

AKTUELLES AUS DER FACHRICHTUNG 2022

April 2023

Folge 73



Vom analogen Abbild zur digitalen Welt: Ein Laserscan verwandelt eine belebte Stadtstraße in eine detailreiche Voxelwelt.

Impressum

**Jahresberichtsheft Nr. 73 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

Schatzmeisterin: Frau Anette Rietdorf
E-Mail: 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).

Zusammengestellt durch:

Christine Bödeker (GIH), Heiner Denker (IFE), Claudia Sander (IPI),
Jens Golze (IKG, Gesamtedaktion),

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 erstellten 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.

INHALT

Neues aus der Fachrichtung.....	3
Sonderforschungsbereich (SFB) 1464 Relativistische und quanten-basierte Geodäsie (TerraQ)	3
DFG-Graduiertenkolleg 2159 Integrität und Kollaboration in dynamischen Sensornetzen (i.c.sens)	5
Staffelstab der ISPRS Präsidentschaft weitergereicht	6
5GAPS – Kooperationsprojekt mit Beteiligung von ikg und IFE	6
EU Projekt SILKNOW mit IPI Beteiligung erhält EU Kulturerbe Grand Prix 2022 für Innovation	7
Christian Heipke erhält Albrecht Meydenbauer Medaille der DGPF für besondere Leistungen in Photogrammetrie und Fernerkundung.....	7
Internationale Masterabsolventin unserer Fachrichtung mit dem Sonderpreis der Victor Rizkallah-Stiftung ausgezeichnet	8
Kooperative Forschungsarbeit mit dem Hansa-Luftbild-Preis ausgezeichnet	8
Forschungsarbeiten	9
Geodätisches Institut (GIH).....	9
Institut für Erdmessung (IFE)	17
Institut für Kartographie und Geoinformatik (IKG)	42
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI)	46
Dissertationen	56
Organisation von Workshops und Symposien	61
Messen und Öffentlichkeitsarbeit	64
Aus dem Lehrbetrieb	67
Bericht des Studiendekanats	67
Absolventenfeier der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie	69
Internationales	71
Master -, Bachelor – und Studienarbeiten.....	72
Projektseminare im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik.....	117
Praxisprojekte im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik	126
Aus der Gesellschaft	129
Bericht über die Mitgliederversammlung der Gesellschaft	129
Aufruf Bachelor-Preis 2023 der Förderergesellschaft	136
Aufruf Walter-Großmann-Preis 2023 der Förderergesellschaft.....	137
Verleihung des Walter-Großmann-Preises 2022	137
Anhang - Personelles	143
Geodätisches Institut.....	143
Institut für Erdmessung	146

Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	150
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	153
Publikationen und Vorträge	157
Geodätisches Institut.....	157
Institut für Erdmessung	158
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	165
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	167
Geodätisches Kolloquium	171
Lehrveranstaltungen.....	172
Geodätisches Institut.....	172
Institut für Erdmessung	173
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	175
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	176
Honorarprofessoren und Lehrbeauftragte der Fachrichtung.....	178

NEUES AUS DER FACHRICHTUNG

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



Seit Januar 2021 widmet sich der Forschungsverbund TerraQ der Entwicklung von neuen Methoden zur hochgenauen Messung des Schwerfeldes der Erde, also der Massenverteilung und Veränderungen dieser Massen. Massenvariationen werden etwa durch das Abschmelzen der großen Eisschilde oder den Meeresspiegelanstieg verursacht.

Das sind Prozesse, die der Klimawandel enorm verstärkt und insofern essentielle Indikatoren dafür sind. Um diese Veränderungen präzise erfassen und quantifizieren zu können, haben sich im SFB Geodät*innen und Quantenphysiker*innen zusammengeschlossen.



UNSERE MITGLIEDER BEI DER MITGLIEDERVERSAMMLUNG IM JUNI 2022.

Ziel von TerraQ ist die Entwicklung neuer Messmethoden und die Nutzung innovativer Technologien zur verbesserten Erfassung von Klimawandelprozessen. Dabei konzentriert sich die Forschung auf:

1. Schwerfeldmessungen auf der Erde mit eigenen Quantengravimetern;
2. Schwerfeldmessungen aus dem Weltraum, wobei an der Optimierung der Datenauswertung bestehender Satellitenmissionen gearbeitet wird, aber auch Konzepte für künftige Satellitenmissionen entwickelt werden;
3. Atomuhren zur Höhenmessung unter Anwendung von Einsteins Relativitätstheorie. Ziel ist hier die Vereinheitlichung globaler Höhensysteme und weitergedacht auch die Überwachung von Meeresspiegeländerungen.

Etwa 60 Wissenschaftler*innen bearbeiten das Forschungsprogramm in insgesamt 17 Forschungsprojekten. Ihre ersten Ergebnisse konnten sie bereits in ca. 30 Fachpublikationen veröffentlichen. 2022 waren Reisen

wieder möglich, so dass unsere Forschenden auf vielen internationalen Konferenzen von unserer Arbeit berichtet haben.



BEI DER IDEEN EXPO PRÄSENTIERTE SICH TERRAQ MIT MODELLEN DER GRACE-FO SATELLITEN. HIER HABEN WIR GERADE BESUCH VON ZWEI ASTRONAUTEN.

Dieses Jahr konnten wir große Durchbrüche in unserer Forschung verbuchen. So ist die Entwicklung der Strontium-Atomuhr nun soweit ausgereift, dass die erste große Feldkampagne für das Frühjahr 2023 geplant ist. Auch im Bereich der Quantengravimetrie konnten wir Erfolge feiern: das QG-1 wurde ins HITec-Forschungsgebäude gebracht und steht vor den ersten relevanten Schweremessungen; der Aufbau des VLBAI (Very Long Baseline Atom Interferometer) ist nun weitestgehend abgeschlossen, so dass die Atomfontäne Anfang 2023 in Betrieb genommen werden kann.

Nachdem wir im ersten Förderjahr pandemiebedingt nicht persönlich zusammenkommen konnten, war die diesjährige Versammlung unserer 120 Mitglieder in personam eine willkommene Möglichkeit, uns über die Fortschritte in unseren jeweiligen Forschungsprojekten auszutauschen. Besonders haben wir uns über die Teilnahme, online und in Präsenz,

unseres internationalen Scientific Advisory Board gefreut.



LABORTOUR MIT DEM SEMINARFACH TERRAQ DES ST. URSULA GYMNASIUMS. HIER ERKLÄRT EINE DOKTORANDIN DAS VLBAI IM FOYER DES HITEC GEBÄUDES.

Auch im Jahr 2022 haben wir unsere Inhalte der breiten Öffentlichkeit nähergebracht: TerraQ war etwa mit einem Stand auf der IdeenExpo vertreten, Europas größter Jugend-Messe für Naturwissenschaften und Technik. Hier durften wir neben den vielen Schüler*innen auch VIP-Gäste, wie den ehemaligen Astronauten Gerhard Eich und seine Tochter Insa Thiele-Eich, die anstrebt erste deutsche Frau im All zu werden, an unserem Stand empfangen.

Um bei der nächsten Generation das

Interesse an Technik und Naturwissenschaften zu fördern, haben wir zudem eine Kooperation mit einem Hannoveraner Gymnasium begonnen und durften zwei Jahrgänge des Seminarfachs TerraQ für Laborführungen an der LUH begrüßen. Und schließlich haben wir in diesem Jahr neben diversen Elementen bei dem LUH-Tag der offenen Tür AnsprechBAR wieder unsere Vortragsveranstaltung The Changing Earth hybrid ausgerichtet. Diesmal zum Thema „Wege des Wassers – Mit Quantentechnologie den Klimawandel messen“.

DFG-GRADUIERTENKOLLEG 2159 INTEGRITÄT UND KOLLABORATION IN DYNAMISCHEN SENSORNETZEN (I.C.SENS)

Research
Training
Group
i.c.sens



Das Graduiertenkolleg wird seit 2016 mit 9 Promotionsstellen und einer Postdoktorandenstelle von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert und bietet seinen Kollegiat*innen ein strukturiertes Forschungs- und Promotionsprogramm. Auch 2022 blickt i.c.sens auf ein erfolgreiches Jahr zurück, mit einer Reihe von internen Veranstaltungen, Gastvorträgen und Workshops.

Die jährliche Klausurtagung, die nach Aufhebung der Covid19-Einschränkungen erstmals wieder stattfinden konnte, war ein großer Erfolg.



BEI DER KLAUSURTAGUNG AUF BURG WARBERG.

Im Juni stellten die Doktorand*innen und Postdoktoranden auf Burg Warberg ihre Projekte in Form einer Postersession vor. Bei einem kurzen, durch die Postdoktoranden organisierten Workshop, erhielten die Doktorand*innen zudem wertvolle Tipps zur Strukturierung ihrer Doktorarbeit.

Im Dezember konnten wir die 3. Kohorte von i.c.sens-Doktorand*innen begrüßen. Wir freuen uns, dass alle Stellen der 3. Kohorte besetzt werden konnten und wünschen den Doktorand*innen viel Erfolg!



KICKOFF DER 3. I.C.SENS KOHORTE.

Zusätzlich zu internen Veranstaltungen und Vorträgen trugen auch Gastwissenschaftler und -wissenschaftlerinnen zum i.c.sens-Programm bei. Mercator-Stipendiat Dr. Mathieu Joerger (Crofton Department of Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech) besuchte uns im Mai. Im Rahmen seines Besuchs hielt er eine Lunchlecture zum Thema „Jamming on US Highways: Methods for PNT Situational Awareness“. Danach war er als Redner auf dem

IEEE IV 2022 Workshop iLoc in Aachen eingeladen. Prof. Roman Henze (Institut für Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig) war im März und Dr. Li-Ta Hsu, Dr. Weisong Wen und Dr. Guahao Zhang (Hong Kong Polytechnic University) waren im Dezember zu Gast. Mit ihren Vorträgen vermittelten sie wertvolle Perspektiven und Einblicke in ihre Forschung.



SWIM WORKSHOP, HANNOVER.

i.c.sens veranstaltete 2022 zwei erfolgreiche Workshops. i.c.sens-Postdoc Hao Cheng organisierte zusammen mit Doktorand*innen und Professoren im Juni den iLoc-Workshop auf der IEEE IV 2022 in Aachen. Der Workshop zog viele Teilnehmer*innen an und führte zu wertvollen Diskussionen über die aktuelle Forschung auf diesem Gebiet. Darüber hinaus war i.c.sens Gastgeber des SWIM 2022

Workshops in Hannover. Etwa 40 Wissenschaftler*innen aus ganz Europa, die sich mit Intervallmethoden beschäftigen, trafen sich im Leibnizhaus zu einer lebhaften Diskussion über die aktuelle Forschung und neueste Techniken.

Schließlich wurden zwei i.c.sens-Mitglieder für ihre Arbeiten ausgezeichnet. Für ihre Masterarbeit erhielt Anat Schaper (3. Kohorte) den Leo-Brandt-Preis „DGON Master of Navigation 2022“ und Max Mehlretter (Postdoktorand) wurde für seine Dissertation mit dem Preis der Victor Rizkallah-Stiftung ausgezeichnet.

Weitere Informationen sind auf den Seiten des Graduiertenkollegs unter www.icsens.uni-hannover.de zu finden.

STAFFELSTAB DER ISPRS PRÄSIDENTSCHAFT WEITERGEREICHT

Während des XXIII. ISPRS Kongresses der International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), der im Juni 2022 mit ca. 2.000 Teilnehmern stattfand, die persönlich in Nizza anwesend waren, endete die sechsjährige Präsidentschaft von Prof. Christian Heipke, Leiter des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI). Neue Präsidentin ist Prof. Lena Halounová, Czech Technical University Prag. Der ISPRS Kongress, in dessen Organisation das IPI intensiv eingebunden war, war wegen der Corona Pandemie um zwei Jahre verschoben und die Amtszeit entsprechend verlängert worden. Die nächsten vier Jahren wird Christian Heipke dem ISPRS Council als Past President angehören.

5GAPS – KOOPERATIONSPROJEKT MIT BETEILIGUNG VON IKG UND IFE



Das Projekt 5GAPS (Access to Public Spaces) entwickelt ein alternatives 5G-Mobilfunkgestütztes, zeitlich dynamisches Positionierungssystem auf Basis eines digitalen Zwillings des öffentlichen und halböffentlichen Raums in Form eines dreidimensionalen Rasters. Am IKG werden die Themen „Lokalisierung innerhalb und mit Hilfe der 3D-Struktur“ und

„Visualisierung und Interaktion mit der 3D-Struktur“ behandelt. Das IFE geht der Frage nach, in wie weit eine Positionierung mittels 5G unterstützt und verbessert werden kann. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert.

EU PROJEKT SILKNOW MIT IPI BETEILIGUNG ERHÄLT EU KULTURERBE GRAND PRIX 2022 FÜR INNOVATION



DIE GLÜCKLICHEN PREISTRÄGER – LINKS MAREIKE DOROZYNSKI VOM IPI.

Die Gewinner des Europäischen Kulturerbepreises 2022 / Europa Nostra Awards, der höchsten europäischen Auszeichnung in diesem Bereich, wurden im Rahmen einer prestigeträchtigen Zeremonie in der ikonischen Staatsoper von Prag gefeiert. Die Verleihung des Europäischen Kulturerbepreises fand in Anwesenheit von Mariya Gabriel, EU-Kommissarin für Innovation, Forschung, Kultur, Bildung und Jugend, Martin Baxa, Kulturminister der Tschechischen Republik und amtierender Vorsitzender des EU-Ministerrats für Kultur, sowie Hermann Parzinger, geschäftsführender Präsident von Europa Nostra, statt. An der Zeremonie

nahmen rund 600 Fachleute, Freiwillige, Liebhaber und Unterstützer des kulturellen Erbes aus ganz Europa teil, darunter auch eine große Gruppe junger Menschen. Der Festakt war der Höhepunkt des Europäischen Kulturerbe-Gipfels 2022, der vom 25. bis 27. September im Rahmen des offiziellen Programms der tschechischen EU-Ratspräsidentschaft in Prag stattfindet.

Während der Zeremonie verkündeten hohe Vertreter der Europäischen Kommission und von Europa Nostra stolz die fünf Grand-Prix-Preisträger, während der Kulturminister der Tschechischen Republik den Gewinner des Public Choice Award vorstellte. Die Preisträger wurden aus 30 herausragenden kulturellen Leistungen aus 18 europäischen Ländern ausgewählt.

CHRISTIAN HEIPKE ERHÄLT ALBRECHT MEYDENBAUER MEDAILLE DER DGPF FÜR BESONDERE LEISTUNGEN IN PHOTOGRAMMETRIE UND FERNERKUNDUNG



CHRISTIAN HEIPKE (MITTE) MIT DEM DGPF-PRÄSIDENTEN UWE SÖRGEL (RECHTS) UND DEM VIZEPRÄSIDENTEN GEORG BARETH BEI DER PREISVERLEHUNG.

Der Leiter des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation, Prof. Christian Heipke, wurde im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und GeoInformation (DGPF) für seine besonderen Leistungen auf dem Gebiet der Photogrammetrie und Fernerkundung mit der Albrecht Meydenbauer Medaille ausgezeichnet.

Albrecht Meydenbauer (1834-1921) gilt als einer der Väter der Photogrammetrie weltweit. Er hat sich insbesondere mit

Architektur-photogrammetrie beschäftigt und den Begriff Photogrammetrie in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts auch geprägt. 1908 wurde ihm von der damaligen Technischen Hochschule Hannover die Ehrendoktorwürde verliehen.

INTERNATIONALE MASTERABSOLVENTIN UNSERER FACHRICHTUNG MIT DEM SONDERPREIS DER VICTOR RIZKALLAH-STIFTUNG AUSGEZEICHNET



DIE PREISTRÄGERIN DES VICTOR RIZKALLAH-SONDERPREISES 2021, FRAU SEYEDEH RAZIEH HOSSEINI, M.Sc. MIT DEM DEKAN PROF NACKENHORST (RECHTS) UND PROF. HEIPKE (LINKS), IPI. FRAU HOSSEINI HAT IHRE MASTERARBEIT AM GIH ANGEFERTIGT.

In bewährter Tradition hat die Victor Rizkallah-Stiftung auch für das Jahr 2021 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 2021 wurde Frau Seyede Hosseini, M.Sc., ausgezeichnet, die ihr Examen mit hervorragenden Leistungen abschloss. Sie erhielt den mit 250,- € dotierten Preis im Sommer 2022 im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums aus den Händen des Dekans unserer Fakultät, Prof. Udo

Nackenhorst, der die Ehrung in Vertretung des Stifters Prof. Victor Rozkallah vornahm.

KOOPERATIVE FORSCHUNGSARBEIT MIT DEM HANSA-LUFTBILD-PREIS AUSGEZEICHNET

Anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) wurden Mirjana Voelsen, M.Sc. (IPI) für ihren mit Julia Schachtschneider und Claus Brenner (beide ikg) im Juni 2021 in der Fachzeitschrift PFG - Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation veröffentlichten Beitrag mit dem Titel *Classification and Change Detection in Mobile Mapping LiDAR Point Clouds* mit dem Hansa-Luftbild-Preis für den besten Artikel im Jahre 2021 ausgezeichnet. Frau Voelsen berichtet in dem Beitrag über ihre am ikg angefertigte Masterarbeit.

FORSCHUNGSARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT (GIH)

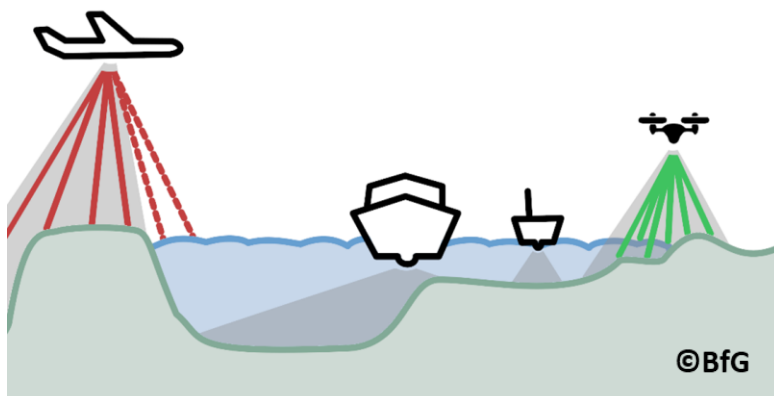
MESSSYSTEMANALYSE UND MODELBASIERTE SENSORFUSION FÜR DAS HYDROGRAPHISCHE WASSERWECHSELZONENMONITORING MITTELS UNBEMANNTER TRÄGERSYSTEME (WAMUT) (BAHAREH MOHAMMADIVOJDAN, FREDERIC HAKE, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMAN)

The aim of the project "Measurement system analysis and model-based sensor fusion for hydrographic data for water exchange zone monitoring by means of unmanned carrier systems (WaMUT)" is the consistent, quality-assured acquisition and modeling of geobase data of the water exchange and shallow water areas. The goal is 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 for the acquisition of bathymetry and topography. 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 fusion and an evaluation concept for different measuring methods, to create an optimized concept for the production of a DBM, as well as models for the description of the stochastic characteristics of the measuring systems. An essential step in the project is implementation of a (semi-)automatic (simulation-based) measurement planning tool, considering the individual uncertainties of all sensors.

Investigations in all three phases of the project have been performed. In the first phase, the inhomogeneous data were preprocessed to detect outliers and prepare the data for the second phase. The second phase involves modeling the preprocessed data to derive an optimal mathematical model that represents the covered area and contributes to the solution of the data fusion problem in the third phase.



