziel der Arbeit war, Informationen über die mögliche Nutzung des Sensors unter geodätischen Gesichtspunkten zu geben. So müssen die Messunsicherheiten der Sensoren bestimmt werden. Dabei wurde in dieser Arbeit besonders die Präzision der Beobachtungen untersucht. Der Messaufbau hat dabei Referenzgeometrien in unterschiedlichen Farben, Distanzen und Auftreffwinkeln analysiert. Aus den Ergebnissen zeigen sich viele neue Effekte, die weitere Untersuchungen für die Verwendung des Sensors erfordern.

#### QUALITÄTSUNTERSUCHUNG DER DIGITALEN ZWILLINGE VON HANNOVER ANHAND VON REFERENZPUNKTWOLKEN (NILS ULLRICH, BETREUER: ARMAN KHAMI, SÖREN VOGEL, INGO NEUMANN)

Im Rahmen dieses Projekts wurden digitale Zwillinge und 3D-Gebäudemodelle als Grundlage für die Navigation und Lokalisierung autonomer Systeme untersucht. Ein langgestreckter Straßenzug in Hannover wurde mittels terrestrischem Laserscanning erfasst, um eine präzise Referenzpunktwolke zu erstellen. Diese Daten wurden mit öffentlich verfügbaren Level of Detail 2 (LoD2)-Modellen verglichen, die von der Landeshauptstadt Hannover und dem LGLN bereitgestellt wurden. Dabei wurden Analysemethoden entwickelt, um die Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Generalisierungsebenen dieser Modelle kritisch zu bewerten. Die Ergebnisse führten zu einem reproduzierbaren Qualitätskontrollverfahren und einem Konzept zur Überprüfung von 3D-Modellen.

---

## GEODÄTISCHE NETZE FÜR VERZERRUNGSFREIE GEOREFERENZIERTE PUNKTWOLKEN (FINN BRAND, BETREUER: ARMAN KHAMI, SÖREN VOGEL, INGO NEUMANN)

In diesem Projekt wurde die Prozesskette für die Erstellung georeferenzierter Punktwolken durch terrestrisches Laserscanning analysiert und kritisch bewertet. Ein Straßenzug in Hannover wurde als Messgebiet gewählt, um ein geodätisches Netz zu entwerfen, zu planen und zu vermessen. Die Netzdaten wurden anschließend in ein globales Lage- und Höhenreferenzsystem überführt, wobei relevante Einflussfaktoren wie Abbildungsmaßstab und Verzerrungen untersucht wurden. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse wurden Ansätze für eine verzerrungsfreie Transformation entwickelt und ein geeignetes Netz konzipiert, um präzise georeferenzierete Punktwolken mit minimierten Verzerrungen zu erzeugen. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden durch praktische Messungen validiert.

## QUALITÄTSUNTERSUCHUNG MOBILER MAPPINGSYSTEME AM BEISPIEL DES NAVVIS VLX 2 (MICHAEL KAMM, BETREUER: JAN HARTMANN, SÖREN VOGEL)

Die Aufnahme von 3D Koordinaten zählt zu den alltäglichen Aufgaben in der Geodäsie. Diese erfolgt beispielsweise über eine tachymetrische Aufnahme, Satellitenmessungen (GNSS) oder auch über Laserscanner. Letztere sind dazu in der Lage, in kürzester Zeit Hunderttausend Punkte zu messen, woraus eine Punktwolke erstellt werden kann. Seit einigen Jahren werden hierfür nicht nur statische terrestrische Laserscanner verwendet, sondern auch mobile Mapping Systeme. Diese gibt es in verschiedenen Ausführungen und bieten eine Reihe von Vorteilen. So ist es beispielsweise möglich, in kürzester Zeit ganze Gebäudekomplexe oder Straßenzüge zu messen. Jedoch tritt bei diesem mobilen Verfahren eine Vielzahl an Einflussgrößen auf, welche sich auf die Qualität der Daten auswirken.

Ziel dieser Arbeit ist, sich mit der Qualität von Mobile Mapping auseinanderzusetzen und diese am Beispiel des NavVis VLX zu untersuchen. Hierbei liegt der Schwerpunkt in der Überprüfung der Herstellerangabe der Genauigkeit, und durch welche Faktoren diese beeinflusst werden können. Es wird mit den konkret ausgewählten Qualitätsmerkmalen Genauigkeit, Präzision, und Wiederholbarkeit befasst und mittels verschiedener Scans mit unterschiedlichem Laufweg und Laufgeschwindigkeit miteinander verglichen.

## STUDIENARBEITEN

### DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A SIMULATION ENVIRONMENT FOR A QUADRUPED ROBOT (ZHUOYUE XU, BETREUER: ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB)

Quadruped robots, characterized by their unique structure and multi-jointed movement, excel in navigating complex terrains and are increasingly used in applications such as search and rescue, infrastructure monitoring, and agriculture. Their performance is further enhanced by advanced sensors like GNSS, IMU, and LiDAR, enabling reliable navigation and environmental perception.

Developing realistic simulation environments is crucial for advancing robotics and autonomous systems, as these environments allow for comprehensive algorithm testing and refinement. The Robot Operating System (ROS) serves as a powerful platform for creating such simulations, facilitating detailed analysis of robot kinematics, dynamics, and real-world challenges like obstacle avoidance and dynamic targets. ROS accelerates innovation by streamlining the development and testing of robotic algorithms.

This work focuses on building a comprehensive ROS-based simulation environment for the Unitree B1 quadruped robot. Integrating sensors like GNSS, IMU, and LiDAR, the simulation will evaluate the robot's performance under various conditions, verify sensor accuracy, and optimize its autonomous capabilities. The findings aim to enhance the robot's performance and expand its applications in dynamic and challenging environments.

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

MASTERARBEITEN

QUANTIFIZIERUNG DER EINFLÜSSE ELEKTROMAGNETISCHER STÖRUNGEN AUF GNSS-SIGNALE AN BAHNANLAGEN (SEBASTIAN HEIDWEILER, BETREUER: TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

Die Masterarbeit untersucht die Einflüsse elektromagnetischer Störungen auf GNSS-Signale an Bahnanlagen, wobei statische und kinematische Daten analysiert wurden. Die statische Erfassung in der Nähe von Eisenbahngleisen und die kinematische Erfassung von einem fahrenden Zug brachten die Herausforderung mit sich, elektromagnetische Störungen von Mehrwegeeffekten zu trennen. Mehrwegeeffekte entstehen durch Signalreflexionen von Oberflächen und sind schwer von elektromagnetischen Störungen zu unterscheiden, besonders in Umgebungen mit vielen reflektierenden Flächen wie Bahnanlagen. Statische Messungen zeigten, dass insbesondere Güterzüge das GNSS-Signal stören, aber die Praxis erfordert oft Messungen nahe den Gleisen. Kinematische Daten zeigten, dass die Signalqualität im städtischen Bereich aufgrund vieler Gebäude sinkt. Für die Trennung der Effekte könnten zukünftige Arbeiten zusätzliche Sensoren wie Magnetometer einsetzen oder 3D-Modelle des Messgebiets verwenden, um die Signalqualität und den Einfluss elektromagnetischer Felder besser zu prognostizieren.

DESIGN AND VALIDATION OF AN IMU STRAPDOWN-FILTER ALGORITHM USING AN INDUSTRIAL ROBOT (FENGJIE XUE, BETREUER: INSTITUT FÜR ERDMESSUNG: STEFFEN SCHÖN, NICOLAI BEN WEDDIG; INSTITUT FÜR MECHATRONISCHE SYSTEME: THOMAS SEEL)

An inertial navigation algorithm was developed for a tactical grade MEMS IMU, for arbitrary motion scenarios provided by a serial kinematics robot (Stäubli RX 160-S1). This navigation algorithm consists of a classic strapdown algorithm, combined with an Error State Extended Kalman Filter (ESEKF). Scenarios of increasing complexity were simulated (via a provided framework), either by providing simple velocity and attitude waypoints, or by providing measured robot coordinates (given by the robot software). Based on these scenarios, the observability of IMU bias terms, as well as the kinematic state, was determined over time with a rank-based method, but also a method based on the SVD of the observability matrix. Some generic maneuvers which provide observability of the whole system were isolated in that way.

## NUTZUNG ZWEIFACH-POLARISierter ANTENNEN ZUR VERBESSERUNG DER GNSS-POSITIONIERUNG (MAREIKE BREKENKAMP, BETREUER: JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

Im Rahmen der Masterarbeit wurden Messungen in Umgebungen, die unterschiedlich stark von Mehrwegeeffekten beeinflusst werden, mit einer zweifach-polarisierten Antenne durchgeführt. Da die Antenne sowohl rechtshändig als auch linkshändig zirkular polarisierte Signale empfangen



kann, kann durch die Analyse der Signalstärkendifferenz dieser beiden Signale mithilfe eines Referenzdatensatzes ein Schwellenwert bestimmt werden.

Dieser Schwellenwert wurde anschließend genutzt, um die eintreffenden Signale in Kategorien wie LOS (Line of Sight), Mehrweg- und NLOS (Non-Line of Sight) einzuordnen. Die neu entwickelte Methode wurde im Anschluss mit etablierten Verfahren verglichen. Dazu

zählten die Code-Minus-Carrier-Linienkombination, Ray-Tracing-Techniken sowie Analysen von Signaturen in Signalstärkekurven. Abschließend wurden mithilfe der gewonnenen Daten verschiedene Positionslösungen berechnet. Dabei kamen mehrere Gewichtsmodelle zum Einsatz, darunter eine Einheitsgewichtung, eine elevationsabhängige Gewichtung und eine Gewichtung auf Basis der mittels des Schwellenwerts ermittelten Kategorisierung. Der Vergleich dieser verschiedenen Positionslösungen zeigte, dass die Gewichtung basierend auf der Signalkategorisierung eine bessere Positionsgenauigkeit ermöglicht als die Einheitsgewichtung. Allerdings erreichte sie nicht die Genauigkeit der elevationsabhängigen Gewichtung.

## BACHELORARBEITEN

### QUALITÄTSANALYSE DER SAPOS-REFERENZSTATIONEN VON NIEDERSACHSEN (Y. ZHU, PROF S. SCHÖN, DR. C.-H. JAHN LGLN)

Diese Arbeit untersucht die Stabilität der SAPOS-Referenzstationen in Niedersachsen über einen Zeitraum von vier Jahren (2017-2020). Es zeigt sich eine hohe Kontinuität in der SAPOS-Verfügbarkeit, aber die bereinigten Zeitreihen der topozentrischen Koordinaten zeigen auch systematische Effekte an einigen Stationen. Diese Effekte sind abhängig von der Mehrwegempfindlichkeit der Stationen, was sich in drakonischen Periodizitäten widerspiegelt. Die Analyse zeigt, dass spezifische Installationsmerkmale und Randbedingungen entscheidend sind. Am Beispiel der Station Braunschweig können ein einseitiger Sonneneinfall und Temperaturänderungen die zyklischen Variationen der Nord- und Ostkomponenten beeinflussen.

---

## EINFLUSS VERSCHIEDENER MULTI-GNSS ANTENNENKORREKTUREN AUF KOORDINATENZEITREIHEN VON GNSS-REFERENZSTATIONEN (ALEXANDER MÖLLERS, BETREUER: TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

In Satellitennavigationssystemen ermöglichen Trägerphasenbeobachtungen eine millimetergenaue Positionierung. Phasenzentrums-korrekturen (PCC), die durch Antennenkalibrierungen bestimmt werden, sind dafür essentiell. Kalibrierungen stehen durch zwei verschiedene Methoden zur Verfügung: echolose Kammer und Feldkalibrierung mittels Roboter.

Ziel dieser Bachelorarbeit war die Untersuchung von Anomalien zwischen verschiedenen Kalibrierungen und Institutionen. Individuelle Kalibrierungen wurden mit Typpmitteln von ausgesuchten Referenzstationsantennen verglichen, die im SAPOS-Netz und im Europäischen Permanentnetz (EPN) eingesetzt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Roboterkalibrierungen nach 2018 signifikant von älteren, dem Typpmittel ähnlichen Kalibrierungen abweichen. Echolose Kammerkalibrierungen zeigen keine solchen Abweichungen, obwohl der Ortswechsel der Kammer die Ergebnisse beeinflusste. Ohne unabhängige Referenzwerte bleibt die Beurteilung der Kalibrierqualität herausfordernd. Zusätzlich wurde der Einfluss von  $\Delta PCC$  auf die Positionsebene anhand längerer Zeitreihen mittels eines simulativen Ansatzes analysiert. Unterschiede sind auch dort erkennbar.

## ERMITTLUNG VON TEMPERATUREINFLÜSSEN AUF GNSS-EMPFÄNGER UND GNSS-AUSRÜSTUNGEN (LENNART MÖLLERS, BETREUER: TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

Diese Bachelorarbeit untersucht die Auswirkungen von Temperaturänderungen auf GNSS-Empfänger, basierend auf Rohdaten eines Temperaturexperiments mit einem Septentrio PolaRx5TR in einer Klimakammer. Im Rahmen der Arbeit wurden Experimente in der eigenen Klimakammer (Weiss Technik T40/40/10) durchgeführt, um die Stabilität der Geräte gegenüber den äußeren Effekten zu analysieren. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Einfachdifferenzen sich um etwa 1 cm pro Grad Celsius Temperaturdifferenz ändern. Diese Variationen spiegeln den Temperaturverlauf besser wider als interne Temperaturmessungen auf dem Empfängerboard. Bei der Analyse des Temperaturverhaltens zeigen sich Unterschiede zwischen Aufheiz- und Abkühlphasen: Die Einfachdifferenzen laufen während der Aufheizphase kontinuierlich unterhalb der Abkühlphase. GPS-Frequenzen zeigen hohe Ähnlichkeit und Genauigkeit; Galileo-Frequenzen sind ähnlich, jedoch mit einer leicht erhöhten Variabilität auf den Einfachdifferenzen. Bei Dou-Frequenzen zeigten in unseren Experimenten die größere Streuung und Variabilität gegenüber den anderen Frequenzen auf.

## VARIABILITÄT VON GNSS-ANTENNENKALIBRIERUNGEN INNERHALB DER IGS RINGSKALIBRIERUNG (VINCENT TASSOTTO, BETREUER: TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

Das Ziel dieser Bachelorarbeit bestand in der Auswertung und Analyse der IGS-Ringkalibrierung. Im Rahmen dieser Kalibrierung wurden sechs verschiedene GNSS-Antennen an insgesamt neun Institutionen weltweit untersucht. Dabei sollte analysiert werden, inwiefern sich die einzelnen Kalibrierungen der Antennen zwischen den verschiedenen Einrichtungen unterscheiden und wie sich Fehlereigenschaften auf die Genauigkeit und Konsistenz der GNSS-Positionierung auswirken. Zuvor wurden jedoch simulative Untersuchungen durchgeführt, um die Qualität der Kalibrierungen besser bewerten zu können. Dabei wurden Kalibrierungen einer Antenne mehrfach wiederholt, Kalibrierdatensätze rotiert, horizontal verschoben und mit einem Höhenoffset versehen. Die Auswertung dieser Simulationen liefert Ergebnisse, die Grenzwerte der Fehlereinflüsse bestimmen, bei denen eine Kalibrierung noch gute Ergebnisse erzielt. Diese Grenzwerte bieten eine Grundlage, um die Qualität und Zuverlässigkeit der Kalibrierungen zu beurteilen und sicherzustellen, dass die Abweichungen innerhalb eines tolerierbaren Bereichs liegen. Die Überprüfung der Wiederholbarkeit von Antennenkalibrierungen zeigt, dass die Genauigkeit von der GNSS-Antenne und dem Signal abhängt, wobei unterschiedliche Antennen und Signale wie GPS L1 minimale Abweichungen aufweisen, während andere wie L6 leicht erhöhte Werte zeigen. Insgesamt können die Kalibrierungen mit hoher Genauigkeit wiederholt werden, ohne signifikante Abweichungen zur vorherigen Kalibrierung.

**ASYNC LUMPI: A TIME-ASYNCHRONIZED BENCHMARK FOR COOPERATIVE OBJECT DETECTION (JUNJIE QI, BETREUER: YUNSHUANG YUAN)**

Cooperative perception, by intelligently integrating data from multiple agents, provides a comprehensive and accurate understanding of the surrounding environment and objects. In this work, cooperative perception is employed for 3D object detection tasks. Existing multi-modal datasets typically timestamp data based on frames, while objects are annotated based on LiDAR point clouds, leading to temporal discrepancies between annotations and frames. This temporal offset is more pronounced in cooperative perception datasets, as the measurements from LiDAR sensors on different agents are asynchronous. The same object may be captured by multiple sensors at different times. However, existing cooperative perception algorithms based on such datasets often overlook this temporal misalignment, resulting in significant errors. Hence, a new benchmark is proposed to address this issue, integrating asynchronous data with detailed timestamps to produce globally synchronized detection results. In this work, the asynchronous point cloud data with detailed timestamps, is provided by a multi-view, intersection dataset, LUMPI dataset. Additionally, annotations in the LUMPI dataset are globally synchronized through interpolation and serve as training and testing targets. Leveraging this new benchmark, a model is developed to utilize the asynchronous data and timestamps in the LUMPI dataset through cooperative perception, enabling the perception of temporal information within single frames and generating accurate globally synchronized timestamps.

**QUERY-BASED SEMI-AUTOMATIC ANNOTATION FOR COOPERATIVE VULNERABLE ROAD USER DETECTION (LIFENG DING, BETREUER: YUNSHUANG YUAN)**

In this study, a temporal modeling framework with multi-modality is introduced. Features are extracted from cameras and LiDARs, subsequently transforming them into the Bird's Eye View (BEV) space. This process captures the semantic information from cameras and localization data from LiDARs. A feature queue is designed to retain features from historical frames. The transformer facilitates temporal interaction between the feature queue and the current frame. The model demonstrates significant enhancements in pedestrian detection performance compared to the baseline model, which lacks temporal modeling and only relies on LiDAR information. The final feature passes through an anchor-based head to generate the final prediction. On the LUMPI dataset, an Average Precision (AP) of 95.0 is achieved by the model with an Intersection over Union (IoU) threshold of 0.3, and 77.7 with an IoU of 0.7.

---

#### LOCALIZATION CORRECTION USING PREDICTED OBJECTS AND ROAD GEOMETRY FOR COLLECTIVE PERCEPTION (ZEHAN YU, BETREUER: YUNSHUANG YUAN)

This study proposes a location correction method based on object detection and road segmentation. By employing the deep learning network GEVBEV, the LiDAR point cloud data collected by different vehicles is converted into 2D bounding boxes and road object segmentation results from a BEV (Bird's Eye View) perspective. Subsequently, a road geometry is obtained using a route extraction method based on the segmentation results, while certain outliers are eliminated. The road geometry and detected objects serve as features, and the positioning errors between vehicles are corrected through two steps: coarse registration and precise registration. This approach enhances the collaborative perception performance among vehicles.

#### EVALUATION OF SLAM ALGORITHMS FOR A BICYCLE LiDAR MOBILE MAPPING SYSTEM (SIYUAN REN, BETREUER: TIM SCHIMANSKY)

This thesis evaluates SLAM algorithms for a LiDAR-equipped bicycle mapping system. The goal is to adapt various SLAM packages to the system, assess their performance, and compare results with reference data. Tasks include calibrating the system, compensating for motion, and integrating navigation data. Resources include access to the mapping platform and datasets. Proficiency in Python and experience with point clouds are required. The research aims to benchmark SLAM performance for bicycle mapping.

#### INVESTIGATION OF THE SPATIO-TEMPORAL IMPACT OF TRAFFIC ACCIDENTS BASED ON VEHICLE TRAJECTORIES (HAFIZ MUHAMMAD SHAHZAD, BETREUER: JENS GOLZE, UDO FEUERHAKE)

Road networks are essential to communities, but accidents can cause significant congestion and delays. This thesis analyzes traffic disruptions using two datasets: Accident Atlas and Floating Car Data (FCD), both from the same region. To address missing date information, speed profiles are calculated for each day in a one-month period. Daily mean and 15-minute interval means are compared to pinpoint accident dates, with the largest difference identifying the day of the incident. Temporal delays and the impact on nearby traffic patterns are then evaluated. The study identifies over 69% of accident days, showing that traffic in the same direction as the accident is more affected, and nearby routes see more diversions on accident days. Most accidents occur during rush hours and result in delays of about two hours. This research provides insights into traffic behavior and contributes to understanding road safety and traffic dynamics.

#### OCCUPANCY-FREE SPACE MODELING AND NAVIGATION PATH PLANNING IN A 3D VOXEL GRID ENVIRONMENT FOR URBAN DIGITAL TWIN APPLICATIONS (YARUI YANG, BETREUER:OLGA SHKEDOVA, UDO FEUERHAKE)

Through the integration of various sensor data into smart city systems, urban digital twin technology plays a crucial role in advancing smart city technologies. Three-dimensional (3D) geospatial data forms the foundation

for modeling and operating urban digital twins, enabling tasks such as intelligent space management and navigation. The aim of the master thesis is to model the static urban environment using a 3D voxel grid and represent unoccupied spaces with an octree structure for navigation within urban environments. The primary objective is to develop an efficient method to define free spaces within urban areas, which can be used as a graphical representation for implementing the shortest path algorithm, thereby supporting collision-free 3D navigation. The feasibility of this approach is demonstrated by visualizing the unoccupied spaces and their optimized navigation paths. By improving the efficiency and accuracy of path planning, this research contributes to the advancement of urban digital twin applications, thereby enhancing urban traffic management and efficiency.

#### UNCERTAINTY ESTIMATION USING EVIDENTIAL DEEP LEARNING IN LiDAR SCENE SEGMENTATION (SHIYING WANG, BETREUER: HANIEH SHOJAEI)

This study investigates the application of Evidential Deep Learning (EDL) for semantic segmentation and uncertainty estimation in point cloud data, moving beyond traditional softmax-based methods by utilizing a Dirichlet distribution framework. A novel loss function that combines Lovász loss, Sum of Squares loss, and KL divergence enhances the model's performance, achieving a significant increase in mean Intersection over Union (mIoU) from 56% to 59.6%. Through ablation studies and the use of transfer learning on the IKG LiDAR and IKG Mobile Mapping datasets, the work demonstrates the model's improved generalization and calibration. This research highlights the efficacy of EDL in providing robust, interpretable segmentation for real-world applications, particularly in autonomous driving and mapping.

#### INTEGRATIVE MODELLING OF ALEATORIC AND EPISTEMIC UNCERTAINTIES IN LiDAR DATA CLASSIFICATION (UMER HAIDER CHATTHA , BETREUER: HANIEH SHOJAEI)

In this study, uncertainty quantification for semantic segmentation of LiDAR 3D point cloud data is explored. Aleatoric uncertainty is addressed through Logit-Sampling, using an extra output neuron and Monte Carlo Sampling for output distribution modeling. Epistemic uncertainty is tackled using a Deep Ensemble method, which estimates uncertainty from the variance in model predictions and analyzes the impact of model parameters via Mutual Information. The combination of Logit-Sampling models into an ensemble is proposed, alongside the introduction of a Fixed Dropout Ensemble to increase diversity. Findings suggest that Logit Sampling effectively handles aleatoric uncertainty, particularly in complex scenarios, while the Deep Ensemble approach provides superior epistemic uncertainty quantification and calibration, outperforming standard models. However, the Fixed Dropout Ensemble shows limited effectiveness in detecting out-of-distribution scenarios.

### QUALITÄTSBEWERTUNG VON KARTENDATEN MITTELS CROWD-SOURCED FLOTTENDATEN (MOISE MASSOMA MOUENGUE, BETREUER: YUNSHUANG YUAN, MONIKA SESTER)

Die Arbeit untersucht die Bewertung von Krümmungswerten, die einerseits aus Navigationskarten extrahiert und andererseits aus Flottendaten generiert wurden, mit dem Ziel, die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort zu verbessern. Mit Hilfe von Map-Matching-Verfahren und Datenaggregationstechniken wurden die Fahrzeugdaten den entsprechenden Straßensegmenten auf den Navigationskarten zugeordnet. Die Arbeit zeigte teilweise signifikante Abweichungen in den Krümmungswerten, was die Notwendigkeit einer Optimierung der Kartenbasis unterstreicht, um die Effizienz von Fahrerassistenzsystemen zu steigern und somit einen Beitrag zur Erhöhung der Fahrsicherheit und des Fahrkomforts zu leisten.

### LOCALIZATION OF MOBILE OBJECTS IN THE ABSENCE OF GPS/GNSS: A HYBRID 2D-3D APPROACH (CHENGLIANG LI, BETREUER: FAEZEH MORTAZAVI)

In today's dynamic landscape of autonomous vehicles and robotics, accurate and real-time localization is imperative. While 3D methods have been employed for vehicle localization, their time-consuming nature poses challenges. This research seeks to a novel hybrid approach, bridging the efficiency of 2D methods with the precision of 3D refinement, to offer a faster and more robust solution for vehicle localization.

The primary goal is to investigate and implement a localization method leveraging 2D elevation models and BEV image as well, generated from point clouds acquired by a Mobile Mapping System (MMS) as the map. Additionally, point clouds from various sensors, including LiDAR, will be employed for localization. The methodology initiates rough vehicle localization through feature matching in 2D space, followed by a refinement process in 3D space. This integrated approach is designed to not only expedite the localization process but also enhance accuracy and precision, particularly in challenging environments where GPS/GNSS data is unavailable.

### ENHANCING POINT CLOUD LOCALIZATION WITH ADAPTIVE WEIGHTING USING CLASSIFIED/SEGMENTED DATA (OMAR IHHAB ALI , BETREUER: FAEZEH MORTAZAVI)

This study focuses on improving point cloud-based localization by developing an adaptive weighting algorithm. The research addresses challenges in dynamic environments by classifying point cloud data into semantic categories, such as static and dynamic objects, and adjusting the localization weights accordingly. The adaptive approach enhances accuracy by prioritizing stable environmental features and reducing the influence of dynamic elements. The work involves point cloud classification, adaptive weighting implementation, and performance evaluation using iterative closest point (ICP) algorithms, with a focus on benchmarking against traditional geometric methods.

### MONITORING AND OPTIMIZATION OF WELL STIMULATION AND WELL ENHANCEMENT TECHNIQUES FOR GEOTHERMAL APPLICATIONS USING ACOUSTIC EMISSION AND AI-BASED METHODS (SURYA GOVINDARAJAN, BETREUERIN: MONIKA SESTER)

Geothermal energy systems rely on drilling wellbores to access renewable energy resources beneath the Earth's surface. After drilling, well enhancement techniques are employed to stimulate the geothermal reservoir and improve its productivity. This research focuses on monitoring micro-drilling methods, particularly high-pressure jetting, using artificial intelligence methods to enhance geothermal reservoir performance and stimulation. Radial Jet Drilling (RJD) is an unconventional stimulation technique that utilizes high-pressure fluids to create lateral holes from existing vertical bores, increasing well injectivity or productivity. The thesis aimed to develop a framework for monitoring and optimizing wellbore stimulation and enhancement processes using Acoustic Emission and Machine Learning (ML) techniques. The proposed approach employed Autoencoders of 1D Convolutional layers for raw signal and Autoencoders of dense layers for down sampled signals for feature extraction from vibrational signals, combined with RJD process parameters to predict the volume of rock removed during the jetting process.

### TRAFFIC PARTICIPANT BEHAVIOR PREDICTION BASED ON DYNAMIC GRAPH NEURAL NETWORK (NING QIAN , BETREUER: YIMING XU)

Vehicle trajectory prediction is crucial for intelligent transportation systems (ITS) to improve traffic efficiency, alleviate congestion, and enhance safety. Despite advancements in deep learning, trajectory prediction faces challenges due to dynamic agent interactions and complex traffic environments. Traditional rasterized approaches suffer from high computational costs and information loss, prompting a shift towards vectorized methods that use Graph Neural Networks (GNNs) for better feature learning and robustness. We propose a lightweight model using dynamic graph neural networks (DGNN) to improve efficiency, interpretability, and accuracy. Evaluated on the Argoverse 2 dataset, our approach demonstrates reduced computational time, lower parameter count, and high prediction accuracy compared to baseline models. Additionally, we explore a Detection Transformer (DETR)-based

## INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

## MASTERARBEITEN

## 3D OCCUPANCY PREDICTION FROM MULTI-VIEW 2D SURROUND IMAGES (SAMER ABUALHANUD, BETREUER: EASHWARA ERAHAN, MAX MEHLTRETTER)

A precise 3D representation of the environment is crucial for autonomous driving tasks such as path planning and obstacle avoidance. This thesis explores the shift from LiDAR to vision-based methods using camera sensors for geometric and semantic scene understanding. While LiDAR provides accurate 3D maps, its high cost, sparse point clouds, and lack of semantic information have led to a demand for camera-based approaches, which, however, face challenges in 3D reconstruction. The focus is on 3D occupancy prediction, reconstructing the scene as a voxel grid with occupancy and semantic labels. A deep learning model predicts 3D occupancy maps from unseen images during training. To reduce the cost of 3D ground truth data, the thesis investigates self-supervision using 2D pseudo labels via volumetric rendering techniques, while also addressing the class imbalance in the dataset and the complexities posed by dynamic objects.

## DYNAMIC NeRF FOR REAL WORLD DRIVING SCENARIOS (ANJALI BIJU, BETREUER: MAX MEHLTRETTER, BILAL AZZAM (VOLKSWAGEN, WOLFSBURG))

Autonomous driving presents a significant technological advancement in transportation, offering the potential for increased safety and efficiency. However, the development of reliable autonomous driving systems demands diverse datasets collected from real-world environments. This poses significant challenges due to high costs, privacy concerns, and the difficulty of capturing rare but critical “corner cases”, like sudden pedestrian crossings or adverse weather conditions. While such scenarios can be simulated, the resulting data is commonly not sufficient to train a system that performs well on real data, due to a considerable domain gap. Based on recent advancements in Neural Radiance Fields (NeRF), first methods have been presented to bridge the gap between real and synthetic data: These methods aim to perform simulations by manipulating a photorealistic 3D scene that has been generated from real images via NeRF. In this context, the present thesis examines the suitability of NeRF to reconstruct dynamic scenes, particularly in the context of street scenes which are most relevant for autonomous driving.