DIFFERENT MEASUREMENT PLATFORMS THAT MAYBE REQUIRED TO COVER AN AREA; AREAL VS SURFACE VEHICLES AND UNMANNED VS MANNED VEHICLES.

INDALE – INNOVATIVE ANSÄTZE DER DASEINSVORSORGE IN LÄNDLICHEN RÄUMEN –
LERNEN VON ERFAHRUNGEN ANDERER EUROPÄISCHER LÄNDER FÜR DEUTSCHLAND
(BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, ALICE GEBAUER, JÖRN
BANNERT, WINRICH VOß)

Insbesondere in strukturschwachen und dünn besiedelten ländlichen Regionen wirken sich die Folgen des Demografischen Wandels existenzgefährdend auf bestehende Infrastrukturen der Daseinsvorsorge aus: Schulen und Arztpraxen schließen oder Freiwillige Feuerwehren sind in ihrer Handlungsfähigkeit eingeschränkt, da tagsüber nicht ausreichend Ehrenamtliche für Einsätze verfügbar sind.

Unter diesen Rahmenbedingungen stellt es in Deutschland seit rd. zwei Jahrzehnten eine wachsende Herausforderung dar, die Daseinsvorsorge vor Ort sicherzustellen und die ländlichen Räume attraktiv und zukunftsfähig zu gestalten.

Andere Länder Europas stehen vor ähnlichen Herausforderungen in ländlichen Räumen, teilweise bei wesentlich geringerer Bevölkerungsdichte. Hier gilt es zu prüfen, inwieweit in diesen Ländern bewährte, verstetigte Beispiele oder Lösungsansätze existieren, die für Deutschland zusätzliche Erkenntnisse liefern und im Idealfall adaptiert werden können.

Im Mittelpunkt des Forschungsprojekts stehen drei zentrale Bereiche der Daseinsvorsorge: Die medizinische Versorgung und Pflege, die nachschulische Bildung und die nicht-polizeiliche Gefahrenabwehr.

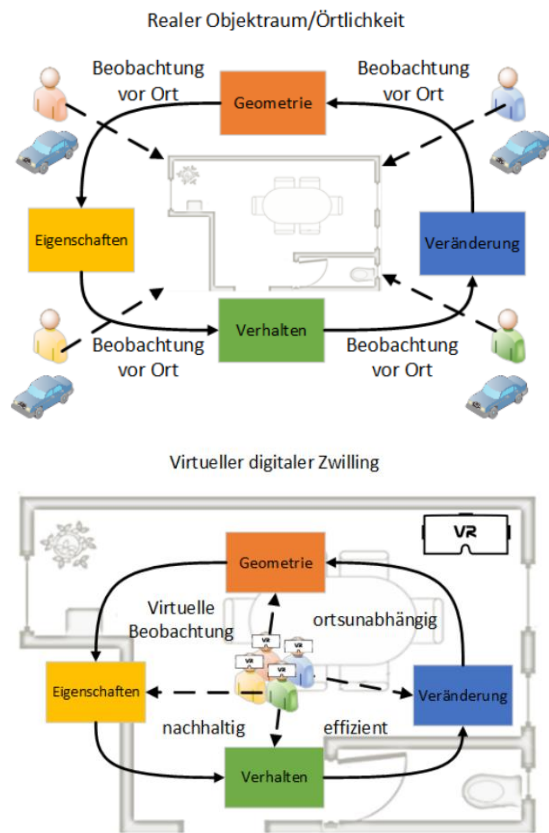
Die Analyse von Erfahrungen im europäischen Ausland (betrachtet werden die Länder Österreich, Schweden sowie Schottland als Region des Vereinigten Königreichs) zur Anpassung von Infrastrukturen wird für die Entwicklung innovativer Ansätze in Deutschland genutzt und kann – unter Berücksichtigung geeigneter Adaptionstrategien – neue Lösungen offerieren.

Im InDaLE-Projekt werden pro Daseinsvorsorgebereich vergleichend ausländische und deutsche Fallbeispiele untersucht. Ein besonderer Schwerpunkt im Forschungsprojekt stellt die Untersuchung und Ableitung von Erfolgs- und Hemmfaktoren für eine erfolgreiche Verstetigung innovativer Projekte oder Projektideen dar. Diese wurden bereits 2021 mittels Literaturrecherche erarbeitet und bis Anfang 2022 durch zahlreiche Interviews mit Projektverantwortlichen oder Entscheidungsträgern anhand eines strukturierten Fragebogens verifiziert und ergänzt.

Am Ende des umfangreichen Auswerteprozesses stehen Erfolgs- und Hemmfaktoren für eine erfolgreiche Verstetigung von Projekten oder Projektansätzen für die nationale und internationale Fachpraxis zur Verfügung.

Auf Grundlage der Erfolgs- und Hemmfaktoren für eine erfolgreiche Verstetigung werden abschließend die Übertragbarkeit innovativer Projektstrukturen oder Ideen auf ländliche Räume Deutschlands erarbeitet und verifiziert.

QUALITÄTSGERECHTE VIRTUALISIERUNG VON ZEITVARIABLEN OBJEKT-RÄUMEN (QVIZO) (BMW, JAN HARTMANN, INGO NEUMANN)

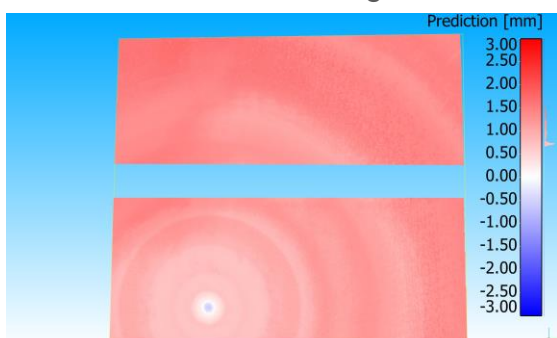


**VERÄNDERUNG DES BEOBACHTUNGSPROZESSES
(OBEN = ALT, UNTEN = NEU).**

Ziel des Projektes QVIZO ist es, ortsbezogene Erfassungs-, Verwaltungs- und Geschäftsprozesse von der Örtlichkeit in den virtuellen Raum zu verlagern. Bauwerke, Objekte und Strukturen werden mit Multi-Sensor Systemen erfasst, als kolorierte 3D Punktwolken repräsentiert und für die Anwender als authentischer digitaler Zwilling für die Betrachtung, Begutachtung und Analyse bereitgestellt. Um ein rechtlich belastbares und technisch reproduzierbares Maß an Objektauthentizität zu gewährleisten, ist es notwendig zu beschreiben, wann eine virtuelle Abbildung ihrem realen Pendant rechtlich gleichgestellt sein kann. In diesem FuE-Vorhaben soll daher ein neuartiges Verfahren und eine Schlüsseltechnologie zur qualitätsgerechten Virtualisierung von zeitvariablen Objekträumen entwickelt werden. Die Zielgruppen sind insbesondere die Bau- und Vermessungsbranche, Bauherren und Gutachter. Durch die zu entwickelnde Lösung sollen Vor-Ort-Termine signifikant reduziert werden, indem alle Beteiligten virtuell und ortsunabhängig auf den "digitalen Zwilling" des Objektes zugreifen

können, so dass eine rechtskräftige Beurteilung und Beteiligung in Geschäfts- und Verwaltungsprozessen möglich wird.

Es wurde ein Konzept für die Beurteilung der Qualität und Objektauthentizität in naher Echtzeit entwickelt. Bis zum jetzigen Zeitpunkt können verschiedenste Qualitätsparameter für TLS Punktwolken berechnet werden. Im Zuge dessen kann die Vollständigkeit einer Messung, die

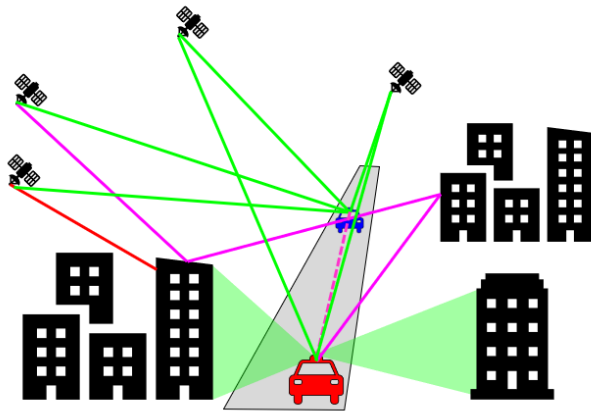


**PRÄDIKTION DER SYSTEMATISCHEN ABWEICHUNG IN DER
DISTANZMESSUNG DES Z+F IMAGER 5016.**

Auflösung sowie die 3D Punkt Präzision modelliert werden. Zusätzlich wird der Fokus auf die Modellierung systematischer Abweichungen in der TLS-Distanzmessung gelegt. Durch die Aufnahme einer Referenzpunktwolke wurde es ermöglicht, die systematischen Abweichungen in der TLS-Distanzmessung in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen (Intensität, Auftreffwinkel) zu modellieren.

INTEGRITY CONTAINED NAVIGATION BASED ON VEHICLE DATA AND CONSTRAINED COLLABORATIVE INFORMATION (DFG GRK I.C.SENS, ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB)

In engineering, Multi-Sensor-Systems (MSSs) are commonly used to acquire different aspects of an environment. A MSS refers to various installed sensors on a common platform. In order for the derived data to be combined for further analysis purposes, it is of great importance to georeference the MSS. In this context, georeferencing or localization refers to deriving the position and orientation of the MSS with respect to a superordinate coordinate system.

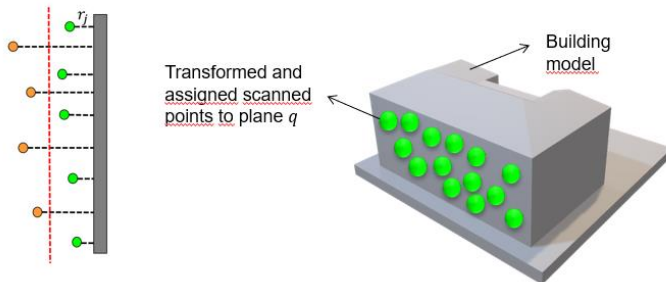


SCHEME OF THE THE MAIN PROJECT IDEA.

The most straightforward way of georeferencing is to use the Global Navigation Satellite System (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU) data. However, in urban environments, the GNSS data could not reliable due to effects such as multipath and shadowing. On the other hand, the IMU sensors are usually subject to drifting

over time and hence they are not reliable enough to directly derive the orientations from.

The focus of the current project is to deal with the aforementioned problem by using low cost 3D scanners. The main idea is to count for unreliability or unavailability of GNSS and IMU data by integrating additional information of the surrounding environment.



SCHEME OF THE THE MAIN IDEA FOR LIKELIHOOD ESTIMATION BASED ON THE SCANNED DATA.

Since global localization is of interest, which in turn requires dealing with global uncertainties, the main aim is to develop an accurate and efficient particle filtering framework that enables fusing different sensors to reliably georeference any MSS in an inner-city area. Aside from single MSS georeferencing, cooperative positioning is also

of interest in the current project. The main idea in the cooperative positioning is to use helpful information from the other MSSs in the surrounding environment, which should help to localize the target MSS more reliably. For that purpose, the Ultra-Wide-Band (UWB) sensors are considered in the current project. UWBs are range measurement units that can provide relative distance measurements between two or more nodes in an environment of interest. Therefore, considering these sensors enables exchanging helpful information, which in turn leads to more reliable georeferencing solutions.

PORTAI: A FULLY DIGITAL MODEL FOR PORT STRUCTURES USING IOT, 5G, BIM, AR AND AI PROCESSES TO SET UP SMART BUILDING LIFECYCLE MANAGEMENT (ARSHIA SHISHEHGARAN, FREDERIC HAKE, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

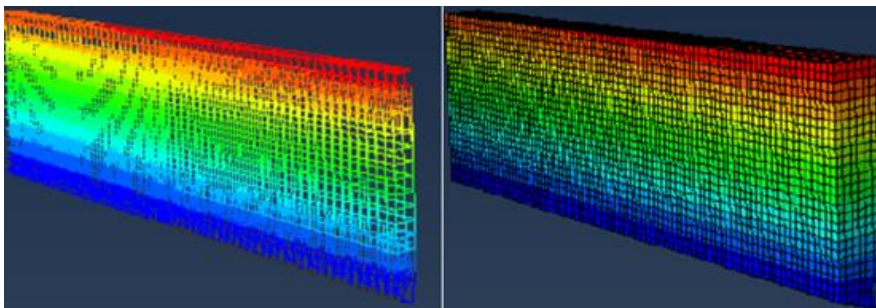
Structural health monitoring (SHM), safety assessment, and reducing the cost of field testing of civil structures is of great importance. Damage detection in port structures is typically carried out by inspectors and by hand, which is a time consuming and cost inefficient task. Combining the field testing and physical model (e.g., Finite Element Model (FEM)) are beneficial to optimize the process in proof load tests. In this project, Geodetic Institute Hannover (GIH) of Leibniz University Hannover collaborates with several project partners from academia and companies to evaluate the health of the port structures including sheet pile wall and reinforced concrete. The input of the physical model include structural design, geotechnical, hydraulic as well as meteorological information. In order to calibrate the physical model, a geodetic measurement such as terrestrial laser scanner (TLS) measurement is used. Next, spatial modelling is carried out based on curve/surface approximation of the 3D point clouds. It is then combined with the physical model to solve the geometric boundary problem. In the following, distributed triangular loads of saturated and dry soil, hydrostatic load, subgrade reaction modulus of soil and distributed loads on the top the port are calculated in a static model. The reconstructed 3D point cloud data in the form of th 3D mesh model are input into the FEM, and strains and displacements are calculated in different epochs of time. The determination and health condition of the structure will be predicted based on the machine learning techniques. Using some ensemble models and especially combining High Correlated Variables Creator Machine (HCVCM) and Long Short-Term Memory (LSTM) can be useful to increase the accuracy of the model for predicting the damage detection. The proposed new variables by HCVCM are imported as input variables in LSTM; therefore, HCVCM-LSTM can be regarded as hybrid models. This model is a new evaluation system and quantitative evaluation indexes for the fully automated monitoring of the structures including prediction and detection of structural damages.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



REPRESENTATION OF THE FEM CALCULATED IN THE ABAQUS SOFTWARE FOR THE UPPER AND UNDER WATER LEVEL OF A REINFORCED CONCRETE SHEET PILE WALL IN THE WEDEL AREA, GERMANY.

NAHE-ECHTZEIT-IDENTIFIZIERUNG VON BAUMSTÜRZEN AUF SCHIENEN-INFRASTRUKTUR MITHILFE VON HOCHAUFGELÖSTEN RADARSATELLITEN (DOMINIK ERNST, HAMZA ALKHATIB)

In diesem Forschungsprojekt wurde untersucht, welche Anforderungen an Daten der satellitengestützten Fernerkundung erforderlich sind, um in Nahe-Echtzeit Baumstürze auf der deutschen Schieneninfrastruktur zu identifizieren. Nahe-Echtzeit wird hier als ein Zeitbereich von Stunden bis wenigen Tagen nach Eintreten eines Ereignisses definiert.

Satellitengestützte Fernerkundung findet in mannigfaltigen Gebieten Anwendung, vor allem in den Geo- und Umweltwissenschaften, dem Katastrophenmanagement und im militärischen Bereich. Die verschiedenen Anwendungsgebiete stellen diverse Anforderungen an die räumliche und zeitliche Auflösung der Bilder sowie den gemessenen Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums. Neben dem optischen Bereich sind hier vor allem Radar- und Mikrowellenbereich weit verbreitet. In diesem Bericht fokussieren wir uns auf aktive Radarsysteme, welche den Vorteil bieten, die Wolkendecke zu durchdringen und unabhängig von der Sonneneinstrahlung zu agieren. Hierdurch sind wetter-unabhängige Informationen der Erdoberfläche erhältlich. Somit ist prinzipiell eine Erfassung auch bei Schlechtwetterereignissen, die vorwiegend Baumstürze hervorrufen, gewährleistet.

Hierfür wurden im Wesentlichen Daten der TerraSAR-X Mission vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Copernicus-Mission der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) beschafft, verarbeitet und analysiert. Die Arbeiten im Laufe des Projektes zeigen, dass eine unmittelbare Erfassung von Baumstürzen zur schnellen Beseitigung mit den vorliegenden Radaraufnahmen aus verschiedenen Gründen nicht möglich scheint. Hierbei stellt sich heraus, dass essentielle Anforderungen an die Daten bzgl. räumlicher und zeitlicher Auflösung, der Berücksichtigung verschiedener Rückstreupolarisationen sowie die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse (Rauschen in den Daten) nicht vollumfänglich in den einzelnen Radarprodukten gegeben sind.

Als Abstraktion der Baumsturzsuche nach Extremwetterereignissen wurde zusätzlich eine Untersuchung des Ahrtalhochwassers im Jahr 2021 durchgeführt. Grundlage dieser Untersuchung waren frei verfügbare Radarprodukte der Sentinel-1 Satelliten aus dem Copernicus-Programm der Europäischen Union. Es zeigte sich, dass größere Veränderungen wie das Verschwinden oder Hinzukommen von Brücken oder Wohnwagensiedlungen auf diesen Radaraufnahmen identifizierbar sind.

Die Ergebnisse zeigen auf, welche Dateneigenschaften und -verarbeitungsschritte sowie Infrastrukturen notwendig sind, um das Ziel einer Nahe-Echtzeit Baumsturzerkennung zukünftig zu erreichen. Die Studie hat dazu die Möglichkeiten und Herausforderungen der Fragestellung abgebildet und Methoden und Tools dargestellt, die die dargelegten Herausforderungen in zukünftigen Arbeiten in ihrer Schwierigkeit mindern bzw. ganz bewältigen.

DIE OBJEKTEBENE ALS EINE SCHLÜSSELDETERMINANTE FÜR DEN ERHALT / FORTBESTAND ZENTRALER ORTSLAGEN IN LÄNDLICHEN RÄUMEN – EIN BEITRAG ZU INNENENTWICKLUNG (TRUST/ARL-PROMOTIONSKollegs, EIGENFORSCHUNG NORA MAY, WINRICH VOß)

Die Dringlichkeit, schonend mit der endlichen Ressource Boden umzugehen, spiegelt sich in zahlreichen politischen und gesetzlichen Vorgaben wider. Darüber hinaus existieren auf Bundes- und Landesebene Förderprogramme, im Rahmen derer Handlungsempfehlungen entwickelt werden, wie weiterer unnötiger Flächenversiegelung Einhalt geboten werden kann.

Dem steht ein festgestelltes Innenentwicklungspotenzial in Höhe von 120.000 ha gegenüber; ¼ davon entfällt auf Kommunen > 5.000 Einwohner in ländlichen Gebieten.



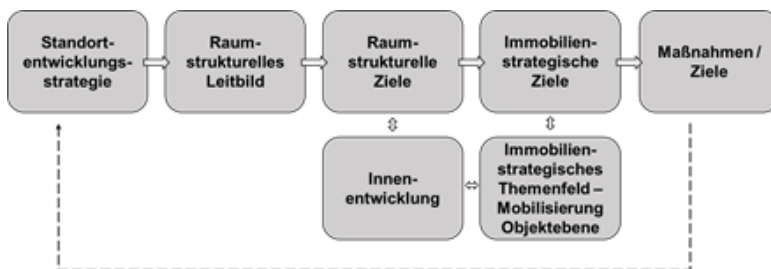
Dies verdeutlicht, dass bei der Suche nach Lösungsansätzen zur Reduktion der Flächenneuanspruchnahme die Innenentwicklung ländlicher Kommunen bisher eine untergeordnete Rolle spielte. Im Rahmen der Eigenforschung wird diese in den Vordergrund gerückt.

Ausgangspunkt ist die These, dass eine verstärkte Mobilisierung der Objektebene (unter- und ungenutzte Bestandsgebäude)

dabei eine Schlüsseldeterminante darstellt. Ergänzend zu bisherigen Forschungsergebnissen werden mittels immobilien-wirtschaftlichem Zugang Lösungsansätze erarbeitet. Das Ziel besteht darin, ein neues Verständnis für die Bedeutung von Bestandsobjekten als strategisches Steuerungsinstrument im Kontext der Innenentwicklung aufzuzeigen.

Hierfür wurde zunächst ein theoretisches Modell erarbeitet, welches mittels leitfadengestützten Expert*Innen-Interviews validiert und abschließend modifiziert wird. Aktuell werden die Interviews mit Hilfe einer qualitativ inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse ausgewertet. Dieser explorative Forschungsansatz wurde gewählt, da die Abbildung von Erfahrungswirklichkeiten im Fokus steht. Ziel ist es, handlungsleitende Faktoren sowie Gelingensbedingungen aus Perspektive öffentlicher und privater Akteure für Bauen im Bestand in Ortskernen ableiten zu können.

Die Erkenntnisse können in übergeordnete Standortentwicklungsstrategien einfließen. Mit der Forschungsarbeit sollen auch Erkenntnisse über



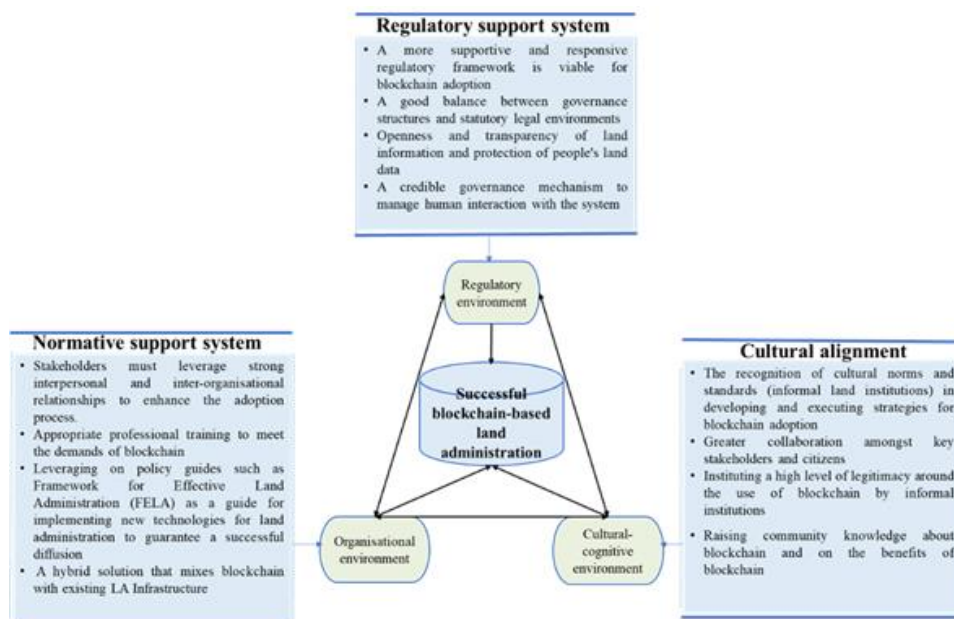
Transformationsprozesse erarbeitet werden, die zur Erreichung der heutigen sozialen, ökonomischen und ökologischen Zielsetzungen künftig vorrangig zur Anwendung kommen müssen. Die Anforderungen

an eine sozial-ökologische Transformation und deren räumliche Auswirkungen können im Rahmen des TRUST-ARL-Promotionskollegs „Transformationsprozesse in Stadt und Land“ in einem interdisziplinären Kontext ergänzend diskutiert werden.

INSTITUTIONAL FRAMEWORK FOR INTEGRATING BLOCKCHAIN INTO LAND ADMINISTRATION (EIGENFORSCHUNG BARIKISA OWUSU ANSAH, WINRICH VOß)

Integrating blockchain into land administration (LA) is crucial; however, it will not be enough to serve the LA unless there is an appropriate institutional framework to guide blockchain integration. Therefore, the aim of this study is to develop an institutional framework that would facilitate the integration of blockchain technology into land administration by leveraging local and international expert knowledge and case studies. To this end, we have conducted an extensive literature review to sets the scene for conceptualising the main theories and concepts underpinning the research problem.

Based on the result of the literature synthesis, a research article titled "Systematic review of the institutional success factors for blockchain-based land administration" was published in Land Use Policy. The publication draws on a systematic literature review and institutional theory to identify, analyse and conceptualise institutional factors influential to the success of blockchain-based LA projects. The paper proposed a conceptual framework of institutional support systems for adopting blockchain-based LA. The proposed framework consists of (1) a regulative supportive system, (2) an organisational support system and (3) cultural alignment. A graphical description of the proposed framework is presented, highlighting possible interactions between the systems.



A CONCEPTUAL FRAMEWORK OF INSTITUTIONAL SUCCESS FACTORS FOR BLOCKCHAIN-BASED LA (OWUSU ANSAH ET AL. 2022).

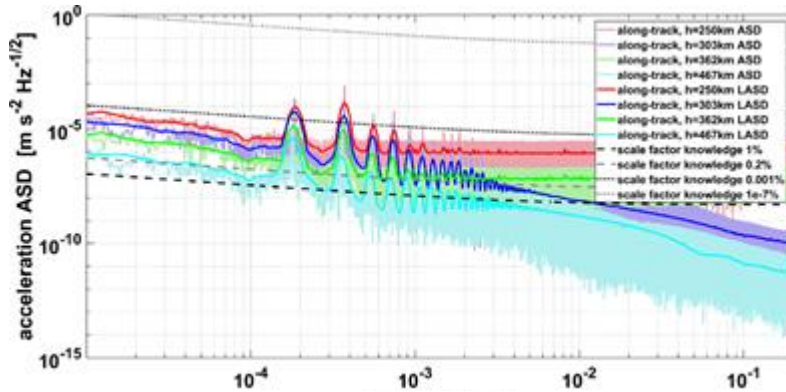
The conclusion drawn from the review was that a mutual co-existence and interplay between all the systems is necessary for the success of blockchain-based land projects. The next stage of the research involves the design of the case study which

comprises the selection of cases, data collection, and analysis of data development and validation of the framework. An empirical validation process through expert opinion shall be appropriate to ascertain the credibility, acceptability, applicability, and relevance of the framework. The proposed framework shall guide organisations and stakeholders on the institutional requirements necessary to adopt blockchain-based land administration projects.

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE)

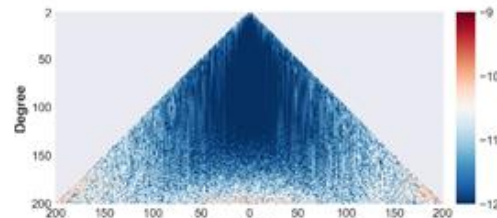
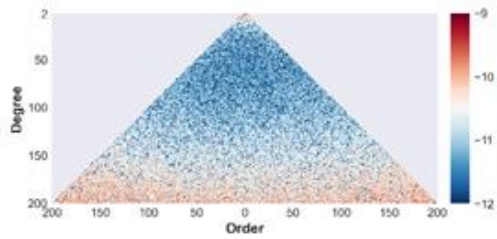
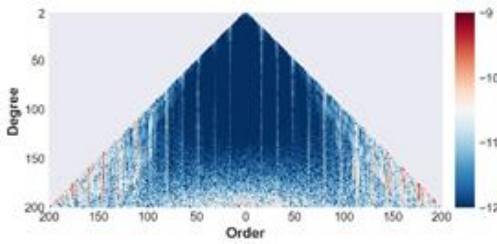
QUANTEN-BASIERTE BESCHLEUNIGUNGSMESSUNG AUF GEODÄSIE-SATELLITEN (DLR Q-BAGS, BMWK/DLR E.V., ANNIKE KNABE, JÜRGEN MÜLLER)

Das Ziel dieses Projektes ist die Weiterentwicklung der Modellierung von quantensensor-unterstützten Schwerfeldsatellitenmissionen. Durch die Simulation von Beschleunigungsmessern und Gradiometern unter Nutzung der Atominterferometrie sowie die Integration in die Schwerfeldsimulation wird das Potential dieser Sensoren für zukünftige Schwerfeldmissionen



AMPLITUDENSPEKTRALDICHTEN DER NICHT-GRAVIATIVEN BESCHLEUNIGUNGEN IN FLUGRICHTUNG UND DIE MAXIMAL ERLAUBTE BESCHLEUNIGUNG.

quantifiziert. Ein Vorteil der Atominterferometrie ist der sehr gut bekannte Skalierungsfaktor. In der oberen Abbildung sind die maximal erlaubten nicht-gravitativen Beschleunigungen sowie die Amplitudenspektraldichte der nicht-gravitativen Beschleunigungen in Flugrichtung für vier verschiedene Satellitenbahnhöhen dargestellt. Es



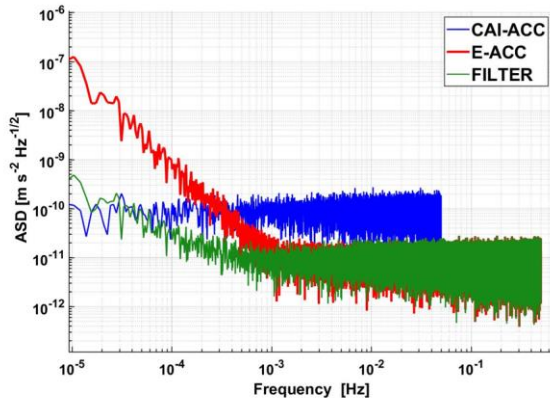
KOEFFIZIENTENDIFFERENZEN ZWISCHEN DER GESCHÄTZTEN SCHWEREFELDLÖSUNG UND DER REFERENZSCHWEREFELDLÖSUNG: GRACE-ÄHNLICHE MISSION (OBEN), CROSS-TRACK-GRADIOMETER (MITTE) UND KOMBINATION (UNTEN).

zeigt sich, dass bei der Atominterferometrie mit einer Genauigkeit des Skalierungsfaktors von $10^{-7}\%$, diese Anforderung erfüllt wird. Bei einem elektrostatischen Beschleunigungsmesser ist dies nicht der Fall, da der Skalierungsfaktor mit 1% oder 0.2% weniger genau bekannt ist.

Außerdem wird das Hinzufügen eines Atominterferometrie-Gradiometers quer zur Flugrichtung (Cross-track) auf einer klassischen GRACE-Mission mit Hilfe einer Closed-loop-Simulation untersucht. In diesem Szenario wird für das Atominterferometriegradiometer weißes Rauschen mit der Größenordnung von 5 mE angenommen. Die untere Abbildung zeigt die Koeffizientendifferenzen zwischen der geschätzten Schwerfeldlösung und Referenzschwerfeldlösung. Es sind die Ergebnisse für die einzelnen Schwerfeldlösungen (low-low Satellite-to-Satellite-Tracking und Cross-track-Gradiometrie) und deren Kombination gezeigt. Die Streifen in bestimmten Ordnungen ($m = 16 \times k, k \in \mathbb{N}$) der Koeffizienten werden durch die Kombination mit einem Cross-Track-Gradiometer stark reduziert.

Cold Atom Interferometry (CAI) is proven to be a very efficient technique to achieve high sensitivity for absolute inertial sensors. It is proposed to use CAI accelerometers onboard future generations of satellite gravimetry missions to provide long-term stability and precise measurements of the non-gravitational forces acting on the satellites.

Even though the accuracy and long-term stability of CAI-based

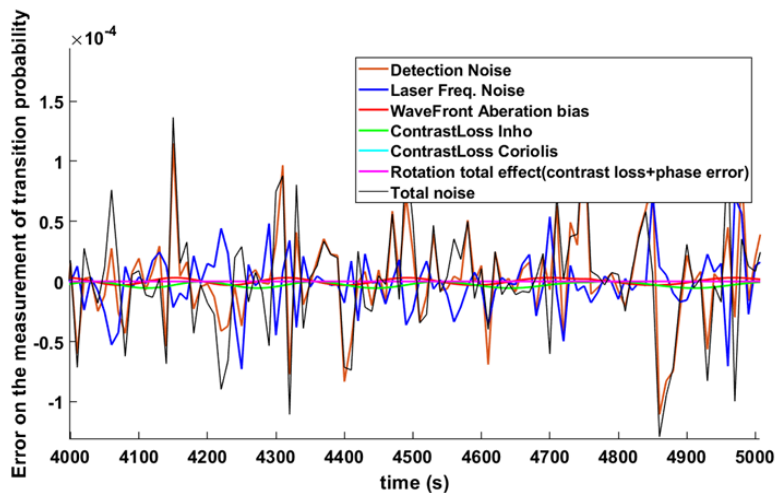


AMPLITUDE SPECTRAL DENSITY OF THE ELECTROSTATIC ACCELEROMETER, CAI-ACCELEROMETER AND THE KALMAN FILTER BASED SOLUTION.

accelerometers seem promising, there exist some major drawbacks, e.g., in the long dead times and the comparatively small dynamic range of the sensor. One promising way to handle the drawbacks of atom interferometry is to use it in hybrid combination together with a conventional electrostatic accelerometer. Last year, we have already discussed a specific possible solution to employ the measurements of a CAI accelerometer together with a classical accelerometer by applying a Kalman filter framework which had shown an improved navigation solution with respect to a reference trajectory.

In the current ongoing investigation, we implement an improved CAI modeling in the simulation to consider the quantum errors and noise on the instrument and to consider the in-flight conditions of a GRACE-like gravimetry mission (e.g. the impact of satellite rotation) on the CAI measurements. The improved noise model is now able to generate more realistic simulated measurements, by considering the impact of different noise sources (e.g. detection noise, laser frequency, wavefront aberrations and contrast loss).

We then perform a closed-loop simulation in which we employ measurements of a CAI accelerometer together with a conventional Inertial

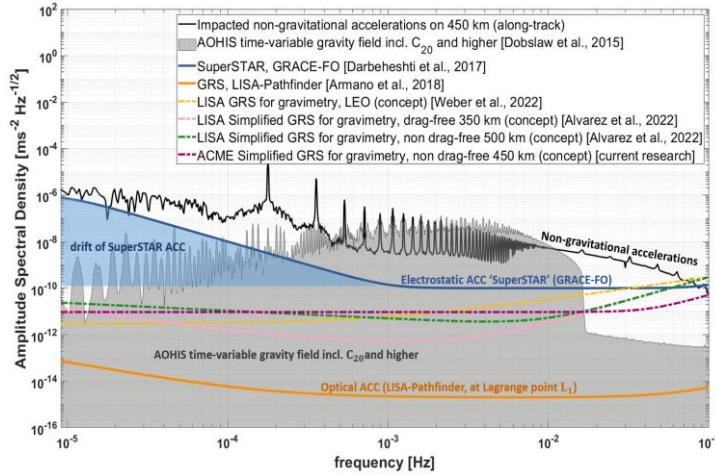


SIMULATED NOISE TIME SERIES OF THE CAI ACCELEROMETER. THE DIFFERENT NOISE SOURCES ARE SHOWN IN DIFFERENT COLOURS.

Measurement Unit (IMU) using the improved Kalman filter framework and we compare the combined accuracy in the determination of the non-gravitational forces. In addition, we carry out simulations to study the possibility of having a CAI with a very long interrogation time (>10 seconds) and discuss the challenges and potential improvements.

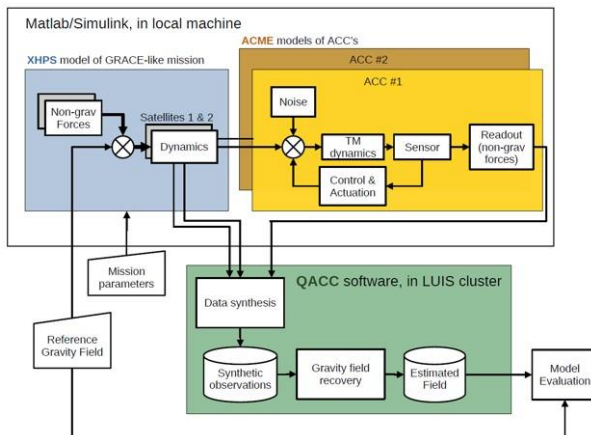
OPTICAL ACCELEROMETERS FOR SATELLITE GRAVIMETRY (DFG, SFB 1464 TERRAQ, ALEXEY KUPRIYANOV, MANUEL SCHILLING, JÜRGEN MÜLLER)

The focus of this project is on the modelling of an optical accelerometer (ACC) and its performance evaluation onboard of future gravimetry missions. The figure shows the amplitude spectrum densities of various ACCs. The electrostatic SuperSTAR ACC, that is used in GRACE(-FO), has



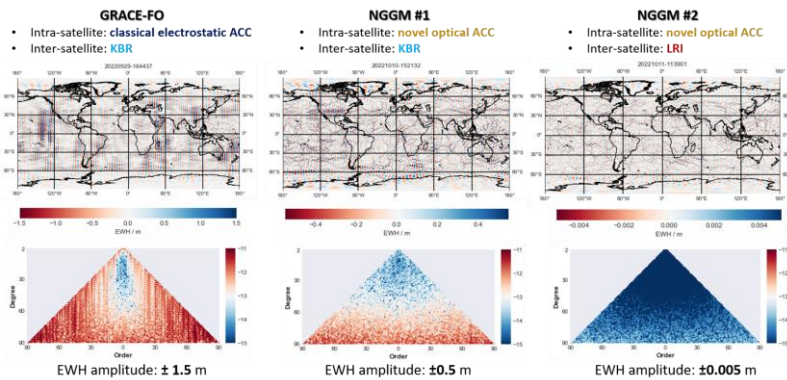
PERFORMANCE OF DIFFERENT ACCELEROMETER MODELS COMPARED TO NON-GRAVITATIONAL FORCES THAT HAVE TO BE MEASURED, STATIC AND TIME-VARIABLE GRAVITY FIELD SIGNALS.

a significant drift at low frequencies ($<10^{-3}$ Hz) which is one of the limiting factors in current space gravimetry missions. Taking into account the benefit of optical accelerometry demonstrated by the LISA-Pathfinder mission and modifying ACC parameters, e.g., test mass (TM) weight, test mass to electrode housing gap, geometry, etc., the sensor performance can be significantly improved as it has been shown by various studies.



BLOCK SCHEME OF SIMULATION PROCEDURE USING THE VARIOUS SOFTWARE PACKAGES.