## EVALUATION OF SENSOR TECHNOLOGY FOR THE MEASUREMENT AND MATERIAL CHARACTERIZATION OF STRUCTURES (AHMAD ALKANJ, BETREUER: MAX MEHLTRETTER, ANNETTE SCHMITT (FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PHYSICAL MEASUREMENT TECHNIQUES, FREIBURG))

This thesis explores the application of various sensor types, including thermal imaging, multispectral cameras, and laser scanners, to classify façade materials in urban environments. The focus is on the use of deep learning, particularly convolutional neural networks (CNNs), to improve the

accuracy of material classification by the fusion of multi-modal data. The study analyses the potential of each sensor under different environmental and geometric conditions, evaluating their effectiveness in material classification using a late-fusion U-Net network. This approach integrates inputs from various sensors, balancing their contributions based on their distinct capabilities. The research identifies challenges in data registration and feature extraction from heterogeneous modalities, emphasizing the need for improved data fusion methods and sensor configurations. The results show that RGB cameras perform well in material detection as long as the materials have distinct visual appearances; using data from sensors operating across different spectral ranges can partly solve this problem. Furthermore, sensor fusion can increase accuracy and reliability in semantic segmentation, although the optimal selection of sensor combinations remains critical. Future work could explore alternative deep learning approaches, such as crossmodal attention mechanisms, to further enhance the classification accuracy.

#### IMPLICIT SEMANTIC SCENE SURFACE RECONSTRUCTION FROM POINT CLOUDS (WENHAO CAI, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

3D semantic scene reconstruction aims to jointly solve the tasks of 3D reconstruction and semantic segmentation by making use of the synergies between these two tasks. Recently, deep implicit functions have been adapted for this purpose, classifying 3D space into semantic entities and deriving the geometry from the class boundaries. While this approach demonstrates promising results, it also reveals limitations with respect to the extraction of features that are meaningful for both, geometry and semantics, and to the imbalance in semantic classes. The latter is particularly critical, as under the presented formulation, mistakes in the semantic classification have a direct impact on the geometry. To address these challenges, this thesis proposes a novel feature extraction approach and a novel adaptable weighting scheme in the loss function. The effectiveness of both are quantitatively evaluated through a series of experiments.

#### UNCERTAINTY AWARENESS IN MULTI-VIEW STEREO RECONSTRUCTION: AN EFFICIENT EVIDENTIAL DEEP LEARNING APPROACH (CHRISTIAN GRANNEMANN, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

The field of 3D reconstruction from multi-view images has experienced remarkable progress with the advent of neural networks. A critical challenge in these methods lies in effectively understanding and quantifying uncertainties - both aleatoric uncertainty, arising from the data, and epistemic uncertainty, introduced by the model itself. This approach focuses on integrating Evidential Deep Learning (EDL) into Multi-View Stereo systems to address these challenges efficiently, avoiding the computational overhead associated with ensemble-based methods. With EDL, uncertainty is estimated directly during depth prediction, enabling a more reliable evaluation of reconstruction quality. This capability proves particularly valuable in complex scenarios involving occlusions and variations in lighting conditions between viewpoints. The results demonstrate significant

advancements, including improved depth predictions and interpretable uncertainty measures. These measures are instrumental in identifying areas prone to reconstruction errors, thereby enhancing the robustness of the system. Furthermore, the computational efficiency of EDL makes it ideal for applications demanding high reliability in real-world environments.

#### DEEP LEARNING FOR THE MULTI-TEMPORAL CLASSIFICATION OF LAND COVER BASED ON SATELLITE IMAGERY (CHIFENG GUO, BETREUERIN: MIRJANA VOELSEN)

Analyzing satellite imagery by pixel-wise classification algorithms allows us to identify and categorize physical material on the earth surface. In recent years, deep learning techniques, such as Fully Convolutional Neural Networks (FCN), Transformer models or combinations are the state-of-the-art method for supervised image processing. Therefore, in the field of satellite image processing and pixel-wise classification, a series of hybrid models utilizing Swin Transformer models and FCNs have been introduced. In this thesis a hybrid Transformer-FCN model is adapted with the goal of improving land cover classification of satellite image time series. For this, a 3D patch embedding module is introduced that extracts spatial and temporal features at the original spatial resolution of the input images. In the conducted experiments, with satellite images covering Lower Saxony, this module improves the classification accuracy compared to a model that uses the standard patch embedding module from the Swin Transformer.

#### TRANSFORMER-BASED CLASSIFICATION OF NON-MANIFOLD TEXTURED 3D MESHES (MOHAMMADREZA HEIDARIANABAEI, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

3D mesh segmentation is crucial in fields like autonomous systems, medical imaging, and cultural heritage preservation, where accurate classification of mesh components is essential. Traditional deep learning methods struggle with unstructured 3D data, especially for non-manifold structures, as they often assume manifold mesh configurations, limiting their applicability to complex geometries. Addressing this, we propose NoMeFormer, a transformer-based framework capable of segmenting any type of mesh without structural constraints, making it ideal for non-manifold meshes. NoMeFormer treats each mesh face as a token, leveraging the order-invariant nature of transformers to learn meaningful representations. Its Local-Global (L-G) transformer blocks mitigate the quadratic complexity of transformers by first aggregating features within spatial clusters formed via k-means clustering and then capturing long-range dependencies with global attention mechanisms. This architecture enables the model to integrate both local and global contextual information effectively. Achieving a mean F1 score of 58.9% on the Hessigheim 3D benchmark dataset, NoMeFormer surpasses manifold-based methods and offers a robust solution for semantic segmentation and classification of non-manifold 3D meshes, with broad potential applications in advanced mesh analysis.

---

## SEGMENTATION AND VECTORIZATION OF CURBSTONES FROM HIGH-RESOLUTION ORTHO-IMAGES FOR TEST SITES IN BAVARIA, GERMANY (MARIYA JOSE, BETREUERIN: MIRJANA VOELSEN)

The accurate representation of road networks is crucial for various applications, but generating road networks manually is ineffective and labour-intensive. Especially for autonomous driving, the accurate detection of curbstones holds particular significance, as they serve as critical boundaries for vehicle navigation. However, current methods for online curbstone detection face several challenges, including real-time processing constraints and environmental variability. Fortunately, the availability of high-resolution aerial imagery presents an opportunity for offline curbstone detection, enabling more comprehensive and accurate mapping of road networks. In this thesis, the problem of curbstone detection is solved as an iterative graph generation task, wherein curbstone edges are detected vertex by vertex from initial curbstone candidates identified through segmentation. High-resolution ortho-images are taken as input and to predict a graph representing the detected curbstones. We introduce a loss function, termed Slope Penalty loss, aimed at refining the model training process by addressing the slight variations in gradients of the predicted vertices and the experiments show improvements with this adaptation. The proposed approach is tested over the city area of Munich, Bavaria, Germany.

## ESTIMATION OF THE POSE OF A DRONE FROM RGB IMAGES ACQUIRED ON BOARD OF AN INTERCEPTOR VEHICLE (STEFAN KAMPMANN, BETREUER: SARA EL AMRANI ABOUELASSAD, DANIEL DA SILVA JUSTINO (INSTITUT FÜR FLUGSYSTEMTECHNIK, DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT, BRAUNSCHWEIG))

Consumer grade drones are widely utilized in modern conflicts. The dual-use characteristic of this technology endangers public space. Thus, a safe solution for disposing of a drone without imposing a risk to the immediate surroundings in mid-flight is required. Such a system would have to catch target drones mid-flight and carry them off for safe disposal. For this maneuver, a neural network for predicting the 6D object pose of the target drone is required. This thesis aims at finding a first approach for solving this problem by applying the prediction head of an existing method for pose prediction from images (GDRNPP) to a depth-based feature map. Multiple feature map variants, network variants, and training strategies are tested. The experimental results show that for horizontal and vertical translation prediction, as well as for pitch angle prediction the results are reliably accurate. However, for the target depth, roll, and yaw prediction, the results are not accurate enough. The most promising results for translation were achieved with a combination of single-layered distance-based feature and weighted training, while the best rotational results were achieved by a three-layered depth-based feature map with the original architecture of the prediction head. However, the results were very similar in all experiments, so that no conclusive answer to the question which of the variants is to be preferred could be given.

ENHANCING MULTI-OBJECT TRACKING: INTEGRATING BYTETRACK WITH RECONFIGURABLE SPATIAL-TEMPORAL GRAPH (REST) FOR ROBUST PERFORMANCE IN COMPLEX ENVIRONMENTS (NEEHARIKA MANDALA GUNASEKHAR, BETREUERIN: RASHO ALI)

Tracking pedestrian positions over time is an area of considerable research interest, driven by its applications in fields such as autonomous driving, robotics, and safety surveillance. This thesis investigates a hybrid Multi-Camera Multi-Object Tracking approach that incorporates ByteTrack and the Reconfigurable Spatial-Temporal Graph (ReST) framework. ByteTrack employs a two-stage matching mechanism, supplemented by Kalman Filter-based motion prediction, to enhance single-camera tracking by mitigating occlusions and reducing false positives. The ReST framework complements this by constructing a spatial-temporal graph that links object detections across multiple cameras using ReID features and spatial proximity. Experiments conducted on the MOT17 and MuVi datasets suggest that the ByteTrack model demonstrates improved performance in managing occlusions compared to a baseline model. Future work aims to integrate ByteTrack and ReST into a unified framework to further enhance tracking performance.

LOKALISIERUNG UND KLASSIFIZIERUNG VON LAMPEN IN HOCHAUFGELÖSTEN NÄCHTLICHEN FERNERKUNDUNGSDATEN (MATTHIAS REBER, BETREUER: TOBIAS STORCH)

In dieser Arbeit wird die automatisierte Lokalisierung von Straßenlampen in hochaufgelösten nächtlichen Fernerkundungsdaten untersucht, die im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums operieren. Außerdem wird die Klassifizierung von deren Leuchtmittel-Typen basierend auf der verfügbaren spektralen Information versucht. Bisherige Arbeiten konnten aufgrund der Nutzung von Daten mit beschränkter geometrischer Auflösung zumeist nicht einzelne Lichtquellen differenzieren und basierten auf inzwischen überholten Analysemethoden. Im Rahmen der Arbeit wurden exemplarisch verschiedene Methoden des maschinellen Lernens für die Erkennung und Lokalisierung von Straßenlampen angewandt, in Kombination mit aufgabenspezifischer Vorprozessierung. Dabei konnte mithilfe von DINO, einer auf Transformers basierenden Methode der Objektdetektion, trotz ungünstiger Datenlage eine Detektionsgenauigkeit (Average Precision) von 61,5% erzielt werden. Daneben wurde auch die auf Convolutional Neural Networks (CNN) basierende Methode des Faster R-CNN getestet, das jedoch geringere Genauigkeiten erzielte. Die Klassifikation von Leuchtmittel-Typen zeigt auf den ersten Blick plausible Ergebnisse, mangels Referenz konnte allerdings keine quantitative Evaluation erfolgen.

KURZZEITTRACKING VON PFLANZEN ZUM AUTONOMEN JÄTEN (PASCAL SCHADE, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

Viele Methoden der modernen Landwirtschaft belasten Ackerflächen wie auch deren Umwelt. Ökologischer Landbau, der diesen Belastungen entgegenwirkt, kennt hingegen nur begrenzte Möglichkeiten zur

Herbizidbekämpfung, die zudem häufig arbeitsintensiv sind. Abhilfe schaffen sollen hierbei autonom agierende, unkrautjätende Roboter. Um Unkräuter präzise bekämpfen und dabei Schäden an Nutzpflanzen vermeiden zu können, stellt die vorliegende Arbeit ein System zur genauen 3D-Kartierung von Pflanzenreihen vor, welches die Grundlage für die autonome Navigation solcher Roboter bildet. Hierfür werden die Beobachtungen einer monokularen Kamera mit denen der Radodometrie mittels Kalman-Filter fusioniert und die Pose des Roboters, sowie die Positionen von beobachteten Pflanzen als Funktion der Zeit geschätzt. Der Positionsfehler der Pflanzen liegt in den durchgeführten Experimenten auf synthetischen Daten im für die praktische Anwendung akzeptablen Rahmen, sodass keine Nutzpflanzen gefährdet werden. Die berechnete Höchstgeschwindigkeit die während des Jätens erreicht werden kann, übersteigt die Erwartungen und gilt in Feldversuchen überprüft zu werden.

## BACHELORARBEITEN

### UNTERSUCHUNGEN ZUM EINFLUSS DER EIGENSCHAFTEN DER EINGANGSDATEN AUF DIE QUALITÄT DER PIXELWEISEN KLASSIFIKATION VON BILDERN MITTELS DEEP LEARNING (BEARBEITER: TOBIAS KLAPPER, BETREUERIN: MAREIKE DOROZYNSKI)

Zur pixelgenauen Klassifizierung von Luftbildern zur Erfassung von Landbedeckungen kommen vermehrt Deep-Learning-Technologien zum Einsatz. Eine präzise Klassifikation erfordert, dass fehlerfreie und bekannte Referenzlabels zum Training zur Verfügung stehen. Deshalb ist davon auszugehen, dass die Qualität der zum Training genutzten Referenzdaten einen entscheidenden Einfluss auf die Genauigkeit der Klassifikation haben, sowie die geometrische und radiometrische Auflösung der Bilder einen Einfluss haben. In dieser Bachelorarbeit wurde quantitativ und qualitativ untersucht, wie verschiedene Bildeigenschaften die Genauigkeit bei der pixelweisen Klassifikation beeinflussen. Zu diesem Zweck wurde ein neuronales Netz unter Verwendung unterschiedlicher geometrischer und radiometrischer Auflösungen trainiert. Für das Training des Netzes kamen einerseits manuell erstellte, als fehlerfrei angenommene Labels und andererseits aus dem digitalen Landschaftsmodellen abgeleitete, teils fehlerhafte Labels zum Einsatz. Zur Bewertung der Ergebnisse kam die Standardmetrik Intersection over Union (IoU) zum Einsatz.

## EXKURSIONEN

### GROBE GEODÄTISCHE EXKURSION 2024

Die Reise wurde dieses Jahr hauptverantwortlich durch das IFE geplant.

#### MONDAY, 07.10.2024

On Monday we visited Dr. Hesse und Partner Ingenieure (DHPI) an engineering firm, specializing in geodata and surveying services since 1920. They offer a wide range of precision measurement services in construction, architecture, public administration, and shipbuilding industries. Their expertise includes 3D laser scanning, building monitoring, mobile mapping, and creating intelligent digital building models (BIM). With locations in Hamburg, Bremen, and Buxtehude. Provides high-quality solutions with cutting-edge technology. Now they have expanded their services in hydrography through a collaboration with Hydromapper, capable of underwater surveying and mapping, providing clients with comprehensive geospatial data solutions.

Dr.-Ing. Christian Hesse took his valuable time to give us a brief insight into the company and its service. Mainly concentrating on the latest technologies such as fiber optic sensors, strain gauges, and hydrographic surveying. Also focusing on practical challenges faced in implementation and use.

Starting with the strain gauge sensor preparation, environmental factors such as temperature play a key role while implementation, in cold and humid climates is challenging. They are less effective even in the presence of oil or grease layer. Highly affected by the by the high voltage electrical appliances. Thus, not advisable to be used in oil tanks. They need to be prepared before measurement. But they are cheap, compared to other methods, costing around 5 to 7 euros per piece. Time-consuming in overall aspect.



LEFT - MEASUREMENT SET-UP OF A STRAIN GAUGE, WHICH INCLUDES LOAD CELL, DATA ACQUISITION UNITS, AND COMPUTER. RIGHT - THE REAL-TIME ANALYSIS OF THE STRAIN

In Figure 1, on the left, we can see a load cell connected to a data acquisition system, which converts the analog signals from the strain gauge or load cell into digital data that can be analyzed via software. A computer

connected to the system runs the software to log and analyze the data and on the right, we can see how the graph shows the variation even when there is a small variation in strain applied on the bar.

The discussion was continued with some insight into fiber optic sensors, used to monitor strain along the length of the optical fiber. As strain is applied, it alters the light properties transmitted through the fiber, such as phase, intensity, or wavelength. This technology is widely used in structural health monitoring for bridges, buildings, and pipelines due to its high sensitivity, long-distance sensing capabilities, and immunity to electromagnetic interference. It cost around 300 euros. But overall installation charge is low, easy installation skilled manpower is not mandatory. Every optical fiber has a serial number; the last two digits define the frequency. The data is visualized with the help of MATLAB in real time.

The session ended by highlighting the opportunities such as student jobs, internships, master thesis topics, and job opportunities as a graduate.

## TUESDAY, 08.10.2024

On Tuesday we visited the construction site of the first Levensauer elevated bridge, which was planned to be replaced due to old age as well as tear. Via a short presentation as well as a tour of the construction site we acquired insight about the substantial amount of planning involved in such a project as well as the many issues faced during the construction.



The first challenge hereby for the project was the location, due to the fact of being located above the NOK, the Nord-Ostsee-Kanal. It is one of the busiest canals in the world, used by over 70 Ships daily and transporting about 82,3 million tons of fray per year. Due to the importance of the canal, it is imperative to maintain its condition as well as improve and not disturb the amount of traffic passing at this location. This leads to some careful planning regarding the different steps of the construction itself, as they were only allowed to close of the canal for 48 hours, in which the main parts of the bridge can be installed. This short installation timeframe forces a lot of preprocessing of the parts so they can be slotted in easier and faster at the installation date, as well as requiring careful coordination to minimize risk and problems during the aforementioned timeframe. This time sensitivity is further highlighted by the additional interruption of the car, cyclists, pedestrian but most importantly train traffic during the whole construction process which for the latter is also only allowed for a limited time frame which needs to be kept in mind and forces another layer of rapidity into the project as well as test the planning capabilities, because the pedestrians and cyclists need alternatives to be provided to cross the NOK in the meantime.

Second is the monitoring of the project. Due to its old age and weight of the bridge, but also influenced by the changes to NOK itself, which is planned to be expanded to allow for more ship traffic, the structural stability of the ground itself becomes a crucial part for the construction, which needs to be monitored constantly as well as processed and analyzed in a timely manner to allow for a quick response in case of instability or corrosion. To achieve this, the slope below the bridge, the shore as well as multiple points of the abutment are marked with prisms, which are automatically measured by a total station from the other side of the canal in a fixed interval and regularly analyzed by surveyors. Due to the automation of the monitoring process and the frequent data collection, impacts of the construction measures and even slight stability issues can be found quickly via timeseries analysis and counteracted accordingly if necessary.

The last major issue tackled was the preservation of the south abutment, as it is used by over 5.000 bats as a winter quarter. Due to this, the abutment is planned to be integrated into the new bridge structure, leading to careful planning to ensure constant monitoring as well as consideration for the construction measures to not impact the stability of the building.

WEDNESDAY, 09.10.2024

On the third day of our excursion in Hamburg, our first stop was BSH, which stands for Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie). BSH is the largest governmental maritime



organization in Germany which has two offices. The main office is located in Hamburg, where we went to visit, and the other one is located in Rostock.

We were greeted at the door by our hosts and were guided to a meeting room where we were presented with the history of BSH, which plays a critical role in safeguarding and sustainably utilizing Germany's marine environment. BSH is involved in a range of activities including water level forecasting, shipwreck detection, and marine environmental monitoring. With the mission "For the protection and use of the seas – for a livable future," the agency ensures comprehensive maritime protection and sustainable practices. Operating five multifunctional vessels, BSH conducts sea surveys, wreck searches, testing of navigation devices, and oceanographic research. The agency's expertise in marine science includes scientific evaluations, policy advising, and public outreach, along with producing forecasts and analyses, such as ice charts and storm predictions, to enhance public safety and protect the marine environment. Their rich database managed by Maritime Datenzentrum (MDZ) contains all kinds of maritime data accessible through their website and offers real-time data

analysis in the form of time series, charts and so on, which is provided free of charge for all users.

After the first presentations, we were introduced to a new section focused on forecasting water levels in the offshore areas of Germany. Their team gathered all related data acquired by tide gauges and other sensors from the nearshores of Germany and other neighboring countries to monitor the behavior of sea and predict the mean sea level for upcoming days which is crucial information for ships. In case of dangerous rises of sea level, they would send out storm surge warnings to prevent any accidents.

In the end, we visited the simulation room where they developed and tested navigation technologies virtually in their simulation. This enables the developers to make sure everything works correctly and is reliable before being commercially used for real world applications.

Visiting BSH was an unique experience where we had the chance to get to know so many aspects of maritime processes, from hydrographic surveying and nautical charting to oceanographic monitoring and marine environmental protection, gaining insight into how these critical functions support safe navigation, sustainable ocean management, and international maritime cooperation.



GERMAN ELECTRON SYNCHROTRON (DESY)

As a second stop of this third day of our excursion, we visited the German Electron Synchrotron (DESY) in Hamburg, one of the world's leading accelerator centers. DESY's cutting-edge research is focused on understanding the fundamental aspects of particle physics, particularly through the search for the elusive particle known as the "Axion" and its potential connection to dark matter.

At DESY, we were introduced to the importance of studying the Axion—a theoretical particle that could hold the key to understanding dark matter, one of the most significant mysteries in modern physics. DESY's approach

involves using light and electromagnetic fields to detect Axions, aiming to unlock new insights into the universe's composition. This search is part of a broader effort to explore dark matter, which constitutes a major portion of the universe's mass but remains invisible and poorly understood.

A significant aspect of DESY's infrastructure is the 6-kilometer-long underground accelerator, designed to propel particles to near-light speeds.



This powerful system operates deep beneath the surface, with precision being a top priority in the alignment and operation of its components. We learned about an innovative technique used to cool down the pipelines and older electromagnets, allowing the magnets to reach their full potential and extend their lifespan.

A key highlight of our visit was understanding the role of geodesy in DESY's operations. Geodetic techniques, particularly those involving surveying, are crucial in mounting and organizing the precise sensors and elements that monitor the accelerator. The level of accuracy required—down to 1 millimeter—was remarkable, with rotation playing a more significant role than absolute positioning. The task involves transferring coordinates from geodetic (WGS84) systems to astronomical coordinates, as they are specifically targeting Axions from the center of the sun.

DESY's collaboration with CERN on the Large Hadron Collider (LHC) also highlighted the importance of international cooperation in advancing scientific research. Currently, 24 older magnets are still used in the accelerator, with ongoing efforts to enhance their functionality and efficiency. Additionally, DESY is developing new methods to absorb solar Axions, with the goal of understanding the sun's temperature and refining their inherent calibration systems. Photogrammetry will be employed to assist in the surveying process, particularly for underground work more than 30 meters beneath the surface.

While DESY is primarily dedicated to fundamental science, some of their research has practical, real-world applications. For instance, the technologies and sensors developed in this project could be used in industries such as silicon manufacturing and telecommunications. Notably, the potential to use axion-based communication from outer space to Earth is a remarkable example of how fundamental research can meet market needs.

THURSDAY, 10.10.2024

Our recent visit to OHB offered an in-depth look at the company's transformation from a small hydraulics repair business into a global aerospace leader with 3,300 employees. Since launching its first space project in 1985 and its first satellite, SAR-Lupe, in 2001, OHB has grown into a systems integrator for significant space missions. The company operates in three divisions: Space Systems, which develops and builds satellites; Aerospace, focusing on rocket and fuel tank technology; and Digital, handling satellite operations and digital solutions.



In Bremen, OHB is working on several key projects, such as the Galileo navigation system, the Heinrich Hertz communication satellite, the MTG meteorological satellite, and CO2M, part of the Copernicus program for CO<sub>2</sub> monitoring. These initiatives demonstrate OHB's pivotal role in advancing space technology and satellite-based research.

A detailed presentation on the Galileo project provided insights into the satellite production process. Each satellite, roughly the size of a compact car, costs around €40 million and is fully assembled by OHB. With navigation antennas and search-and-rescue capabilities, Galileo satellites contribute to saving six lives worldwide each day. OHB's streamlined production setup allows for up to six satellites to be assembled simultaneously, each taking 12 months to build, followed by six weeks of environmental testing. This organized workflow enables OHB to complete two satellites every three months, ready for launch on various rockets, including Soyuz, Ariane 5 and 6, and Falcon 9.

OHB Digital Connect discussed applications of satellite data in urban settings, presenting a project on monitoring land surface sealing in Bremen. Using a UNet model, the team classifies land cover based on aerial imagery and addresses challenges like label imbalance through data augmentation, aiming to develop flexible algorithms for diverse datasets.

The HR team introduced career options at OHB, including internships, thesis projects, and working student roles, with application tips, presenting OHB as a supportive employer for students and early-career professionals.

Our tour concluded with a visit to OHB's Integration Halls, where large clean rooms are dedicated to satellite assembly. We saw two CO2M satellites nearing completion; these are designed to monitor greenhouse gases like CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>, with a planned 2026 launch. Additionally, we viewed a structural model of PLATO, a prototype verifying component compatibility for exoplanet discovery missions from the L2 point. We also observed Sparrow, a frequency-protection satellite in early assembly, designed to hold orbit and frequency for future satellites.

This excursion provided an invaluable glimpse into OHB's technical processes, sophisticated satellite production, and current projects, underscoring the company's critical role in advancing space technology.

FRIDAY, 11.10.2024



On our last day of Excursion, we visited a renowned research institute located at the University of Bremen in Germany called ZARM (Center of Applied Space Technology and Microgravity). ZARM is an internationally recognized research center, known especially for its multidisciplinary expertise in fluid mechanics, space exploration, and microgravity experiments. The visit comprised three main sections: an introductory presentation, a tour of the Drop Tower, and the last presentation focused on theoretical aspect.

At first we were shown to a conference room where the first presentation took place. Our first presentation included the history of ZARM, area of activities in addition to their goals and objectives. Founded in 1985, ZARM focuses on space science and technology, with a special emphasis on microgravity research. One of its most impressive facilities is the Bremen Drop Tower, built in 1989, a unique and highly specialized research tool for conducting



LABORATORY SETUP. CENTER - ARRANGEMENT OF TEST COMPONENTS INSIDE CONTAINMENT. RIGHT - TESTING UNIT CONFIGURED FOR REAL-TIME LOAD ANALYSIS.

experiments in microgravity. Standing 146 meters tall, this drop tower allows scientists to perform experiments in near-weightlessness by dropping payloads from the top. Inside the tower, researchers can achieve microgravity conditions for up to 4.74 seconds during free fall, or up to 9.3 seconds with an optional catapult system that launches the capsule upward before it falls back down. The importance of this facility became especially clear when we learned that similar microgravity conditions on Earth can only be achieved in a few scenarios, such as parabolic flights or rockets carrying experimental payloads into space for brief periods. Therefore, the drop tower is a crucial asset for preparing experiments that will later be conducted in space, and it also serves as a platform for testing scientific concepts in conditions similar to those of space, all without leaving Earth.

After the presentation followed a quick tour through the facilities including the drop tower. The first stop was the control room, where scientists and engineers monitor and coordinate each microgravity experiment with meticulous attention to safety and precision. They explained the technical aspects involved in conducting these experiments and gave us an overview of the kinds of research projects that rely on the Drop Tower's unique capabilities. Following this, we entered the Drop Tower itself, where they introduced us to the mechanisms that make microgravity experiments possible. They explained the design of the capsules, the drop and retrieval systems, and various safety features that allow experiments to be conducted and recovered smoothly. We also had the chance to see the capsule models, which gave us a tangible understanding of the engineering complexities involved.

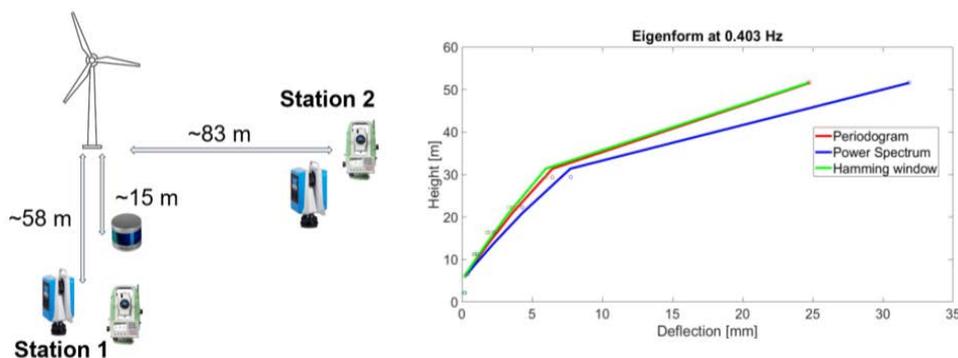
In the last part of the presentation, our next speaker introduced key areas of physics relevant to our study, highlighting ongoing research with opportunities for further contribution. These areas include foundational methods critical to the applications of physical geodesy and satellite orbit calculations, where advancing these methods holds significant practical importance.

## PROJEKTSEMINARE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

„VIBRATIONAL ANALYSIS OF Wind POWER PLANTS“ (GIH), BETREUER:  
OMIDALIZARANDI, SHAHRYARINIA

The goal of this project seminar is to evaluate different methodologies for the estimation of modal parameters, including eigenfrequencies and eigenforms. Traditionally, wind power plant monitoring is conducted using multiple discrete and contact-based sensors such as accelerometers, strain gauges, and so on, which offer only point-wise measurements. The major limitations of these approaches are their flexibility, accuracy, and the challenges in accessing installations. In the pursuit of advancing wind power plant monitoring, this work focused on the automatic, efficient, and non-contact estimation of eigenfrequencies and eigenforms through the utilization of 2D-profile terrestrial laser scanner (TLS) measurements. The evaluation was conducted on two different wind power plants using various instruments, such as a Total Station (Leica TS 60), a TLS (Z+F Imager 5016), and LiDAR (VLP 16), under different measurement settings and setups. These measurements were assessed through various signal processing methods, such as Power spectrum and Periodogram, Discrete Wavelet Transformation, and Independent Component Analysis. The quality assessment of the measurements was also carried out based on uncertainty analysis in a wind power plant, using calculated positional errors from TLS point clouds. In the first case study, through a meticulous examination involving three distinct methods, a validation has been performed for an eigenfrequency of approximately 0.4 Hz. This outcome serves as a testament to the reliability of the selected technique. In the second case study, a challenge has been encountered where the amplitude of the dominant eigenfrequencies were lower than uncertainty of 2D TLS profile measurements. This discrepancy emphasizes the critical role of measurement accuracy in ensuring the robustness of our methodology. Despite these challenges, this project demonstrated the capability of detecting eigenfrequencies with amplitudes surpassing the uncertainty of the measurements.

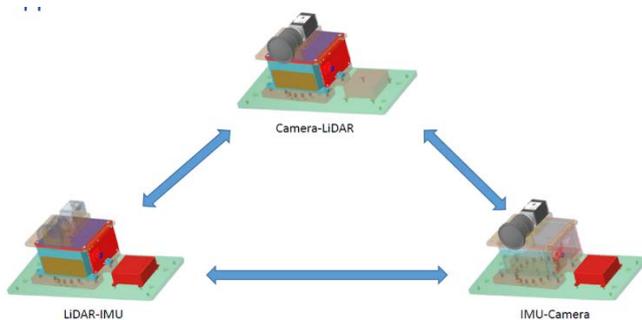
**Studierende:** Ashwin Kumar Dhanasekaran, Nathanael Hehs, Joyson Joy, Leeya Don Koithara, Lars Niehsen, Nithin Venugopal



MEASUREMENT SETUPS (LEFT), CHARACTERIZED EIGENFORM AT EIGENFREQUENCY OF 0.403 Hz (RIGHT).