In our current project, the simulation procedure consists of three major components: **1)** Mission scenarios were run in eXtended Hybrid Simulation Platform for Space Systems (XHPS). This software allows to model various gravimetry mission scenarios, e.g., by modifying orbits, satellite constellations (polar pair, Bender type, etc.). **2)** An ACC framework was developed in the Matlab/Simulink environment within Accelerometer Modeling Extended



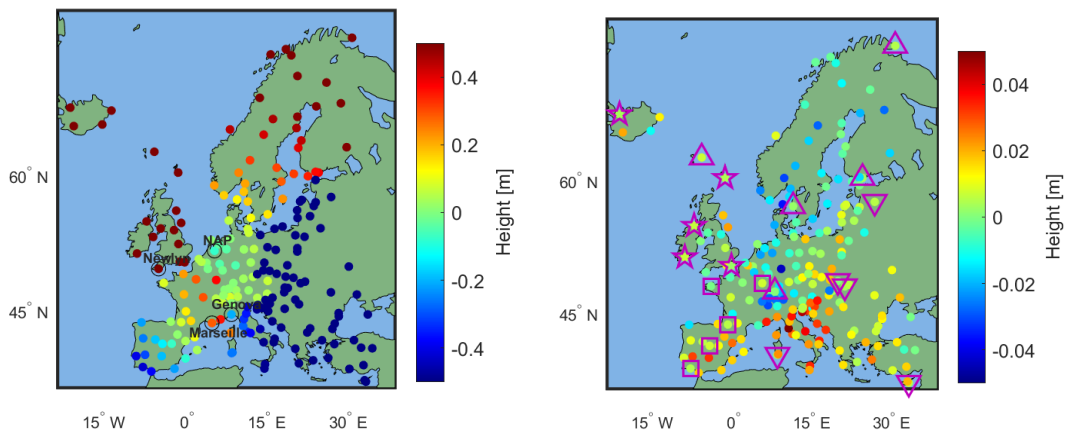
RECOVERED GRAVITY FIELDS FOR A GRACE-LIKE POLAR SATELLITE PAIR ASSUMING VARIOUS INSTRUMENT PERFORMANCES

(optical ACC and inter-satellite LRI) rather than the 'classical' ones (electrostatic ACC and K-band ranging).

TERRESTRIAL CLOCK NETWORKS: FUNDAMENTAL PHYSICS AND APPLICATIONS (DFG, SFB 1464 TERRAQ, EXC 2123, QUANTUM FRONTIERS, ASHA VINCENT, HU WU, JÜRGEN MÜLLER)

One of the major goals of geodesy is establishing a unified height reference system. In the recent era of high performance clocks with fractional uncertainty of 10^{-18} , chronometric leveling provides an interesting alternative compared to classical techniques, as it offers an accuracy of 1 cm. Height system unification involves the estimation of complex errors (e.g. tilts and offsets) between the local/regional height reference systems.

We have carried out a closed loop simulation study: EUVN2000 (European Vertical Reference Network) is taken as an a-priori height system and then divided into four local systems with various errors. Re-unification is carried out using the simulated clock measurements. To create realistic cases, different scenarios of observation equations were built considering errors like tilts along latitude, tilts along longitude, offsets, tilts that depend on the distance from the tide gauge, tilts associated with certain leveling lines, systematic noise that can be associated with the elevation of the leveling points, etc. The estimated accuracy of related parameters to resolve these errors highly depends on the number of clocks and their spatial distribution in each regional height systems. Our main interest here was to determine the optimal number of clocks with better spatial distribution in each unification scenario to catch all error cases. Another study addressed the differences between the old and new realization of the German height system, DHHN92 and DHHN2016. We could show that clock observations can be utilized to detect the time-dependent elevation changes of the leveling points between the two epochs.

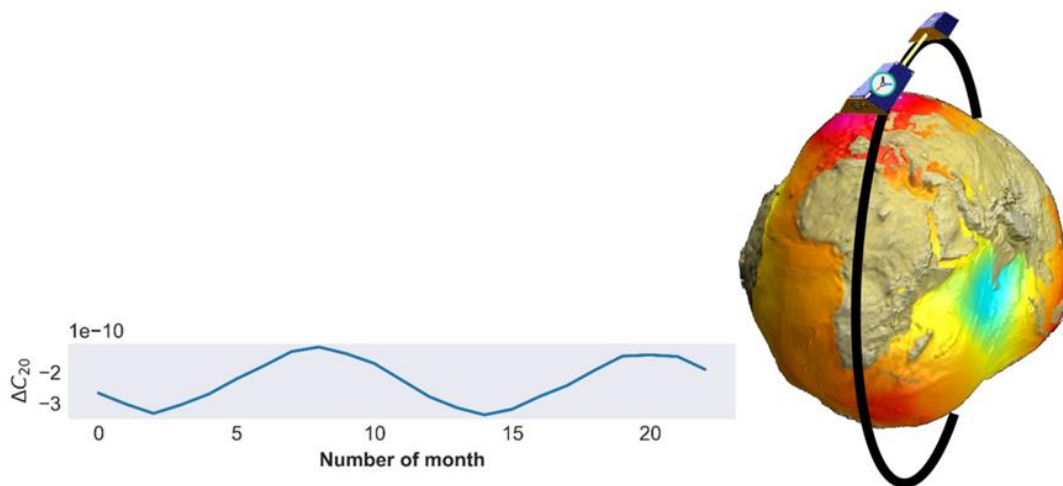


HEIGHT SYSTEM UNIFICATION WITH AN ESTIMATION OF TOTAL 5 ERRORS. LEFT: SIMULATED ERRORS BETWEEN THE LOCAL HEIGHT SYSTEMS AND THE A-PRIORI HEIGHT SYSTEM. RIGHT: REMAINING ERRORS IN THE UNIFIED HEIGHT SYSTEM AFTER THE ADJUSTMENTS BASED ON CLOCK OBSERVATIONS. THE MAGENTA SYMBOLS REPRESENT THE ASSUMED CLOCK LOCATIONS IN EACH LOCAL HEIGHT SYSTEM.

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

According to Einstein's general relativity theory, the frequency difference between two earthbound optical clocks reveals the gravity potential difference between the clock stations: Clocks tick slower if there is more mass and faster if there is less. Hence, clock comparisons can be utilized for determining spatial and temporal mass variations in the Earth system. This enables the new field of chronometric geodesy. For example, effects can be observed that occur as a result of climate change processes, such as ice melting in the polar regions. In order to measure the variations on a specific place, a reference clock is needed. This clock can be placed either at a stable location on the ground that is linked via optical fibers or on a known satellite orbit. The optical atomic clocks are extremely precise: A clock with a fractional frequency uncertainty of 10^{-18} , which means the atomic clock is accurate to the 18th digit after the comma, can measure the difference in its ticking rate, if lifted by 1 cm in height corresponding to a gravity potential change of $0.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Temporal variations of the Earth gravitational potential can also be determined by observing frequency changes of precise optical atomic clocks in space, e.g., on-board of low-orbiting satellites. At low orbits, one is most sensitive to mass changes on Earth.

The figure below shows an example of the seasonal variations of the Earth flattening expressed by the parameter ΔC_{20} . For this simulation, the GRACE-FO orbit with an altitude of 450 km was taken and an uncertainty of 10^{-19} with a sampling rate of one hour for the clock measurement has been assumed.

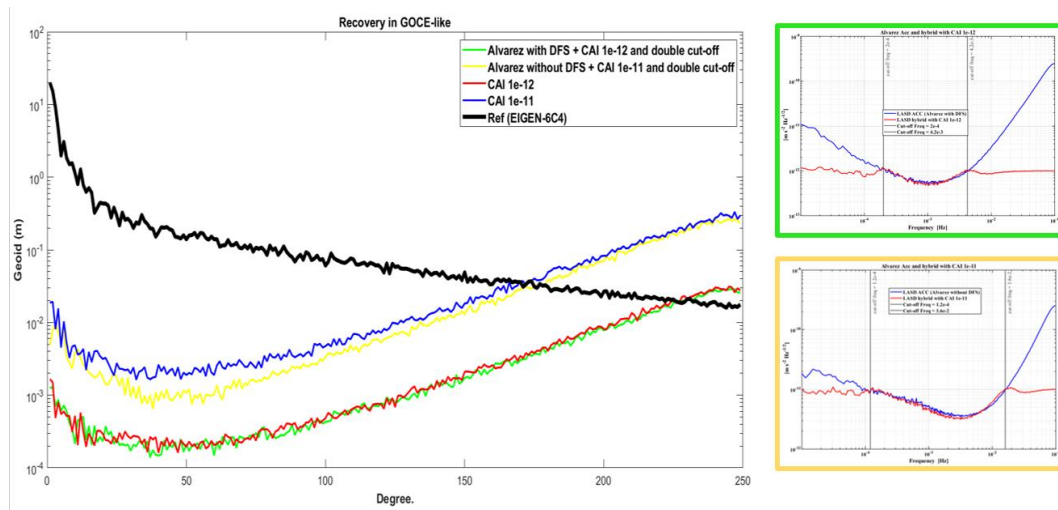


THE FLATTENING OF THE EARTH IS CHANGING OVER THE COURSE OF A YEAR, EXPRESSED BY THE PARAMETER ΔC_{20} . THESE SEASONAL VARIATIONS CAN BE MEASURED BY SPACE CLOCKS IN FUTURE. HERE THE CLOCK MEASUREMENTS (LEFT) ARE CARRIED OUT BY AN ASSUMED VERY PRECISE OPTICAL CLOCK ON-BOARD OF ONE GRACE-FO SATELLITE (RIGHT).

QUANTUM GRAVIMETRY FOR FUTURE EARTH OBSERVATION FROM SPACE (DLR, MOHSEN ROMESHKANI, JÜRGEN MÜLLER)

The aim of the project is to quantify the potential of quantum sensors for determining the (hydrological) mass variations on the Earth from space and to define corresponding requirements for the sensor technology and for a possible satellite mission. In the study, different scenarios of a pure quantum gravimetry mission or a mission using quantum and classical sensors in hybrid fashion have been addressed. Considering the defined requirements, possible quantum gravimetry mission scenarios are defined, which allow an improved spatial and temporal detection of mass variations in the Earth system. This includes, for example, processes such as the melting of polar ice sheets, changes in the global water balance and sea level variations, all of which must be seen in the context of global climate change and can only be quantified by systematic observations from space.

In the project, suitable quantum sensors for observing the Earth's gravitational field are first identified and the corresponding error characteristics are described. These are compared with classical observation techniques in order to determine their added value. Sensor systems identified in this way, together with mission scenarios to be defined, are then analyzed by appropriate numerical simulations and the achievable results quantified in terms of spatial and temporal resolution. The results will be used for a dedicated analysis to quantify their potential added value for scientific and service-oriented applications. The results will also serve to provide consolidated requirements for a quantum sensor-based gravity field mission, e.g., as basis for the EU Commission's discussions regarding a corresponding Pathfinder mission.

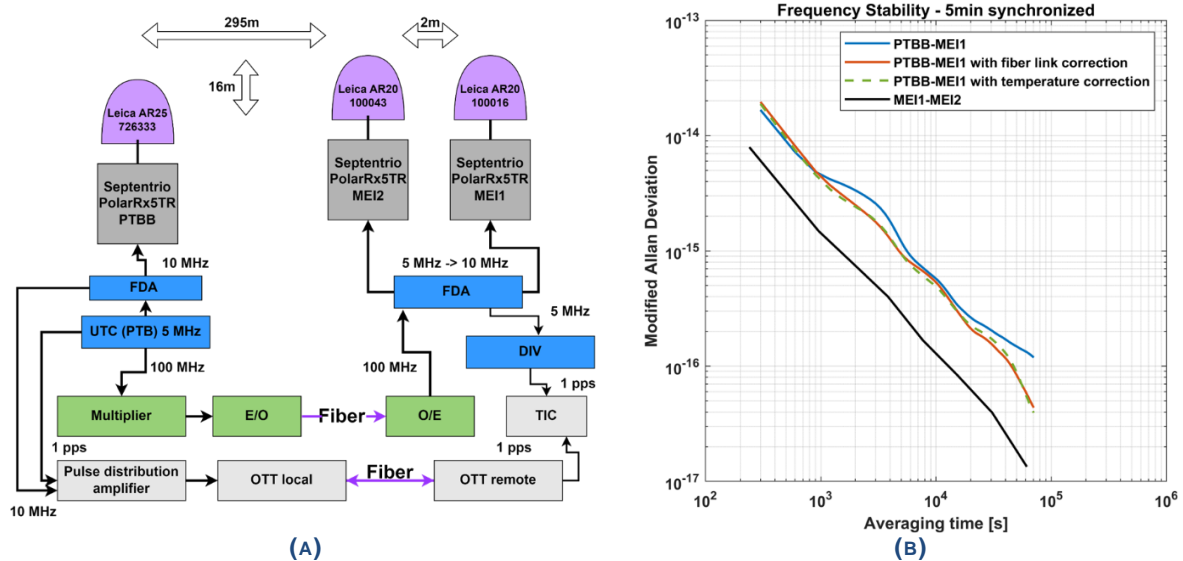


EARTH GRAVITY FIELD RECOVERY IN GRADIOMETRY MODE. COMPARISON BETWEEN RESULTS USING HYBRID GRADIOMETERS AND COLD ATOM INTERFEROMETRY GRADIOMETERS IN A GOCE-LIKE SCENARIO.

GNSS-BASED FREQUENCY TRANSFER (DFG, SFB 1464 TERRAQ, AHMED ELMAGHRABY, THOMAS KRAWINKEL, STEFFEN SCHÖN)

This project aims for exploring the highest achievable stability for GNSS links for frequency transfer. Main goal is improving the accuracy and precision of the compared frequencies achieving instability levels at $5e-17$. This shall enhance the ability of GNSS technique for frequency transfer but also for relativistic geodesy. For this purpose, a so-called common-clock experiment has been carried out at PTB, the national metrology Institute in Braunschweig, to evaluate the performance of the receivers and antennas. The experiment covered zero and short baselines (2 m and 295 m). Such baselines have been analysed by the means of single differences estimating the receiver clock difference between both stations. As both receivers are connected to the same frequency source, this will show the difference in frequency of the signals received through the GNSS-link. This gives the opportunity to discuss the various error sources influencing the GNSS measurements, e.g., tropospheric delays, multipath errors, thermal noise and instrumental delays. In addition, there is a fiber link connection used for distributing the clock signal from H-maser main clock and monitoring the clock signal deviation at the other buildings where our receivers were connected. The baseline has been extended further to include the permanent IGS (International GNSS Service) station [PTBB], which equals 295 meters. Having explored the errors on these baselines, we plan to go further with longer baselines identifying other error sources. The developed error model shall be implemented into the stand-alone PPP algorithm.

In our recent study, we also analyse the temperature data collected internally at PTB during the experiment. The internal temperature has been analysed with the estimated receiver clock differences to identify the time delay caused by the temperature variations. This shall be tested further by doing a dedicated experiment in a climate chamber, where the environmental effects [temperature, relative humidity] could be more precisely controlled.



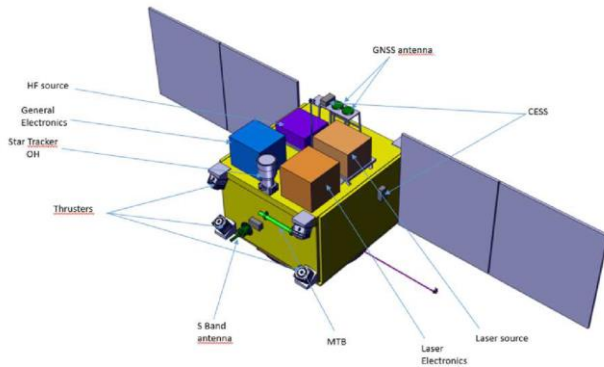
COMMON-CLOCK EXPERIMENT AT PTB, 19 APRIL TO 10 MAY 2021, (A) GENERAL SETTING, (B) MODIFIED ALLAN DEVIATION; 295-METER [PTBB-MEI1], 2-METER [MEI1-MEI2].

COLD ATOM RUBIDIUM INTERFEROMETER IN ORBIT FOR QUANTUM ACCELEROMETRY -
PATHFINDER MISSION PREPARATION (CARIOQA-PMP, EU/DLR, NINA FLETLING, ANNIKE
KNABE, JÜRGEN MÜLLER, MANUEL SCHILLING, MATTHIAS WEIGELT)



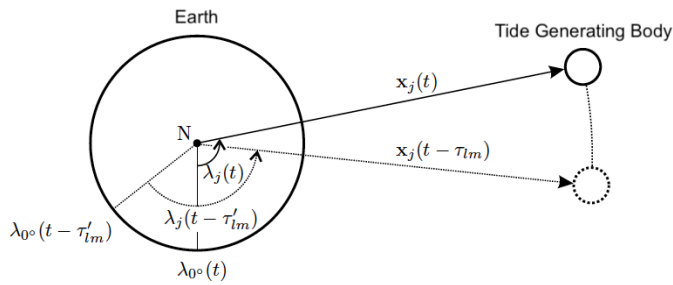
Das Projekt CARIOQA-PMP (Cold Atom Rubidium Interferometer in Orbit for Quantum Accelerometry - Pathfinder Mission Preparation) im Rahmen des Programms Horizon Europe der Europäischen Kommission ist gestartet. Das Ziel ist, einen Beschleunigungsmesser auf der Grundlage der Atominterferometrie für die Anwendung im Weltraum zu entwickeln, der in einer Pathfinder-Mission zur Quantengravimetrie eingesetzt werden soll. Atominterferometer messen hochpräzise, mit einer in diesem Feld bisher unerreichten Empfindlichkeit. Dadurch kann die Genauigkeit der Beobachtung und Modellierung des Gravitationsfeldes der Erde und insbesondere dessen zeitliche Veränderung gesteigert werden.

CARIOQA-PMP ist ein internationales, interdisziplinäres Projekt mit zahlreichen Akteuren und wird von den französischen und deutschen Raumfahrtbehörden CNES und DLR unter der Leitung des CNES koordiniert. Die Leibniz Universität Hannover ist mit mehreren Instituten beteiligt. Das Institut für Erdmessung ist am Missionsdesign der Pathfinder-Mission beteiligt und ist darüber hinaus für die Entwicklung und Anwendung von Simulationstools und Fehlermodellen verantwortlich, um den Einsatz von Quantentechnologien auf zukünftigen Schwerefeldmissionen zu untersuchen.



VORLÄUFIGES DESIGN DES CARIOQA SATELLITEN.

TEST OF ACTIVE VS PASSIVE GRAVITATIONAL MASS USING LLR ANALYSIS (VISHWA VIJAY SINGH, JÜRGEN MÜLLER, LILIANE BISKUPEK, MINGYUE ZHANG)



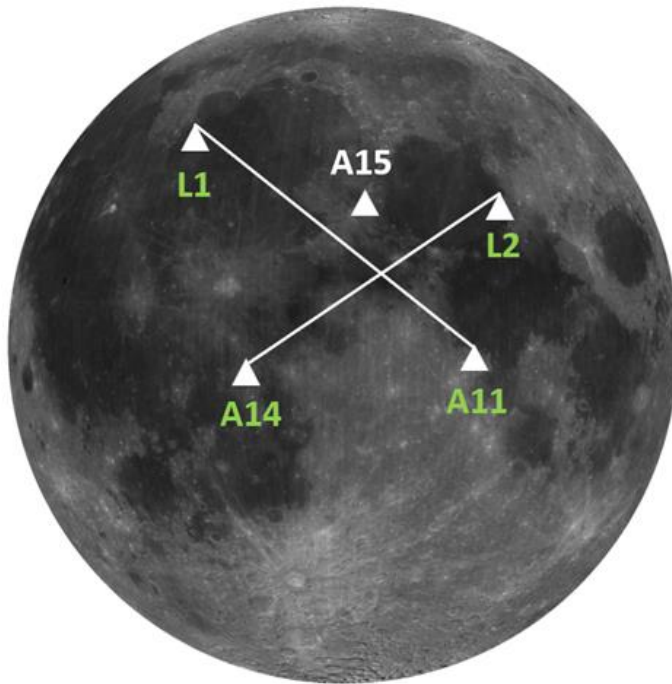
GEOCENTRIC CHANGE OF POSITION OF THE TIDE GENERATING BODY DUE TO THE DELAY [HOFMANN, 2017].

For any two bodies A and B, the gravitational force $F = GmM/r^2$ acts between them, exerted by A on B and vice versa. The active mass for the force F_{AB} is defined by A and the passive mass is defined by B. For each body, the ratio of its own active and passive mass (M/m) should be 1, according to Newton's

gravitational theory. In a system of two bodies, a coefficient S , can be defined as: $S(A,B) = M_A/m_A - M_B/m_B$. If this coefficient is not zero, it would cause a self-acceleration of the centre of mass between the two bodies. This effect could not be observed up to a ratio of $5 \cdot 10^{-5}$ (for Teflon vs a mixture of dibromomethane and trichloroethylene) in a study in 1968, and up to a ratio of $4 \cdot 10^{-12}$ (for Aluminium (Al) vs Iron (Fe)) in a study in 1986. For a current value of the ratio S , two solutions were created using Lunar Laser Ranging (LLR) data.

Tides on the Earth cause a retarding effect on the motion of the tide-generating Moon (see figure). For the first solution, the tides on Earth are defined by a simple model which includes one Love number (k_2) defined for degree-2 tides on the Earth and the tidal bulge as one angle (δ) defining a geometric rotation. With a starting value of $k_2 = 0.0122$ in a Gauss-Markov model based adjustment, a final value of $k_2\delta = 0.01312 \pm 1.17 \cdot 10^{-6}$ was obtained. Using the tidal acceleration of the mean longitude of the Moon $\dot{\omega} = -1961k_2\delta$ from Williams and Boggs (2016), an error value $\sigma\dot{\omega}$ of 0.0023 "/math>cy 2 is determined. For the second solution, a more complex tidal effect model, based on the DE430 ephemeris description, is considered. It includes five tidal time delays (three orbital, and two rotational) and three Love numbers for each frequency of degree 2. Four solutions were computed using the IfE LLR s/w package in which the three orbital time delays (individually) and the two rotational delays (together) were adjusted. Finally, four values of $\dot{\omega}$ were obtained: -25.7898 , -25.7759 , -25.7635 , -25.7649 "/math>cy 2 . The error value $\sigma\dot{\omega}$, taken as the range of the four individual cases, is then obtained as ± 0.0263 "/math>cy 2 . Using the two values of $\sigma\dot{\omega}$ and the method described by Bartlett and van Buren (1986), two values of $S(\text{Al,Fe})$ were determined: $3.4 \cdot 10^{-15}$ (solution 1) and $3.9 \cdot 10^{-14}$ (solution 2). Considering the worse of the two values, the new limit on the violation of active and passive gravitational mass is determined as $3.9 \cdot 10^{-14}$.

COMBINATION OF LUNAR LASER RANGING AND DIFFERENTIAL LUNAR LASER RANGING
(DLR-SI, DFG, EXC 2123, MINGYUE ZHANG, JÜRGEN MÜLLER, LILIANE BISKUPEK)



CROSSING BASELINES OF L1-A11 AND L2-A14.

An updated facility at Table Mountain Observatory of JPL is able to receive a large number of photons using a high-power continuous wave laser in future. This realizes a new geodetic technique for lunar tracking, i.e., Differential Lunar Laser Ranging (DLLR). A DLLR station can provide differential lunar ranges (with a very high accuracy of about $30 \mu\text{m}$) by fast switching between different lunar reflectors. Our previous work (Zhang et al. 2022) has shown that by comparing the results from real lunar laser ranging (LLR) data and simulated DLLR data with the same long timespan (more than 50 years) DLLR has significant advantages on the estimation of parameters related to the orientation, rotation and

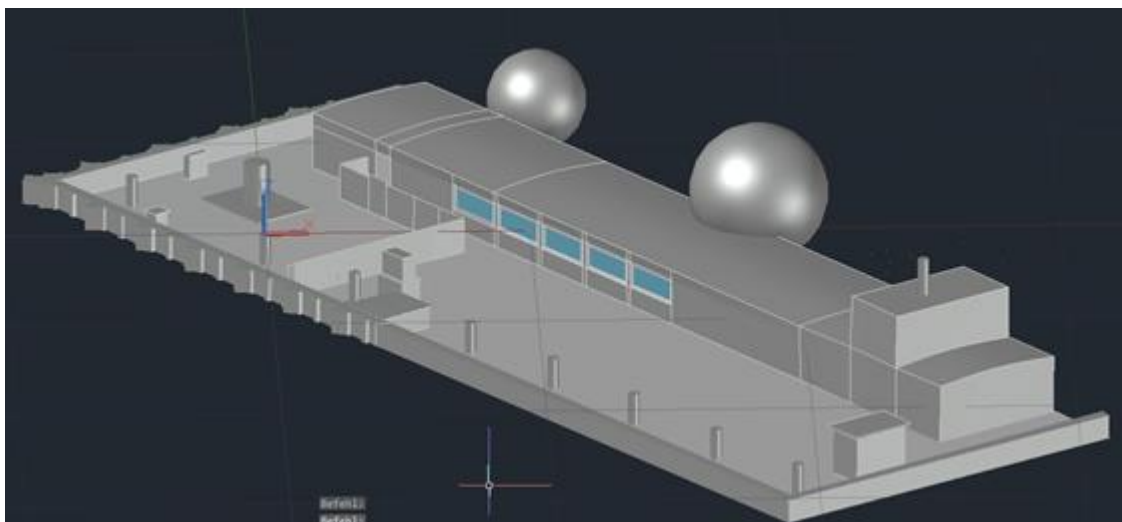
interior of the Moon. However, some other parameters, e.g., the orbital elements of the Moon (lunar position and velocity) will not have a large benefit. Considering that only DLLR data over a short timespan will be available in the beginning, we need the accurate lunar orbit provided by LLR, in order to exploit the DLLR advantages. Thus, the combination of LLR and DLLR has been studied. We found that even DLLR data over a rather short time span (e.g., 5 years) can remarkably improve the estimation of the orientation-, rotation- and interior-related parameters. Furthermore, reflector baselines (L1-A11 and L2-A14) with bigger length and crossing shape are more beneficial for the investigation of the lunar interior, orientation and rotation.

MAESTRO: GEWINN EINES GRUNDLEGENDEN VERSTÄNDNISSES DER MEHRWEGE - ANTENNEN - EMPFÄNGER - INTERAKTION ZUR STANDARDISIERUNG DER KALIBRIERUNG VON CODEPHASENVARIAATIONEN 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 die 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.

Erste Analysen des Mehrwegeeinflusses sind bereits vom DLR auf Grundlage des digitalen Messdachmodells (siehe Abb.) durchgeführt wurden. Besonders kritisch sind dabei GNSS-Signale von Satelliten, die aus der Richtung der astronomischen Kuppeln kommen oder an diesen reflektiert oder gebeugt werden. Mit Hilfe von sogenannten Mehrwegekarten, die solche kritischen Bereiche definieren, kann die Schätzung der Antennenkorrekturen verbessert werden. Auch der Einfluss verschiedener Parameter der GNSS-Empfänger innerhalb einer Roboterkalibrierung, wie die Integrationszeit oder die Bandbreite der Tracking Loops, konnte mit Hilfe eines GNSS Software-Empfängers analysiert werden. Die Herausforderung besteht darin, das Rauschen so weit wie möglich zu verringern ohne dabei wichtige Informationen des Codephasen-Pattern zu verlieren.



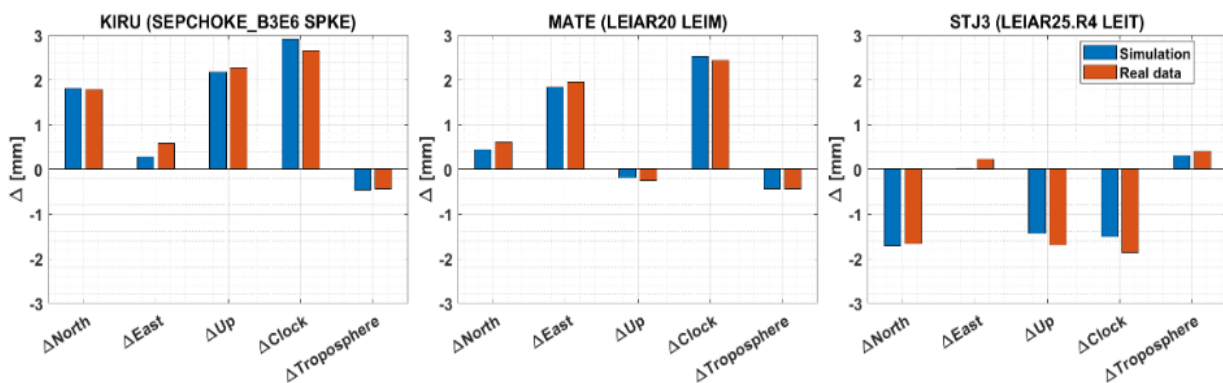
DIGITALES MODELL DES MESSDACHS.

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

Für hochpräzise GNSS-Anwendungen ist es erforderlich, Phasenzentrumskorrekturen (PCC) zu berücksichtigen. Solche Korrekturen setzen sich aus einem Phasenzentrumsoffset (PCO) und Phasenzentrumsvariationen (PCV), die mit Azimut und Elevation variieren, zusammen. Das Institut für Erdmessung – eine vom IGS anerkannte Institution für die absolute Antennenkalibrierung – verwendet zur Kalibrierung der GNSS-Antennen das Konzept der Roboterkalibrierung. Im derzeit umfangreich erweiterten und selbst implementierten Postprocessing werden anschließend die PCC, auch für neuere Signale und Systeme, mittels sphärisch harmonischer Funktionen geschätzt. Zusätzlich wird an innovativen Konzepten gearbeitet, um PCC verschiedener Kalibrierinstitutionen (ΔPCC) einheitlich vergleichen zu können.

Ein Vergleichskonzept zur detaillierten Analyse der Auswirkungen der ΔPCC auf geodätische Parameter, wie z.B. Stationskoordinaten, Troposphärenparameter und Empfängeruhrfehler, wird entwickelt. Da der Einfluss der PCC auf die geschätzten geodätischen Parameter im wesentlichen von der Struktur der PCC, der Abtastung durch die lokale Satellitengeometrie und den weiteren Prozessierungsparametern abhängt (Elevations cut-off Winkel, verwendete Frequenzen/Linearkombinationen, Satellitensysteme, Auswertemethoden, etc.), wurde eine Simulationumgebung entwickelt. Wie in der Grafik gezeigt, decken sich die Ergebnisse der Simulation mit der Prozessierung von realen Daten mittels PPP-Lösungen für verschiedene Stationen und Antennen überaus gut ($\Delta < 0,5$ mm).

Außerdem werden regionale Netze, beispielsweise des EPN analysiert, um den Einfluss verschiedener Antennenpattern abschätzen zu können. Hier konnte in PPP- und Doppeldifferenz-Lösungen gezeigt werden, dass sich je nach Struktur der ΔPCC , Abweichungen in den Schätzparametern zwischen 1 mm und 12 mm ergeben. Diese Differenzen lassen sich nicht nur im Positionsraum gruppieren, sondern auch auf Patternebene mittels verschiedener skalaren Maße (z.B. maximale Abweichungen, Korrelationskoeffizienten, Standardabweichung).



SIMULATIVE BERECHNUNG DES EINFLUSSES VON ΔPCC AUF GEODÄTISCHE PARAMETER FÜR VERSCHIEDENE ANTENNEN UND STATIONEN UND DER VERGLEICH MIT PPP-LÖSUNGEN (REAL DATA).

IGS-AWG RINGCALVAL - RINGKALIBRIERUNG VON GNSS-EMPFANGSANTENNEN (TOBIAS KERSTEN, JOHANNES KRÖGER, YANNICK BREVA, STEFFEN SCHÖN)

Im Frühjahr 2022 startete die Antenna Working Group (AWG) des International GNSS Service (IGS) den Aufruf zur Teilnahme an einer international ausgerichteten Ringkalibrierung von GNSS-Empfangsantennen. Ziel dieser Forschungsaktivitäten ist es, Unterschiede der Kalibrierwerte zwischen Institutionen und Methoden aufzudecken und zu quantifizieren. Ebenfalls wird es notwendig, Kalibrier- und Qualitätsparameter zu definieren und zu etablieren. Dies ist dringend geboten, da nicht nur die Modernisierung der Satellitensysteme und die Entwicklung neuer Signalstrukturen die Entwicklungen in der Positionierungs-, Navigations- und Zeitanwendung vorantreiben, sondern auch immer mehr Forschungsinstitutionen sich bemühen, ihre Kalibrierdienste der IGS-AWG zur Verfügung zu stellen.



Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, hat sich eine Gruppe gebildet, die sich aus neun verschiedenen Institutionen aus sechs Ländern zusammensetzt. Hierunter finden sich Geoscience Australia (Australien), GNSS Research Center (GRC, China), Topcon (Italien), aus Deutschland das Institut für Erdmessung (IfE), Geo++, Universität Bonn und das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation (IKN), die ETH-Zürich (Schweiz) das National Geodetic Survey (NGS) aus den USA. Hervorzuheben ist, dass in diesem Vergleich auch die unterschiedlichen Methoden (Echolose Kammer und Feldroboter) miteinander analysiert und konsistente Vergleichsmaße abgeleitet werden sollen.

Nach der Definition der Partner im Sommer werden seit Herbst 2022 sechs Antennenprüflinge verschiedener Bauarten

und Herstellern unter den Einrichtungen ausgetauscht.

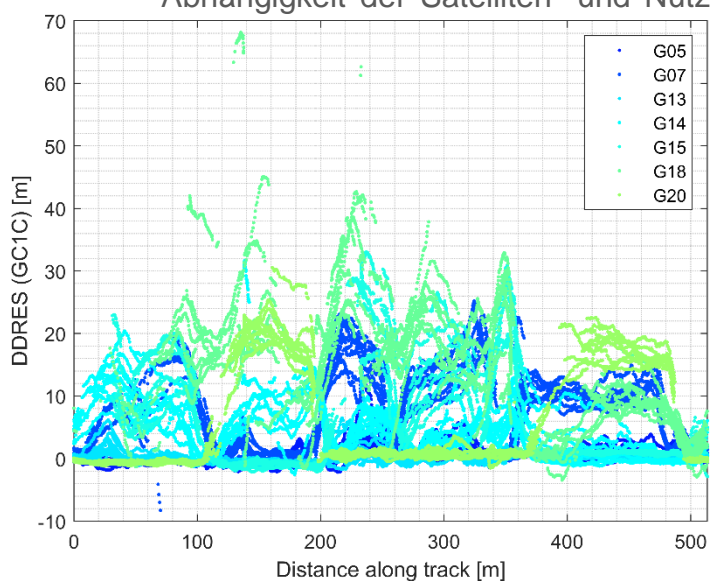
Ursachen zwischen den Kalibriermethoden zu identifizieren und diese zu bewerten, soll hierbei vorrangiges Ergebnis der Ringkalibrierung sein. Ebenfalls sollen die Kalibrierergebnisse hinsichtlich Stabilität und Wiederholbarkeit verbessert werden. Damit verbunden ist auch die Ableitung verlässlicher Unsicherheitswerte und die Definition internationaler Richtwerte und Leitlinien, nicht nur, aber vor allen Dingen für den IGS.

Das Projekt wird federführend durch das IfE sowie Kollegen des NGS und Topcon koordiniert und betreut. Der Ringversuch ist für 2022 bis 2023 angesetzt, woran sich die Datenanalyse und Zusammenstellung sowie die Auswertung anschließen.

KOMET: KORREKTUR VON GNSS-MEHRWEGEEFFEKTEN FÜR DIE ZUVERLÄSSIGE EIGENLOKALISIERUNG VON HOCHAUTOMATISIERTEN FAHRZEUGEN IN INNERSTÄDTISCHEN BEREICHEN (BMW/TÜV-RHEINLAND, FKZ: 19A20002C, FABIAN RUWISCH, TOBIAS KERSTEN)

In dem Verbundvorhaben KOMET, wird gemeinsam mit den Partner Bosch (Hildesheim) und Geo++ (Garbsen) ein robustes Konzept und Korrekturverfahren zur optimalen Fahrzeugortung in urbanen Umgebungen entwickelt, das auf Verfahren der Satellitennavigation (GPS/GNSS) basiert.

Zusammen mit den Partnern wurden wiederholt kinematische Testfahrten anhand der vorab ausgewählten kritischen Szenarien durchgeführt, um eine gemeinsam entwickelte, intelligente Datenbank mit GNSS-Rohdaten und daraus abgeleiteten Größen zu befüllen. Bei der Prozessierung der Daten war das IfE auf der einen Seite bei der Validierung der Referenztrajektorie beteiligt. Aus den GNSS-Rohdaten, einer virtuellen Referenzstation, sowie Beschleunigungs- und Drehraten-Messungen unserer hochgenauen iMAR-Inertialmesseinheit (IMU) iNAT-RQT-4003 wurde eine tightly-coupled GNSS+IMU relative Positionslösung berechnet, die anschließend mit der prozessierten Lösung von Bosch verglichen werden konnte. Auf der anderen Seite konnten die Multi-GNSS Range-Residuen mittels vorab entwickeltem Tooling anhand der Referenztrajektorie berechnet werden. Es wurde eine Datenstruktur erzeugt, die alle relevanten Informationen (Zeitpunkt, Nutzerposition, Satellitenposition, Signaltyp, Residuen, etc.) abbildet und als Basis für die Befüllung der Datenbank dient. Anhand der Testfahrten konnte bereits gezeigt werden, dass die Residuen in Abhängigkeit der Satelliten- und Nutzerposition wiederholbar sind (siehe



GPS GC1C DOPPELDIFFERENZRESIDUEN ENTLANG EINER WIEDERHOLT BEFAHRENEN TRAJEKTORIE.

Abbildung) und daher im Rahmen der Korrekturdaten sinnvoll eingesetzt werden können. Im nächsten Schritt sollen die Informationen aus der Datenbank in einem dreidimensionalen Raster (Box auf Straßenebene, Azimut und Elevation der Satelliten) aggregiert werden, um die GNSS-Eigenschaften zu charakterisieren. Diese werden wiederum als Eingabe-Parameter bzw. Korrekturkonzept einer Positioning-Engine zugeführt, um die GNSS-Lokalisierung für kritische Szenarien in der Stadt zu verbessern.

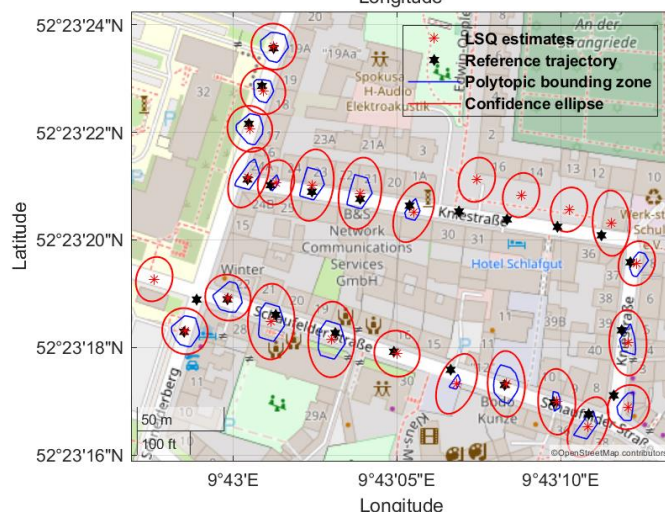
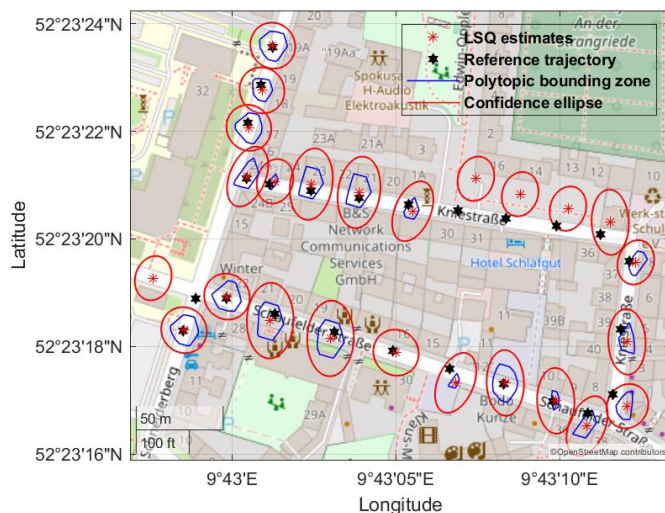
BOUNDING AND PROPAGATING UNCERTAINTY WITH INTERVAL MATHEMATICS (DFG, GRK 2159 I.C.SENS, JINGYAO SU)

Integrity is one of the key features describing navigational information regarding safety and reliability. Increasingly investigations have been paying attention to urban navigation due to the significant concerns on safety and the GNSS-challenged environments. The adequate uncertainty budget and redundancy for the determination of the navigational states can be standard requirements to all integrity approaches, taking into account all contributing observation and system errors. Moreover, an optimal geometric configuration of the observations determines the performance of fault detection and exclusion (FDE).