## INVESTIGATION OF DIFFERENT CALIBRATION APPROACHES ON MULTI-SENSOR SYSTEMS (GIH), BETREUER: MOHAMAD WAHBAH, SÖREN VOGEL

Multi-Sensor Systems (MSS) composed of heterogeneous sensors offer significant advantages to automated systems by enhancing reliability, robustness, and providing redundancy through complementary data fusion. However, achieving effective sensor fusion requires spatial and temporal calibration of sensor measurements. Due to the heterogeneity and multimodality of the sensors involved, the calibration process can be inefficient and labor-intensive, particularly in systems subject to frequent configuration changes. The purpose of this research was to investigate and evaluate various automated 6 Degrees of Freedom (6-DoF) calibration techniques for a sensor array comprising a LiDAR, an RGB camera, and an Inertial Measurement Unit (IMU). These sensors were selected for their distinct capabilities: the RGB camera contributes spatial data enriched with color and texture information; the LiDAR delivers accurate distance measurements essential for detailed 3D mapping; and the IMU provides high-rate acceleration and rotational velocity data with minimal bandwidth, facilitating precise, lag-free motion tracking. To achieve a fully calibrated system, pair-wise calibrations between these sensors were performed and subsequently validated against the ground truth obtained from manufacturers' specifications and a CAD model of the system assembly. The selected calibration methods encompassed a combination of target-based and target-free approaches, with dynamic calibration being necessary when involving the IMU.

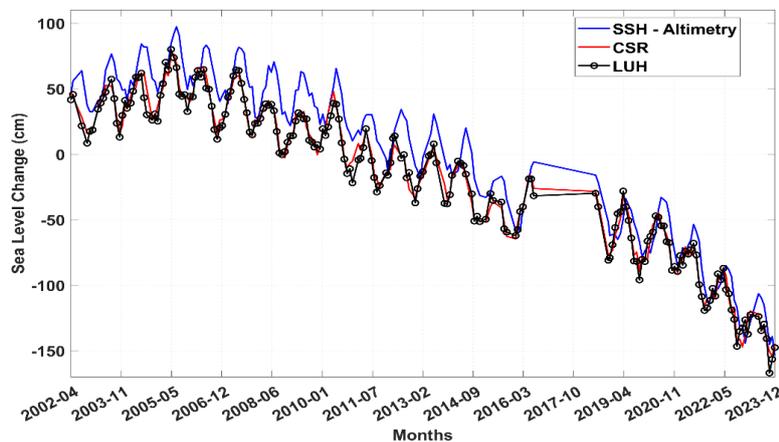


PAIR-WISE CALIBRATION APPROACH OF THE MSS

**Studierende:** Amir Karimi, Amal Paul, Areeb Ahmad, Arum Paul, Leeya Koithara

VALIDATION OF MASS CHANGES BASED ON RECENT GRACE AND GRACE-FO MONTHLY GRAVITY FIELD SOLUTION (IFE), BETREUER: MATHIAS FRYE, IGOR KOCH AND JAKOB FLURY

This study aims to validate mass change measurements using GRACE/FO satellite data by comparing them with independent hydrological models and satellite altimetry observations. The research highlights the accuracy and reliability of GRACE/FO measurements in capturing large-scale water mass variations, making them invaluable for hydrology and climate studies. The analysis is based on Level-2 monthly gravity field solutions from GRACE/FO, along with hydrological model outputs from WaterGAP and altimetry data from JASON satellite missions over the Caspian Sea. The primary methods include signal recovery techniques for noise reduction, trend analysis, and statistical comparisons to assess data consistency and accuracy. The results indicate a strong correlation between GRACE-derived water mass variations and WaterGAP model estimates over Germany, confirming the reliability of GRACE/FO data in capturing regional hydrological changes.



Over the Caspian Sea, time series analysis comparing GRACE-derived mass variations with satellite altimetry observations demonstrates a consistent seasonal pattern, with minor discrepancies attributed to steric effects and modeling uncertainties. This figure illustrates the alignment of water mass variations from GRACE/FO with sea surface height changes from satellite altimetry, reinforcing the robustness of GRACE/FO solutions in monitoring regional hydrological trends. The discrepancy in the GRACE/FO to Altimetry is attributed to loading and steric effects and forward modeling limitations. The study highlights the effectiveness of GRACE/FO in capturing large-scale mass variations, validating their use in hydrology and climate research. We presented our findings at the Frontiers of Geodetic Science (FRoGS) event in Stuttgart, using this opportunity to discuss our research with experts in the field. The event provided valuable insights into geodetic science applications and allowed us to engage with the academic community. Our participation was made possible with the guidance of Prof. Jakob Flury and our supervisors, Mathias Frye and Igor Koch, whose support was instrumental throughout the project.

**Studierende:** Moneeshwar Srinivasan, Deon Saji, Sarath Peter, Jeson Lonappan

## DETERMINATION OF GEOPOTENTIAL DIFFERENCES FOR THE EVALUATION OF OPTICAL ATOMIC CLOCKS (IFE), BETREUER: HEINER DENKER, ANNIKE KNABE

According to general relativity, clocks close to a gravitating body tick slower than clocks far away from that body. Hence, stationary clocks located in different (geodetic) gravity potentials  $W$  experience a tick rate (frequency) difference that is given in relative units by  $\Delta W/c^2$ , which is known as the gravitational redshift. While this is a small effect, modern optical atomic clocks with their outstanding fractional uncertainty of approximately  $10^{-18}$  can resolve a potential difference corresponding to a height difference of  $\Delta H \sim 1$  cm near the Earth's surface.

The main objective of this project was to determine geopotential differences with best possible accuracy between benchmarks near clock sites at Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig and Leibniz University Hannover (LUH) as groundtruth data for future clock comparisons. For this purpose, the classical geometric levelling technique and the GNSS/geoid approach were employed. The geometric levelling results were based on the latest German height network DHHN2016 and local levelling connections between nearby DHHN2016 base stations and local benchmarks at PTB and LUH. In this way observed DHHN2016 heights could be obtained for all relevant clock points, which differed from the previously used DHHN1992 heights by about 6 - 8 mm for the PTB points and 3 - 5 mm for the LUH points. Results from the GNSS/geoid approach were derived from own GNSS/SAPOS measurements in combination with European and German quasigeoid models. The height difference (of about 30 m) between PTB and LUH stations showed a discrepancy of 5 mm between both approaches, much better than could be expected from the corresponding uncertainties, being about 5 mm for the geometric levelling technique and about 20 mm for the GNSS/geoid approach.

**Studierende:** Aishwarya Beena, Mareike Brekenkamp, Jeson Lonappan, Sarath Peter, Deon Saji, Moneeshwar Srinivasan



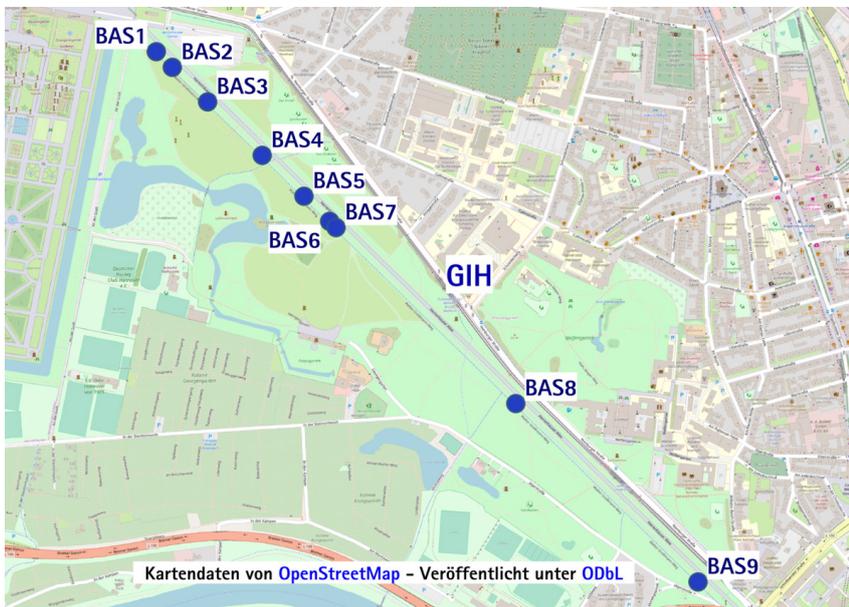
STUDENT LEVELLING TEAM AT ENTRANCE OF PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT (PTB) IN BRAUNSCHWEIG

DETERMINATION OF BOUGUER ANOMALIES ALONG A PROFILE (2 KM LINE) WHICH  
CROSSES THE "GEORGENGARTEN" (IFE), BETREUER : LUDGER TIMMEN

The target was to investigate the homogeneity of the underground density along the 2 km distance of the Georgengarten. For that purpose, the students performed extensive gravity and levelling measurements to derive Bouguer gravity anomalies. Topographic reductions were needed and their uncertainties had to be estimated. Especially the density assumptions for the soil was most crucial.

An estimation of the gravity anomaly uncertainties compared with the gravity results along the profile led to the conclusion that significant density variations in the subsurface exist and are related to the alluvial topsoil and the more compact sediments in eastern direction.

**Studierende:** Aishwarya Beena, Ashwin Kumar Dhanasekaran, Mohit Gyawali, Akash Pattiyil, Harmik Singh



MAP WITH COMMON MEASURING POINTS FOR GRAVIMETRY AND LEVELLING

„WORKING WITH THE VISION NAVIGATOR“ (IFE UND IKG), BETREUER: THOMAS KRAWINKEL, TIM SCHIMANSKY

The overall scope of this project seminar was the performance analysis of the XSens/Movella Vision Navigator, which is used on the IKG mobile mapping bicycle to compute its position and attitude. The analysis specifically included the comparison of the internal sensor fusion solution with the GNSS-only solution. In that regard, the novel Galileo High Accuracy Service (HAS) was to be investigated as an alternative GNSS-based positioning solution.

After getting familiar with all relevant aspects of the project regarding measurement equipment and data analysis techniques, an experiment was carried out around the main building of the Leibniz University Hannover (LUH). It was divided into a static and a kinematic part to investigate a multitude of different scenarios a bicycle can encounter in an urban environment. For the GNSS-only solutions, improvements in positioning accuracy could be partly achieved through the integration of Galileo HAS data. When comparing those positioning results to the sensor fusion solution, two types of anomalies were apparent. In the static scenarios, cyclical deviations were found, which could not be explained by the data streams from the other sensors of the Visual Navigator. Therefore, it was concluded that they may originate from the sensor fusion engine itself. In the kinematic scenarios, a lever arm effect was detected, which could be explained by errors in the orientation values of the ground truth solution, which were used to compensate the offsets regarding the coordinate centers.

Another focus of the project was the comparison of GNSS-only solutions obtained with standard Precise Point Positioning (PPP) and PPP with Galileo HAS data with the sensor fusion solution. By comparing the best-case and worst-case results it was shown that applying the HAS correction data in the static case, when the GNSS antenna has the best satellite visibility, results in a more accurate position solution. When satellite visibility was degraded, for example in an alley, using Galileo HAS correction data was compromised, which resulted in reduced position accuracy. In the kinematic scenarios, the use of Galileo HAS correction data did not improve the position accuracy and precision.

From the experiment, it could be concluded that in addition to the more precise correction data provided by SAPOS, the use of GNSS other than GPS and Galileo may lead to better position results than PPP and PPP with HAS. Future studies should more carefully consider the potential effects of satellite visibility during experiments, and the use of better GNSS equipment (antennas, receivers) to obtain better satellite signals in order to make better use of Galileo HAS correction data.

## INSULAVISION: MAPPING SUSTAINABLE HOMES WITH LASER- AND THERMAL MAPPING (IKG), BETREUER: UDO FEUERHAKE, TIM SCHIMANSKY

The InsulaVision project aims to advance sustainable construction practices through innovative methods of thermal and laser-based mapping. To achieve this, a mobile data acquisition system was developed, integrating specialized sensors—including a thermal imaging camera, a LiDAR sensor, and a high-precision navigation module—onto a bicycle. This configuration enables detailed and flexible data collection, particularly in areas that are challenging to access with conventional mobile mapping systems.

The collected data is processed using advanced algorithms, notably Google's Cartographer SLAM method. This approach produces high-resolution point clouds that provide detailed spatial information about building structures. To ensure the validity of these point clouds, they were compared against high-precision reference data, revealing an average positional deviation of approximately 0.217 meters. This margin is considered acceptable under the given experimental conditions.

Complex intrinsic and extrinsic calibration procedures were conducted during data processing to ensure precise integration of thermal and spatial information. The resulting thermal datasets were subsequently mapped onto point clouds as well as onto georeferenced Level of Detail 2 (LOD2) building models. Specialized software tools, such as Blender, were employed to realistically and accurately project thermal imagery onto building facades.

Analysis of thermal image data captured under varying meteorological conditions highlighted significant differences between insulated and non-insulated buildings. This underscores the importance of effective thermal insulation in enhancing thermal stability and improving the energy performance of buildings.



THERMAL IMAGES WERE USED TO ENRICH THE POINT CLOUD DATA

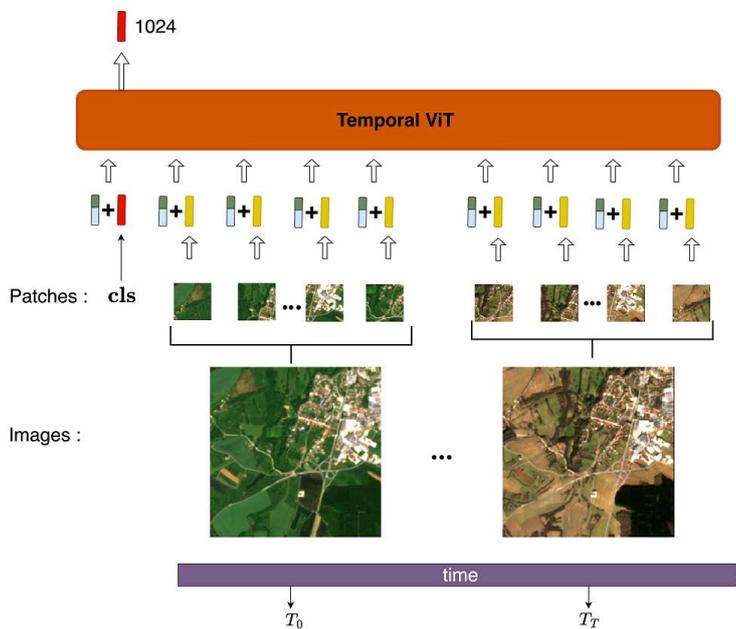
Throughout the project, challenges emerged, including orientation discrepancies during data integration and perspective distortions in texture projection. These issues were successfully addressed through optimized calibration procedures and adjustments in sensor positioning.

In summary, the InsulaVision project substantially contributes to the development of sustainable building practices. Through methodological and technological innovations, it provides comprehensive insights into the energy

characteristics of buildings, thereby forming a valuable foundation for future research and applications in energy-efficient construction and environmental protection.

„LAND COVER CLASSIFICATION BASED ON MULTI-SCALE TIME SERIES OF SATELLITE AND AERIAL IMAGES“ (IPI), BETREUER: KANYAMAHANGA, DOROZYNSKI

Semantic segmentation is essential in the field of remote sensing because it is used for various applications such as environmental monitoring and land cover classification. Recent advancements aim to collectively classify data from diverse sensors and epochs to improve predictive accuracy. With the availability of large amounts of Satellite Image Time Series (SITS) data, supervised deep learning methods, such as transformer models, become viable options. This paper introduces the Temporal Vision Transformer (ViT), designed to extract features from SITS. These features, capturing the temporal patterns of land cover classes, are integrated with features derived from aerial imagery to improve land cover classification.



Drawing inspiration from the success of transformers in natural language processing (NLP), Temporal ViT concurrently extracts spatial and temporal information from SITS data using tailored positional encoding strategies. The proposed approach fosters comprehensive feature learning across both domains, facilitating the seamless integration of encoded data from SITS into aerial images. Furthermore, a training strategy is proposed that supports the temporal ViT to focus on classes with a changing appearance over the year. Extensive experiments carried out in this project seminar

indicate the enhanced classification performance of Temporal ViT compared to existing state-of-the-art techniques for multi-modal land cover classification. Our model achieves a 3.8% increase in the mean IoU compared to the network solely relying on aerial images.

## PRAXISPROJEKTE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

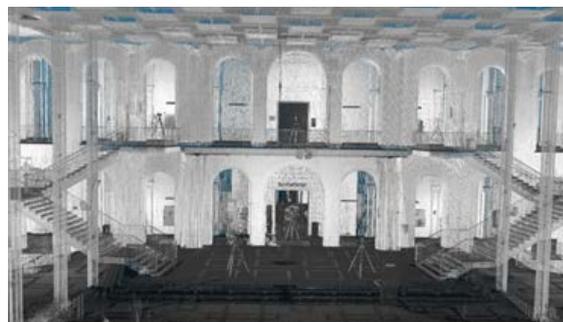
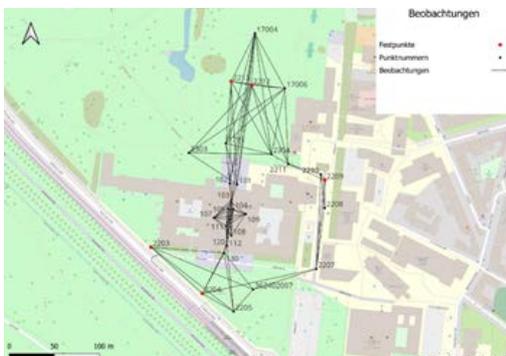
### PRAXISPROJEKT INGENIEURVERMESSUNG (GIH), BETREUER: ARMAN KHAMI, FREDERIC HAKE

Am Praxisprojekt „Ingenieurgeodäsie“ in 2024 haben 11 Studierende aus dem 4. Bachelorsemester teilgenommen. Die Messungen und Auswertungen fanden im Zeitraum vom 08. - 19.07.2024 statt. Die örtliche Durchführung erfolgte im Prinzengarten und um das Welfenschloss. Ein wesentlicher Aspekt war die Vermittlung der gesamten Prozesskette ingenieurgeodätischer Arbeiten. Dabei wurden Teilarbeitspakete definiert, welche die Vorplanung, die Messung, die Datenprozessierung und die abschließende Bewertung umfassten. Die Bearbeitung durch die Studierenden erfolgte in drei Gruppen.

Das vorgegebene Ziel war die Erweiterung des LUH-Festpunktfeldes in den Lichthof des Welfenschlosses sowie die Erfassung des Lichthofes als 3D-Punktwolke. Die Netzmessung erfolgte durch tachymetrische Messungen sowie Präzisionsnivelements. Im Rahmen einer 3D-Netzausgleichung wurden die Koordinaten der Referenzpunkte berechnet.

Die Laserscanaufnahme erfolgte in mehreren statischen Laserscans mit dem Z+F IMAGER 5016. Die Georeferenzierung der Einzelscans erfolgt mit der Software LaserControl von Zoller+Fröhlich. Basierend auf den Koordinaten der Referenzpunkte, weiterer Verknüpfungspunkte sowie den Punktwolken selbst wurde eine Bündelblockausgleichung durchgeführt.

Zusätzlich wurden die beiden kinematischen Scansysteme NavVis VLX und Z+F FlexScan verwendet. Die abschließende Auswertung erfolgte im Cad-Pool und die Vorstellung der Ergebnisse zusammen mit dem IFE Praxisprojekt im Raum A104. Das Resümee aller Beteiligten war sehr positiv, bei besten Wetterbedingungen konnten viele praktische Elemente erlernt bzw. vertieft werden.



## PRAXISPROJEKT LANDESVERMESSUNG (IFE), BETREUER: JOHANNES KRÖGER, ANAT SCHAPER

Das Praxisprojekt Landesvermessung fand auch in diesem Jahr in der Nordstadt und insbesondere im Prinzengarten statt. 12 Studierende des 6. Bachelorsemesters haben verschiedene Forschungsfragen aus dem Bereich der Positionierung mit GNSS untersucht. Die Messungen wurden in der ersten Projektwoche durchgeführt, in der zweiten Woche wurden die erhobenen Messdaten ausgewertet und detailliert analysiert. Die Ergebnisse sind in einem Abschlussbericht zusammengefasst und am 19.07.2024 vor einem Fachpublikum präsentiert worden.



Jedem Studierenden wurde eine individuelle Forschungsfrage zugeordnet, die er mit der Software Leica Infinity, sowie den erhobenen Messdaten beantworten sollte. Für eine anschauliche Darstellung der Ergebnisse wurde auch Matlab verwendet.

Die praktischen Messaufgaben wurden von jedem Studierenden durchgeführt. Es wurden einige Messungen zur relativen Positionierung mit statischen GNSS-Antennen durchgeführt. Eine Fragestellung lautete, inwiefern sich die Positionierungsunsicherheiten bei freier Sicht und bei Abschattung unterscheiden. Unter Abschattung resultieren wesentlich größere Unsicherheiten, wobei dabei vor allem die Bestimmung der

Höhenkomponente herausfordernd ist.

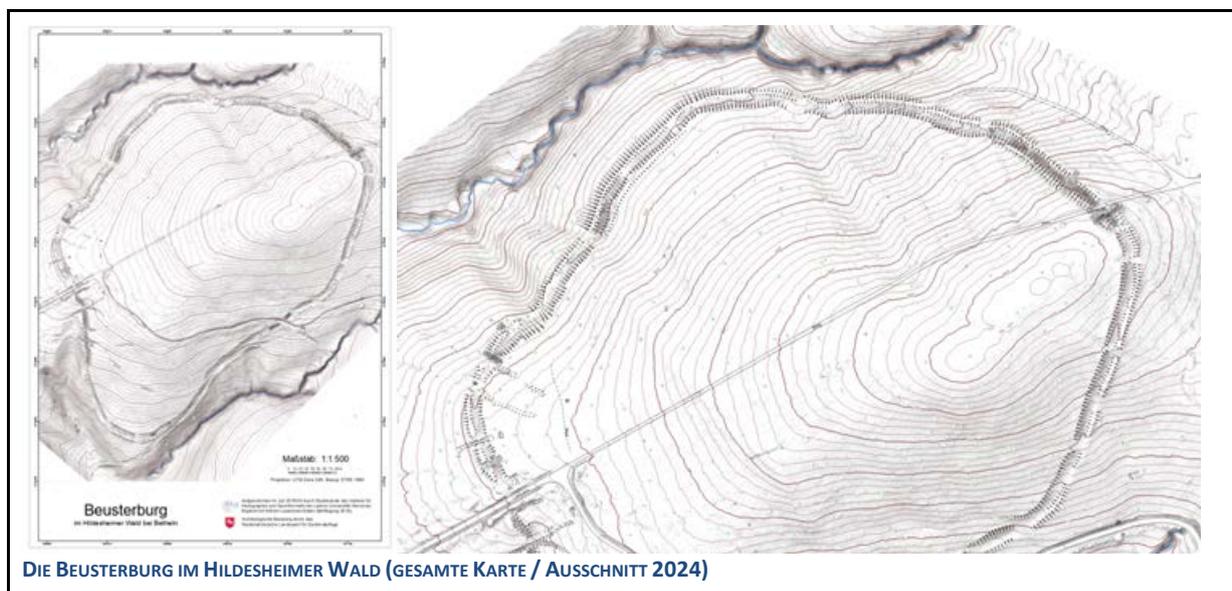
Die Auswirkungen von Antennenwechseln innerhalb einer mehrsündigen Messung wurden ebenfalls untersucht. Die geodätischen Leica- und JAVAD-Antennen liefern präzisere Ergebnisse als die Massenmarktantenne von Ublox. In einer weiteren Aufgabe wurden Messungen mit verschiedenen Sessionlängen analysiert. Ab einer Sessionlänge von drei Stunden sind kaum noch Verbesserungen in der Genauigkeit der Koordinatenlösungen zu erreichen.

Mit einer zweifach-polarisierten Antenne wurden zusätzlich Mehrwegeeffekte in einer Straßenschlucht untersucht. Reflektierte Signale haben teilweise eine ähnlich große Signalstärke, wie unreflektierte Signale und sind daher in einer normalen Auswertung schwer voneinander zu trennen. Zuletzt wurden RTK-Messungen durchgeführt, um die Performance verschiedener RTK-Anlagen zu vergleichen. Die hochwertigere Leica GS18 liefert hier deutlich genauere Ergebnisse, als die Teria Pyx. Dabei wurden sowohl statische und kinematische Messungen, als auch Messungen mit freier Sicht und unter Abschattung durchgeführt.

**Studierende:** Lena Bollmer, Alexander Gakis, Lennart Höft, Frederik Huhs, Katharina Kellner, Tobias Klapper, Kay Leopold, Lennart Möllers, Tim Müller, Antonia Rink, Benito Schöneich, Niklas Wischnewski

PRAXISPROJEKT TOPOGRAPHIE (IKG), "BEUSTERBURG", BETREUER: THIEMANN, SCHULZE

Die Beusterburg bei Betheln im Hildesheimer Wald ist eine neolithische Wallanlage mit einer Innenfläche von 15 Hektar. Ihr Alter wird auf 5000 Jahre geschätzt. Der genaue Zweck des Ringwalls ist nicht sicher bekannt. Aufgrund der Platzierung des Grabens auf der Innenseite des Walls wird spekuliert, dass es sich um eine Einfriedung für die Viehhaltung gehandelt haben könnte. Bereits 2018 wurde der südliche Teil der Anlage im Rahmen des Praxisprojekts Topographie vermessen. In 2024 diente ein weiterer, noch messbarer Abschnitt als Messobjekt. Der Großteil der Anlage ist stark bewachsen und konnte daher nur anhand von Airborne-Laserscan-Daten ausgewertet werden.



Das Praxisprojekt zur Topographie fand vom 8. bis 19. Juli 2024 statt. In der ersten Woche wurden ein Vermessungsnetz für einen Teil des Burgwalls im Hildesheimer Wald angelegt und Polaraufnahmen eines des westlichen Wallabschnittes durchgeführt. Zudem erkundeten die Studierenden bei Begehungen die nördlichen und östlichen Teile des Ringwalls, um sich mit der Anlage vor Ort vertraut zu machen. In der zweiten Woche wurden in Hannover zunächst die polaren Messdaten ausgewertet. Die Studierenden erstellten dann die Höhenlinienpläne der gemessenen Wallabschnitte. Darüber hinaus fertigte jede Gruppe basierend auf Airborne-Laserscan-Daten eine Karte eines weiteren Wallabschnittes an. Am Ende der zweiten Wochen wurden die Karten bei einem Feldvergleich überprüft und kleinere Interpretationsfehler anschließend in Hannover korrigiert.

## BACHELORPROJEKTE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

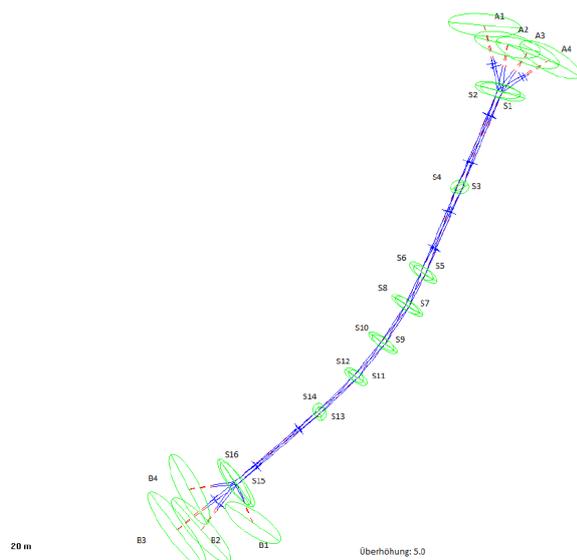
### GIH3D-ERFASSUNG DES GROßEN WELLENKANALS (GIH), BETREUER: FREDERIC HAKE

Ziel des Projektes war die 3D-Erfassung eines langgestreckten, schmalen Bauwerkes. Aus den erfassten Punktwolken sollten die Parallelität, Rechtwinkligkeit sowie Ebenheit der Wände bestimmt werden. Für die Erfassung stand ein Z+F Imager 5016 Laserscanner sowie eine Leica TS60 Totalstation zur Verfügung. Im ersten Schritt haben die Studierenden eine Standpunktplanung für das Laserscanning erstellt, wobei darauf geachtet wurde, nicht zu lange Zielweiten zu verwenden und keine flachen Auftreffwinkel. Für die Referenzierung der einzelnen Scannstandpunkte sollte ein Tachymetrisches Netz gemessen werden. Die benötigten Geräte- und Zielpunkte sowie die Anzahl an Beobachtungen wurden in einer Simulation von den Studierenden optimiert.

Die Planung wurde im Anschluss auf das reale Bauwerk übertragen. Die Messungen wurden an der Schnellwegunterführung Bischofshol durchgeführt. Es wurden insgesamt 16 Zielpunkte in einer Tachymetrischen Netzmessung in jeweils drei Vollsätzen eingemessen. Diese wurden für die Referenzierung der Scannstandpunkte verwendet.

Ausgewertet haben die Studierenden die Ebenheit der Flächen durch eine Approximation mit mathematischen Modellen, wobei die Normalenvektoren sowie die mittlere Standardabweichung der Punkte zur Fläche bestimmt wurde. Weiterhin wurde die Steigung der Rampe sowie die Parallelität der Wände untersucht.