Currently, the uncertainty is handled almost exclusively in a stochastic manner. However, remaining systematics may persist, and dominant deterministic sources of uncertainty are observed. Subsequently, a purely statistical assessment of uncertainty will not always be adequate, which motivates the investigation on alternative approaches for bounding and propagating system uncertainties. These approaches represent

uncertainties using intervals, zonotopes, or polytopes, etc. These representations are not linked with any probabilistic assumptions, therefore, are adequate to treat systematic error components. Subsequently, a linear uncertainty propagation is applied instead of quadratic variance propagation.

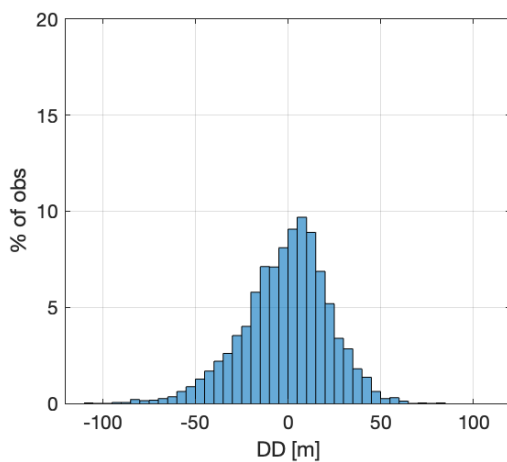
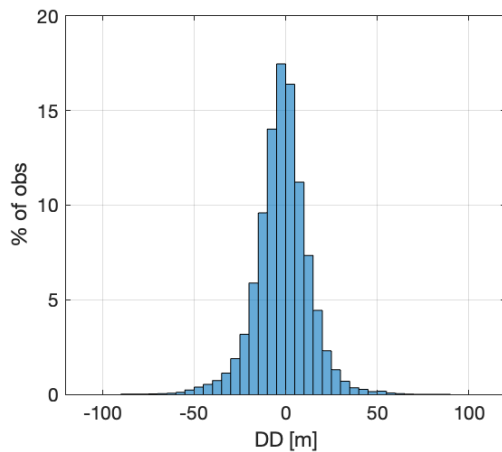
In this project, we aim to demonstrate the feasibility of applying this approach to integrity monitoring for urban navigation in terms of several key aspects, i.e., uncertainty modeling for different error sources such as GNSS multipath effect in urban environment; fault detection and exclusion: we propose a set-based FDE algorithm without setting any prior thresholds, making use of convex polytopes as inconsistency areas and zonotopes as geometrical confidence; further consideration to improve the sensitivity of the detector. In this way, the alternative integrity approach will contribute to future autonomous navigation applications.



REAL-WORLD EXAMPLES OF PROPOSED SET-BASED FAULT DETECTION AND EXCLUSION. FAULTY CASES WITH POTENTIAL MULTIPATH EFFECTS OR NLOS ARE DETECTED BY THE DEVELOPED METHOD.

This work was supported by the DFG as part of the Research Training Group i.c.sens (GRK 2159).

OPTIMAL COMBINATION OF MULTI-AGENT GNSS OBSERVATIONS FOR IMPROVED COLLABORATIVE POSITIONING IN URBAN AREAS (DFG, GRK 2159 I.C.SENS, LUCY ICKING)



DOUBLE DIFFERENCE (DD) DISTRIBUTION OF TWO AGENTS WITH SIMILAR EXTRA PATH DELAYS (ABOVE) AND OF TWO AGENTS WITH DISSIMILAR EXTRA PATH DELAYS (BELOW).

Positioning in urban areas, especially with smartphones, is still a challenging task as buildings in the vicinity of the receiver can obstruct the direct line-of-sight to the satellites. In recent years, collaborative positioning has become a way to effectively mitigate common errors. However, in the urban environment, GNSS signals are prone to errors, resulting from e.g. reflections on building surfaces. These reflections cause a prolongation of the signal transmission, hence a signal extra path delay.

As the extra path delays in urban areas are very unique for each user, it is crucial to find partners that have similar extra path delays so that in a double-difference approach, the errors will be reduced.

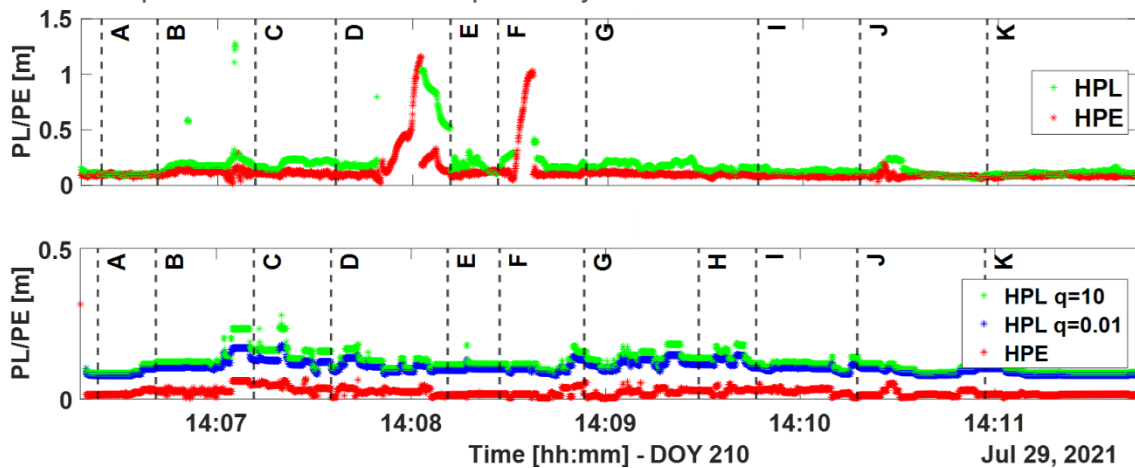
In this project, we focus on selecting agents that share common extra path delays. First experiments in the urban areas of Hannover have been performed. The observations show that when double differences (DD) are formed between agents with similar extra path delays, the distribution of DD is symmetrical. However, agents with dissimilar extra path delays show a shift in the DD distribution.

Additionally, it has been shown that by selecting agents with similar extra path delays, the baseline estimation errors are lower than when selecting agents with varying extra path delays.

INTEGRITY MONITORING FOR NETWORK RTK SYSTEMS (DAAD, DFG, GRK 2159 I.C.SENS, ALI KARIMIDOONA)

The Intelligent Transportation Systems (ITS) are growing to support high integrity applications such as autonomous driving applications. Global Navigation Satellite System (GNSS) plays a crucial role in the navigation engine for the vehicles. Network Real Time Kinematic (NRTK), the expansion of RTK, is a relative correction technique that improves the accuracy and precision of the GNSS positioning which basically consists of several biases and errors, using several stationary reference GNSS stations (rather than single station in RTK). Precisions of cm level can be achieved in this method by incorporating the more precise carrier phase observations. However, this method in urban environments is prone to the unknown and difficult to model errors e.g. Non-Line of Sight (NLOS) and multipath. These two situations as well as Line of Sight (LOS) and blocked, are the four possible conditions that a signal can experience coming from satellite to the receiver. For moving towards higher levels of autonomy, integrity is one of the important indicators which should be fulfilled. Integrity along with continuity, availability and accuracy are the indicators which show the level of trust that can be put on a system. In this work integrity measures such as Position Error (PE) and Protection Level (PL) which is a bound to limit the PE are considered.

The main purpose of this research is to predict the PL and PE of the RTK solution along the trajectory. For this purpose, we need a prediction of satellite visibility from ray tracing algorithm. Assuming that most of the errors that result in the position error are from NLOS and multipath situations, we consider the extra path delay and multipath phase error as our code and phase observations respectively.



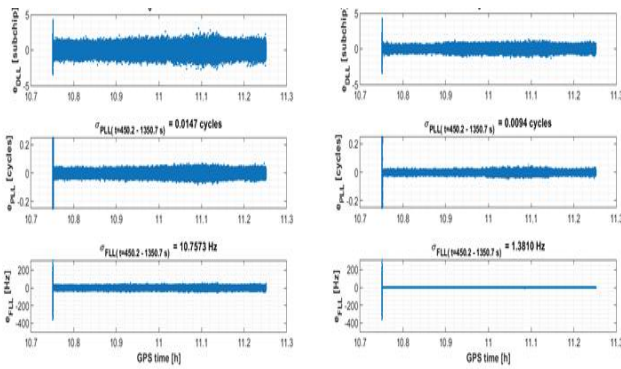
ABOVE PANEL SHOWS THE HORIZONTAL PROTECTION LEVELS (HPL) FROM THE REAL DATA AND HORIZONTAL PROTECTION LEVEL (HPE) ARE THE DEVIATION FROM REFERENCE TRAJECTORY, THE LOWER PANEL SHOWS THE HPL AND HPE FROM THE LINEARIZED KALMAN FILTER (LKF).

These observations then are used in a positioning algorithm based on Kalman Filter to obtain the position results as the predicted position errors. The protection levels are calculated using the predicted constellation design matrix. Considering a horizontal alert limit (HAL) of 10 cm, we can choose the round with more percentage of nominal operation which means the protection level is higher than the position error and both are less than the alert limit.

FIRST: FINGERPRINTING, INTEGRITY MONITORING AND RECEIVER SIGNAL PROCESSING USING MINIATURE ATOMIC CLOCKS (BMWK/DLR, FKZ: 50NA2101, DENNIS KULEMANN, QIANWEN LIN)

This work, funded by the BMWK, focuses on the GNSS augmentation by utilizing stable atomic clocks in GNSS signal processing and GNSS receiver fingerprinting. Until now, the utilization of stable atomic clocks in GNSS improves the positioning solution in post-processing by using the knowledge about the physical behaviour in the position, velocity and timing (PVT) algorithm. The atomic clocks can furthermore improve the signal processing algorithms. With a better frequency stability, the acquisition search space can be reduced, which gives more free capacities for longer integration time in signal acquisition and tracking. Then the indoor GNSS positioning with low signal-to-noise ratios (SNR) is possible to be realized.

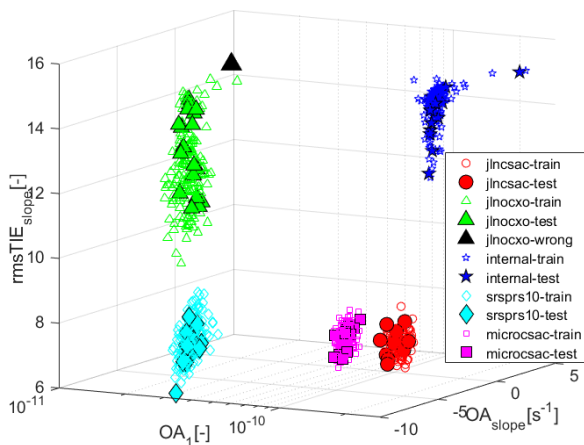
A static experiment was executed to investigate the influence of longer integration times on different stages of signal processing and finally receive the positioning solution. Two software receivers with the same settings and front-end were used while one was connected to an external atomic clock and the other used its own clock. Integration times in tracking loops from 5



TRACKING LOOP ERRORS FOR COHERENT INTEGRATION TIMES OF 5 MS (LEFT) AND 20 MS (RIGHT).

to 20 ms have been investigated and it is shown that longer integration times induce lower noise in all tracking loops, leading to less noisy observations, especially Doppler and carrier phase observations. In Addition, larger correlator values were visible, leading to sharper peaks in the search space, which might be useful for signal acquisition. However, no significant difference between the oscillators was visible, which might be due to the settings of the software receiver.

The information authenticity is doubtless necessary for GNSS users, to protect PVT solutions from intentional attacks like jammers or spoofers. Replacing quartz oscillators, miniature atomic clocks are used to implement receiver fingerprinting since they behave more stable and accurate in both short term and long term. Thus, clock-specific features derived from ADEV,



3D VISUALIZATION OF FINGERPRINTING RESULTS USING FILTERING METHOD WITH SELECTED THREE FEATURES FOR DATA IN STATIC CONDITION.

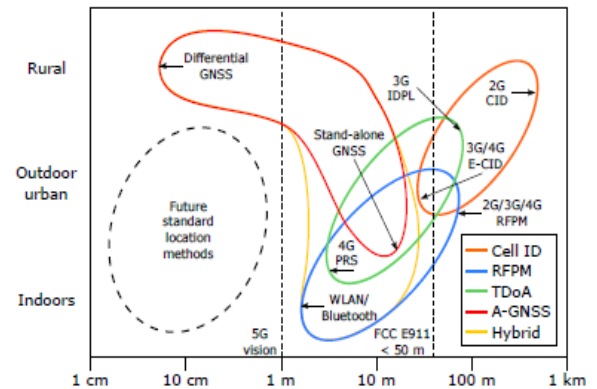
TIE and correlation are collected. The feature selection methods from machine learning like decision tree, SVD and SVM are adopted to decide the most effective features and identify different clocks operated in static and kinematic conditions. The results show the methods can solve the fingerprinting problem in static conditions with accuracy > 90%, while the results in kinematic are not as accurate as in static. However, the benefits of CSAC are still obvious by producing more intensive clusters.

5GAPS: 5G ACCESS TO PUBLIC SPACES (BMDV, FKZ: 45FGU121_F, KAI-NIKLAS BAASCH, STEFFEN SCHÖN)

In einem Verbundvorhaben, finanziert durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), erforscht das IfE gemeinsam mit verschiedenen Partnern öffentlicher und privater Einrichtungen die Schaffung eines digitalen Zwillings der Stadt Hannover. Möglich machen soll das der neuste Mobilfunkstandard 5G New Radio (NR), der die Übertragung großer Datenmengen erlaubt. 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 Positionierungsmöglichkeiten des terrestrischen Mobilfunknetzes. Der Bedarf an schneller und datenintensiver Kommunikation führt zu einer zunehmend flächen-deckenden Installation des 5G NR Netzes. Obwohl 5G NR nicht speziell für die Lokalisierung konzipiert ist, verspricht die variable Signalstruktur eine mit GNSS vergleichbare Genauigkeit. 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. Um die Positionierungsmöglichkeiten zu untersuchen und die Genauigkeit der Signalstrukturen und Lokalisierungsalgorithmen zu analysieren, wird zunächst eine Simulationsumgebung geschaffen. Basierend auf den Erkenntnissen sollen die Ergebnisse in realen Experimenten validiert werden.

Der Bedarf an schneller und datenintensiver Kommunikation führt zu einer zunehmend flächen-deckenden Installation des 5G NR Netzes. Obwohl 5G NR nicht speziell für die Lokalisierung konzipiert ist, verspricht die variable Signalstruktur eine mit GNSS vergleichbare Genauigkeit. 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. Um die Positionierungsmöglichkeiten zu untersuchen und die Genauigkeit der Signalstrukturen und Lokalisierungsalgorithmen zu analysieren, wird zunächst eine Simulationsumgebung geschaffen. Basierend auf den Erkenntnissen sollen die Ergebnisse in realen Experimenten validiert werden.



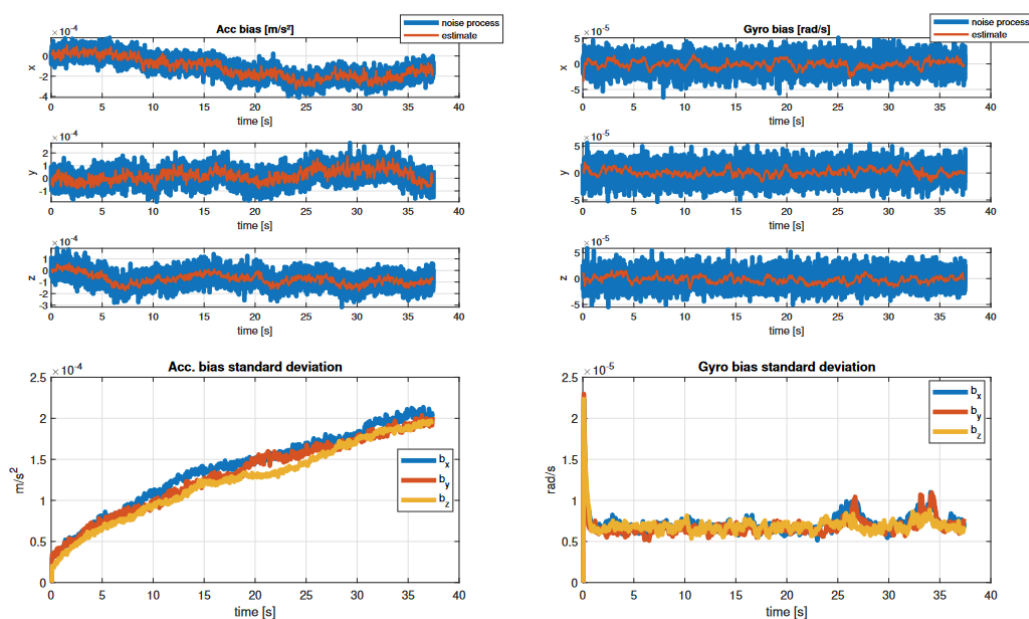
EXPECTED HORIZONTAL ACCURACY OF CELLULAR RADIO LOCALISATION. [DEL PERAL-ROSADO ET AL, SURVEY OF CELLULAR MOBILE RADIO LOCALIZATION METHODS: FROM 1G TO 5G, 2018].

QGYRO/QGYRO+: QUANTUM OPTICS INERTIAL SENSOR RESEARCH (BMW/DLR, FKZ: 50RK1957 UND 50NA2106, BENJAMIN TENNSTEDT, NICOLAI WEDDIG, TOBIAS KERSTEN, 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 Fehlerverhalten 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/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 Methoden zur Kopplung von konventionellen und quantenbasierten Inertialsensoren entwickelt. Diese Hybridisierung ist von entscheidender Bedeutung, da so maximale Synergien zwischen beiden Messprinzipien genutzt werden können: Während konventionelle Inertialsensoren eine hohe Bandbreite und große Messbereiche aufweisen, die für Navigation, Verortung und Stabilisierung der meisten bekannten Plattformen ausreichend sind, erfüllt die Genauigkeit und deren zeitliche Verschlechterung oft nicht die gewünschten Eigenschaften. Im Gegensatz dazu zeigen Sensoren auf Basis von Atominterferometrie aufgrund ihrer Funktionsweise eine teilweise extreme Genauigkeit, bei allerdings sehr geringem Mess- und Dynamikbereich.

Zusätzlich werden die Anforderungen von Navigationsanwendungen für die technische Realisierung von Quantensensoren aus einer Vielzahl an kinematischen Datensätzen zu Boden, Luft und Wasser abgeleitet.



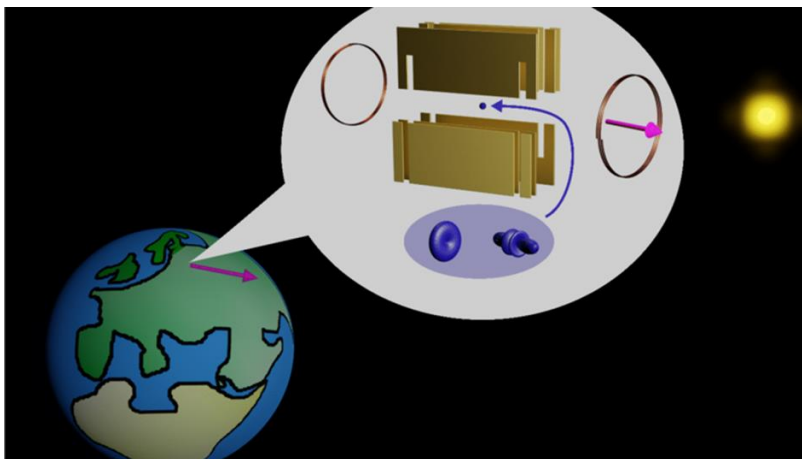
TYPISCHER DYNAMISCHER PROZESSE AUS VERSCHIEDENEN KINEMATISCHEN KFZ-MESSFAHRTEN ABGELEITET.

EXZELLENZCLUSTER QUANTUMFRONTIERS: TEST DER RAUM-ZEIT-SYMMETRIE IN ATOMEN MIT WELTREKORD GENAUIGKEIT (DFG, EXC 2123, JÜRGEN MÜLLER, STEFFEN SCHÖN, MATTHIAS WEIGELT)

QuantumFrontiers betrachtet Licht und Materie an der Quantengrenze. Physikalische Grundeinheiten wie Masse, Länge und Zeit sollen in diesem äußerst kleinen Maßstab präziser werden. Dabei werden Effekte der Quantenmechanik gezielt genutzt, um Messgenauigkeiten zu verbessern und neue Messkonzepte und Sensortopologien zu entwickeln, die auf photonischen Systemen, dedizierten Halbleitersystemen, Nanostrukturen, quanten-manipulierten atomaren und molekularen Ensembles, und sogar makroskopischen Objekten basieren. Das Cluster QuantumFrontiers vereint die Forschungsstärken von drei Forschungseinrichtungen der Leibniz Universität Hannover (LUH), der TU Braunschweig (TUBS) und der Physikalischen Technischen Bundesanstalt (PTB). Unterstützt werden die drei Forschungseinrichtungen vom Laserzentrum Hannover (LZH), dem Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) und dem Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) in Bremen. Das Cluster wird von Prof. Silke Ospelkaus (LUH), Prof. Piet Schmidt (PTB) und Prof. Andreas Waag (TUBS) geleitet wird.

Im Rahmen des Exzellenzclusters Quantum-Frontiers haben Wissenschaftler verbesserte Grenzwerte für eine mögliche Verletzung der Lorentz-Symmetrie durch ein einzelnes gefangenes Yb⁺-Ion festgelegt. Die theoretische Beschreibung physikalischer Phänomene beruht auf einer grundlegenden Annahme: dass nämlich das Ergebnis eines Experiments nicht von seiner Ausrichtung in der Raumzeit abhängt. Einsteins Relativitätstheorie stützt sich in hohem Maße auf diese Annahme, und experimentelle Tests haben ihre Gültigkeit bisher bestätigt. Einige Theorien der Quantengravitation deuten jedoch darauf hin, dass diese Raumzeit-Symmetrie möglicherweise nicht vollständig gilt und eine kleine Verletzung

experimentell beobachtet werden könnte. Ein Team der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) hat nun mit einem einzelnen gefangenen Ytterbium-Ion nach einer solchen Verletzung der Lorentz-Symmetrie gesucht. Das Ergebnis: Trotz doppelt so hoher Genauigkeit wie beim bislang besten Test fand sich kein signifikanter symmetriebrechender Effekt.

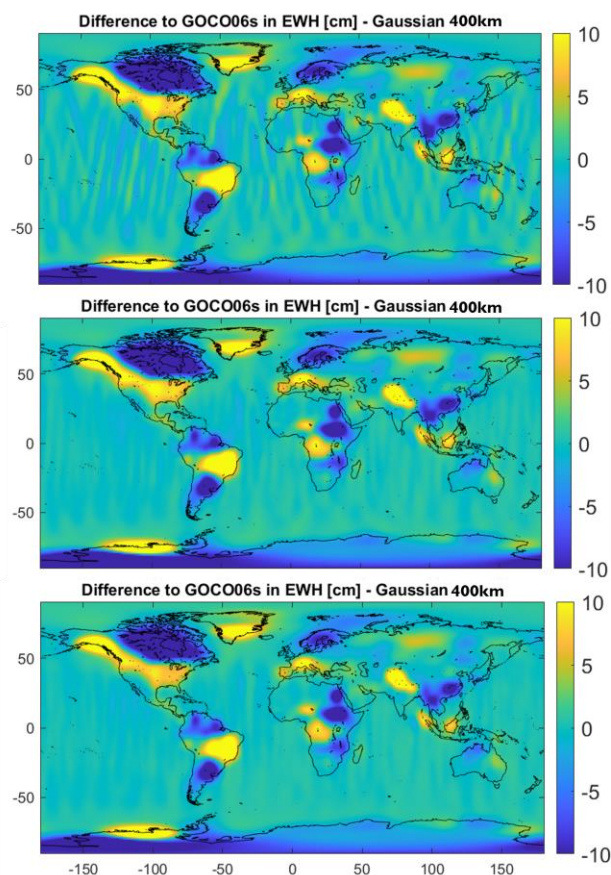
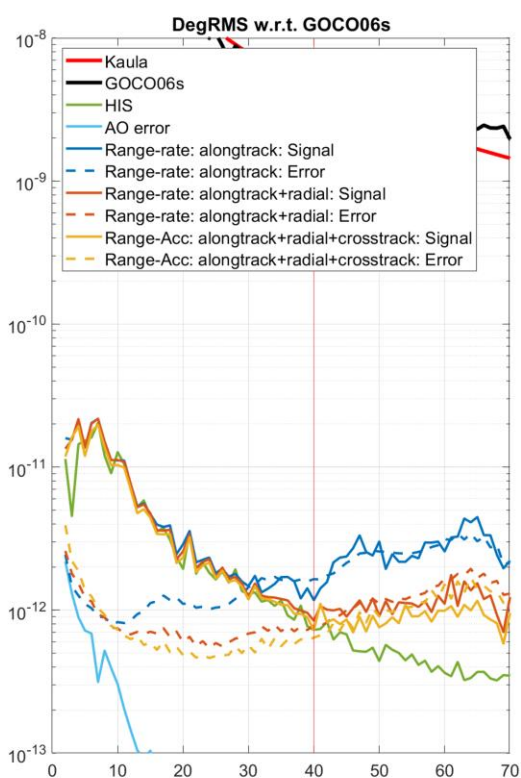


SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES MESSPRINZIPS ZUR PRÜFUNG DER LORENTZ-INVARIANZ. ORIENTIERTE ATOMORBITALE WERDEN VERGLEICHEN, WÄHREND SICH DIE ERDE DREHT (© PTB).

MULTI-DIMENSIONALE GRACE-ÄHNLICHE BEOBSCHTUNGSSYSTEME (DFG, SFB 1464 TERRAQ, MATTHIAS WEIGELT, SAHAR EBADI)

Das übergeordnete Ziel des Projekts ist es, die Daten der GRACE und GRACE-FO Satellitenmissionen optimal auszuwerten. Mit diesen Daten sollen die zeitlichen Variationen auf Monats- bis Tagesebene des Schwerefeldes mit bestmöglicher Auflösung bestimmt werden. Dazu werden verbesserte Hintergrundmodellierungen und Co-Parametrisierungen geophysikalischer und instrumenteller Einflüsse erarbeitet, um die räumliche Auflösung und die systematischen Fehler zu minimieren. Um dies zu erreichen, werden auch die bestehenden Ansätze erweitert.

Es ist nun gelungen, nachzuweisen, dass mit GRACE-ähnlichen Beobachtungssystem prinzipiell eine zwei- bzw. drei-dimensionale Beobachtung möglich ist, sofern neben den Distanzbeobachtungen auch Winkelgeschwindigkeiten der Verbindungslinie beobachtet werden können. Die Machbarkeit eines solchen Instruments soll nun untersucht werden. Untersuchungen mit Simulationen zeigen, dass so die räumliche Auflösung von derzeit etwa 300-400 km um den Faktor 2 gesteigert werden kann.



SIMULATION VON ZWEI- UND DREIDIMENSIONALEN BEOBSCHTUNGEN: GRAD-RMS (LINKS) UND RÄUMLICHE DARSTELLUNG DER ZU ERWARTENDEN AUFLÖSUNG MIT DEM STANDARDANSATZ (NUR RANGE-RATE, OBEN), MIT EINER ZUSÄTZLICHEN RADIALEN BEOBSCHTUNG (MITTE) UND DREIDIMENSIONAL AUF BESCHLEUNIGUNGSEBENE (UNTEN).

HYBRIDE DEEP-LEARNING-ALGORITHMEN ZUR VORHERSAGE IONOSPHERISCHER UNREGELMÄßIGKEITEN (ERASMUS+ KOOPERATION MIT KN TOOSI UNIVERSITÄT, ALIREZA ATABATI, JAKOB FLURY)

Ionosphärische Szintillationen treten in der Regel in einem Breitenbereich von 15 bis 20 Grad um den magnetischen Äquator auf, der als äquatoriale ionosphärische Anomalie bezeichnet wird. Ionosphärische Plasmablasen entstehen zunächst (im Allgemeinen nach Sonnenuntergang) an der Unterseite der F-Region um den magnetischen Äquator, steigen dann in größere Höhen auf und breiten sich entlang der Magnetfeldlinien bis in niedrige Breiten aus (instabiler Rayleigh-Taylor Prozess). Das angereicherte Plasma, das zum Blasenbildungsprozess beiträgt, verbindet sich mit dem kondensierten und nicht reagierten Plasma, das in der äquatorialen Ionosphäre entsteht, wodurch eine starke Änderung in der Ionosphärenstruktur entsteht.

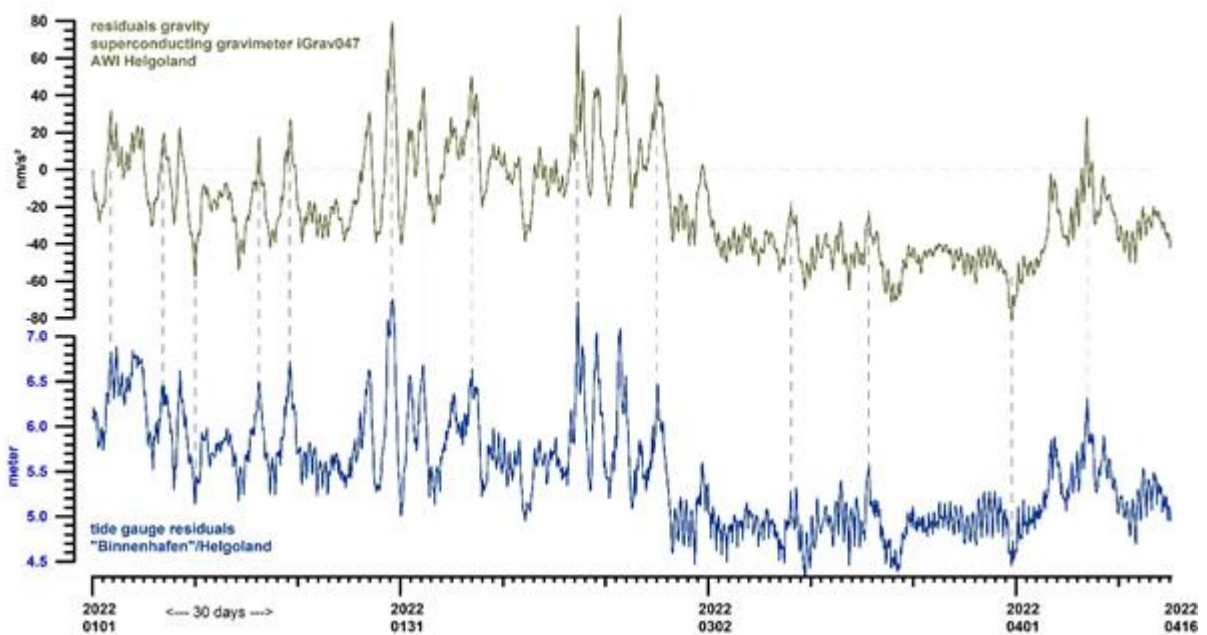
Schwankungen in der von Satelliten (Amplitudenszintillation) kann den Pegel der "lock threshold" des übertragenen Signals herabsetzen und Signalausblendungen von Navigationssatelliten verursachen. Die Signalabweichung erfolgt in zufälligen Richtungen um die Hauptachse der Wellenausbreitung. Sie verursacht Zyklusabweichungen, unterbricht das Empfängersignal und führt zum "loss of lock". Phasenzintillation kann zu einer Frequenzverschiebung des Signals führen und die Bandbreite erhöhen, wodurch die Phase des Empfängers blockiert wird und die Genauigkeit der Fähigkeit des Empfängers, sich mit dem vom Satelliten gesendeten Signal zu verbinden und zu synchronisieren, verringert wird. Auch Mehrfrequenzbeobachtungen können szintillierte Signale nicht erkennen oder eliminieren.

Hier werden hybride Deep-Learning-Algorithmen zur Vorhersage ionosphärischer Unregelmäßigkeiten vorgeschlagen, die aus der Kombination von Deep Neural Networks (DNN)-Methoden mit intelligenten Optimierungstechniken wie dem Genetischen Algorithmus (GA) und der Partikelschwarmoptimierung (PSO) bestehen. Die hybriden Modelle des Convolutional Neural Network (CNN), die über Long Short-Term Memory (LSTM) und Gated Recurrent Unit (GRU) gestapelt sind, sollen lokale räumlich-zeitliche Merkmale aus den Datensätzen der ionosphärischen Unregelmäßigkeiten vorhersagen. Der Entwurf des vorgeschlagenen Hybrid-DNN-Modells umfasst die Definition der Netzwerk-Eingangsdaten, die geophysikalische Daten im Zusammenhang mit ionosphärischen Störungen, die mehrdimensionale Faltungsschicht, gestapelte rekurrente Schichten (LSTM/GRU-Struktur) und dichte Schichten enthalten. Die LSTM- und GRU-Struktur akzeptieren eine sequentielle Datenform als Eingabe, die ein Zeitfenster von unterschiedlicher Dauer abdeckt. Bei DNN werden die Anfangsgewichte nach dem Zufallsprinzip vergeben. Mit Hilfe intelligenter Optimierungstechniken wie GA und PSO werden diese Gewichte jedoch als Anfangsgewichte nahe dem absoluten Minimum in das DNN eingegeben.

GRAVIMETRIC OBSERVATION OF LOADING EFFECTS DUE TO WATER MASS MOVEMENTS IN THE NORTH SEA (DFG SFB1464 TERRAQ, ADELHEID WEISE, DINESH CHEBOLU, LUDGER TIMMEN, COOPERATION WITH GFZ POTSDAM)

To improve the models for environmental effects in northern Germany, a gPhone gravimeter (GFZ Potsdam) has been installed at DESY in Hamburg in April 2022. This instrument is recording gravity variations in parallel to the setup of the superconducting gravimeter (SG from GFZ) on Helgoland. Especially the impact for the North Sea is of interest (tidal waves and their loading, wind driven load effects (storm surges)). 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 - in the best-case - representative for the whole German Bight in the North Sea. The SG-based regional non-tidal and tidal ocean loading signals are expected to be of highest accuracy and will serve as “ground truth” for the calibration and validation of recent and future ocean tide models, of satellite gravimetry from GRACE Follow-On and corresponding de-aliasing products like AOD1B RL06 as well as for supporting optical clock comparisons between height benchmarks on the mainland and the island of Helgoland at the level of 10^{-18} s. Finally, the absolute gravimetric networking in Central Europe will strongly benefit from an improved knowledge of non-tidal ocean loading signals of the North Sea. For example, during a monitored storm surge, non-tidal ocean loading signals reached amplitudes of up to 120 nm/s^2 and -40 mm in terms of gravity and vertical displacements, respectively, with a sea surface of 2.5 m above mean sea level. Such vertical displacements of the Earth’s crust due to loading affect gravity to very large distances from the coast, which is monitored at DESY/Hamburg since April 2022.

Residuals iGrav047 AWI-Helgoland 2022.01.01. 0h - 2022.04.16. 0h hourly values



IN 2022, LARGEST STORM SURGES IN THE NORTH SEA OCCURRED IN JANUARY AND FEBRUARY.

ABSOLUTGRAVIMETRIE (LUDGER TIMMEN, DINESH CHEBOLU)

Absolute Schweremessungen mit FG5X-220 im Jahr 2022

Station	Datum	Bemerkung
Hannover, Kaserne Callinstr. 34	13.-14.01.2022 30.-31.03.2022	Deutsches Schweregrundnetz 4/4
Onsala Space Observatory, Sweden	09.-12.05.2022	NKG International Absolute Gravimeter Comparison (2022), Geodynamik
TU Clausthal, Geophysik	22.-23.06.2022	Geodynamik Norddeutschland
PTB Braunschweig, „Alte Gleiswaage“	27.-28.06.2022	Deutsches Schweregrundnetz, Gauß-Bau, Geodynamik Norddeutschland
Hannover, HITec	14.-15.07.2022	Grav.lab. Pfeiler FU01, Gravimeterüberprüfung
Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen, Borg	01.-03.08.2022	Hydrologie Anwendung, Pumpenhaus Wasserspeicher Borg, SFB TerraQ
Hamburg (Groß Flottbek), DESY	23.-25.08.2022	Deutsches Elektronen-Synchrotron, DORIS Gebäude, Deutsches Schweregrundnetz, Geodynamik Norddeutschland

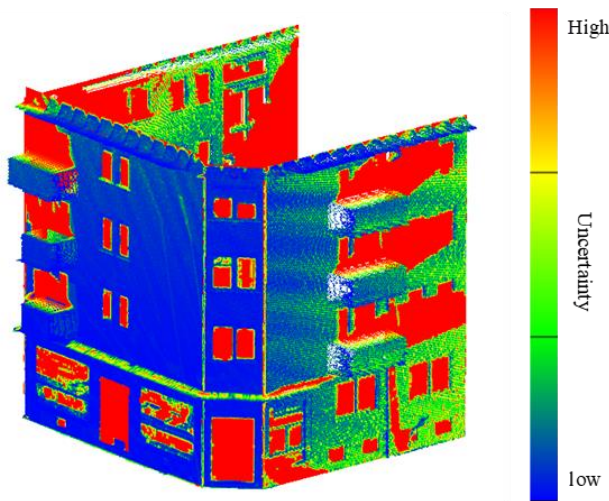
INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK (IKG)

MAPPING WITH UNCERTAINTY MEASURES IN URBAN AREAS (DFG I.C.SENS, QIANQIAN ZOU, MONIKA SESTER)

The quality of environmental perception is of great interest for localization tasks in autonomous systems. The quantification of the map uncertainties gives an insight of how reliable and complete the map is, avoiding the potential problems caused by the errors of maps in pose estimation. Mapping uncertain maps in urban areas using Light detection and ranging (LiDAR) point clouds is a challenging task as it is often subjected to uncertain error sources in the real-world such as sensor noise and occlusions, which should be well represented in the models for the downstream localization tasks.