**Studierende:** Finn Brand, Frederik Huhs, Lennart Möllers, Benito Schöneich, Nils Ullrich



3D ERFASSUNG UNTERFÜHRUNG BISCHOFSHOL

### AUSWERTUNG DER TACHYMETRISCHEN NETZMESSUNG

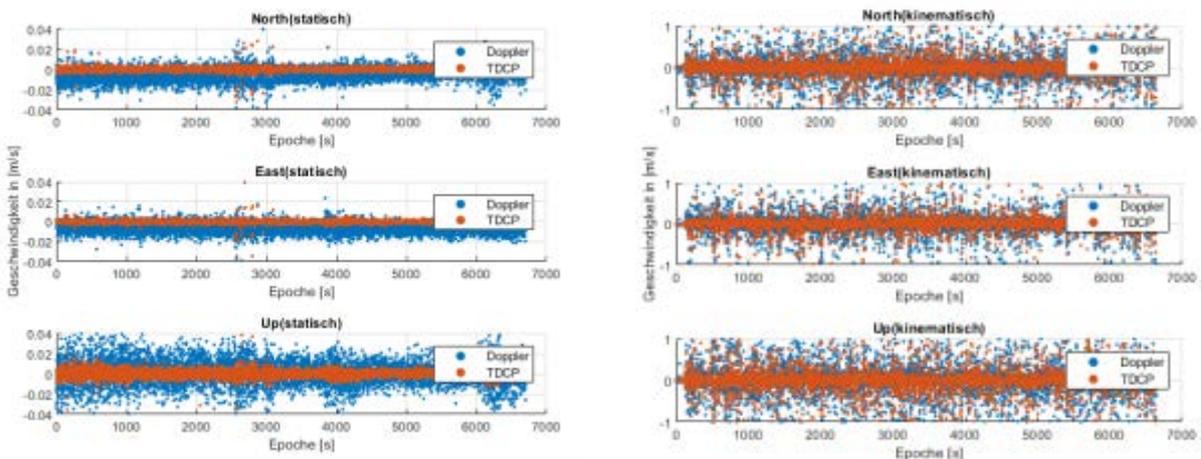
## GESCHWINDIGKEITSBESTIMMUNG MIT GNSS: DOPPLER VS. ZEITDIFFERENZIERTE TRÄGERPHASEN (IFE), BETREUER: DENNIS KULEMANN

Das Bachelorprojekt des Instituts für Erdmessung beschäftigte sich mit verschiedenen Methoden der Geschwindigkeitsbestimmung mittels GNSS-Beobachtungen. Ziel des Projekts war es, Doppler- und zeitdifferenzierte Trägerphasen-Beobachtungen für jeweils einen statischen Open-Sky Datensatz und einem urbanen, kinematischen Datensatz zu untersuchen und Unterschiede in der Performance der Geschwindigkeitsbestimmung zu herauszuarbeiten.

Es wurde ein Least-Squares Algorithmus implementiert, der mittels Doppler und zeitdifferenzierten Trägerphasen, die Geschwindigkeit und Empfängeruhrdrift schätzt. Die Studierenden arbeiteten detailliert heraus, dass im statischen Fall die zeitdifferenzierte Trägerphase ein deutlich geringeres Beobachtungsrauschen aufweist. Im kinematischen Fall ist die Qualität der Doppler Beobachtungen jedoch deutlich besser, da die Trägerphase sehr anfällig gegenüber Mehrwegeeffekten ist. Es wurde deutlich, dass es durch die Kinematik häufig zu Signalabbrissen kommt, welche für die zeitdifferenzierte Trägerphase besonders problematisch sind, da Beobachtungen aus mindestens zwei Messepochen benötigt werden.

Im statischen Fall konnte eine Elevations- und Signalstärkeabhängigkeit der Dopplermessungen beobachtet werden, während die zeitdifferenzierten Trägerphasen über alle Elevationen und Signalstärken ein ähnliches Rauschverhalten aufweisen. Im kinematischen Datensatz konnten diese Abhängigkeiten nicht mehr aufgezeigt werden, da das Beobachtungsrauschen um bis zu einen Faktor 10 höher war als im statischen Fall.

**Studierende:** Jonas Körding, Kay Leopold, Sükrü Pamukcu, Janus Kartobius



TOPOZENTRISCHE GESCHWINDIGKEITEN FÜR STATISCHEN (LINKS) UND KINEMATISCHEN (RECHTS) FALL, JEWEILS MIT DOPPLER (BLAU) UND ZEITDIFFERENZIIERTEN TRÄGERPHASEN (ROT) GESCHÄTZT.

## „GARDEN COMPANION – EIN INTERAKTIVES ERLEBNIS FÜR DIE HERRENHÄUSER GÄRTEN“ (IKG), BETREUER: FEUERHAKE, GOLZE

Im Rahmen eines Bachelorprojekts im Studienjahr 2023/2024 wurde der Garden Companion entwickelt, eine moderne Webanwendung, die Besuchern der Herrenhäuser Gärten eine digitale und interaktive Möglichkeit bietet, die Anlagen besser zu erkunden. Die Herrenhäuser Gärten sind bekannt für ihre Sehenswürdigkeiten, von Skulpturen über Brunnen bis hin zu botanischen Raritäten reichen. Aufgrund ihrer Vielfalt und Größe kann es für Besucher jedoch schwierig sein, alle Attraktionen zu entdecken oder sich umfassend über deren Hintergründe zu informieren.



Hier setzt der Garden Companion an. Die Motivation hinter dem Projekt war es, Besuchern die Orientierung zu bieten und gleichzeitig die kulturelle und historische Bedeutung der Gärten zugänglich zu machen. Im Fokus stand dabei eine einfache Navigation in der Anwendung.

Um die Inhalte der Gärten sinnvoll darzustellen, wurde im Hintergrund eine Ordnerstruktur entwickelt. Diese umfasst detaillierte Informationen zu jeder Sehenswürdigkeit, sortiert in Kategorien wie Gebäude, Skulpturen oder botanische Besonderheiten. Jede Attraktion wird durch eigens erstellte Texte und hochwertige

Bilder ergänzt, sodass die Informationen sowohl informativ als auch visuell ansprechend sind.

Die Informationsdarstellung im Garden Companion geht über einfache Textbeschreibungen hinaus. Besucher können an ausgewählten Punkten interaktive Inhalte abrufen, die es ihnen ermöglichen, tiefer in die Geschichte und Besonderheiten der einzelnen Attraktionen einzutauchen.

Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der mobilen Ansicht der Webanwendung, um den Bedürfnissen moderner Nutzer gerecht zu werden. Dank eines integrierten GPS-Markers können sich Besucher in Echtzeit auf dem Gelände orientieren. Der Marker zeigt ihre aktuelle Position an und ermöglicht eine einfache Navigation durch die weitläufigen Gartenanlagen. Dies macht den Garden Companion zu einem unverzichtbaren Begleiter für Besucher, die die Gärten auf eigene Faust erkunden möchten.

**Studierende:** Alexander Gakis, Lena Bollmer, Benjamin Genz, Felix Lesch, Antonia Rink

# AUS DER GESELLSCHAFT

## BERICHT ÜBER DIE MITGLIEDERVERSAMMLUNG DER GESELLSCHAFT

Der Vorsitzende Jürgen Rüffer eröffnet die Mitgliederversammlung 2024 am 19.11.2024 um 17:00 Uhr und begrüßt die anwesenden Teilnehmer (insg. 36, darunter 3 Gäste). Es wird die ordnungsgemäße Einladung und Beschlussfähigkeit festgestellt.

Die Versammlung gedenkt der verstorbenen Mitglieder, zu denen uns Nachrichten im Laufe des zurückliegenden Geschäftsjahres erreicht haben:

Mitglied	Verstorben
ÖbVI Dipl.-Ing. Karsten Sprick	August 2021
Prof. Dr.-Ing. Gerd Boedecker	20.06.2022
ÖbVI Dipl.-Ing. Herbert Horst	28.06.2023
Dipl.-Ing. Holger Eckartz	September 2023
Prof. Dr.-Ing. Gottfried Konecny	25.07.2024

## BERICHT DER FACHRICHTUNG

Den Bericht aus der Fachrichtung hält in diesem Jahr Prof. Ingo Neumann, Leiter des Geodätischen Instituts. Auf eine ausführliche Darstellung des Inhaltes dieses Vortrags, insbesondere in Bezug auf die Institutsaktivitäten (Projektarbeiten), wird hier verzichtet, da die vielen Einzelbeiträge mit Details im Jahresberichtsheft der Gesellschaft publiziert werden.

- Neuberufung von Prof. Dr. Matthias Weigelt (IfE), der seit November 2023 die Professur für Satellitengeodäsie und geodätische Modellierung innehat und die gleichnamige Abteilung des Instituts für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR e.V.) leitet.
- Dr.-Ing. Manfred Wiggenhagen (IPI) wurde in den Ruhestand verabschiedet. Nachfolge: Dr.-Ing. Max Mehlretter.
- Prof. Dr.-Ing. Gottfried Konecny ist im Juli 2024 verstorben.
- Institut für Erdmessung ist größtes Institut der Fachrichtung mit ca. 40 Mitarbeitenden, die anderen Institute haben je ca. 25 Mitarbeitende.
- In der Fachrichtung gibt es den Sonderforschungsbereich TerraQ (insbes. mit dem Institut für Erdmessung) sowie mehrere Forschungsverbundprojekte, wie das Exzellenzcluster QuantumFrontiers, das Graduiertenkolleg i.c.sens und weitere zahlreiche Projekte. Das GIH bearbeitet mehrere Projekte für die Deutsche Bahn, die auf einem geschlossenen Rahmenvertrag basieren. Mit Förderung durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) wurde 2024 ein Verbundprojekt abgeschlossen. Titel: Untersuchungen zur Eignung einer Datenfusion von Daten aus Open Data Quellen (GNSS- und SAR-

Daten sowie Gebäude- und Verkehrsmodellen, insbesondere von SAPOS, BKG und Copernicus Programm).

- Im Oktober 2024 feierte das Institut für Photogrammetrie und GeoInformation sein 75-jähriges Bestehen mit einer großen Feier im Pferdestall der LUH.
- Nach der Versicherungs-Erstattung des Instrumentendiebstahls aus der Geräteausgabe (2022) konnten Ersatzbeschaffungen vorgenommen werden. Ingo Neumann dankt den Firmen für das Ausleihen von Geräten und Instrumenten für den Übergang. Weitere Beschaffungen sind u.a. ein Roboterhund für die Erkundung von Innenräumen sowie ein Lasertracker.
- Der Studiengang Geodäsie und Geoinformatik wurde zum WS 2025/26 erfolgreich reakkreditiert. Der Master wird mit „Remote Sensing and GIS“ eine neue, dritte Vertiefungsrichtung erhalten. Das Ziel ist, damit wieder mehr Studierende für den Master zu gewinnen.
- Christian Heipke (IP) ist seit April 2024 der Dekan der Fakultät.

Ingo Neumann bedankt sich ganz herzlich im Namen der Fachrichtung für die Unterstützung und Förderung durch die Förderergesellschaft.

#### BERICHT DER PR-KOMMISSION

Frederic Hake gibt im Namen der PR-Kommission einen Überblick über die Aktivitäten im Jahr 2024. Jens Golze (IKG) übernimmt ab Januar 2025 den Vorsitz von Frederic Hake.

Schüler und Studieninteressierte sollen auf den Bachelorstudiengang Geodäsie und Geoinformatik aufmerksam gemacht werden. Dieses Ziel wird durch die Teilnahme an unterschiedlichen öffentlichen Veranstaltungen, Schulbesuchen, Social Media, Flyern, digitalen Veranstaltungen etc. zum Teil bereits erreicht.

Die PR-Kommission war bei zahlreichen Veranstaltungen und Schulbesuchen vertreten. Hierzu gehören die Gauß-AG (STAG), der Girls' Day, die SmartCityDays, das LUH-Sommerfest, die Hochschulinformationstage (HIT) sowie als Großereignis die IdeenExpo. Besonders die im Mai stattgefundenen SmartCityDays in Hannover verzeichneten eine sehr gute Teilnahme mit ca. 200 interessierten jungen Leuten. Als wirkungsvollste Werbung für den Studiengang bleiben jedoch die Schulbesuche. Ob bei Zukunftsmesse oder Besuchertag – der Studiengang GuG kann dort am effizientesten ab der 10. Klasse vorgestellt werden.

In den nächsten Wochen folgt ein Newsletter an die Förderermitglieder mit der Frage, an welchen Schulen ein Besuch zur Vorstellung des Studiengangs gewünscht ist.

Frederic Hake schließt seinen Vortrag mit einem herzlichen Dank an die Förderer für die Unterstützung.

## BERICHT DER FACHSCHAFT

Für die Fachschaft berichtet Fynn Terporten von den Aktivitäten der Fachschaft seit der letzten Mitgliederversammlung 2023. Die Fachschaft besteht aus derzeit 24 Mitgliedern, davon sind fünf Studierende 2024 neu dazugekommen. Inzwischen sind auch bereits drei Internationals (internationale Studierende) Fachschaftsmitglieder.

Neben der allgemeinen Fachschaftsarbeit durch Mitarbeit in Gremien wie Fakultätsrat, Studien-, Prüfungs- und PR-Kommission, Studentischer Rat und Fachschaftskonferenz führt die Fachschaft verschiedene Veranstaltungsformate für die Studierenden der Fachrichtung durch. Hier sind u.a. zu nennen: Erstsemester-Spieleabend, Kicker- und Fußballturnier, Weihnachtsabend sowie weitere Fachschaftsereignisse für die Fachschaftsmitglieder.

Das Studierendennetzwerk Geodäsie hat deutschlandweit und auch international große Bedeutung für die Fachschaft. So nahmen Vertreter der Fachschaft an zwei Konferenzen der Geodäsiestudierenden (KonGeoS) in Stuttgart und Würzburg teil. Bei der KongGeoS, besonders für den deutschsprachigen Raum, findet insbesondere ein Austausch von Fachschaftsmitgliedern sowie von Vertretern von Vereinen, Gesellschaften und Firmen statt. Im Juli fuhren Vertreter nach Sofia zum IGSM (International Geodetic Student Meeting), bei dem i.W. der o.g. Austausch über den Studiengang auf internationaler Ebene stattfindet.

Im September nahmen einige Studierende an der LQL-Klausur zur Re-Akkreditierung des Studiengangs teil. Dabei gaben sie Stellungnahmen zum Meinungsbild unter den Studierenden ab und beteiligten sich aktiv an der Befragung durch die internen und externen Prüfer (Auditoren) des Studiengangs.

Die Fachschaft organisierte weiterhin im Oktober die Erstsemesterwoche für ca. 20 Bachelor- und 25 Masterstudierende. Angeboten wurden dabei Führungen durch die Universität, Einführungen in die digitalen Services der LUH sowie eine Stadtrallye zum Kennenlernen sowohl untereinander als auch der Stadt Hannover. Dazu kamen ein gemeinsames Frühstück und soziale Angebote wie Spiele- und Bar-Abende. Da ein Großteil der Erstsemester nicht in Hannover wohnt, ist die Akzeptanz für spätere Abendveranstaltungen (ab 19 Uhr mit Open End) nicht sehr hoch. Die Fachschaft wird darauf reagieren und wieder mehr soziale Events wie Spieleabende zwischen 17 und 22 Uhr statt später beginnender Partys organisieren.

Im Namen der Fachschaft Geodäsie und Geoinformatik bedankt sich Fynn Terporten herzlich für die Unterstützung durch die Gesellschaft. Die Fördermittel wurden überwiegend für die Fahrtkosten zur KonGeoS und IGSM verwendet. Die Fachschaft bedankt sich insbesondere auch bei Jürgen Ruffer, der regelmäßig zu den Fachschaftssitzungen kommt und sehr am Informationsaustausch interessiert ist.

## BERICHT ÜBER DIE GEODÄTISCHE EXKURSION 2024

Benedikt Geffert und Lennart Höft stellen die Geodätische Exkursion nach Norddeutschland vor, die im Oktober 2024 stattfand. Organisiert wurde sie vom Institut für Kartographie und Informatik mit 15 Teilnehmern. In einem reich bebilderten Vortrag konnte man einen guten Eindruck über den

Verlauf der Exkursion bekommen. Ein ausführlicher Exkursionsbericht ist im Berichtsheft der Förderergesellschaft enthalten. Für die Unterstützung wird den Förderern sehr herzlich gedankt.

#### DISKUSSION ZUM SCHWERPUNKTTHEMA „NETZWERKE“ – MENTORING PROGRAMM

Jürgen Ruffer wendet sich mit der Frage an die Mitglieder, ob sie für einzelne Studierende als Mentoren zur Verfügung stehen würden. Die Idee ist, dass Studierende und evtl. auch Mitarbeiter in vertraulicher persönlicher Atmosphäre mit im Beruf stehenden Mitgliedern über eine längere Zeit in Kontakt stehen und sich 1:1 austauschen könnten.

Dazu müssten in einem 1. Schritt Mentoren mit einem bestimmten Profil gesucht werden, um dann im 2. Schritt das Angebot an Studierende (Mentees) weiterzugeben. Mentees und Mentoren könnten sich beispielsweise 1 - 4x im Jahr persönlich (bei Bedarf auch online) dafür treffen, um sich über die in Studium und Berufswelt gesammelten Erfahrungen auszutauschen.

Aus der Mitgliederversammlung kommt nach längerer positiver Diskussion die Anregung, gezielt Mentoren anzusprechen und auch bei den Studierenden nachzufragen, ob ein Mentoring-Programm auf Interesse stößt. Der Vorstand wird dazu ein Konzept erstellen und zu Jahresbeginn 2025 mit der Umsetzung beginnen.

#### BERICHT DES VORSTANDES

Jürgen Ruffer berichtet von den Aktivitäten des Vorstandes seit der letzten Mitglieder-versammlung 2023:

- 2 ordentliche und 2 informelle Vorstandssitzungen
- 2 Sitzungen des erweiterten Vorstands
- 3. Speed-Dating mit 9 teilnehmenden Firmen und Organisationen sowie 27 Studierenden am 28.06.2024. Die Firmen und Organisationen suchen vorwiegend deutschsprachige Mitarbeiter und die Behörden insbesondere EU-Bürger. Durch den Wegfall der FIM-Professur von Winrich Voß nimmt möglicherweise der Anteil deutschsprachiger Masterstudierender ab, die später den Weg in ein Referendariat suchen. In der Diskussion dazu hat sich herauskristallisiert, dass der Verwaltung der Austausch mit den Lehrstuhlinhabern fehlt, um über Bedürfnisse und Qualifikationen zu sprechen, die Absolventen bzw. Bewerber für einen Berufsweg in die Verwaltung haben sollten.
- Sommer-Treff gemeinsam mit dem dieses Mal federführenden DVW Niedersachsen/Bremen im Anschluss an das Speed-Dating am 28.06.2024.
- Teilnahme an 9 Sitzungen der PR-Kommission seit Herbst 2023
- Teilnahme an 3 Fachschaftssitzungen
- 5 Newsletter der Förderergesellschaft
- Einwerben von 2 Firmenmitgliedschaften (Geo++ GmbH und ALLSAT GmbH)
- Start Anpassung der Fördererwebseite durch Tobias Kersten, Paula Lippmann und Johannes Link

## MITGLIEDEREHRUNGEN

Am 19. November 2024 hat die Förderergesellschaft im Rahmen des Förderertages gemeinsam mit der Nico Rüpke-Stiftung Hamburg **Herrn Kamiel Heidberg, B. Sc.** den mit 1000,- € dotierten Bachelorpreis 2024 verliehen. Dies ist eine Anerkennung seiner Leistungen im Bereich der Schlüsselkompetenzen.

Für ihre 50-jährige Mitgliedschaft wurden in der vorangegangenen Kolloquiumsveranstaltung folgende Personen geehrt:

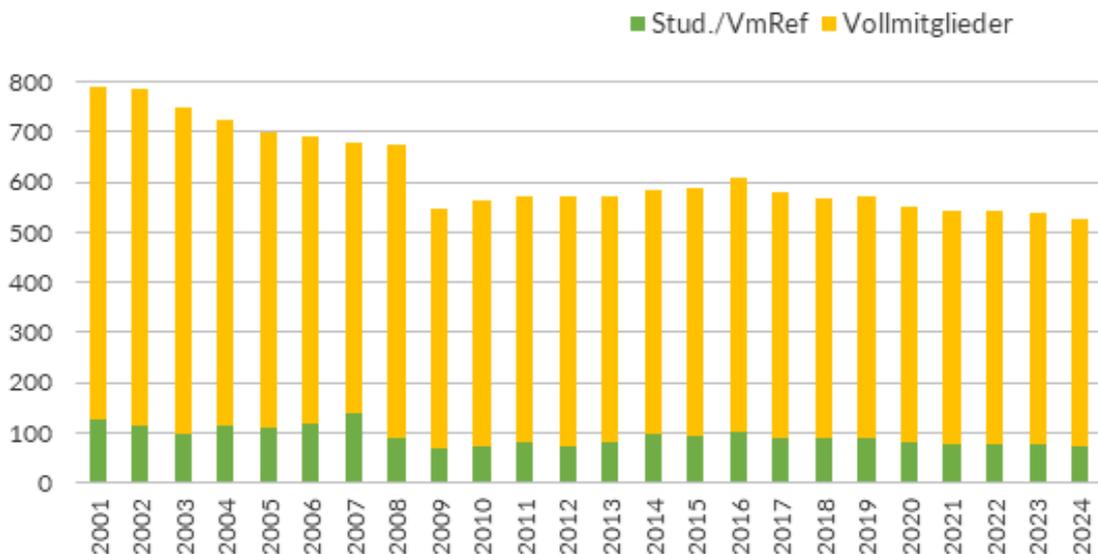
Herr Prof. Dr.-Ing. Heinz-Günter Bähr,  
Herr Ltd. VermD Dipl.-Ing. Ulrich Koth  
Prof. Dr.-Ing. Günter Seeber

Leider konnten die Jubilare nicht persönlich anwesend sein. Die Ehrenurkunden werden ihnen im Nachgang zugeschickt.

## MITGLIEDERENTWICKLUNG

Die Schatzmeisterin Anette Rietdorf gibt einen Überblick über die Mitgliederentwicklung, die sich wie folgt darstellt:

### Entwicklung der Mitgliederanzahl, Stichtag: 30.09.2024



### MITGLIEDERENTWICKLUNG 2001 - 2024

Laut Mitgliederdatenbank der Schatzmeisterin besteht die Gesellschaft zum Stichtag 30.09.2024 aus 531 Mitgliedern, davon 460 Vollmitglieder und 71 Studierende sowie Personen im Referendariat.

## KASSENBERICHT

Anette Rietdorf stellt den Kassenbericht für das abgeschlossene Haushaltsjahr 2023/24 und die Entwicklung des Gesellschaftsvermögens vor.

### Jahresabschluss 2023 / 2024 (in Euro)

Bestand <b>Girokonto</b> am 01.10.2023	<b>13.425,39</b>
Summe Einnahmen	37.190,00
Summe Ausgaben	23.099,00
Bestand Girokonto am 30.09.2024	<b>27.516,39</b>
Bestand <b>TopZins-Konto</b> am 01.10.2023	10.300,83
Zinseinkünfte	129,41
Bestand Topzinskonto am 30.09.2023	<b>10.430,24</b>
<b>Gesamtbestand am 30.09.2024</b>	<b>37.946,63 €</b>

## BERICHT DER KASSENPRÜFER, ENTLASTUNG DES VORSTANDES

Der Jahresabschluss per 30.09.2024 wurde von den Kassenprüfern Werner Pape und Dr. Hoberg am 10.11.2024 geprüft. Die Prüfung der Buchungen ergab keine Beanstandungen. Die Buchführung und der Jahresabschluss entsprechen daher nach dem Ergebnis der pflichtgemäßen Prüfung den Vorschriften der Vereinssatzung.

Auf Antrag von Ehrenmitglied Wilhelm Zeddies erfolgte die Entlastung der Schatzmeisterin und des Vorstandes durch die Mitglieder, welches beides einstimmig beschlossen wurde.

## ABSETZBARKEIT VON MITGLIEDSBEITRÄGEN

Die Mitgliedsbeiträge an die Förderergesellschaft sind für steuerliche Zwecke wie Spenden absetzbar. Im Normalfall erkennen die Finanzämter den Kontoauszug an. Zusätzlich können Sie noch den unten stehenden Hinweis anfügen.

Die Gesellschaft zur Förderung der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik an der Leibniz Universität Hannover ist wegen Förderung von Wissenschaft und Forschung nach dem Freistellungsbescheid des Finanzamtes Hannover-Nord, StNr. 25/206/43646, vom 06.09.2015 nach §5 Abs. 1 Nr. 9 des Körperschaftssteuergesetzes von der Körperschaftsteuer und nach §3 Nr. 6 des Gewerbesteuergesetzes von der Gewerbesteuer befreit.

## HAUSHALTSPLAN 2024/2025

<b>Bestand am 01.10.2024 (Girokonto,</b>	<b>27.516,39</b>
<b>Festgeldkonto)</b>	<b>10.430,24</b>
<hr/>	
<b>Einnahmen</b>	
Mitgliedsbeiträge	12.500,00
Spenden, Zinsen, Zuschuss Leibniz Universitätsgesellschaft	2.000,00
Zuwendung Nico-Rüpke-Stiftung	00,00
<b>Summe Einnahmen</b>	<b>14.500,00</b>
 <b>Ausgaben</b>	
Walter-Großmann-Preis	3.000,00
Bachelorpreis	1.000,00
Sonderpreis Rizkallah-Stiftung	250,00
Buchpreise beste Absolventen 2024	300,00
 Förderung der Geodätischen Exkursion	4.000,00
Förderung der Fachschaft	5.000,00
Förderung der Fachrichtung allgemein (PR-Maßnahmen)	4.000,00
Förderung der 4 Institute	600,00
 Unterstützung Auslandsaufenthalte	6.000,00
Reisekosten Doktorand*Innen zu fachlichen Veranstaltungen	2.000,00
Reisekosten Studierende zu fachlichen Veranstaltungen	3.000,00
 Mitgliedsbeitrag Leibniz-Universitätsgesellschaft	1.800,00
Geschäftsstelle	2.500,00
Geschäftsbedarf (Porto, Konto, Drucke)	500,00
Fördererheft (Druckkosten, Versand)	1.500,00
 Speed-Dating und Sommerfest	2.000,00
 Entwurf und Druck Banner	420,00
<b>Summe Ausgaben</b>	<b>37.870,00</b>
<hr/>	
<b>Voraussichtlicher Bestand am 30.09.2025 (gerundet)</b>	<b>14.600,00</b>

Der Termin für die nächste Mitgliederversammlung wird noch nicht festgelegt. Jürgen Ruffer bedankt sich bei allen Teilnehmern und beendet um 19:00 Uhr die Mitgliederversammlung.

## DRITTES FIRMEN-SPEEDDATING 2024 UND GEMEINSAMER SOMMERTREFF MIT DVW

Am 28. Juni 2024 fand in Hannover an der Leibniz Universität Hannover zum dritten Mal ein Firmen-Speeddating statt. Dieses spannende Event wurde erneut von der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik organisiert. Neun verschiedene Arbeitgeber, darunter selbstständige Büros, Startups, Behörden und öffentliche Träger, nahmen an dieser erfolgreichen Veranstaltung teil. Teilnehmende Arbeitgeber waren z.B. Infrastrukturdienstleister wie Deutsche Bahn Netz AG, Fachstelle Geodaten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (FGeoWSV), Vermessungsdienstleister wie Dr. Hesse und Partner und das Startup Hydromapper sowie die Experten im Bereich der Navigation wie ALLSAT GmbH und Geo++ GmbH.



FIRMEN-SPEEDDATING IN DEN RÄUMEN DER LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER

Anschließend fand der gemeinsame Sommertreff der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik in Kooperation mit dem DVW Landesverband Niedersachsen statt. In entspannter Atmosphäre konnten sich Studierende, Arbeitgebervertreter und Mitglieder der Förderergesellschaft weiter auszutauschen und neu gewonnene Kontakte vertiefen.

## AUFRUF BACHELOR-PREIS 2025 DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Die Förderergesellschaft ruft Studierende der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der LUH, die vom 1. Oktober 2024 bis 30. September 2025 erfolgreich den Bachelorabschluss erlangt haben, dazu auf, sich um den Bachelor-Preis 2025 zu bewerben. Der Preis besteht aus einer Verleihungsurkunde sowie einem Geldbetrag in Höhe von € 1.000,-.

Die Vorschläge sind an den Vorstand der Förderergesellschaft zu richten und sollen spätestens am **30. September 2025** bei der Geschäftsstelle der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik, c/o Geodätisches Institut, Nienburger Str. 1, 30167 Hannover, Tel.: 0511 762 2463, Email: [geschaeftsstelle@hannover-foerdert-geodaesie.de](mailto:geschaeftsstelle@hannover-foerdert-geodaesie.de) eingereicht werden.

Die Anforderungs- und Verfahrensdetails sind nachzulesen unter <https://www.hannover-foerdert-geodaesie.de/de/mitgliedschaft-und-foerdernde-organisationen/informationen-und-dokumente/>.

## AUFRUF WALTER-GROßMANN-PREIS 2025 DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Zur Erinnerung an Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Walter Großmann stiftet die Gesellschaft zur Förderung der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover den „Walter-Großmann-Preis“. Der Preis besteht aus einer Verleihungsurkunde, sowie einem Geldbetrag von bis zu € 3.000,-. Er soll für fachbezogene Studienreisen oder andere wissenschaftliche Fortbildungen verwendet werden.

Teilnahmeberechtigt sind alle Masterkandidatinnen und Masterkandidaten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, deren Masterarbeit im Zeitraum vom 1. Oktober 2024 bis 30. September 2025 eingereicht und beurteilt wurde.

Insbesondere ist eine allgemeinverständliche, öffentlichkeitswirksame Darstellung (Presseartikel) des betreffenden Forschungsbereichs bis zum **30. September 2025** einzureichen bei der

Geschäftsstelle der Förderergesellschaft der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik, c/o Geodätisches Institut, Nienburger Straße 1, 30167 Hannover, Tel: 0511 762 2463, Email: [geschaeftsstelle@hannover-foerdert-geodaesie.de](mailto:geschaeftsstelle@hannover-foerdert-geodaesie.de)

Später eingehende Bewerbungen können nicht berücksichtigt werden.

Die Anforderungs- und Verfahrensdetails sind nachzulesen unter

<https://www.hannover-foerdert-geodaesie.de/de/mitgliedschaft-und-foerdernde-organisationen/informationen-und-dokumente/>

## VERLEIHUNG DES BACHELOR-PREISES 2023



Laura Schäfer, B. Sc., Trägerin des Bachelor-Preises 2023

Am 25.06.2024 wurde Frau Laura Schäfer, B.Sc. beim Geodätischen Kolloquium mit dem Bachelorpreis 2023 ausgezeichnet. Die Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover würdigt mit dem auf 1.000 € dotierten Preis sowohl ihre fachlichen Leistungen innerhalb des absolvierten Bachelor-Studiums als auch ihr hohes Engagement für die Allgemeinheit neben dem Studium in besonderer Anerkennung ihrer sozial-kommunikativen Schlüsselkompetenzen.

## VERLEIHUNG DES BACHELOR-PREISES 2024



**JÜRGEN RÜFFER ÜBERREICHT KAMIEL HEIDBERG, B.Sc., DEN BACHELORPREIS 2024**

Der Preisträger für 2024, Herr Kamiel Heidberg, B. Sc., wurde im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums am 19.11.2024 mit dem Bachelor-Preis geehrt.

Herr Heidberg erhielt den mit 1.000 € dotierten Preis für sein erfolgreich absolviertes Bachelorstudium sowie insbesondere für sein vielfältiges Engagement innerhalb der Fachschaft. Der Preis honoriert dabei hervorragende Leistungen im Bereich der sozial-kommunikativen Schlüsselkompetenzen.

Dieser Preis wird seit 2010 jährlich zusammen mit der Leibniz Universitätsgesellschaft e.V. verliehen.

## GEWINNUNG VON FÖRDERNDEN UNTERNEHMEN

Erfreulicherweise konnten seit der vorangegangenen Mitgliederversammlung zwei Unternehmen als Förderer gewonnen werden, die die Gesellschaft mit einem jährlichen Beitrag unterstützen.

- ALLSAT GmbH <https://www.allsat.de>
- Geo++ Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und navigatorische Technologien mbH <https://www.geopp.de/>

## BERICHTE VON GEFÖRDERTEN STUDIERENDEN UND DOKTORANDEN

Einige der zahlreich geförderten Studierenden oder Doktoranden haben Berichte über ihre Reiseaktivitäten erstellt.

### INTERNATIONAL ASTRONAUTICAL CONGRESS (IAC) 2024 REPORT (ENES BESLI)

Being a part of the International Astronautical Congress (IAC) 2024 in Milan provided a remarkable opportunity to showcase my research, connect with space industry leaders, and observe the latest innovations in space technologies. I presented my research titled “End-to-End Collapsible Optical Payload for 6U-CubeSat and Satellite Image Enhancement Software for Earth Observation” in the Interactive Presentation session. The project, which focuses on a collapsible optical payload for CubeSats and deep-learning based resolution enhancement, received positive feedback from the audience.

This year’s IAC was an unprecedented event, marking the largest one ever, with over 11,200 delegates from 120 countries, plus 3,500 additional visitors on the public day. The exhibition featured a record-breaking 530+ exhibitors, displaying a wide array of pioneering technologies and interactive exhibits. I have engaged in discussions with the German Aerospace Center (DLR), IABG, Berlin Space Technologies, OHB SE, ARESYS, and many more. Additionally, I attended several technical sessions focusing on Earth observation, gaining valuable insights into current trends in satellite-based Earth observation and sustainable practices.



IAC 2024 OPENING CEREMONY BY

[“HTTPS://WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/IAFASTRO/ALBUMS/”](https://www.flickr.com/photos/iafastro/albums/)

In summary, IAC 2024 offered a unique experience, networking with professionals and fellow students in the space sector, deepening my technical knowledge, and exposing me to innovations in space around the globe. I would like to offer my sincerest gratitude to my sponsors, Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik of the Leibniz University Hannover and together with the Nico Rüpke – Stiftung Hamburg, DVW e.V. Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement for supporting my work and enabling me to be a part of the largest space conference in history.



THE INTERACTIVE PRESENTATION AREA

## EXCURSION REPORT FOR TRIP TO THE "DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT" IN OBERPFAFFENHOFEN (10.01. – 11.01.2024)

### Arrival at Munich

The trip began with everyone gathering at 11 AM on Wednesday 10th January in the GIH's backyard, which had been designated as the meeting point. We were initially supposed to travel by train, but due to the strike by the Gewerkschaft Deutscher Lokführer (German Train Drivers' Union), our plans had to be swiftly altered. Fortunately, we'll be using two measurement buses provided by the Institute for Geodesy and the Institute for Cartography, ensuring our journey to Munich remains on track.

The estimated duration of our trip was approximately 7 hours. We've divided the driving shifts among our drivers. Halfway through, we'll take a break for food at a rest stop near Kassel. This was a great opportunity for everyone to stretch their legs and grab a bite to eat. Our arrival at the Munich City Youth Hostel was around 7 p.m.

### Activities on Wednesday evening

After our arrival, following a brief pause to set up our rooms and beds, we headed to the foyer and started our exploration of the city. To reach the city center, we took the U-Bahn Line 1 from Rotkreuzplatz to the Hauptbahnhof. After arriving there, we set out to explore the Old Town.

Our walk took us through Marienplatz, leading to the famous Hofbräuhaus München. This place, steeped in Bavarian tradition, offered a genuine taste of the region. We indulged in Bavarian cuisine and savored Munich beer, brewed in accordance with the Reinheitsgebot. After our meal, we chose a different route back to another train station. At this point, some of us decided to return to the hostel by train, while others opted to walk back. The walk back presented numerous sights, including cultural landmarks like the Pinakothek der Moderne and the Alte Pinakothek, as well as the Technical University of Munich. With our arrival back at the hostel, our eventful day came to a close, which was at around midnight.



THE NEW TOWN HALL OF MUNICH AT THE MARIENPLATZ

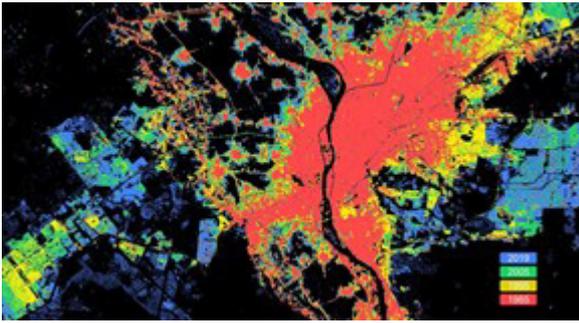
## Presentations and guided tours at the DLR

The German Aerospace Center (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR) facility located in Oberpfaffenhofen, Germany. It was founded in 1969 and stands as an institution at the forefront of aerospace research and technology as a multidisciplinary center, encompassing various institutes and departments. It serves as a hub for advancements in aeronautics, space exploration, and Earth observation. The facility plays an important role in addressing challenges in aviation, space science, and climate research, contributing significantly to Germany's and Europe's leadership in aerospace endeavors.

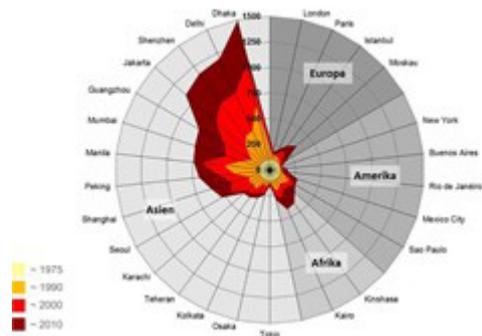
Time	Details
9:00 - 9:45	Prof. Hannes Taubenböck Urban Science with a view from space Dynamics, dimensions and forms of global urbanization
9:45 - 10:30	Maximilian Langheinrich Atmospheric Correction for optical satellite image data
10:30 - 11:30	Veronika Gestaltner, Dr. Stefan Auer Guided Tour: German Space Operation Center, GSOC and Center for Satellite Based Crisis Information
11:30 - 12:15	Frank Probst Guided Tour: DLR Research Aircrafts
12:15 - 13:15	Lunch, DLR Cantina
13:15 - 14:00	Dr. Thomas Fritz Operational Radar Missions at DLR
14:00 - 14:45	Dr. Andres Camero Unzueta AI4EO: An image is worth a thousand words
14:45 - 15:00	Pause
15:00 - 15:45	Dr. Dmitri Efremenko Remote Sensing of the Atmosphere
15:45 - 16:30	Dr. Frank Thonfeld Monitoring Forest Disturbance, Forest Structure, and Forest Biodiversity from Space

### TIMETABLE FOR THE 11TH OF JANUARY 2024

The day kicks off at 9:00 with Prof. Hannes Taubenböck from Earth Observation Research Cluster, Chair of Urbanization and Remote Sensing, who introduces a topic about "Understanding Urbanization using EO and AI: Capabilities and Challenges". One of the challenges is the question on how slums can be defined by a multitude of parameters as well as their different methods of classification and training of deep neural networks. However, by using AI to classify urbanization, we can gain a good understanding of how we build cities and how dynamic cities change via extract information from remote sensing data.



RELATIVE SPATIAL GROWTH OF MEGA CITIES



From 9:45 to 10:30, Maximilian Langheinrich discusses "Atmospheric Correction for Optical Satellite Image Data," shedding light on the aspects of enhancing the quality of satellite imagery. This can be done by identifying the different factors affecting the spectral radiances observed by the satellites sensors, considering factors like water vapor absorption in the atmosphere and the bidirectional reflectance distribution on the ground. High-resolution data capturing these elements can be leveraged in various applications, such as urban city classification. This involves tracing back to the initial presentation and exploring the implications of the detailed information gathered.



INTERNATIONAL SPACE STATION AND THE SPACE CAPSULE OF THE DLR

The morning continues with a guided tour from 10:30 to 11:30 a.m., led by Veronika Gstaltner and Dr. Stefan Auer, offering participants an exclusive glimpse into the German Space Operation Center (GSOC) and the Center for Satellite-Based Crisis Information. It offers insights into the sequential steps initiated in response to the detection of crises, which includes the methods employed for crisis detection in natural events, as well as the collaborative efforts involved in coordinating responses with different authorities and stakeholders.

Afterwards, from 11:30 to 12:15, participants had the opportunity to join Frank Probst for a guided tour exploring DLR's Research Aircrafts, getting to know the advancements and capabilities of these airborne research platforms. We were also able to learn about the different mission capabilities, only possible by the variety of the aircrafts available to the DLR with the addition getting an overview on how these missions are planned, who is participating and which aircraft can be employed for which mission regarding its strengths.

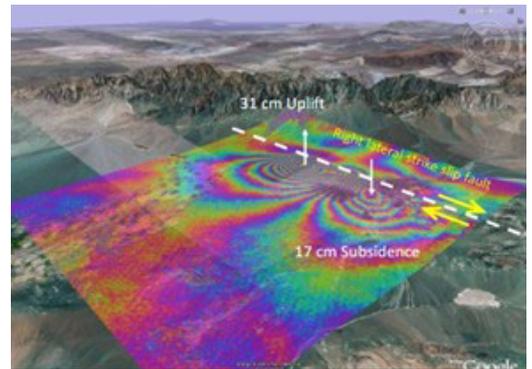


CENTRAL COMMAND

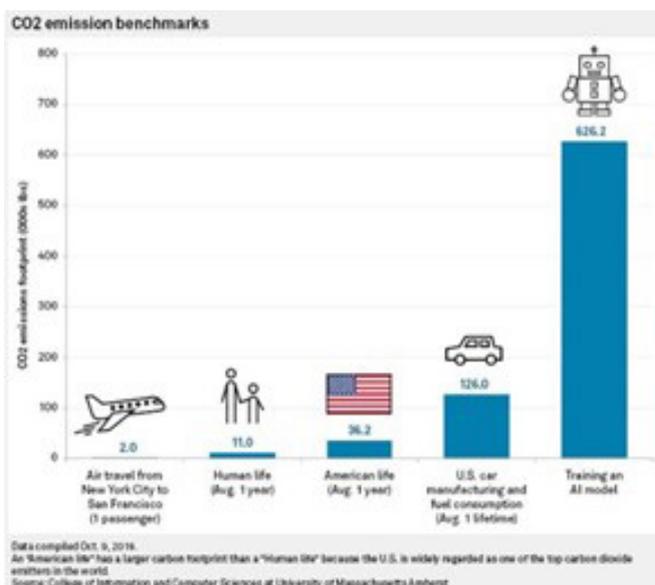
After Lunch, the day further unfolds with another different set of presentations: From 13:15 to 14:00, Dr. Thomas Fritz delves into "Operational Radar Missions at DLR," offering a comprehensive understanding of radar applications in operational missions. We got a recap about Synthetic Aperture Radar to improve the resolution of observed areas as well as the different missions launched in addition to their use cases and advantages. Lastly it also goes over the topic of InSAR, Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar, to track deformations and changes in the landscape

like subsidence and uplift.

Following this, from 14:00 to 14:45, Dr. Andres Camero Unzueta presents "AI4EO: An Image is Worth a Thousand Words," exploring the intersection of artificial intelligence and Earth observation as well as the mission to find the one model to rule them all, and if it even exists. It also opened up the discussion about the influence of training and developing these models in regard to their carbon footprint, and alternative training methods to maybe solve this issue.



DEFORMATION VISUALIZATION OF EARTHQUAKE AFFECTED AREA



CO2 EMISSION OF TRAINING AI MODELS

From 15:00 to 15:45, Dr. Dmitri Efremenko discusses "Remote Sensing of the Atmosphere" delving into the techniques and applications of monitoring our planet's atmospheric conditions.

The day concludes with a remote presentation from Dr. Frank Thonfeld from 15:45 to 16:30, offering insights into "Monitoring Forest Disturbance, Forest Structure, and Forest Biodiversity from Space." Here the forest as an ecosystem is discussed as well as its development over the years. The influences which were listed were different natural disasters like drought, pests or bugs. This gave a valuable insight about general Forest structure and health monitoring. With his colleagues they are researching on new methods for monitoring and detecting changes via different Satellite mission like the Sentinel.

#### Trip home

After the final presentations, we regrouped at the vehicles to briefly discuss our return journey. Before departing, we had to surrender our visitor badges at the gate. The drive back commenced just before 5 PM.

Around 7 PM, we took a break at a rest area in the Franconian Switzerland region. Here, we sought out dinner. Unfortunately, Burger King was closed, so we resorted to alternative options available at the location: a bakery and a fries shop.

Refreshed from our meal, we continued our journey. One group had a smooth trip and arrived in Hannover around 11:30 PM. However, the other group encountered some car troubles, delaying their arrival until about 1:30 AM.

And with that, our trip came to an end.

# ANHANG - PERSONELLES

## GEODÄTISCHES INSTITUT

### MITARBEITER\*INNEN

Prof. Dr.-Ing. **Ingo Neumann**, Lehrstuhl „Ingenieurgeodäsie und geodätische Auswertemethoden“ (Geschäftsführender Leiter)

Prof. i.R. Dr.-Ing. **Winrich Voß**, ehemaliger Lehrstuhlinhaber „Flächen- und Immobilienmanagement“

PD Dr.-Ing. **Hamza Alkhatib**, AG-Leiter im Bereich „Expertengestützte Datenanalyse und Qualitätsprozesse“

**Barikisa Owusu Ansah**, M. Sc., Stipendiatin Katholischer Akademischer Ausländer-Dienst: „A systematic review of the institutional success factors for blockchain-based land administration“

Dr.-Ing. **Jörn Bannert**, AG-Leiter im Bereich „Flächen- und Immobilienmanagement“

Dipl.- Betriebsw. (FH) **Christine Bödeker**, Organisation Lehre und Geschäftszimmer

**Robin Dankowski**, M.A., MWK: Georg-Christoph-Lichtenberg Stipendiat, Nds. Promotionsprogramm: „Digitale Lebenswelten in Dörfern - Verantwortung und Steuerung der digitalen Transformation“ (von 31.08.2024 bis 30.09.2024 wiss. Mitarbeiter)

**Dominik Ernst**, M. Sc., DFG-GRK i.c.sens: „Modellierung von Unsicherheiten für kinematische LiDAR-basierte Multisensorsysteme“

**Frederic Hake**, M. Sc., BMDV: Verbundprojekt port\_AI – „Ein volldigitaler Zwilling für Hafenbauwerke unter Nutzung von IoT, 5 G, BIM, AR- und KI-Verfahren zum Aufbau eines smarten Lifecycle-Managements“; Teilvorhaben: „KI-basierte Fusionsstrategien“ – IHATEC (bis 19.08.2024)

**Jan Hartmann**, M. Sc., DFG: Forschungsgruppe – „Deformationsanalyse mit Messungen terrestrischer Laserscanner (TLS-Defo)“

**Christian Hartberger**, M. Sc., Assoziierter Doktorand im DFG-GRK i.c.sens „Qualitätskontrolle im Bau- und Fertigungsbereich mittels autonomen Robotern (ab 16.09.2024)“

**Arman Khami**, M. Sc., Assoziierter Doktorand im DFG-GRK i.c.sens „Echtzeitfähige, hochfrequente, zentimetergenaue und integrierte Bestimmung der Flugtrajektorie eines UAS“

**Johannes Link**, B. Eng., Mechatroniklabor und IT-Administration

Dr.-Ing. **Rozhin Moftizadeh**, PostDoc im DFG GRK i.c.sens „Quality Control of Building Components Using Quadrupedal Robots in Challenging Environments“

**Bahareh Mohammadivojdan**, M. Sc., BfG: „Messsystemanalyse und modelbasierte Sensorfusionen für das hydro-geographische Wasserwechsel-zonenmonitoring mittels unbemannter Trägersysteme“

Dr.-Ing. **Mohammad Omidalizarandi**, AG-Leiter im Bereich „Interdisziplinäres Monitoring“ (bis 14.06.2024)

Dipl.-Geol. **Nadja Reusch**, Assistentin der Geschäftsführung

**Marvin Scherff**, M. Sc., DFG-GRK i.c.sens: "Development of a Collaborative Robust Particle Filter for State Estimation with Stochastic and Quantity-based Uncertainties in Sensor Networks"

**Shahryarinia, Kouros**, M. Sc., DAAD-Stipendiat "Multi-steps deep learning-based procedure for quality assessment of enhanced Persistent Scatterer Interferometry time series"

Dr.-Ing. **Sören Vogel**, AG-Leiter im Bereich „TLS-basierte Multi-Sensor-Systeme“ (bis 31.10.2024)

**Mohamad Wahbah**, M. Sc., BMDV: Verbundprojekt: „Entwicklung eines robusten Positionierungssystems für autonome Fahrzeuge auf der Grundlage erfasster Umgebungsinformationen und GNSS/IMU-Daten“ – AutoMAP

Dipl.-Ing. **Paul Waldstein**, BMDV: Verbundprojekt port\_AI – „Ein volldigitaler Zwilling für Hafenbauwerke unter Nutzung von IoT, 5 G, BIM, AR- und KI-Verfahren zum Aufbau eines smarten Lifecycle-Managements“; Teilvorhaben: „KI-basierte Fusionsstrategien“ – IHATEC (bis 31.12.2024)

#### EXTERNE DOKTORANDEN

**Alexander Dorndorf**, M. Sc. „Entwicklung eines robusten bayesschen Modells für geodätische Zeitreihen mit vektorautoregressiven Prozessen und Messrauschen“

Dipl.-Ing. **René Gudat**, „Markttransparenz am Grundstücks- und Immobilienmarkt“

**Timo Kaminski**, M. Sc. „Entwicklung eines Mess- und Auswerteprozesses für Crashversuche im Innenraum des Fahrzeuges“

**Nora Mai**, M. Sc., Doktorandin im TRUST/ARL-Promotionskolleg, „Quo vadis Innenentwicklung? Die Objektebene als Schlüsseldeterminante für den Erhalt/Fortbestand zentraler Ortslagen in ländlichen Räumen - Ein Beitrag zur Innenentwicklung. Immobilienmanagement“

**Yong Wang**, M. Sc. Kooperative Promotion mit der HAW Hamburg „Lidar based Imaging and Modeling with Robotic Systems“

#### FWJ – FREIWILLIGES WISSENSCHAFTLICHES JAHR

**Fabienne Wirtz**, Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr (ab 01.08.2024)

#### MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

**Alkhatib, H.:** Mitglied im Ausschuss „Geodätische Instrumente und Geräte“ am Deutschen Institut für Normung (DIN) (seit 02/2015)

Mitglied in der Arbeitsgruppen ISO/TC 172/SC 06/WG 04 „Field procedures and ancillary devices“ und ISO/TC 172/SC 06/WG 05 am Internationale Organisation für Normung (ISO) (seit 01/2019)

**Bannert, J.:** Mitglied im DVW – AK 6 „Immobilienwertermittlung“ (Wahlperiode ab 2023)

**Neumann, I.:** Ordentliches Mitglied des Ausschusses Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK)

Mitglied in der Abteilung Ingenieurgeodäsie der DGK

Vorstandsmitglied im ASBau "Akkreditierungsverbundes für Studiengänge des Bauwesens"

Mitglied der ständigen Kommission des Fakultätentages "Bauingenieurwesen, Geodäsie und Umweltingenieurwesen"

Leiter des DVW – AK 4 "Ingenieurgeodäsie und Messtechnik"

Ordentliches Mitglied in der GKGM „Gesellschaft zur Kalibrierung Geodätischer Messmittel“

Mitglied im AA "Geodätische Instrumente und Sensoren" (NA 005-03-04 AA) des Deutschen Instituts für Normung (DIN)

Deutscher Delegierter des DIN im ISO/TC 172/SC 6 „Geodetic and surveying instruments“

Mitglied im Verband Deutscher Vermessungsingenieure (VDV) inkl. Hochschulvertretung der LUH

Mitglied des Vorstandes des Landesverbandes Niedersachsen des VDV

Member der WG „AI for Geodetic Deformation Monitoring“ in Global Geodetic Observing System (GGOS)

**Omidalzarandi, M.:** Mitglied im DVW – (seit 09/2018)

Vice-Chair of "AI for Geodetic Deformation Monitoring" in Global Geodetic Observing System (GGOS)

Editor in Special Issue "Remote Sensing in Urban Infrastructure and Building Monitoring" bei Remote Sensing (MDPI)

**Vogel, S.:** Mitglied im DVW – AK 8 " Mobile und autonome Sensorsysteme"

**Voß, W.:** Entpflichtetes Mitglied des Ausschusses Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK)

Mitglied der Abteilung „Land- und Immobilienmanagement“ der DGK

Mitglied im Editorial Board der ZfV, Bereich Landmanagement

Mitglied der Europäischen Akademie für Bodenordnung /

European Academy of Land Use and Development (EALD)

Mitglied der Niedersächsischen Akademie Ländlicher Raum e. V. (ALR)

Ehrenamtlicher Gutachter des Oberen Gutachterausschusses für

Grundstückswerte in Niedersachsen und des Gutachterausschusses

HamelN-Hannover

## INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

### MITARBEITER\*INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. **Jürgen Müller**, Erdmessung, Geschäftsführender Leiter  
 Prof. Dr.-Ing. **Jakob Flury**, Präzisionsgeodäsie auf der Erde und im Weltraum

Prof. Dr.-Ing. **Steffen Schön**, Positionierung und Navigation

Prof. Dr.-Ing. **Matthias Weigelt**, DLR-SI, Professor für Satellitengeodäsie und Geodätische Modellierung

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. **Günter Seeber**, Professor im Ruhestand

Prof. Dr.-Ing. **Wolfgang Torge**, Emeritusprofessor

Dr.-Ing. **Liliane Biskupek**, Exzellenzcluster QF: Lunar Laser Ranging, relativistische Geodäsie (bis Mai 2024)

**Kai-Niklas Baasch**, M.Sc., BMDV: 5GAPS, 5G NR & terrestrische Positionierung

**Zarah Banimostafavi**, DAAD Stipendiatin, GNSS Pos/Nav

**Yannick Breva**, M.Sc., DFG Projekt 470510446, GNSS-Antennenkalibrierung, Positionierung und Navigation

**Dinesh Chebolu**, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt C01: Groundwater Gravimetry and QG-1, Terrestrische Gravimetrie (bis Dezember 2024)

**Arpetha Chikkamavathur Sreekantaiah**, M.Sc., SpaceQNav

**Jianhua Chen**, M.Sc., CSC Stipendium, Static Earth Gravity Field (seit November 2024)

Dr.-Ing. **Heiner Denker**, Schwerefeldmodellierung

**Mathias Duwe**, M.Sc., Sensordatenfusion und Erdschwerefeld

**Sahar Ebadi**, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt C04: GRACE-FO verbesserte Modellierung

**Ahmed Elmaghraby**, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt A05: GNSS-Charakterisierung und Zeitvergleich

**Nina Fletling**, M.Sc., EU Projekt CARIOQA-PMP quanten-basierte Satellitengravimetrie

**Britta Frankel**, M. A., Sekretariat SFB TerraQ

Dipl.-Soz.wiss. **Ulrike Hepperle**, Sekretariat (freigestellt)

Dr. **Alireza HosseiniArani**, DLR, SpaceQNav

**Britta Kamp**, Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr (FWJ, Trägerschaft MHH), Gravimetrie (bis August 2024)

**Ali KarimiDoona**, M.Sc., DAAD-Stipendiat im DFG-GRK i.c.sens: Integre kinematische Positionsbestimmung

Dr.-Ing. **Tobias Kersten**, Kinematischer Teststand Navigation, BMWK/DLR: Quantum Optics Inertial Sensors Research QGyro/QGyro+, GNSS-Antennenkalibrierung

Dr.-Ing. **Annike Knabe**, Schwerefeldbestimmung mit Satelliten

**Igor Koch**, M.Sc., Zeitvariables Schwerefeld, COST-G

Dr.-Ing. **Thomas Krawinkel**, BMWK/DLR: GNSS und Uhren

**Johannes Kröger**, M.Sc., Positionierung und Navigation, GNSS-Antennenkalibrierung

**Dennis Kulemann**, M.Sc., BMWK/DLR: GNSS und Uhren, Positionierung und Navigation

**Alexey Kupriyanov**, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt B01, Simulation optischer Akzelerometrie und Gradiometrie

**Qianwen Lin**, M.Sc., BMWK/DLR: GNSS und Uhren, Positionierung und Navigation

**Klarissa Lachmann**, M.Sc., DFG FOR Time, Höhenübertragung via Zeitvergleich

Dr. rer. nat. **Katja Lohmann**, GRK i.c.sens: Geschäftsführung

**Thomas Maschke**, B. Eng., Technik

**Bärbel Miek**, Sekretariat (bis Oktober 2024)

**Dennis Mußnug**, M.Sc., wiss. Hilfskraft in PosNav bis 31.03.2024)

**Reza Naeimaei**, M.Sc., DFG FOR Defo-TLS, Pos/Nav (seit April 2024)

**Firat Örü**, Geschäftszimmer

Dr. **Mohsen Romeshkani**, DLR Q-BAGS und QUANTGRAV, quantenbasierte Satellitengravimetrie

**Fabian Ruwisch**, M.Sc., Positionierung und Navigation, BMWK/DLR: GNSS Multipath Modellierung

**Anat Schaper**, M.Sc., DFG-GRK i.c.sens: Kollaborative Navigation, Navigation in städtischen Bereichen

Dr.-Ing. **Manuel Schilling**, DLR-SI: Klassische und atom-interferometrische Gravimetrie

Dr.-Ing. **Akbar Shabanloui**, Exzellencluster QF: Schwerefeldbeobachtung mit Uhren in Satelliten

Dr.-Ing. **Vishwa Vijay Singh**, wiss. Hilfskraft: Lunar Laser Ranging (seit November 2024)

**Jingyao Su**, M.Sc., DFG-GRK i.c.sens: GNSS observation uncertainty with interval mathematics

**Benjamin Tennstedt**, M.Sc., BMWK/DLR: Quantum Optics Inertial Sensors Research QGyro+, ESA: NAVISP-EL1-089 SimulaQrUm

Dr.-Ing. **Ludger Timmen**, Gravimetrie und Physikalische Geodäsie

**Raúl Villanueva**, M.Sc., Geschäftsführung SFB TerraQ

**Asha Vincent**, M. Tech., SFB TerraQ, Projekt C02, geodätische Anwendung von Uhrennetzwerken

**Nicolai Weddig**, M.Sc., BMWK/DLR: Quantum Optics Inertial Sensors Research QGyro+

Dr.-Ing. **Mingyue Zhang**, Exzellenzcluster QF und SFB TerraQ: Lunar Laser Ranging, Uhren auf dem Mond

**Shuyun Zheng**, M.Sc., CSC Stipendium, Gravimetrie+Uhren (Januar bis November 2024)

## GÄSTE

Prof. **Bahadur**, Ankara (Juli 2023 – April 2024)

Prof. **Dimitris Tsoulis**, Uni Thessaloniki (Juli 2024)

M.Sc. **Barbora Korekacova** (Juli 2024, im Rahmen der EUList Universitätskooperation)

M.Sc. Marcin Mikoś, Wrocław University of Environmental and Life Sciences (15.10.--15.12.2024)

Prof. **Adrian Jäggi**, Uni Bern (November 2024)

Prof. **Zhang** und Doktoranden, Hongkong (November 2024)

## EHRUNGEN

**Fabian Ruwisch**: Best Presentation Awards bei der ION GNSS+ 2024 Conference in Baltimore

**Prof Heipke / Prof Schön**: Best Paper Award bei der ISPRS 2024 Mid term Conference in Manila

**Ahmed Elmaghraby**, M. Sc. has won best presentation award for presenting his publication “Modeling Variations in GNSS Precise Frequency Transfer: Focus on Troposphere Effects” at the ION GNSS+ 2024, the 37<sup>th</sup> International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation.

## MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

**Biskupek, L.**: Mitglied der IAG Sub-Commission 1.4 joint with IAU Commission A2 and IERS Joint Working Group on Consistent realization of TRF, CRF, and EOP

Mitglied des International Laser Ranging Service (ILRS) Analysis Standing Committee and Lunar Analysis Center

Mitglied der GGOS Focus Area „AI for Earth Orientation Parameter Prediction“

**Denker, H.**: Associate Editor, Geodetic Theory & Applications, Marine Geodesy (seit 01.01.2008)

International Association of Geodesy (IAG) Fellow

**Flury, J.**: Mitglied der DGK (Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften)

Sprecher der DGK Sektion Lehre

Chair der IAG QuGe Working Group 3 “Relativistic Geodesy with Clocks”

Mitglied des Advisory Boards des ESA Swarm Data, Innovation and Science Cluster (DISC)

Combination Service for Time-Variable Gravity Fields, Vorstandsmitglied

**Kersten, T.**: Chair IAG ICCG JWG C.6: GNSS mass-market devices in climate and environmental sensing

Co-Chair der IGS Antenna Committee (vormals AWG)

Mitglied IAG ICCG JWG C.5 Exploitation of ground-based GNSS Interferometric Reflectometry for climate applications

Vorstandsmitglied der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik

**Kröger, J.:** Mitglied des DVW-AK 4

**Müller, J.:** Sprecher des SFB 1464 TerraQ (Relativistic and quantum-based geodesy) an der Leibniz Universität Hannover - Start 1.1.2021

Ordentliches Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

Ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, von 01.01.2012 bis 31.12.2017 deren Vorsitzender

Mitglied der DGK (Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften) sowie in der Abteilung „Erdmessung“, 2015 - 2022 deren Vorsitzender

Mitglied im DVW-Vorstand (seit 1.1.2011)

IAG-Vertreter im Nationalen Komitee für Geodäsie und Geophysik (NKG), seit Dezember 2011 NKG-Vorsitzender, und Vertreter Deutschlands in der IAG und in der IUGG

IAG Fellow seit 2019

Präsident des IAG-Projektes Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe)

Mitglied im Science Panel von GGOS (Global Geodetic Observing System) seit 2023

International Laser Ranging Service (ILRS): Lunar Analysis Center

Mitglied im Europäischen GRACE-FO Science Team und weiterer Verbundprojekte zur Untersuchung von Schwerefeldsatellitenmissionen

Mitglied im Vorstand der Leibniz Forschungsschule QUEST-LFS sowie des Forschungsbaus HITec an der Leibniz Universität Hannover

Mitglied im Vorstand des Forschungszentrums FZ:GEO an der Leibniz Universität Hannover

Mitglied im Vorstand des Exzellenzclusters QuantumFrontiers an der Leibniz Universität Hannover

Mitglied im Vorstand der Division Gravitational Physics der Europäischen Physikalischen Gesellschaft (EPS-GPD)

Federführender Schriftleiter, zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement

**Schön, S.:** Mitglied der IGS Antenna Working Committee

Ordentliches Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Leiter des DVW-AK7

Sprecher der DFG Graduiertenkollegs i.c.sens: Integrität und Kollaboration in dynamischen Sensornetzen

**Timmen, L.:** Geodätische Leitung des nationalen Arbeitskreises Geodäsie und Geophysik (AKGG)

Mitglied, IAG Working Group JWG 2.1.1: Establishment of a global absolute gravity reference system

Mitglied, IAG Working Group WG 2.1: Techniques and metrology in terrestrial (land, marine, airborne) gravimetry

---

 INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

## MITARBEITER\*INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. **Monika Sester**, Kartographie und Geoinformatik

apl. Prof. Dr.-Ing. **Claus Brenner**, Mobile Mapping und Robotik

**Jeldrik Axmann**, M.Sc., Lokalisierung mittels Maximum Consensus (DFG-i.c.sens) (bis 31.3.2024)

**Heike Bank**, Sekretariat

**Steffen Busch**, M.Sc., Dynamische kooperative Karten, NFDI4Earth – Koordination Incubator Projekte (DFG) (bis 31.3.2024)

**Mireille Fangueng**, M. Sc.: Raum-zeitliche Analysen, BKG-Gauß

Dr.-Ing. **Udo Feuerhake**, Analyse raum-zeitlicher Daten; NFDI4Earth – Koordination Incubator Projekte (DFG)

Dipl.-Inf. **Colin Fischer**, technische Koordination DFG-i.c.sens

Dr.-Ing. **Stefan Fuest**, Digitalisierung, Visualisierung und Analyse von Sammlungsgut (MWK/VolkswagenStiftung, DiViAS)

**Jens Golze**, M.Sc., Trajektorienanalyse

Dr.-Ing. **Vinu Kamalasanan**, Visualisierung von Verkehrsregeln im Shared Space (DAAD - DFG-SocialCars)

**Artem Leichter**, M.Sc., Interpretation of Mineralogical data (DFG-FOR)

**Yao Li**, M.Sc., mixed traffic in shared space (DFG-SocialCars)

**Faezeh Sadat Mortazavi**, M.Sc., Localization of mobile objects in 3D raster data (BMDV-5GAPS)

**Tim Peter Jörg Schimansky**, M.Sc., VGI-Data-Localization / Multisensorsystems (MWK, Zukunftslabor Wasser)

**Hanieh Shojaei Miandashti**, M.Sc., Uncertainty modelling in LiDAR scene segmentation using neural networks (DFG i.c.sens)

**Olga Shkedova**, M.Sc., Visualisierung von raum-zeitlichen Voxeldaten (BMDV-5GAPS)

Dipl.-Ing. **Malte Jan Schulze**, Systemadministration, Geodatenintegration, Geländemodellierung

Dipl.-Ing. **Frank Thiemann**, Generalisierung von Landnutzungsflächen, Analyse von LiDAR-Daten und historischen Daten durch Deep Learning

**Oskar Wage**, M.Sc., DiNaMo - nachhaltige Mobilität an Universitäten (BMBF)

**Yiming Xu**, M.Sc., Prediction of behaviour of objects and phenomena and their storage in maps (DFG-i.c.sens)

**Yunshuang Yuan**, M.Sc., Collective Perception - Data Fusion and Visualisation (DFG-SocialCars)

**Qianqian Zou**, M.Sc., Incremental acquisition of hierarchical models (DFG-i.c.sens)

## EXTERNE DOKTORANDEN

**Marco Brych**, M.Sc., Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe

**Franz Harke**, M.Sc., Spatial autoregressive models

**Mohammadreza Nasiriboroujeni**, M.Sc., Statistical Process Monitoring of Functional Spatiotemporal Data

## GÄSTE

**M.Sc. Junyi Wei**, College of Surveying and Geo-informatics, Tongji University (01.05.2024-30.04.2025)

Dr. **Shiyu Bai**, The Hong Kong Polytechnic University, Department of Aeronautical and Aviation Engineering (Juli 2024)

Ing. **Nikita Yakshin**, Slovak University of Technology in Bratislava, PhD Austauschstudent im EULisT / Erasmus+ Programm der LUH (08.07.2024-12.07.2024).

## MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIIEN

**Sester, M.:** Ordentliches Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Ordentliches Mitglied der Braunschweiger Wissenschaftlichen Gesellschaft in der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech)

Sprecherin des Forschungszentrums GEO der Leibniz Universität Hannover (zusammen mit Prof. F. Holtz)

Leiterin der Sektion Hannover der Deutschen Gesellschaft für Kartographie (DGfK)

Mitglied des Vorstands der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (DGPF)

Mitglied des Senats der Leibniz Universität Hannover

Mitglied des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft

Mitglied im Editorial Board des International Journals of Geographic Information Science - IJGIS

## EHRUNGEN



We are happy to share that **Olga Shkedova** just received the Best Young Researcher Award at the ISPRS Commission IV Symposium in Perth. She was awarded for her paper on Visualization of Space Occupancy Uncertainty in a 3D Voxel-based Urban Mode. (doi: 0.5194/isprs-annals-X-4-2024-311-2024).

## AUSLANDSAUFENTHALTE

**Yiming Xu** stayed on a research visit at Hong Kong Polytechnic University from 25.11.2024 to 31.12.2024. During his visit, he collaborated with Prof. Ma on the topic of “Traffic prediction and simulation methods based on matrix completion and analysis”. We regard traffic participants and time series information as a matrix. Each row is the same traffic participant, each column is the same time step, and the content of the matrix is the status and information of the traffic participants. Prediction is to complete the latter part of each row of the matrix, and simulation is to complete the information of an entire row. The research stay was funded under the DAAD-PPP program “Maximum Consensus Integration of GNSS and LiDAR for Urban Navigation”.

## INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

## MITARBEITER\*INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. **Christian Heipke**, Photogrammetrie und Fernerkundung

Prof. Dr. **Mahdi Motagh**, Radarfernerkundung, S-Professor in Verbindung mit dem GFZ Potsdam

apl. Prof. Dr. techn. habil. **Franz Rottensteiner**, Photogrammetrische Bildanalyse

em. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. **Gottfried Konecny**, Emeritusprofessor (†25.07.2024)

**Samer Abualhanud**, M.Sc., Dynamic NeRF (seit 15.04.2024)

**Rasho Ali**, M.Sc., Pedestrian tracking

**Dr. Marzieh Baez**, Geological modelling for INSAR applications (01.01.-30.11.2024)

Dipl.-Ing. **Uwe Bolte**, Systemadministration

Dr.-Ing. **Mareike Dorozynski**, Optical remote sensing for sustainability

**Sara El Amrani Abouelassad**, M.Sc., Fahrzeugdetektion und Verfolgung aus terrestrischen und Luftbildern (bis 31.12.2024)

Dr.-Ing. **Mahmud Haghshenas Haghghi**, Fernerkundung und Radarinterferometrie

**Mohammadreza Heidarianbaei**, M.Sc., Point cloud semantic segmentation (seit 15.11.2024)

**Max Heiken**, M.Sc., Geometrisch-semantische Integration mittels Deep Learning (bis 30.06.2024)

**M. Sulaiman Fayez Hotaki**, M.Sc., Flood mapping using SAR

Dr.-Ing. **Karsten Jacobsen**, Geometrie von Luft- und Satellitenbildern, großflächige Höhenmodelle

**Hubert Kanyamahanga**, M.Sc., Multitemporale Klassifikation von Bildern unterschiedlicher Auflösung mittels Deep Learning

**Amadeus Langer**, M.Sc., Systemadministration

**Paula Lippmann**, M.Sc., Aktualisierung topographischer Datenbanken (seit 15.12.2024)

**Mingyue Ma**, M.Sc., InSAR (seit 01.12.2024)

Dr.-Ing. **Max Mehlretter**, Photogrammetric Computer Vision

**Maximilian Meyer**, M.Sc., Photogrammetrische Beobachtung von Betonmischprozessen

**Dinh Tuan Nguyen**, M.Sc., 3D Szenenrekonstruktion

Dr.-Ing. **Mabel Ortega**, Deep Learning for landscape evolution (seit 01.10.2024)

**Andreas Piter**, M.Sc., Monitoring von Verkehrsinfrastruktur mittels Radarinterferometrie

**Annette Radtke**, Sekretariat ISPRS

**Erik Rivas**, M.Sc., Subsidence investigations using InSAR (seit 01.04.2024)

**Claudia Sander**, Sekretariat

**Jojene Santillan, M.Sc.**; Urbanization dynamics and land use efficiency

**Philipp Trusheim**, M.Sc., 3D Punktbestimmung in dynamischen Netzen (bis 15.12.2024)

**Imeime Uyo**, M.Sc., Deformation mapping of oil fields

**Mirjana Voelsen**, M.Sc., Aktualisierung topographischer Datenbanken mit Fernerkundungsdaten

Dr.-Ing. **Manfred Wiggenhagen**, Nahbereichsphotogrammetrie (bis 31.03.2024, Ruhestand)

#### EXTERNE DOKTORANDEN

**Zelong Guo**, M.Sc., Satellite radar remote sensing for tectonic processes (GFZ)

**Sen Lyu**, M.Sc., SAR-based landslide monitoring (GFZ), seit 01.09.2024

**Dibakar Kamalini Ritushree**, M.Sc., Flood analysis with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) and deep learning (GFZ)

**Magdalena Stefanova Vassileva**, M.Sc., Interferometrie (GFZ), Promotion 04.03.2024

**Wandi Wang**, M.Sc., SAR data for landslide analysis (GFZ)

#### GÄSTE

**Sven Barry**, B.Sc., École Nationale De La Statistique Et De L'analyse De L'information, Rennes, April – Sep. 2024, Image based data science

**Sagi Filin**, Prof., Technion, Haifa, Jan.–Mar. 2024, Photogrammetric computer vision

**Viktoriia Hnatushenko**, Prof., Ukrainian State University of Science and Technology, seit Mai 2022, Bildanalyse für Forstanwendungen

**GK Kaichelvan**, B.Sc., Indian Institute of Technology Bombay, Sept. 2023-March 2024, Deep learning for feature extraction in built-up areas

**Shao-Hung Lin**, M.Sc., National Taiwan University, October 2025, Land subsidies detection using radar remote sensing

Dr. rer. nat. **Mona Morsy**, seit Dezember 2022, Fernerkundung und Geologie

**Mabel Ortega**, M.Sc., PUC Rio de Janeiro, Okt. 2022-Sept.2024, Adversarial domain adaptation

**Rahul Raj**, B.Sc., Indian Institute of Technology, Roorkee, Sept. 2023-March 2024, Georeferencing of UAV images

**Mohamed Roohi**, M.Sc., Chamran University, Iran, Nov. 2023-May 2024, Integrating remote sensing data into flood modelling and prediction

**Wei Tang**, Prof., China Univ. of Mining and Technology, Nov. 2024-Jan. 2025, InSAR

Dr. **Maryam Teimouri**, K.N.Toosi University, Teheran, seit April 2021, Crop monitoring from Sentinel images using deep learning

**Teng Xiao**, Prof., Hubei University of Technology, Nov. 2024 – Oct. 2025, Embedded image orientation

**Tianyu Xiu**, M.Sc., Wuhan University, August 2024 – Juli 2025, 3D point cloud segmentation

**Yan Yang**, B.Sc., University of Geosciences and China Geological Survey, Juli 2023-Juni 2024, Landslide monitoring

**Sara Zollini**, PhD, University of L'Aquila, June 2024, UAV photogrammetry and remote sensing

## EXKURSION

Am 4. und 5.12.2024 veranstaltete das gesamte Institut eine Exkursion nach Süddeutschland. Am 4.12. stand ein Besuch an der Universität Heidelberg bei den Profs. Bernhard Höfle und Alexander Zipf auf dem Programm, die uns ihre Arbeiten zur Simulation von Laseraufnahmen sowie eine Reihe interessanter Projektarbeiten im Bereich Disaster Management präsentieren. Am Vormittag danach war die Firma esri-nFrames in Stuttgart das Ziel, einer der weltweiten Marktführer zur 3D Rekonstruktion aus Bilddaten. Nachmittags besuchten wir die Universität Stuttgart, an der Christian Heipke einen Vortrag im Geodätischen Kolloquium hielt.

## EHRUNGEN



**Dinh Tuan Nguyen**, M.Sc., wurde im Juni 2024 in Las Vegas für seinen beim ISPRS Symposium der Kommission II „The Role of Photogrammetry for a Sustainable World“ eingereichten Beitrag zum Thema "Depth-aware panoptic segmentation" mit dem Best Paper Award ausgezeichnet. Koautoren des Beitrags sind Max Mehlretter und Franz Rottensteiner.

**DINH TUAN NGUYEN (2. VON RECHTS) MIT SEINEN KOAUTOREN (V.L.) FRANZ ROTTENSTEINER UND MAX MEHLRETTER SOWIE DEM PRÄSIDENTEN ALPER YILMAZ (HINTEN) UND DEM VIZEPRÄSIDENTEN JAN-DIRK WEGNER (RECHTS) DER ISPRS KOMMISSION II**

Mitglieder des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) wurden beim ISPRS Midterm Symposium der Kommission V „Education and Outreach“ im August 2024 in Manila ausgezeichnet: Prof. **Christian Heipke** bekam für seinen mit Prof. **Steffen Schön** verfassten Beitrag "Studying Geodesy and Geoinformatics - a German university perspective" den Best Paper Award. Daneben erhielt der IPI-Doktorand **Jojene R. Santillan**, M.Sc. den Best Presentation Award für sein Paper "Visualizing the Philippines' SDG 11.3.1 Status and Progress Using Open-Source Geospatial Software and Earth Observation Datasets".



DR. GAY JANE PEREZ, PRÄSIDENTIN DER ISPRS KOMMISSION V, PROF. LENA HALOUNOVÁ, ISPRS PRÄSIDENTIN, CHRISTIAN HEIPKE (LINKES BILD) BZW. JOJENE R. SANTILLAN (RECHTES BILD), EIN VERTRETER DER NATIONAL MAPPING AND RESOURCE AUTHORITY, DR. JOEL S. MARCIANO JR., GENERALDIREKTOR DER PHILIPPINE SPACE AGENCY (V.L.)



PROF. ROTTENSTEINER, DR. DOROZYNSKI, PROF. ACHMUS (V.L.)

Dr.-Ing. **Mareike Dorozynski** vom Institut für Photogrammetrie und GeoInformation der Leibniz Universität Hannover erhielt am 8. November 2024 für ihre im Juni 2023 abgeschlossene Dissertation zum Thema „Image Classification and Retrieval in the Context of Silk Heritage using Deep Learning“, die sowohl theoretisch als auch hinsichtlich der erreichten praktischen Ergebnisse einen bemerkenswerten Stand erreicht hat, den Preis der Victor Rizkallah-Stiftung.

## MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

**Heipke, C.:** Past President der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS)

Ordentliches Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Ordentliches Mitglied der Braunschweiger Wissenschaftlichen Gesellschaft, Vorsitzender der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech)

Mitglied der International Academy of Astronautics

Mitglied der Europäischen Akademie der Wissenschaften und Künste

Associate Editor, Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation

Departmental Academic Advisor, Dep. of Land Surveying and Geo-Informatics, The Hong Kong Polytechnic University

**Mehrtretter, M.:** Sekretär der Arbeitsgruppe II-3 “3D Scene Reconstruction for Modeling & Mapping” der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS)

Leiter des Arbeitskreises “Bildanalyse und Computer Vision” der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF)

**Motagh, M.:** Associate Editor, Journal of Geodynamics, Engineering Geology, Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation, und Remote Sensing of Environment

Mitglied des UNESCO Land Subsidence International Initiative LaSII

**Rottensteiner, F.:** Stellvertretender Vorsitzender der Arbeitsgruppe II-3 “3D Scene Reconstruction for Modeling & Mapping” der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS)

## AUSLANDSAUFENTHALTE

**Franz Rottensteiner** hielt vom 18.11. - 28.11.2024 als Gastprofessor der Universität von Pavia (Italien) eine Vorlesung zum Thema „Machine Learning for Remote Sensing Applications“.

# PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

## GEODÄTISCHES INSTITUT

### BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Bannert, J. (2024). Der Einfluss von Straßenverkehrslärm und Umgehungsstraßen auf Grundstückswerte in Ortslagen: Bestimmung mittels Expertenbefragung nach der Delphi-Methode. *Grundstücksmarkt und Grundstückswert (GuG)*, 35(4), 197-205. <https://research.wolterskluwer-online.de/document/9ee24eec-e01d-3fea-a1d5-e86cb990f5c8>
- Ernst, D., Vogel, S., Alkhatib, H., & Neumann, I. (2024). Monte Carlo variance propagation for the uncertainty modeling of a kinematic LiDAR-based multi-sensor system. *Journal of Applied Geodesy*, 18(2), 237-252. <https://doi.org/10.1515/jag-2022-0033>
- Ernst, D., Vogel, S., Neumann, I., & Alkhatib, H. (2024). Empirical uncertainty evaluation for the pose of a kinematic LiDAR-based multi-sensor system. *Journal of Applied Geodesy*, 18(4), 629-642. <https://doi.org/10.1515/jag-2023-0098>
- Hartmann, J., Ernst, D., Neumann, I., & Alkhatib, H. (2024). PointNet-based modeling of systematic distance deviations for improved TLS accuracy. *Journal of Applied Geodesy*, 18(4), 613-628. <https://doi.org/10.1515/jag-2023-0097>
- Hernández, A. A., Steinführer, A., & Voß, W. (2024). Daseinsvorsorge in ländlichen Räumen neu denken? *Raumforschung und Raumordnung*, 82(2), 93-98. <https://doi.org/10.14512/rur.2548>
- Moftizadeh, R. (2024). Advanced Particle Filtering for Vehicle Navigation based on Collaborative Information. *Deutsche Geodätische Kommission (DGK)*.
- Mohammadivojdan, B., Lorenz, F., Artz, T., Weiß, R., Hake, F., Alkhatib, Y., Neumann, I., & Alkhatib, H. (2024). Robust algorithm for automatic surface-based outlier detection in MBES point clouds. *Marine geodesy*. Vorabveröffentlichung online.
- Omidalizarandi, M. (2024). Vector-autoregressive based vibration monitoring of wind energy turbines using laser scanner profile measurements. *Proceedings of the 11th European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM 2024)*, June 10-13, 2024 in Potsdam, Germany. *e-Journal of Nondestructive Testing*. <https://doi.org/10.58286/29595>
- Shahryarinia, K., Omidalizarandi, M., Heidarianbaei, M. J., Sharifi, M. A., & Neumann, I. (2024). Detecting Change Points in Time Series of InSAR Persistent Scatterers Using Deep Learning Models.
- Vogel, S., & Hake, F. (2024). Development of GPS time-based reference trajectories for quality assessment of multi-sensor systems. *Journal of Applied Geodesy*, 18(4), 597-612. <https://doi.org/10.1515/jag-2023-0084>

### NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Bannert, J. (2024). Der Einfluss von Straßenverkehrslärm auf Grundstückswerte in Ortslagen. In G. Bobka (Hrsg.), *Spezialimmobilien von A bis Z: Bewertung, Modelle, Benchmarks und Beispiele* (4. Aufl., S. 113 - 126). Reguvis.
- Bannert, J. (2024). Der Einfluss von Straßenverkehrslärm und Umgehungsstraßen auf Grundstückswerte in Ortslagen: Bestimmung mittels Expertenbefragung nach der Delphi-Methode. *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (online)*, 149(2), 90 - 98. <https://doi.org/10.12902/zfv-0462-2024>
- Neumann, I., Paffenholz, J.-A., Ruffer, J., Wübbena, J. B., Iqbal, W., & Omidalizarandi, M. (2024). *OpenData4Infmon - Infrastrukturmonitoring mittels einer Fusion aus Open Data Quellen mit lokaler Sensorik*. *GeoMonitoring 2024*, Braunschweig, Deutschland. Vorabveröffentlichung online
- Omidalizarandi, M., Shahryarinia, K., Mohammadivojdan, B., Iqbal, W., Wübbena, J. B., Ruffer, J., Paffenholz, J.-A., & Neumann, I. (2024). Accurate and large-scale monitoring of civil engineering infrastructures through quality ensured Persistent Scatterer Interferometry, corner reflectors, and GNSS equipment. *23. Geokinematischer Tag*, Freiberg, Sachsen, Deutschland.
- Soja, B., Kaselimi, M., Asgarimehr, M., Modiri, S., Sharifi, M. A., Belda, S., Liu, L., Omidalizarandi, M., Śliwińska-Bronowicz, J. (2024). Harnessing the power of AI for Geodesy: Recent developments within the GGOS Focus Area AI4G. In *AGU Fall Meeting 2024*. ETH Zürich.

## VORTRÄGE UND POSTER

- Neumann, I. (2024): Beiträge der Ingenieurgeodäsie zur Positionierung und Unsicherheitsmodellierung autonomer Plattformen. Eingeladener Vortrag auf dem Geodätischen Kolloquium der Frankfurt University of Applied Science, Frankfurt, 25.01.2024.
- Neumann, I. (2024): Beiträge der Ingenieurgeodäsie zur Positionierung und Unsicherheitsmodellierung autonomer Plattformen. Eingeladener Vortrag auf dem Geodätischen Kolloquium der Hochschule Oldenburg, Oldenburg, 02.05.2024.
- Neumann, I. (2024): Beiträge der Ingenieurgeodäsie für ein digitales LifeCycle Management von Infrastrukturbauwerken. Vortrag auf dem Geodätischen Kolloquium der Leibniz Universität Hannover, Hannover, 19.11.2024.
- Neumann, I., Paffenholz, J.-A., Rüffer, J., Wübbena, J. B., Iqbal, W., & Omidalizarandi, M. (2024). OpenData4Infmon - Infrastrukturmonitoring mittels einer Fusion aus Open Data Quellen mit lokaler Sensorik. GeoMonitoring 2024, Braunschweig, Deutschland. Vorabveröffentlichung online
- Omidalizarandi, M., Shahryarinia, K., Mohammadivojdan, B., and Neumann, I.: Quality assessment of Persistent Scatterer Interferometry time series using vector-autoregressive-based spatio-temporal (VAR-ST-PS) modelling, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-17912, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-17912>, 2024.

## DISSERTATIONEN

- Hake, F. (2024): Schadenserkenkung an Bauwerken mittels maschinellem Lernens, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik, Nr. 403

## INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

### BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Abend, S., ..., Müller, J. + 200 authors (2024): Terrestrial Very-Long-Baseline Atom Interferometry: Workshop Summary. *AVS Quantum Science*, Vol. 6, issue 2, <https://doi.org/10.1116/5.0185291>
- Bahadur, B., & Schön, S. (2024). Improving the stochastic model for code pseudorange observations from Android smartphones. *GPS SOLUTIONS*, 28(3), Artikel 148. <https://doi.org/10.1007/s10291-024-01690-y>
- Breva, Y., Kröger, J., Kersten, T., & Schön, S. (2024). On the Impact of GNSS Receiver Settings on the Estimation of Codephase Center Corrections. In J. T. Freymueller, & L. Sánchez (Hrsg.), *Gravity, Positioning and Reference Frames - Proceedings of the IAG Symposia - GGHS2022* (S. 101-108). (International Association of Geodesy Symposia; Band 156). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/1345\\_2023\\_206](https://doi.org/10.1007/1345_2023_206)
- Biskupek, L., Singh, V., Müller, J., Zhang, M. (2024): Potential of Lunar Laser Ranging for the determination of Earth Orientation Parameters. In: Freymueller, J.T., Sánchez, L. (eds) *Gravity, Positioning and Reference Frames. REFAG 2022. International Association of Geodesy Symposia*, vol 156. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/1345\\_2024\\_238](https://doi.org/10.1007/1345_2024_238)
- O'Connor, M., Kersten, T., Skupin, C., Ruwisch, F., Ren, L., Wübbena, T., & Schön, S. (2024). Low-latency GNSS multipath simulation and building wall detection in urban environments. *Simulation*, 100(1), 71-89. <https://doi.org/10.1177/00375497221145601>
- Duwe, M., Koch, I., & Flury, J. (2024). Residual patterns in GRACE Follow-On laser ranging interferometry post-fit range rate residuals. *Advances in Space Research*, 73(12), 5769–5782. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.03.035>
- Elmaghraby, Ahmed, Schön, Steffen, "Modeling Variations in GNSS Precise Frequency Transfer: Focus on Troposphere Effects," *Proceedings of the 37th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2024)*, Baltimore, Maryland, September 2024, pp. 3600-3610. <https://doi.org/10.33012/2024.19898>
- Grotti, J., Nosske, I., Koller, S.B., Herbers, S., Denker, H., Timmen, L., Vishnyakova, G., Grosche, G., Waterholter, T., Kuhl, A., Koke, S., Benkler, E., Giunta, M., Maisenbacher, L., Matveev, A., Dörscher, S., Schwarz, R., Al-Masoudi, A., Hänsch, T.W., Udem, T.H., Holzwarth, R., Lisdat, C. (2024). Long-distance chronometric leveling with a transportable optical clock. *Physical Review Applied* 21 (6), L061001
- Voigt, C., Sulzbach, R., Dobsław, H., Weise, A., Timmen, L., Deng, Z., Reich, M., Stolarczuk, N., Peters, H., Fietz, M., Thomas, M., Flechtner, F. (2024): Non-tidal ocean loading signals of the North and Baltic Sea from terrestrial gravimetry, GNSS, and high-resolution modeling. *Geophysical Research Letters*, 51, e2024GL109262. <https://doi.org/10.1029/2024GL109262>
- HosseiniArani, A., Schilling, M., Beauflis, Q., Knabe, A., Tennstedt, B., Kupriyanov, A., Schön, S., Pereira dos Santos, F., Müller, J. (2024). Advances in atom interferometry and their impacts on the performance of quantum accelerometers on-board future satellite gravity missions. *Advances in Space Research*, 74(7), 3186-3200. doi: 10.1016/j.asr.2024.06.055
- Klemme, A., Warneke T., Bovensmann, H., Weigelt, M., Müller, J., Rixen, T., Notholt, J., and Lämmerzahl, C. (2024): Sediment transport in Indian rivers high enough to impact satellite gravimetry. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28, 1527–1538, <https://doi.org/10.5194/hess-28-1527-2024>
- Koch, I., Duwe, M., Flury, J. (2024): Residual and Unmodeled Ocean Tide Signal From 20+ Years of GRACE and GRACE-FO Global Gravity Field Models, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Vol. 129, doi: 10.1029/2024JB029345
- Kupriyanov, A., Reis, A., Knabe, A., Fletling, N., HosseiniArani, A., Romeshkani, M., Schilling, M., Müller, V. Müller, J. (2024). Analysis of Novel Sensors and Satellite Formation Flights for Future Gravimetry Missions, *International Association of Geodesy Symposia*, Springer, doi: 10.1007/1345\_2024\_279
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2024): Benefit of enhanced electrostatic and optical accelerometry for future gravimetry missions. *Advances in Space Research*, [Print version: Vol. 73, issue 6, 2024], <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.12.067>
- Meyer, U., Lasser, M., Dahle, C., Förste, C., Behzadpour, S., Koch, I., Jäggi, A. (2024): Combined monthly GRACE-FO gravity fields for a Global Gravity-based Groundwater Product, *Geophysical Journal International*, Vol. 236, No. 1, doi: 10.1093/gji/ggad437

- Romeshkani, M., Müller, J., Knabe, A., Schilling, M. (2024): Quantum Gravimetry for Future Satellite Gradiometry. *Advances in space research*, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.11.072>
- Schaper, A., & Schön, S. (2024). Multi-Agent Multi-Sensor Collaboration for Improved Positioning in Urban Environment. In 37th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS+ 2024 (S. 2780-2792) <https://doi.org/10.33012/2024.19764>
- Su, J., Schön, S., & Gallon, E. (2024): Reliable Overbounding for Stochastic IMU Error Models Using Interval Analysis. In Proceedings of the 37th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2024) (pp. 1828-1842). Institute of Navigation.
- Vincent, A., Müller, J. (2024): Vision of a clock-based network for absolute sea level monitoring. IAG/IUGG Berlin 2023 Proceedings, Springer, IAG Symposia, DOI: 10.1007/1345\_2024\_265
- Weigelt, M., Jäggi, A., Meyer, U., Arnold, D., Mayer-Gürr, T., Öhlinger, F., Sosnica, K., Ebadi, S., Schön, S. Steffen H. (2024): Bridging the gap between GRACE and GRACE Follow-On by combining high-low satellite-to-satellite tracking data and satellite laser ranging. In: *J Geod* 98 (9), S. 84. DOI: 10.1007/s00190-024-01888-5.
- Zhang, M., Müller, J., Biskupek, L. (2024): Advantages of combining Lunar Laser Ranging and Differential Lunar Laser Ranging. *Astronomy and Astrophysics*, 681, A5. DOI: 10.1051/0004-6361/202347643
- Zingerle, P., M. Romeshkani, J. Haas, T. Gruber, A. Güntner, J. Müller and R. Pail (2024): The benefits of future quantum accelerometers for satellite gravity missions. *Earth and Space Science*, 11, e2024EA003630, <https://doi.org/10.1029/2024EA003630>

## NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Abdalla, A., ..., Müller, J. + 300 authors (2024): Terrestrial Very-Long-Baseline Atom Interferometry: Summary of the Second Workshop. <https://arxiv.org/abs/2412.14960>
- Biskupek, L., Müller, J. (2024): Determination of Earth Orientation Parameters from Lunar Laser Ranging Data. *Journees Sept. 2023, Nice, France*, <https://syrtel.obspm.fr/astro/journees2023/LATEX/JOURNEES2023.pdf>
- Biskupek, L., Singh, V., Zhang, M., Müller, J. (2024): Benefit of advanced lunar tracking for determining the parameters of the Earth-Moon system. 22nd Laser Ranging workshop, Yebes, Spain, 2022, proceedings, S10-T03, [https://ilrs.gsfc.nasa.gov/lw22/papers/S10/S10-03\\_Liliane\\_Biskupek\\_Paper.pdf](https://ilrs.gsfc.nasa.gov/lw22/papers/S10/S10-03_Liliane_Biskupek_Paper.pdf)
- Elmaghraby, Ahmed, Krawinkel, Thomas, Schön, Steffen, Kniggendorf, Ann-Kathrin, Kuhl, Alexander, Mukherjee, Shambo, Kronjäger, Jochen, Piester, Dirk, "Comparing Frequency Transfer via GNSS and Fiber in a Common-Clock Configuration," Proceedings of the 55th Annual Precise Time and Time Interval Systems and Applications Meeting, Long Beach, California, January 2024, pp. 105-116. <https://doi.org/10.33012/2024.19592>
- Lin, Q., Su, J., & Schön, S. (2024). Towards Integrity Monitoring for GNSS-Based Time Synchronization in Technical Applications. In Proceedings of the 37th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2024) (pp. 669-683). Institute of Navigation.
- Müller, J.: Die 28. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) – Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG)2023 in Berlin, Deutschland. *zfv* 1/2024, 149. Jahrgang, S. 6-22 (Hrsg.) und S. 6-7, 2024
- Müller, J. (2024): SPC IUGG 2023 Report. *Comptes Rendus of the 28th IUGG General Assembly (IUGG2023)*, p. 15-17, [https://iugg.org/wp-content/uploads/2024/04/IUGG\\_GA\\_2023\\_Comptes\\_Rendus.pdf](https://iugg.org/wp-content/uploads/2024/04/IUGG_GA_2023_Comptes_Rendus.pdf)
- Müller, J. (2024): QuGe Report 2023-2027. IAG Geodesist's handbook 2024
- Vincent, A., Müller, J., Lisdat, C., Philipp, D. (2024). Realization of a clock-based global height system: A simulation study for Europe and South America. <http://arxiv.org/abs/2411.07888>
- Müller, J.: Die Geodäsie – eine eigene Welt. *zfv* 2/2024, editorial, S. 71
- Müller, J: Nationale und internationale Verantwortung. *zfv* 6/2024, editorial, S. 347
- Subiza Piña, W. H., Timmen, L. (2024): The Readjustment of the National Gravimetric Network of Uruguay, Technical Report – IGM02/2024
- Weddig, N.B., Schoen, S. (2024): Observability and Estimability Analysis of an Error State Multi-Sensor Navigation Filter Using Numerical Observability Methods, 37th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2024), Baltimore, Maryland, <https://doi.org/10.33012/2024.19867>

## VORTRÄGE UND POSTER

- Breva, Y., Addo, E., Caizzone, S., Kröger, J., Kersten, T., & Schön, S. (2024). MAESTRO: Understanding Multipath – Antenna – Receiver Interactions for Calibrating Code Phase Variations of GNSS Receiving Antennas. Postersitzung präsentiert bei IGS Symposium and Workshop 2024, Bern, Schweiz
- Breva, Y., Kröger, J., Kersten, T., & Schön, S. (2024). How Observation Noise impacts the Estimation of Codephase- and Phase-Center Correction with a Robot in the Field. Abstract von EGU General Assembly 2024, Wien, Österreich. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-9080>
- Dörscher, S., Noßke, I., Vishwakarma, C., Lücke, T., Klose, J., Stahl, K., Benkler, E., Kuhl, A., Mukherjee, S., Denker, H., Kronjäger, J., Lisdat, C., and the ICON collaboration (2024) International Comparisons of Strontium Lattice Clocks. Poster presented at QuantumFrontiers Days 2024, Hannover, 27-28 May 2024
- Duwe, M., Koch, I., Flury, J. (2024): Patterns in GRACE-FO LRI Post-Fit Range Rate Residuals, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14-19 April, doi: 10.5194/egusphere-egu24-11987
- Duwe, M., Koch, I., Flury, J. (2024): Analysis and intercomparison of LRI and KBR gravity fields and their post-fit range rate residuals, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2024, Potsdam, Germany, 8-10 October, doi: 10.5194/gstm2024-75
- Fletling, N., Knabe, A., Müller, J., Weigelt, M., & Schilling, M. (2024). Quantum-based Accelerometers for Satellite Gravimetry Missions. EGU General Assembly 2024, Wien, Österreich.
- Flury, J., Duwe, M., Koch, I. (2024): Advancing space geodesy techniques: insights from GRACE / GRACE-FO, GGHS 2024, Thessaloniki, Greece, 4-6 September
- Flury, J., Duwe, M., Koch, I. (2024) Advancing space geodesy techniques: insights from GRACE / GRACE-FO, GGHS2024 Thessaloniki
- HosseiniArani, A., Schilling, M., Beaufils, Q., Knabe, A., Tennstedt, B., Kupriyanov, A., Schön, S., Pereira dos Santos, F., Müller, J. (2024). Comprehensive In-orbit Performance Evaluation of Quantum Sensors for Future Satellite Gravity Missions and Space Navigation. Gravity, Geoid and Height Systems 2024 Symposium, 4-6 September, Thessaloniki, Greece
- Kersten, T., Bilich, A., Sutyagin, I., & Schön, S. (2024). A Global Collaboration to Enhance GNSS Receiver Antenna Calibration: The IGS Antenna Ring Campaign. EGU General Assembly 2024, Wien, Österreich. <https://doi.org/10.15488/17174>.
- Kersten, T., Bilich, A., Sutyagin, I., & Schön, S. (2024). A Global Collaboration to Enhance GNSS Receiver Antenna Calibration: The IGS Antenna Ring Campaign. Abstract von EGU General Assembly 2024, Wien, Österreich. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-17665>.
- Kersten, T., Kröger, J., Breva, Y., Schön, S., Ramatschi, M., Bradke, M., & Männel, B. (2024). From Past to Present: Investigating Retrofitted GPS Antennas for Multi-GNSS Functionality. Postersitzung präsentiert bei IGS Symposium and Workshop 2024, Bern, Schweiz. <https://doi.org/10.15488/17619>
- Kersten, T., Sutyagin, I., Bilich, A., & Schön, S. (2024). Uniting Global Efforts to Calibrate GNSS Antennas: Models, analyses and pilot results. IGS Symposium and Workshop 2024, Bern, Schweiz. Vorabveröffentlichung online. <https://doi.org/10.15488/17846>.
- Kersten, T., Sutyagin, I., Bilich, A., & Schön, S. (2024). Uniting Global Efforts to Calibrate GNSS Antennas: Models, analyses and pilot results. Postersitzung präsentiert bei IGS Symposium and Workshop 2024, Bern, Schweiz. Vorabveröffentlichung online. <https://doi.org/10.15488/17845>.
- Knabe, A., Schilling, M., Romeshkani, M., HosseiniArani, A., Fletling, N., Kupriyanov, A., Müller, J., Beaufils, Q., Pereira dos Santos, F., (2024). Cold Atom Interferometry Accelerometers for Future Satellite Gravity Missions, EGU General Assembly, 14-19 April, Vienna, Austria
- Knabe, A., Schilling, M., Romeshkani, M., HosseiniArani, A., Fletling, N., Kupriyanov, A., Müller, J., Beaufils, Q., Pereira dos Santos, F., (2024). Cold Atom Interferometry Accelerometers for Future Satellite Gravity Missions, Geoid and Height Systems 2024 Symposium, 4-6 September, Thessaloniki, Greece
- Krawinkel, T., Schön, S., Schroeder, J., Perschke, C., Wallat, C., Vennebusch, M., Knöfel, C. (2024): PPP-RTK with SSR-based Corrections via Digital Audio Broadcasting in Germany, 37th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2024), Baltimore, Maryland, USA, 16-20 September.
- Koch, I., Duwe, M., Flury, J. (2024): Signatures of residual ocean tides in GRACE(-FO) ranging post-fits
- Koch, I., Duwe, M., Flury, J. (2024): Updates on gravity field recovery and analysis of post-fit residuals at LUH, COST-G Meeting 2024, Beijing, China, Online, 11-14 November

- Kröger, J., Ren, L., Wübenna, J., Tripathi, V., Caizzone, S., & Schön, S. (2024). *Impact of GNSS receivers on GNSS antenna performance prediction for automotive scenarios*. NAVITEC 2024, Noordwijk, Niederlande
- Kröger, J., Brevi, Y., Kersten, T., & Schön, S. (2024). *Recent Antenna Calibration Developments at IFE*. Postersitzung präsentiert bei IGS Symposium and Workshop 2024, Bern, Schweiz
- Kupriyanov, A., Reis, A., Yan, Y., Schilling, M., Müller, V. Müller, J. (2024). Evaluation of Optical Accelerometry and Satellite Formation Flights for Future Gravimetry Missions, Quantum Frontiers Days 2024, 27-28 May 2024, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Knabe, A., Fletling, N., HosseiniArani, A., Yan, Y., Romeshkani, M., Müller, V. Müller, J. (2024). Beyond MAGIC: Quantum Accelerometers for Future Gravimetry Missions, Quantum Frontiers Days 2024, 27-28 May 2024, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A., Reis, A., Müller, V. Müller, J. (2024). B01: New Measurement Concepts with Laser Interferometers, TerraQ evaluation, 11-12 June 2024, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A., Reis, A., Knabe, A., Fletling, N., Romeshkani, M., HosseiniArani, A., Schilling, M., Müller, V. Müller, J. (2024). Performance of Novel Accelerometers and Satellite Formations for Future Gravimetry Missions, COSPAR 2024: 45th Scientific Assembly, 13-21 July 2024, Busan, Republic of Korea
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V. Müller, J. (2024). Benefits of Optical Accelerometry and Satellite Formations for Future Gravimetry Missions, Frontiers of Geodetic Science (FroGS) 2024, 26-27 September 2024, Stuttgart, Germany
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M. Müller, V., Müller, J. (2024). Benefits of Optical Accelerometry On-board of Future Satellite Gravimetry Missions, AGU Fall Meeting 2024, 9-13 December 2024, Washington D.C., United States of America
- Lin, Q., Su, J., & Schön, S. (2024). Towards Integrity Monitoring for GNSS-Based Time Synchronization in Technical Applications, ENC 2024, Noordwijk, Netherlands, 21-24 May.
- Lin, Q., Su, J., & Schön, S. (2024). Towards Integrity Monitoring for GNSS-Based Time Synchronization in Technical Applications. ION GNSS+ 2024, Baltimore, USA, 16-20 September
- Müller, J. (2024). Status report on project QuGe. QuGe 1<sup>st</sup> board meeting, 1 February 2024 (virtual)
- Müller, J. (2024). Advancing Future Gravimetry Missions Using CAI Sensors. EC Meeting of Quantum Space Gravimetry (QSG) Consultation Platform, 14 May 2024, (virtual)
- Müller, J. (2024). Relativistic and Quantum-Based Geodesy. TerraQ evaluation, 11 June 2024, Hannover
- Müller, J. (2024). Geodesy and Height Systems. TerraQ Lecture Week, 25 July 2024, Mardorf
- Müller, J. (2024). Benefit of Quantum Technology for Geodesy. Webinar of IAG QuGe and FIG, 29 July 2024 (virtual)
- Müller, J. (2024). Status report on project QuGe. IAG EC meeting, 3 September 2024, Thessaloniki, Greece
- Müller, J. (2024). Status report on project QuGe. QuGe 2<sup>nd</sup> board meeting, 19 December 2024 (virtual)
- Romeshkani, M., Müller, J., Knabe, A., Kupriyanov, A., Schilling, M. (2024). Quantum Gravimetry and Other Quantum-based Sensors for Terrestrial and Space Observations and Applications, AGU Fall Meeting 2024, 9-13 December 2024, Washington D.C., United States of America
- Shabanloui, A., Vincent, A., Müller, J., Zhang, M. (2024). Applications of Optical Clock Networks in Geodesy, Quantum Frontiers Days 2024, 27-28 May 2024, Hannover, Germany
- Tennstedt, B., Weddig, N., Schön, S. (2024): Evaluation Tools for Quantum Inertial Navigation Systems, Quantum Frontiers Days, Hannover, Germany, 27.-28. May
- Tennstedt, B. (2024): Aspects of an integrated quantum inertial navigation system, European Navigation Conference, ESA-ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, 22.-24. May.
- Timmen, L., A. Weise, M. Reich, R. Sulzbach, K. Balidakis, Ch. Voigt, H. Dobsław (2024): Gravimetrische Auflastsignale der Nord- und Ostsee am DESY/Hamburg (Statusbericht). Vortrag: Arbeitskreis Geodäsie und Geophysik, Mardorf (Steinhuder Meer), 04.-07. Nov. 2024.
- Schön S. (2024): I.C.Sense – Ergebnisse aus 8 Jahren Graduiertenkolleg. DGK Jahressitzung München.
- Schön S. (2024): Results from the IGS antenna ring calibration. IGS analysis center Workshop Bern 5. Juli 2024
- Shabanloui, A., Vincent, A., Müller, J., Zhang, M. (2024). Applications of Optical Clock Networks in Geodesy, Quantum Frontiers Days 2024, 27-28 May 2024, Hannover, Germany

- Su, J., Schön, S., & Gallon, E. (2024): Determination of PSD Overbounding for High-integrity Inertial Navigation using Interval Analysis, European Navigation Conference (ENC 2024), Noordwijk, the Netherlands, 22-24 May
- Vincent, A., Müller, J. (2024). Clock-based Unification for the Realization of A Global Height System, GGHS 2024, 4 September 2024, Thessaloniki, Greece
- Vincent, A., Müller, J. (2024). Clock-based Networks for Monitoring Global Sea Level, Frontiers of Geodetic Science (FroGS) 2024, 26-27 September 2024, Stuttgart, Germany
- Vincent, A., Lachman, K., Müller, J., Vollmair, P., Schlicht, A. (2024). Determination of Heights via Time and Frequency Transfer, QTF Backbone Workshop 2024, 11-12 November 2024, Braunschweig, Germany
- Vincent, A., Müller, J. (2024). Clock Networks for Geodetic Applications – A Simulation Study, AGU Fall Meeting 2024, 9-13 December 2024, Washington D.C., United States of America
- Zhang, M., Biskupek, L., Müller, J., Hackmann, E., Lämmerzahl, C. (2024). Advanced Lunar Laser Ranging for Testing Relativity and Studying the Earth-Moon System, Quantum Frontiers Days 2024, 27-28 May 2024, Hannover, Germany
- Zhang, M., Biskupek, L., Müller, J. (2024). Lunar Laser Ranging for Testing Relativity and Studying the Earth-Moon System, 23rd International Workshop on Laser Ranging, 20-26 October 2024, Kunming, China

## INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

### BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Cheng, H., Liu, M., Chen, L., Broszio, H., Sester, M., & Yang, M. Y. (2024): A graph-and attention-based multi-agent trajectory prediction model, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 205, 163-175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.10.001>
- Dorozynski, M., Rottensteiner, F., Thiemann, F., Sester, M., Dahms, T. & Hovenbitzer, M., Multi-modal Land Cover Classification of Historical Aerial Images and Topographic Maps: A Comparative Study, in: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. X-4-2024, S. 107-115 9 S.
- Feng, Y., Y. Xu, Y. Xia, C. Brenner, M. Sester (2024): Gap completion in point cloud scene occluded by vehicles using SGC-Net, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.215, 331-350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.07.009>
- Fuest, S., Shkedova, O. & Sester, M., 2024, Promoting favorable routes through visual communication: a design study for creating 'Social' route maps for the case of air pollution, in: *International Journal of Cartography*. 10, 1, S. 68-93 26 S.
- Kamalasanan, V., Fuest, S., & Sester, M. (2024): Investigating Effects of Future Path Visualisation on Path Choices During Collision Encounters, *KN-Journal of Cartography and Geographic Information*, 1-15. DOI: 10.1007/s42489-024-00177-7
- Kamalasanan, V., Krüger, M. & Sester, M., 2024, Interacting with a virtual cyclist in Mixed reality affects pedestrian walking, *CLIFE 2024 - Creating Lively Interactive Populated Environments*. S. 1 - 6
- Liu, M., Cheng, H., Chen, L., Broszio, H., Li, J., Zhao, R., Sester, M. & Yang, M. Y., LAformer: Trajectory Prediction for Autonomous Driving with Lane-Aware Scene Constraints, 2024 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. IEEE Computer Society, S. 2039-2049 11 S.
- Mohammadi, R., Taleai, M., Ott, P. & Sester, M., Analyzing urban crash incidents: An advanced endogenous approach using spatiotemporal weights matrix, 10 Apr. 2024, in: *Transactions in GIS*. 28, 2, S. 368-410 43 S.
- Schleibaum, S., Müller, J. P. & Sester, M., An Explainable Stacked Ensemble Model for Static Route-Free Estimation of Time of Arrival, in: *Journal of advanced transportation*. 2024, 14 S., 9301691.
- Shkedova, O. & Sester, Visualization of Space Occupancy Uncertainty in a 3D Voxel-based Urban Model, in: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 10, 4, S. 311-317 7 S.
- Shkedova, O., S. Fuest & M. Sester (2024): A pseudo-3D visual variable for simultaneous risk mapping and safest route communication, *International Journal of Cartography*. DOI: 10.1080/23729333.2024.2392968
- Winter, S., Sester, M., Tomko, M., & Millonig, A. (2024): The Challenge of Data Analytics with Climate-Neutral Urban Mobility (Vision Paper), *ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems*.
- Xu, Y., Cheng, H. & Sester, M., Controllable Diverse Sampling for Diffusion Based Motion Behavior Forecasting, 2024 *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. S. 2397-2404 8 S. (IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings).
- Yuan, Y. & Sester, M., CoSense3D: an Agent-based Efficient Learning Framework for Collective Perception, *Proceedings - 35th IEEE Intelligent Vehicles Symposium, IV 2024*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., S. 1236-1241 6 S. (IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings).
- Zou, Q., & Sester, M. (2024): 3D Uncertain Implicit Surface Mapping Using GMM and GP, *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 9, no. 11, pp. 10559-10566. DOI: doi: 10.1109/LRA.2024.3475873

### BEGUTACHTETE KONFERENZBEITRÄGE

- Bienzeisler, L., Wage, O. and Friedrich, B. (2024): Cutting Redundancy, Slashing Emissions: The Role of Consolidation for a Sustainable Last-Mile Delivery, *Forum for Innovative Sustainable Transportation Systems (FISTS)*, Riverside, CA, USA, 2024, pp. 1-8. DOI: 10.1109/FISTS60717.2024.10485542

- Dorozynski, M., Rottensteiner, F., Thiemann, F., Sester, M., Dahms, T., Hovenbitzer, M. (2024): Multi-modal land cover classification of historical aerial images and topographic maps: a comparative study., *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences X-4-2024*, pp. 107-115. DOI: DOI: 10.5194/isprs-annals-X-4-2024-107-2024
- Golze, J. and Sester, M. (2024): Determining User Specific Semantics of Locations Extracted from Trajectory Data, *Transportation Research Procedia: 25th Euro Working Group on Transportation Meeting*, Vol. 78, Page 215-221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.02.028>
- Golze, J., Sester, M., Feuerhake, U., Brenner, C. (2024): Exploring User Semantic Annotation from Trajectories in the Scenario of Shared Locations, *AGILE GIScience Ser.*, 5, 25. DOI: <https://doi.org/10.5194/agile-giss-5-25-2024>
- Mortazavi, F., Kuzminykh, A., Ahlers, V., Brenner, C., and Sester, M. (2024): Integrated Multi-Stereo Camera System for Robust Indoor Localization with Temporal Fusion, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-2/W7-2024, 81–87; DOI:10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W7-2024-81-2024
- Shkedova, O., & Sester, M. (2024): Visualization of Space Occupancy Uncertainty in a 3D Voxel-based Urban Model, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10, 311-317.
- Shojaei, H., Zou, Q., Mehlretter, M. (2024): Uncertainty Estimation and Out-of-Distribution Detection for LiDAR Scene Semantic Segmentation. *arXiv:2410.08687*
- Xhoxhi, E., Wolff, V.A., Li, Y. and Schiegg, F.A., 2024. Vulnerable Road User Clustering for Collective Perception Messages: Efficient Representation Through Geometric Shapes. *arXiv preprint arXiv:2404.14925*.
- Yiming Xu, Hao Cheng, Monika Sester (2024): Controllable Diverse Sampling for Diffusion Based Motion Behavior Forecasting, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. DOI: 10.1109/IV55156.2024.10588486
- Yunshuang Yuan, Monika Sester (2024): CoSense3D: an Agent-based Efficient Learning Framework for Collective Perception, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*. DOI: 10.1109/IV55156.2024.10588865

## MONOGRAPHIEN

- Axmann, Jeldrik: Localization using maximum consensus. Dissertation, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover ; 2024. Ausschuss Geodäsie der Bayrischen Akademie der Wissenschaften (DGK), Reihe C, Nr. ....
- Fuest, Stefan: Nudging travelers to societally favorable routes by means of cartographic symbolization. Dissertation, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK), Reihe C, Nr. 935, München 2024, ISBN 978-3-7696-5347-2
- Malinovskaya, Anna: Statistical process monitoring of networks. Dissertation, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Ausschuss Geodäsie der Bayrischen Akademie der Wissenschaften (DGK), Reihe C, Nr. 942, München 2024, ISBN 978-3-7696-5354-0

## VORTRÄGE UND POSTER

Sester, M.

- NordLB, 12.6.: Nachhaltige Mobilität – Rolle von Daten und automatischer Auswertung; Das Projekt Dinamo
- BWG-Vorträge im Schloss, 26.6.: Nachhaltige Mobilität
- Geoinformatics Conference Toronto, 15.8.: Sustainable Urban Mobility
- Kolloquium an der Universität Zürich,, 15.10.: Automation in spatial data processing – applications in sustainable mobility
- IEEE LMAP, 3.12., Nachhaltige Urbane Mobilität

Fuest, s. Andreas Gollenstede, Maximilian Herbers, Rieke Marie Kaiser, Jennifer Tadge (2024): Visualisierung von Schiffsrouten des 18./19. Jahrhunderts mit unscharfer raumzeitlicher Datengrundlage, Posterpräsentation beim 21. Kartographiehistorischen Colloquium vom 4. bis 7. September in Oldenburg

## INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

### BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Abualhanud, S., Erahan, E., Mehlretter, M. (2024): Self-Supervised 3D Semantic Occupancy Prediction from Multi-View 2D Surround Images. - PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 92, 483-498. DOI: 10.1007/s41064-024-00308-9
- Aziz Zanjani, F., Amelung, F., Piter, A., Sobhan, K., Tavakkoliestahbanati, A., Eberli, G. P., Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M., Milillo, P., Mirzaee, S., Nanni, A., Andiroglu, E. (2024): InSAR Observations of Construction-Induced Coastal Subsidence on Miami's Barrier Islands, Florida. - Earth and Space Science, 11, 12, e2024EA003852. DOI: 10.1029/2024EA003852
- Bockstiegel, M., Richard-Cerda, J. C., Muñoz-Vega, E., Haghghi, M. H., Motagh, M., Lalehzari, R., Schulz, S. (2024): Simulation of present and future land subsidence in the Rafsanjan plain, Iran, due to groundwater overexploitation using numerical modeling and InSAR data analysis. - Hydrogeology Journal, 32, 289-305. DOI: 10.1007/s10040-023-02657-y
- Buyuksalih, G., Gazioglu, C, Jacobsen, K., (2024): Geometric Analysis of WorldView-2 Geo-referenced Image Containing mostly Sea, International Symposium on Applied Geoinformatics, Wroclav. Proceedings of the IV International Symposium on Applied Geoinformatics - ISAG2024, DOI: 10.37190/ISAG2024
- Chen, F., Diao, F., Haghshenas Haghghi, M., Wang, Y., Zhu, Y., Wang, R., Xiong, X. (2024): Mechanism and implications of the post-seismic deformation following the 2021 Mw 7.4 Maduo (Tibet) earthquake. - Geophysical Journal International 237:1, 203–216, DOI: 10.1093/gji/ggae034
- Coenen M., Meyer M., Beyer D., Heipke C., Haist M. (2024): Computer Vision as Key to an Automated Concrete Production Control. Proceedings, 41st International Symposium on Automation and Robotics in Construction ((ISARC 2024), 26-33. DOI: 10.22260/ISARC2024/0005, ISBN: 978-0-6458322-1-1, ISSN: 2413-5844
- Dorozynski, M., Rottensteiner, F., Thiemann, F., Sester, M., Dahms, T., Hovenbitzer, M. (2024): Multi-modal land cover classification of historical aerial images and topographic maps: a comparative study. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences X-4-2024, pp. 107-115. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-4-2024-107-2024
- El Amrani Abouelassad, S., Mehlretter, M. & Rottensteiner, F. (2024): Monocular Pose and Shape Reconstruction of Vehicles in UAV Imagery using a multi-task CNN. PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, Vol. 92, 499-516. DOI: 10.1007/s41064-024-00311-0
- Garg, S., Dasgupta, A., Motagh, M., Martinis, S., Selvakumaran, S. (2024): Unlocking the full potential of Sentinel-1 for flood detection in arid regions. - Remote Sensing of Environment, 315, 114417. DOI: j.rse.2024.114417
- GHOSH, B., Garg, S., Motagh, M., Martinis, S. (2024): Automatic Flood Detection from Sentinel-1 Data Using a Nested UNet Model and a NASA Benchmark Dataset. - PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 92, 1-18. DOI: s41064-024-00275-1
- Guo, Z., Baes, M., Motagh, M. (2024): Ramp-Flat and Splay Faulting Illuminated by Frictional Afterslip Following the 2017 Mw 7.3 Sarpol-e Zahab Earthquake. - Seismological Research Letters. DOI: 10.1785/0220230425
- Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2024): Treating Tropospheric Phase Delay in Large-scale Sentinel-1 Stacks to Analyze Land Subsidence. - PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 92, 593-607. DOI: 10.1007/s41064-024-00304-z
- Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2024): Uncovering the impacts of depleting aquifers: A remote sensing analysis of land subsidence in Iran. - Science Advances, 10, 19. DOI: 10.1126/sciadv.adk3039
- He, Y., Motagh, M., WANG, X., Liu, X., Kaufmann, H., Xu, G., Chen, B. (2024): Detailed hazard identification of urban subsidence in Guangzhou and Foshan by combining InSAR and optical imagery. - International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 135, 104291. DOI: 10.1016/j.jag.2024.104291
- Heidarianbaei, M., Kanyamahanga, H., Dorozynski, M. (2024): Enhancing Multi-Sensor Land Cover Classification Through Transformer-Based Utilization of Satellite Image Time Series, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., X-3-2024, 169–177. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-3-2024-169-2024

- Heipke C., Schön S. (2024): Studying Geodesy and Geoinformatics - a German university perspective. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume X-5-2024, pp. 71-78. - Best paper award award - auch in: Reinhard W., Huang H. (Eds.), Festschrift für Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer zum 60. Geburtstag, Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie, Universität der Bundeswehr, Heft Nr. 101, p. 35-44, DOI: 10.5194/isprs-annals-X-5-2024-71-2024
- Heipke C., Haghighi M.H., Mehlretter M., Motagh M., Rottensteiner F. (2024): Special Issue: 75 Years IPI—an Overview of Current Research Activities in Photogrammetry and Remote Sensing (Editorial), PFG (2024), 457-459. DOI: 10.1007/s41064-024-00317-8
- Huning, L. S., Bateni, S. M., Hayes, M., Ho, S.-Q.-G., Jayasinghe, S., Kumar, R., Lima, C., Love, C. A., Madani, K., Markonis, Y., Matin, M. A., Miao, C., Motagh, M., Naeger, A., de Oliveira, D. Y., Read, L. K., Samaniego, L., Shokri, N., Shukla, S., Soltanian, R., Stefanski, R., Trabelsi, F., Tsegai, D., Vo, L. U. C., Wanders, N., Wens, M., Zarei, A., AghaKouchak, A. (2024): Sustainability nexus analytics, informatics, and data (AID): Drought. - Sustainability Nexus Forum, 32, 18. DOI: 10.1007/s00550-024-00546-w
- Kang J., Chen L., Heipke C. (2024): EnhancedNet, an end-to-end network for dense disparity estimation and its application to aerial images. PFG (2024) 531-546. DOI: 10.1007/s41064-024-00307-w
- Ma, J., Li, Z., Wang, M., Zhou, B., Ha, G., Motagh, M. (2024): Cascading rupture of large strike-slip fault bends: Evidence from paleoearthquakes in the Xianshuihe fault zone, Eastern Tibetan Plateau. - Journal of Asian Earth Sciences, 273, 106255. DOI: 10.1016/j.jseaes.2024.106255
- Ma, S., Li, T., Motagh, M., Auer, S., Liu, Y., Liu, J. (2024): Complex Scattering Mechanisms at Power Lines in X-Band SAR Imagery. - IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 21, 4015805. DOI: 10.1109/LGRS.2024.3452709
- Meyer M., Langer A., Mehlretter M., Beyer D., Coenen M., Schack T., Haist M., Heipke C. (2024): Fresh concrete properties from stereoscopic image sequences. PFG (2024), 517-529. DOI: 10.1007/s41064-024-00303-0
- Meyer, M., Langer, A., Mehlretter, M., Beyer, D., Coenen, M., Schack, T., Haist, M., Heipke, C. (2024): Image-based deep learning for the time-dependent prediction of fresh concrete properties. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences X-2-2024, pp. 145–152. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-2-2024-145-2024
- Motagh, M., Garg, S., Cigna, F., Teatini, P., Bhardwaj, A., Matin, M. A., Zarei, A., Madani, K. (2024): Sustainability nexus AID: landslides and land subsidence. - Sustainability Nexus Forum, 32, 12. DOI: 10.1007/s00550-024-00549-7
- Motagh, M., Riedel, B. (2024): Editorial for Special Issue: RADAR REMOTE SENSING. - PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 92, 211. DOI: 10.1007/s41064-024-00293-z
- Nguyen, T., Mehlretter, M., Rottensteiner, F. (2024): Depth-aware panoptic segmentation. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences X-2-2024, pp. 153–161. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-2-2024-153-2024
- Ortega Adarme M.X., da Costa G.A.O.P., Soto Vega P.J., Heipke C., Feitosa R.Q. (2024): Unsupervised multi-target domain adaptation for deforestation detection in tropical rainforest. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., X-3-2024, 293–302. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-3-2024-293-2024
- Peng, M., Motagh, M., Lu, Z., Xia, Z., Guo, Z., Zhao, C. and Liu, Q. (2024): Characterization and prediction of InSAR-derived ground motion with ICA-assisted LSTM model. - Remote Sensing of Environment, 301, 113923. DOI: 10.1016/j.rse.2023.113923
- Piter, A., Haghsheenas Haghighi, M., Motagh, M. (2024): Challenges and Opportunities of Sentinel-1 InSAR for Transport Infrastructure Monitoring. - PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 92, 609-627. DOI: 10.1007/s41064-024-00314-x
- Saba F., Latifi H., Valadan Zoej M.J., Heipke C. (2024): Analysis of the spatio-temporal dynamics of Buxus Hyrcana Pojark defoliation using spaceborne satellite data. Forestry: An International Journal of Forest Research, 1-15. DOI: 10.1093/forestry/cpae005
- Santillan, J.R., Heipke, C. (2024): Assessing Patterns and Trends in Urbanization and Land Use Efficiency Across the Philippines: A Comprehensive Analysis Using Global Earth Observation Data and SDG 11.3.1 Indicators. PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science. DOI: 10.1007/s41064-024-00305-y
- Santillan J.R., Makinano-Santillan M. (2024): Land Cover Mapping Using Automated Machine Learning with Landsat Data. In: Proceedings of International Exchange and Innovation Conference on Engineering & Sciences (IEICES), 10, 1021-1028. DOI: 10.5109/7323384

- Santillan, J.R., Heipke, C. (2024): Visualizing the Philippines' SDG 11.3.1 Status and Progress Using Open-Source Geospatial Software and Earth Observation Datasets. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume X-5-2024, pp. 173-180. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-5-2024-173-2024
- Shevchenko, A. V., Walter, T., Gudmundsson, M. T., Belart, J. M. C., Marzban, P., Zorn, E. U., Sæmundsson, P., Helgason, J. K., Turowski, J., Stefanova Vassileva, M., Motagh, M., Müller, D. (2024): Morphological changes of the south-eastern wall of Askja caldera, Iceland over the past 80 years. - *Communications Earth and Environment*, 5, 441. DOI: 10.1038/s43247-024-01616-z
- Tang, W., Gong, Z., Sun, X., Liu, Y., Motagh, M., Li, Z., Li, J., Malinowska, A., Jiang, J., Wei, L., Zhang, X., Wei, X., Li, H., Geng, X. (2024): Three-dimensional surface deformation from multi-track InSAR and oil reservoir characterization: A case study in the Liaohe Oilfield, northeast China. - *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 174, 105637. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2024.105637
- Tang, W., Zhao, X., Wang, J., Motagh, M., Xu, H., Ru, Z., Wang, Y. (2024): Land surface response to groundwater drawdown and recovery in Taiyuan city, Northern China, analyzed with a long-term elevation change measurements from leveling and multi-sensor InSAR. - *Journal of Hydrology*, 641, 131781. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.131781
- Trusheim, P., Mehlretter, M., Rottensteiner, F., & Heipke, C. (2024): Cooperative Image Orientation with Dynamic Objects. *PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, Vol. 92, 461–481. DOI: 10.1007/s41064-024-00296-w
- Voelsen, M., Rottensteiner, F. & Heipke, C. (2024): Transformer Models for Land Cover Classification with Satellite Image Time Series. *PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, Vol. 92, 547-568. DOI: 10.1007/s41064-024-00299-7
- Wang, W., Motagh, M., Xia, Z., Lu, Z., Karimzadeh, S., Zhou, C., Shevchenko, A. V., Roessner, S. (2024): Characterization of transient movements within the Joshimath hillslope complex: Results from multi-sensor InSAR observations. - *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 92, 629-648. DOI: 10.1007/s41064-024-00315-w
- Wang, W., Motagh, M., Xia, Z., Plank, S., Li, Z., Orynbaiyzy, A., Zhou, C., Roessner, S. (2024): A framework for automated landslide dating utilizing SAR-Derived Parameters Time-Series, An Enhanced Transformer Model, and Dynamic Thresholding. - *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 129, 103795. DOI: 10.1016/j.jag.2024.103795
- Wieland, M., Fichtner, F., Martinis, S., Groth, S., Krullikowski, C., Plank, S., Motagh, M. (2024): S1S2-Water: A Global Dataset for Semantic Segmentation of Water Bodies From Sentinel-1 and Sentinel-2 Satellite Images. - *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 17, 1084-1099. DOI: 10.1109/JSTARS.2023.3333969
- Xia, Z., Motagh, M., Wang, W., Li, T., Peng, M., Zhou, C., Karimzadeh, S. (2024): Modeling slope instabilities with multi-temporal InSAR considering hydrogeological triggering factors: A case study across Badong County in the Three Gorges Area. - *Remote Sensing of Environment*, 309, 114212. DOI: 10.1016/j.rse.2024.114212
- Zhou, C., Cao, Y., Gan, L., Wang, Y., Motagh, M., Roessner, S., Hu, X., Yin, K. (2024): A novel framework for landslide displacement prediction using MT-InSAR and machine learning techniques. - *Engineering Geology*, 334, 107497. DOI: 10.1016/j.enggeo.2024.107497
- Zhou, C., Wang, Y., Cao, Y., Singh, R. P., Ahmed, B., Motagh, M., Wang, Y., Chen, L., Tan, G., Li, S. (2024): Enhancing landslide susceptibility modelling through a novel non-landslide sampling method and ensemble learning technique. - *Geocarto International*, 39, 1, 2327463. DOI: 10.1080/10106049.2024.2327463

## NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Beyer D., Coenen M., Schack T., Haist M., Meyer M., Langer A., Heipke C., Mazanec O., Stahl T., Weilacher F. (2024): Selbstlernende Steuerungstechniken für die automatisierte Produktion robuster Ressourcenschutzbetone – Einblicke in das Forschungsprojekt ReCyCONTROL. *cpi 02/24*, p. 36-45
- Dash, S., Dietze, M., Walter, F., Fulde, M., Wang, W., Motagh, M., Hovius, N. (2024): Analysis of Precursors and Collapse of June 15, 2023, Brienz/Brinzauls Rockslide in Switzerland: Integrating Seismic and Remote Sensing Observations - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-13208
- Fayez Hotaki, M. S., Motagh, M., Haghshenas Haghghi, M. (2024): Flood inundation Mapping for the Sept. 2023 Derna, Libya flood event using Sentinel-1 SAR data: An Integration of SAR intensity and interferometric coherence - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-11215

- Garg, S., Dasgupta, A., Selvakumaran, S., Motagh, M., Martinis, S. (2024): Towards Accurate Flood Mapping in Arid Regions: Sentinel-1 SAR-based insights and explainable machine learning - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-1141
- Guo, Z., Motagh, M., Baes, M. (2024): Structural Complexity Revealed by Frictional Afterslip Models and InSAR Observations Following the 2017 Mw 7.3 Sarpol- e Zahab (Iran-Iraq) Earthquake: Insights from Numerical Modeling - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-11944
- Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2024): The growing groundwater crisis in Iran and its impact on land subsidence: A nationwide survey using satellite InSAR - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-15656
- Haghshenas Haghghi, M., Piter, A. (2024): Kalman filter for sequential temporal coherence estimation for multi-temporal InSAR. European Geosciences Union - General Assembly, Vienna. DOI: 10.5194/egusphere-egu24-11830
- Hillemann M., Langendörfer R., Heiken M., Mehlretter M., Schenk A., Weinmann M., Hinz S., Heipke C., Ulrich M. (2024): Novel View Synthesis with Neural Radiance Fields for Industrial Robot Applications, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-2-2024, 137–144. Auch in: arXiv preprint <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.04345>, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-2024-137-2024
- Hillemann M., Langendörfer R., Heiken M., Mehlretter M., Schenk A., Weinmann M., Hinz S., Heipke C., Ulrich M. (2024): Novel View Synthesis with Neural Radiance Fields for Industrial Robot Applications, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-2-2024, 137–144. Auch in: arXiv preprint <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.04345>. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-2024-137-2024
- Hnatushenko Vik., Hnatushenko V., Soldatenko D. (2024): Neural Network-Based Analysis of Forest Fire Aftermath in Class-Imbalanced Remote Sensing Earth Image Classification, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-3-2024, 223–229. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-3-2024-223-2024
- Hnatushenko Vik., Hnatushenko V., Soldatenko D., Heipke C. (2024): Machine learning approaches for evaluating forest fire impacts on sentinel-2 satellite imagery across Ukraine. Book of abstracts IV International Symposium on Applied Geoinformatics, Wroclaw, paper 15193, 1 p.
- Imeime, U., Motagh, M., Haghshenas Haghghi, M. (2024): Ground Surface Deformation in the Niger-Delta Basin Caused by Hydrocarbon Exploration: First Results from Satellite InSAR Surveys - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-19890
- Kanyamahanga, H., Rottensteiner F. (2024): Land Cover Classification based on Multiscale Time Series of Satellite and Aerial Images. In: Kersten T., Tilly N. (Eds.), 44. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Remagen – Publikationen der DGPF, Band 32, 223-235. DOI: 10.24407/KXP:1885663196
- Motagh, M., Haghshenas Haghghi, M., Piter, A., Stefanova Vassileva, M. (2024): Mining-induced subsidence and fault reactivation due to open pit lignite mining in the Hambach region, North Rhine-Westphalia, Germany: Insights from Sentinel-1 based European Ground Motion Service (EGMS) and field surveys - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-11866
- Nhung, L., Männel, B., Motagh, M., Brack, A., Schuh, H. (2024): Quantum Machine Learning for Deformation Detection: Application for InSAR Point Clouds - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-11029
- Peng, M., Motagh, M., Lu, Z., Xia, Z., Guo, Z., Zhao, C., Quan, Y. (2024): Improving ground deformation prediction in satellite InSAR using ICA-assisted RNN model - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-10467
- Persson, H. J., Mukhopadhyay, R., Valbuena, R., Shevchenko, A. V., Luck, L., Herold, M., Motagh, M., Oré, G., Freitas, E., Wimmer, C., Hernandez-Figueroa, H. E. (2024): Setup of a Drone-Based SAR Experiment to Analyze a Boreal Forest - Proceedings, IGARSS 2024 - 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Athens, Greece 2024), 4535-4538. DOI: 10.1109/IGARSS53475.2024.10640704
- Piter, A., Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2024): Noise or signal? Identification of temporary coherent scatterers and their impact on displacement estimates. DGPF, 44. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung, Remagen.

- Piter, A., Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2024): SAR4Infra - EGMS: same but different? GeoMonitoring Tagung, Braunschweig.
- Stefanova Vassileva, M., Motagh, M., Roessner, S., Xia, Z. (2024): A multi-sensor remote sensing approach for understanding slow-moving landslide reactivation: a case study from North Central Iran following reservoir impoundment and extreme precipitations - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-13222
- Wang, W., Motagh, M., Xia, Z., Plank, S., Zhe, L., Orynbaikyzy, A., Zhou, C., Roessner, S. (2024): A deep Learning-based approach for landslide dating from time-series of SAR data - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-12097
- Xia, Z., Motagh, M., Wang, W., Li, T., Peng, M., Zhou, C. (2024): Assessing instability of slow-moving landslides over Three Gorges area using InSAR techniques considering hydrogeological triggering factors - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-14201
- Yang, Y., Motagh, M., Haghshenas Haghghi, M., Piter, A. (2024): SBAS-InSAR Analysis and Assessment of Landslide deformation in the Loess Plateau, China - Abstracts, EGU General Assembly 2024 (Vienna, Austria and Online 2024). DOI: 10.5194/egusphere-egu24-16066

## VORTRÄGE UND POSTER

- Dorozynski, M.: Gauß centre 'The temporal change of geospatial data': research agenda and current status", DGPF Jahrestagung, Remagen, 13.03.2024.
- Dorozynski, M.: Gauss centre 'the temporal change of geospatial data': research agenda in the context of SDGs, EuroSDR Workshop on Historical and Time Stamped Data for SDGs, Kroatien, Zagreb, 23.04.2024.
- Dorozynski, M.: Gaußzentrum: Der zeitliche Wandel von Geodaten, KI-Workshop des BKG und UBA, Frankfurt am Main, 07.05.2024.
- Dorozynski, M.: Empowering a sustainable future - how remote sensing-based image analysis can contribute, 75. Geburtstag des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation, Leibniz Universität Hannover, 11.10.2024.
- Heipke C.: KI in Photogrammetrie und Fernerkundung, Ingenieurklasse der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, Braunschweig, 09.02.2024.
- Heipke C.: Multitemporal land cover classification using Sentinel-2 times series, EU VOLTA Project, Final Workshop, Trento, 07.03.2024.
- Heipke C.: Deep learning remote sensing, Key Note, ISPRS Commission I Midterm Symposium „Intelligent Sensing and Remote Sensing Application“, Changsha, 14.05.2024.
- Heipke C.: Multitemporal land cover from space. Séminaire scientifique, LaSTIG, Université Gustave Eiffel, Paris, 12.07.2024.
- Heipke C.: Insight to foresight via geospatial technologies, Key Note, ISPRS Commission V Midterm Symposium „Insight to Foresight via Geospatial Technologies“, Manila, 06.08.2024.
- Heipke C.: Collaboration between Academia and Industry – Vision and Perspectives. Workshop on “Academia-Industry Collaboration for Spatial Science Education”, ISPRS Commission V Midterm Symposium „Insight to Foresight via Geospatial Technologies“, Manila, 07.08.2024.
- Heipke C.: Photogrammetric computer vision and remote sensing with applications to forest monitoring. GEO-STEMS2024 – Geo-Spatial Technologies for Earth Monitoring Symposium. Caraga State University, Butuan, Philippines, 09.08.2024
- Heipke C.: Photogrammetrie und Computer-Vision: neue Methoden zur Analyse von Baustoffen, Abschlusskolloquium ReCyCONtroll, Hannover, 09.10.2024.
- Heipke C.: Remote sensing for sustainability, Key Note, 2024 International Symposium on Spatial-Tempo Intelligence and 2024 International Conference on Geospatial Information Science: Education, Innovation and Applications, Wuhan, 17.11.2024.
- Heipke C.: Photogrammetry and Remote Sensing – recent developments and current challenges. Geodätisches Kolloquium, Universität Stuttgart, 05.12.2024.
- Rottensteiner, F.: Deep Learning for Image Analysis. Bodenkundliches Kolloquium, Leibniz Universität Hannover, 23.05.2024.
- Rottensteiner, F.: Grundlagen der KI: Einführung in neuronale Netze für die Bildanalyse. Fortbildungsseminar “Künstliche Intelligenz (KI) in der Geodäsie und Geoinformation” des Verbands Deutscher Vermessungsingenieure e.V., Paderborn, 25.06.2024.

Rottensteiner, F.: Einführung in die photogrammetrische Bildauswertung mit künstlicher Intelligenz. Tauber Tagung zur Luftbildauswertung, Hannover, 13.11.2024.

#### DATENVERÖFFENTLICHUNGEN

Haghshenas Haghghi, M. (2024): SAR Stack of Pichincha volcano in Ecuador, from Sentinel-1 processed with GAMMA. Zenodo. Data set. DOI: 10.5281/zenodo.14001004

Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2024): Land Subsidence in Iran Estimated from a Nationwide InSAR Analysis of Sentinel-1 Observations 2014-2020. Zenodi. Data set. DOI: 10.5281/zenodo.10815577

Haghshenas Haghghi, M., Piter, A. (2024): Sentinel-1 data stack for Masjed Soleyman Dam. Zenodo. Data set. DOI: 10.5281/zenodo.12189041

#### SONSTIGE VERÖFFENTLICHUNGEN

Haghshenas Haghghi, M. (2024): InSAR Explorer. Zenodo. Software. DOI: 10.5281/zenodo.14052813

Piter, A. Haghshenas Haghghi, M., FERN.Lab, Motagh, M. (2024): SARvey - survey with SAR. Zenodo. Software. DOI: 10.5281/zenodo.12544130

## GEODÄTISCHES KOLLOQUIUM

### WINTERSEMESTER 2023 / 2024

Dienstag, 24.10.2023: **Verschiedene Referentinnen und Referenten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Gutachterausschuss und Stadt Hannover**  
Thema: Aktuelle Aspekte des Landmanagements zur Verabschiedung von Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß

Dienstag, 21.11.2023: **Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke**, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Leibniz Universität Hannover,  
Thema: KI in Photogrammetrie und Fernerkundung

Dienstag, 12.12.2023: **Dr. Cord-Hinrich Jahn**, Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, Hannover,  
Thema: 20 Jahre Zentrale Stelle SAPOS – Entwicklung und Zukunft

Dienstag, 16.01.2024: **PD Dr. Jens Behley**, Institut für Photogrammetrie, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Thema: Towards LiDAR-based Semantic Scene Understanding for Autonomous Systems

Dienstag, 23.01.2024: **Prof. Dr. Charles Toth**, Dep. of Civil, Environmental and Geodetic Engineering, The Ohio State University, Columbus, OH – USA, Thema; Trends in geoinformatics: sensor integration, crowdsourcing and autonomous systems

### SOMMERSEMESTER 2024

Dienstag, 23.04.2024: **Apl. Prof. Dr.-Ing. Norbert Haala**, Institut für Photogrammetrie und Geoinformatik, Universität Stuttgart, Thema; Integration von Bild- und LiDAR Daten – Vom drohnengestützten Monitoring zur Echtzeiterfassung von Baustellen

Dienstag, 14.05.2024: **Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Volker Schwieger**, Institut für Ingenieurgeodäsie, Universität Stuttgart, Thema: Ingenieurgeodätische Beiträge zum integrativen computerbasierten Planen und Bauen für die Architektur

Dienstag, 25.06.2024: **Prof. Dr.-Ing. Jan Dirk Wegner**, Institute for Computational Science, Universität Zürich und EcoVision Lab, ETH Zürich, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Karlsruher Institut für Technologie, Thema: Large-scale monitoring of nature with deep learning

Dienstag, 02.07.2024: **Prof. Dr.- Ing. Dimitrios Tsoulis**, Aristoteles Universität Thessaloniki, Griechenland, Thema: Precise gravity modeling for terrain and terrain change effects

# LEHRVERANSTALTUNGEN

## GEODÄTISCHES INSTITUT

### LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WiSE 23/24 UND SoSE 24

#### INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Sensorik	Prof. Neumann / Khami	1	4	1
Grundlagen geodätischer Auswertemethoden	Prof. Neumann / Dr. Vogel / Waldstein	2	3	2
Ausgleichsrechnung und Statistik	Dr. Alkhatib / Ernst	3	3	1
Mess- und Rechenverfahren in der Ingenieurgeodäsie	Prof. Neumann / Dr. Omidalizarandi	3	3	2
Ingenieurgeodäsie	Prof. Neumann / Khami	4	3	2
Schätz- und Prädiktionsverfahren	Dr. Alkhatib / Ernst	4	3	1
Praxisprojekt Ingenieurgeodäsie	Hake / Khami	4	10 Tage	1
Multi-Sensor-Systeme	Dr. Vogel / Khami	5	2	2

#### FLÄCHEN- UND IMMOBILIENMANAGEMENT

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Grundlagen der Stadt- und Regionalplanung	Dr. Bannert / Dankowski	1	2	1
Immobilienmanagement I	Dr. Bannert	4	2	1
Flächenmanagement und Bodenordnung I	Dr. Bannert	5	2	1
Land- und Dorfentwicklung I	Dr. Riesner / Dr. Bannert	5	1	-

### LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WiSE 23/23 UND SoSE 24

#### INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Schätz- und Optimierungsverfahren	Prof. Neumann / Hartmann	1 N	2	2
Introduction into Geodetic Data Analysis	Dr. Alkhatib / Mohammadivojdan	1/2G	2	1
Kinematic Measurement Processes in Engineering Geodesy	Dr. Vogel / Dr. Omidalizarandi	2 G	2	1
Projektseminar I: "Vibrational Analysis of Wind Power Plants"	Dr. Omidalizarandi / Shahryarinia	2 G	-	8
Projekt seminar II: "Investigation of different calibration approaches on a multi sensor system"	Dr. Vogel / Wahbah	2 G	-	8
Machine Learning Models in Engineering Geodesy (W)	Dr. Alkhatib / Hake / Scherff	2 G	2	1
Recursive State Estimation (W)	Dr. Alkhatib / Moftizadeh	3 G	2	2
Kalibrierung von Multisensorsystemen (W)	Prof. Neumann / Hake	3G	2	2
Analysis of Deformation Measurements (W)	Dr. Omidalizarandi	3 G	2	2

## FLÄCHEN- UND IMMOBILIENMANAGEMENT

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Land Management a. Real Estate Economics II	Dr. Bannert	2 G	2	1
Öffentliches Vermessungswesen (W)	Dr. Hoberg	2 G	1	1
Erweiterte Bereiche der Geodäsie - vom Grundstück zur Erdmessung	Dr. Bannert	1 N	2	-
Städtebauliche Projektentwicklung	Dr. Wolf	3 G	2	-

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und mweltrobotik

## LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSE 23/24 UND SoSe 24

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Wirtschaftlichkeitsbewertung von Immobilien (EX: Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen Bau, TU Braunschweig)	Prof. Voß	1	2	-

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

## INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

### LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WiSE 23/24 UND SoSe 24

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Grundlagen der Erdmessung	Prof. Flury / Frye	3	4	1
Grundlagen der GNSS und Navigation	Prof. Schön / Kröger	4	2	2
Mathematische Geodäsie	Dr. Denker / Dr. Knabe	5	1	1
GNSS II	Prof. Schön / Kröger / Schaper	5	1	1
Physikalische Geodäsie	Prof. Müller / Dr. Timmen / Dr. Knabe	5	2	1
Gravimetrie I	Dr. Timmen	5	1	-
Geodätische Weltraumverfahren und Praxisprojekt	Prof. Müller / Dr. Knabe / Kröger / Schaper	6	3	2
Landesvermessung	Dr. Jahn	6	2	1
Praxisprojekt Landesvermessung und GNSS	Schaper / Kröger	6	10 Tage	2

## LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WiSE 23/24 UND SoSE 24

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Positionierung und Navigation	Prof. Schön / Kröger	1 N	2	1
Methods and Applications of Physical Geodesy	Prof. Flury / Frye	1 G	2	1
Approximation Methods and Numerical Techniques (W)	Prof. Flury	2+3 G	3	1
Projektseminar I: Geodäsie und Geoinformatik IfE	Dr. Denker / Dr. Knabe	2+3	-	4/4
Projektseminar II: Geodäsie und Geoinformatik IfE	Dr. Timmen	2+3 G	-	4/4
Orbit Calculation and Relativistic Modelling in Geodesy (W)	Prof. Müller / Dr. Knabe	2+3 G	2	2
Inertialnavigation (W)	Prof. Schön / Weddig	2+3	2	2
GNSS Receiver-Technologie (W)	Prof. Schön / Baasch	3 G	2	2
Signalverarbeitung in der Erdmessung (W)	Dr. Denker / Dr. Timmen	3 G	2	2
Erweiterte Bereiche der Geodäsie – vom Grundstück zur Erdmessung: Physikalische Geodäsie	Prof. Müller	2 N	2	-
Concepts of Geodesy and Geodetic Methods	Prof. Flury / Koch Prof. Schön / Kröger	3 G	2	1
Physikalische Geodäsie und Gravimetrie II (W)	Dr. Denker / Dr. Timmen	2 G	3	1
Aktuelle Satellitenmissionen - Recent Gravimetric Satellite Missions (W)	Prof. Müller / Dr. Knabe	2+3 G	2	2
Advanced Concepts for Positioning and Navigation	Prof. Schön / Krawinkel / Ruwisch / Su	1+2	2	1
Vertiefung GNSS	Prof. Schön	2+3	2	2
HydroGeodesy and Geodynamics (W)	Prof. Weigelt	2+3G	2	2

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

## LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSE 23/24 UND SoSE 24

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Approximation und Prädiktion raumbezogener Daten (EX: MSc Geowissenschaften und M.Sc. Umweltingenieurwesen, LUH)	Prof. Flury	2	2	1

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

## INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

### LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WiSe 23/24 UND SoSe 24

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Informatik für Ingenieure	Prof. Brenner / Leichter	1	2	1
Einführung in GIS und Kartographie I	Prof. Sester / Thiemann	1	1	1
Einführung in GIS und Kartographie II	Thiemann	2	1	1
Praxisprojekt Topographie	Thiemann / Schulze	2		10 Tage
Bachelorprojekt	Dr. Feuerhake / Golze	4	-	3
Geoinformationssysteme I	Prof. Sester / Fischer	4	2	1
Geoinformationssysteme II	Prof. Sester / Fischer	5	2	1

### LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WiSe 23/24 UND SoSe 24

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Internet - GIS	Dr. Feuerhake / Fischer / Wage	1 G	2	1
GIS in der Fahrzeugnavigation	Prof. Brenner	2 G/N	1	1
Spatial Data Science	Prof. Sester / Dr. Feuerhake	2 G	3	-
Geodateninfrastrukturen (W)	Dr. Willgalis	2 G	2	-
Hauptseminar	Prof. Sester und Mitarbeiter	2 G	-	2
GIS – Praxis (W)	Thiemann	3 G	-	2
Laserscanning – Modellierung und Interpretation	Prof. Brenner / Schimansky	3 G/N	1	1
SLAM und Routenplanung	Prof. Brenner / Leichter	3 G/N	2	1
Geosensornetze	Prof. Sester / Dr. Feuerhake	3 N	2	1
Studentisches F&E Projekt NuUR	Prof. Brenner / Busch, u.a.	3 N	-	4
C++ - Kurs für NuUR	Busch	1 N		1
Projektseminar	Dr. Feuerhake / Schimansky	2+3 G	-	4/4

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

### LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSe 23/24 UND SoSe 24

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Geo-Informationssysteme (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Umweltingenieurwesen)	Schulze / Golze	1	1	-
GIS (EX: Water Resources and Environmental Management, Umweltingenieurwesen)	Sester / Li	1	1	
Mechatronik Labor (EX: Mechatronik und Robotik)	Yuan		1	

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

## INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

### LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WiSE 23/24 UND SoSE 24

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Einführung Programmieren I	Dr. Wiggenhagen	1	1	2
Digitale Bildverarbeitung	Prof. Rottensteiner / Meyer	2	2	1
Grundlagen der Photogrammetrie	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	3	3	1
Luftbildphotogrammetrie	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	4	2	1
Fernerkundung	Prof. Heipke / Piter	6	2	2
Bachelorseminar	Prof. Heipke und Mitarbeitende	3+4		4

### LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WiSE 23/24 UND SoSE 24

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Photogrammetric Computer Vision	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	1 G/N	2	1
Bildanalyse I (W)	Prof. Rottensteiner / Kanyamahanga	2 G/N	2	1
Bildanalyse II (W)	Prof. Rottensteiner / Kanyamahanga	3 G/N	1	1
Image Sequence Analysis (W)	Dr. Mehlretter	3 G/N	2	2
Mathematical Aspects of Computer Vision (W)	Dr. Bulatov, IOSB	3 G/N	1	1
Operational Remote Sensing (W)	Dr. Storch, DLR	3 G	1	-
Radar Remote Sensing (W)	Prof. Motagh	2 G	2	1
Forschungsprojekt (W)	Prof. Heipke und Mitarbeitende	4 G	-	2
Photogrammetrie und Fernerkundung in der Praxis (W)	Voelsen	3 G	2	-
Business Administration for Engineers (W)	Claussen, Hildesheim	2 G/N	1	-
Führung als Qualifikation im Ingenieurberuf (W)	Dr. Mayr, Welzheim	3 G/N	1	-
Geodätisches Hauptseminar / Kolloquium	Prof. Heipke und Mitarbeitende	1 G	-	-
Projektseminar	Prof. Heipke und Mitarbeitende	2+3 G	-	-
3D Image processing (Auflagenkurs)	Prof. Rottensteiner und Mitarbeitende	1 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

## LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSe 22/23 UND SoSe 23

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
G&G für Bauingenieure (EX: Bau- und Umweltingenieurwesen, B.Sc.)	Dr. Wiggenhagen	1	2	2
Remote Sensing (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geographie, Geowissenschaften, WATENV B.Sc. und M.Sc.)	Dr. Hasghshenas	div.	1	1

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

## ANMERKUNG

Einige Veranstaltungen sind offen für Studierende anderer Fächer (u.a. Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik und Robotik, Computergestützte Ingenieurwissenschaften, Mathematik, Physik).

# HONORARPROFESSOREN UND LEHRBEAUFTRAGTE DER FACHRICHTUNG

## HONORARPROFESSOREN

Es lesen nicht mehr:

**Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Boljen** (Bestellung: 2008), ehem. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, a.D.

**Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Buziek** (Bestellung: 2008), ESRI Geoinformatik GmbH, Kranzberg, Vorlesung: GIS-Visualisierung und Praxisaspekte

**Hon.-Prof. Dr.-Ing. D. Grothenn**, Ltd.Vermessungsdirektor a.D. (Bestellung: 1978), ehem. Nds. Landesverwaltungsamt – Landesvermessung

Präsident a.D. und **Prof. Dr.-Ing. Dietmar Grünreich** (Bestellung: 1999), ehem. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt

**Hon.-Prof. Dr.-Ing. Dierk Hobbie** (Bestellung: 1998), ehem. Carl Zeiss

**Prof. Dr.-Ing. habil. Hansjörg Kutterer** (Bestellung: 2011), ehemals Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt, jetzt KIT

Ministerialrat a.D. **Hon.-Prof. Dipl.-Ing. Hermann Möllering** (Bestellung: 2000), ehem. Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport

**Hon.-Prof. Dr.-Ing. Peter Reinartz** (Bestellung: 2010), Institut für Methodik der Fernerkundung, DLR Oberpfaffenhofen

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Reuter** (Bestellung: 1996), ehem. Amt für Agrarstruktur Hannover

**Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hans Werner Schenke** (Bestellung: 2010), Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven

**Hon.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Schroth** (Bestellung: 1998), ehemals BLOM Deutschland GmbH.

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Tegeler** (Bestellung: 1994), ehem. Landesvermessung und Bezirksregierung Lüneburg

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Werner Ziegenbein** (Bestellung: 1991), ehem. Behörde für Geoinformation, Landentwicklung und Liegenschaften

**LEHRBEAUFTRAGTE**

**Dr.-Ing. Dimitri Bulatov** (seit 2014), Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Karlsruhe/Ettlingen, Vorlesung: Mathematical Aspects of Computer Vision

**Dipl.-Ing. Hinrich Claussen** (seit 2020), Hildesheim, Vorlesung: Business Administration for Engineers

**Dr.-Ing. Thorsten Hoberg** (seit 2024), Nds. Ministerium für Inneres und Sport, Hannover, Vorlesung: Öffentliches Vermessungswesen

**Dr.-Ing. Cord-Hinrich Jahn** (seit 2006), Ltd. Vermessungsdirektor, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN), Landesvermessung und Geobasisinformation, Vorlesung: Landesvermessung

**Dr.-Ing. Werner Mayr** (seit 2017), Welzheim, Vorlesung: Führung als Qualifikation im Ingenieurberuf

**Dr. André Riesner** (seit 2023), Amt für regionale Landentwicklung, Lüneburg, Vorlesung: Land- und Dorfentwicklung

**Dr. Tobias Storch** (seit 2018), Institut für Methodik der Fernerkundung, DLR Oberpfaffenhofen, Vorlesung: Operationelle Fernerkundung

**Dr.-Ing. Reinhard Wolf** (seit 2005), im Ruhestand, ehemals Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Planen und Stadtentwicklung, Vorlesung: Städtebauliche Projektentwicklung

**Dr.-Ing. Stefan Willgalis** (seit 2019), Ministerium für Inneres und Sport, Vorlesung: Geodateninfrastrukturen