We are working on modelling buildings in complex urban scenes with uncertainty quantification, where the uncertainties of façades and windows are indicated in a probabilistic fashion. For example, uncertain building models with abstract map surface using Gaussian Process (GP) is proposed to measure the mapping uncertainty. To reduce the redundant computation for simple planar objects, extracted facets from a Gaussian Mixture Model (GMM) are combined with the implicit GP map while local GP block techniques are used as well. The proposed method is evaluated on LiDAR point clouds of city buildings collected by a mobile mapping

system. Compared to the performances of other methods such as Octomap,



Gaussian Process Occupancy Map (GPOM) and Bayesian Generalized Kernel Inference (BGKOctomap), our method has achieved higher Precision-Recall AUC for evaluated building objects.

Also, the uncertainty quantification for the window existence and shapes based on logistic models are proposed, where both the global detection confidence and local uncertainty change of a window object are represented. The potential inference of the occluded window areas is performed by the Monte Carlo (MC) sampling approach. In the future,

VISUALIZATION OF UNCERTAINTIES ON BUILDING FACADES.

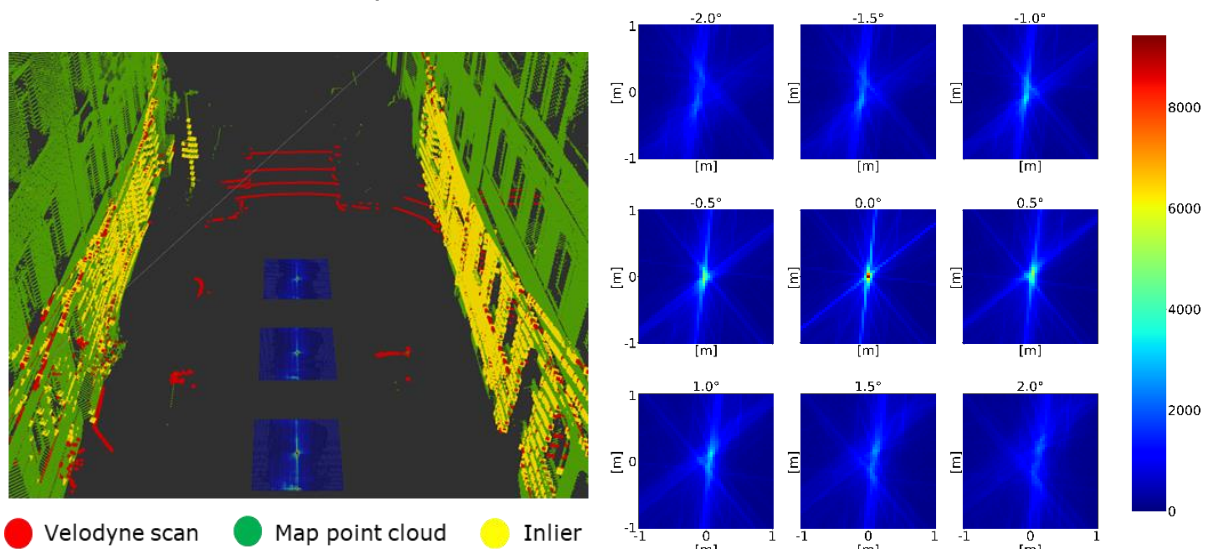
the statistical inference or prediction of occlusions in the point clouds will be further studied.

The generated map is applied in the localization tasks in the ongoing experiments and the positioning results will be compared with other methods, such as NDT-based localization. The approach also has large potential to be used for incrementally updating and refining existing models from new data or other sensors; this will also be studied in future work.

LOCALIZATION USING MAXIMUM CONSENSUS (DFG GRK I.C.SENS, JELDRIK AXMANN, CLAUS BRENNER)

Real world localization tasks based on LiDAR usually face a high proportion of outliers arising from erroneous measurements and changing environments. However, applications such as autonomous driving require a high integrity in all of their components, including localization. Standard localization approaches are often based on (recursive) least squares estimation, for example, using Kalman filters. Since least squares minimization shows a strong susceptibility to outliers, it is not robust. In this research, we focus on high integrity vehicle localization and investigate a maximum consensus localization strategy. The basic approach for each 10Hz epoch works as follows: We presume that a rough initial pose is available, e.g. by means of GNSS. Based on the initial pose, a 360° Velodyne LiDAR scan is transformed into the global UTM coordinate system, where it is matched to the globally georeferenced map point cloud acquired in advance using a RIEGL Mobile Mapping system.

The estimated parameters are restricted to the xy-position in the plane and the heading angle θ , resulting in three degrees of freedom. We assume that the true position and heading are within a certain range around the initial pose and restrict the search range according to its uncertainty information. To determine the pose within the defined search space, it is discretized and represented as a grid. Then, the matches between scan and map points are identified for every cell. A match occurs, if a scan and a map point are within the l^∞ -distance defined by the edge length of a grid cell. In the basic maximum consensus approach, the simple count of matches is used for the consensus function, which is to be maximized to obtain the optimal rotation and translation parameters θ^* and t^*_{xy} .



MAXIMUM CONSENSUS LOCALIZATION: THE DENSE AND GLOBALLY GEOREFERENCED MAP POINT CLOUD IS VISUALIZED (LEFT), IN GREEN, A CAR SENSOR SCAN, AFTER ITS TRANSFORMATION BASED ON THE INITIAL POSE, IN RED AND THE INLIER SET OF THE CELL WITH THE HIGHEST SCORE IN YELLOW. EACH OF THE GRIDS ON THE GROUND SHOWS AN EVALUATED 2D SEARCH SPACE OF A SINGLE EPOCH (RIGHT).

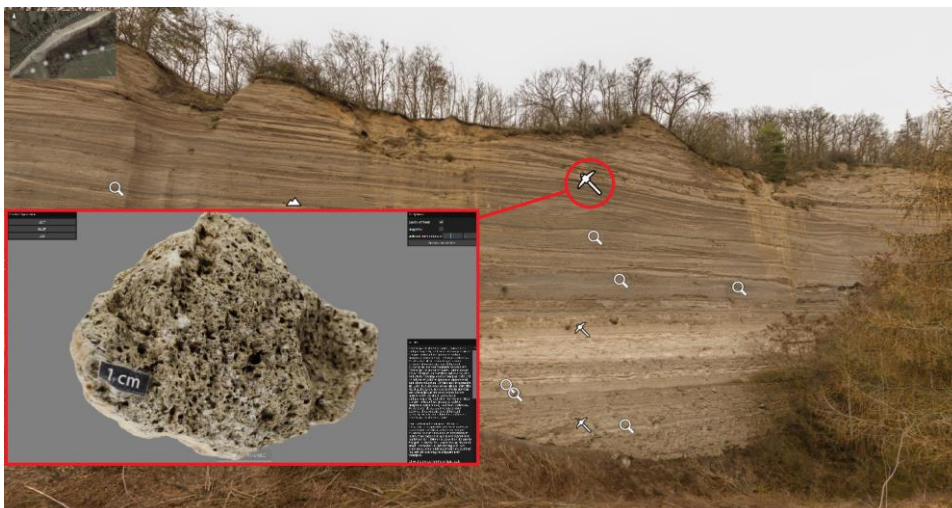
VIRTUAL FIELD TRIPS (STUDIENQUALITÄTSMITTEL LUH, COLIN FISCHER, DOMINIK MOCK)

Im Rahmen der Ausschreibung „Innovative Lehr- und Lernkonzepte: Innovation plus“ wurden von den Instituten für Mineralogie (Prof. Francois Holtz) und für Kartographie und Geoinformatik (Prof. Monika Sester) Mittel für das Projekt „Virtual Field Trips“ (VFT) eingeworben, das in 2022 über einen Zeitraum von sechs Monaten erfolgreich bearbeitet wurde.

Ziel des Projekts war die Virtualisierung von geowissenschaftlichen Exkursionen, die im Rahmen vieler Studiengänge durchgeführt werden. Hierbei ging es den Antragstellern nicht nur um eine Kompensation für den Ausfall entsprechender Aktivitäten zu Pandemiezeiten, sondern auch um ökonomische Aspekte (Einsparen von Kosten der Durchführung) oder die Möglichkeit, unzugängliche Exkursionsziele (z.B. im Zusammenhang mit Naturschutz) zumindest virtuell erfahrbar zu machen.

Im Projekt wurden zwei wesentliche Tätigkeitsfelder bearbeitet: einerseits die Erfassung der zu virtualisierenden Daten an potenziellen Exkursionsorten (exemplarisch wurde hierzu die Wingertsbergwand gewählt) durch Domänenexperten in allen für die fachspezifische Exkursion relevanten Aspekten und deren Digitalisierung in geeignete virtuelle Repräsentationen (Bilder/Panoramen, Texte, photogrammetrisch erzeugte 3D-Geländemodelle und 3D-Gesteinsproben, Dünnschliff-Fotomikrografien). Andererseits wurde ein voll funktionsfähiger Prototyp konzipiert, implementiert und mit den gesammelten Daten bestückt, die über alle verfügbaren Repräsentation multi-skalig verknüpft wurden (Exploration des Geländes, virtuelles Sammeln und virtuelles Mikroskopieren von Gesteinsproben).

Die technische Umsetzung erfolgte als interaktive Webseite basierend auf WebGL/three.js zur Darstellung von 3D-Modellen direkt im Browser oder auch auf Virtual-Reality-Headsets. Einstiegspunkt ist eine Übersichtskarte des Geländes mit topologisch verknüpften Panoramen, in denen sich über points of interest (POIs) Verknüpfungen zu sämtlichen Exkursionsinhalten herstellen lassen. Sämtliche zu Grunde liegende Daten stehen Nutzern zum Download zur Verfügung; eine Verknüpfung mit Lehrinhalten ist in Planung. Die Ergebnisse des Projektes werden in den kommenden Semestern Institut für Mineralogie mit Lehrinhalten verknüpft und in deren Studiengängen eingesetzt.

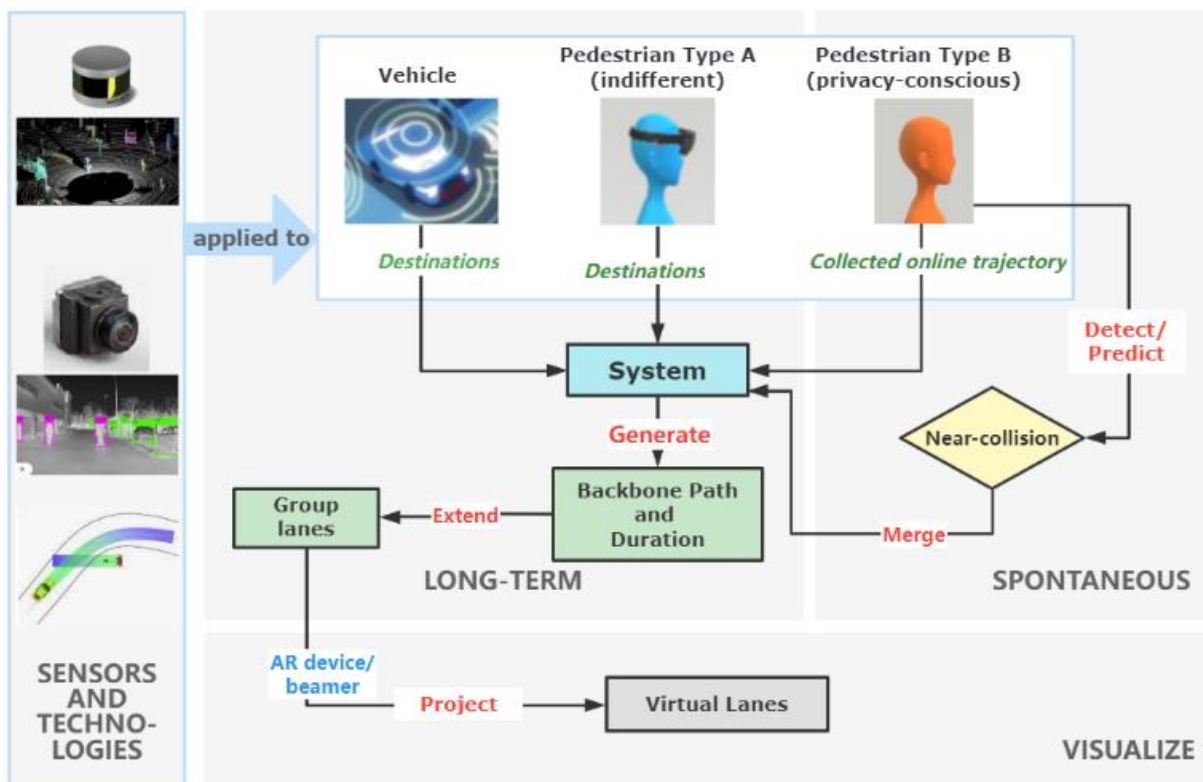


GROUP FORMATION IN SHARED SPACES (DFG GRK 1931 SOCIALCARS, YAO LI, MONIKA SESTER)

The concept of "shared space" is first introduced in the 70s, the term became popular, especially in Western Europe, due to the INTERREG IIIB North Sea Project. Nowadays, shared spaces are placed all over the world due to its innovation and human-oriented. Typical design of shared spaces intend to create intensive interactions between all road users by reducing the separation between all road users by removing traffic signals to force the drivers to drive at a limited, which leads to the increment of priority and safety for the vulnerable road users (VRUs). However, according to the observation and interviews, sharing space with motor vehicles can still make VRUs feel uneasy.

This project aims to increase pedestrians' confidence as well as to influence the yielding behavior of drivers with the help of walking in groups. In our context, "group" is not only restricted to social groups (friends or families) but also contains regulation-based groups (e.g. pedestrians following the same phase of traffic lights).

The project starts with designing a dynamic facility location algorithm to recommend pedestrians who have similar spatial and temporal crossing intentions a meeting point before crossing shared spaces. Later, a modified max-pressure algorithm is developed to decide which group has more priority if potential collision between server groups exist. In the further work, we plan to collect real data in Hannover city and construct simulated scenarios to test the validation of the proposed system.



ANMERKUNG

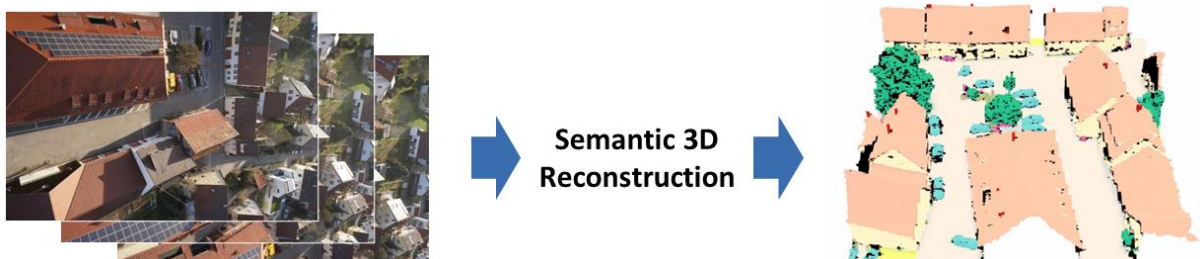
Dies ist lediglich eine Auswahl von vier Projekten des ikg. Mehr findet sich auf der Homepage des Instituts www.ikg.uni-hannover.de.

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION (IPI)

SEMANTIC 3D RECONSTRUCTION (DFG GRADUIERTENKOLLEG I.C.SENS, MAX MEHLTRETTER)

The availability of accurate geospatial information is a prerequisite for many applications, including the fields of mobility and transport as well as environmental and resource protection and typically forms the basis for a comprehensive understanding of an environment of interest. In order to obtain such a comprehensive understanding of a particular environment, it is generally crucial to consider both its geometry and the semantic meaning of the contained entities. One possibility to capture information on both of these aspects simultaneously is the use of image-based methods, i.e., 3D reconstruction and semantic segmentation, while a method that carries out these two tasks jointly, promises to benefit from synergies between them. While first approaches that make use of semantic information to improve dense stereo matching have been presented in the literature recently, the information flow is often only unidirectional, meaning that the geometric information is not used to improve the semantic labels. Moreover, the results are commonly limited to the 2.5D representation of depth maps and are thus rasterised and do not reason about parts of a scene that are occluded in the images.

Addressing these limitations, a method based on a learned implicit function is developed in the context of this project, allowing to estimate a continuous three-dimensional implicit field from multi-view stereo images, that encodes the geometry and semantics of a scene. The basic idea behind this method is to supplement partial observations on the geometry obtained via image matching with learned semantic priors on the shape of objects, allowing to reason about the geometry and semantics also for parts of the scene that are partially occluded in the images. The implicit function itself is learned from labelled training data and encoded in a convolutional neural network, which enables to reconstruct scenes of arbitrary size and complexity without missing fine-grained details by applying a sliding window-based approach at test time. Explicit representations can be extracted from the implicit field if needed, for example, by querying the semantic label of individual points to obtain a point cloud or by applying an algorithm to extract a polygon mesh, such as marching cubes.



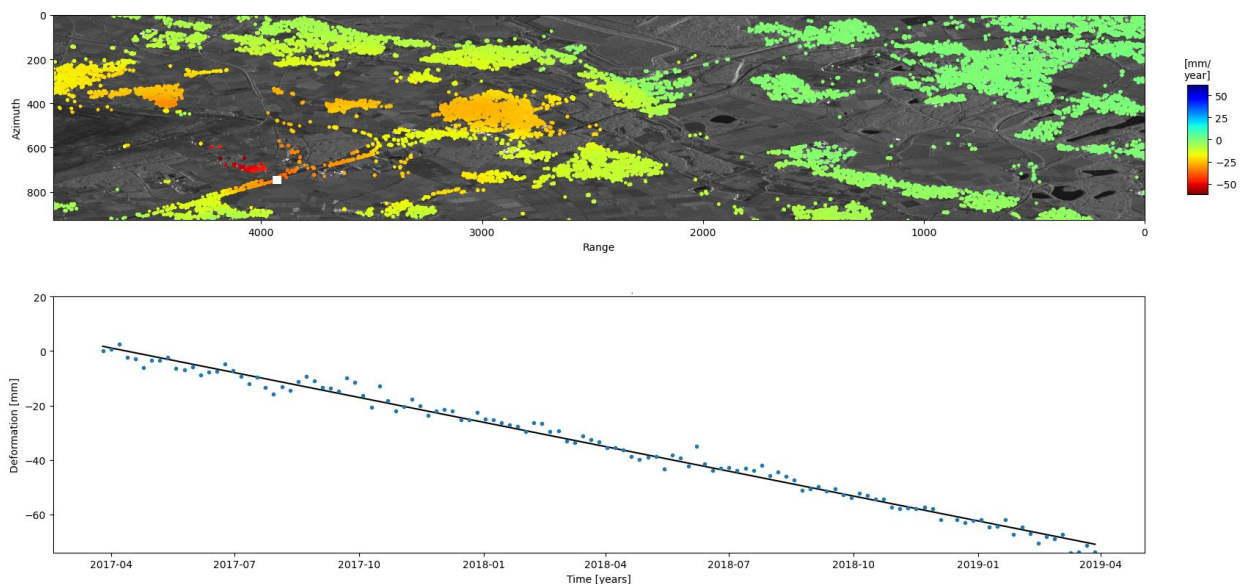
BASED ON MULTI-VIEW STEREO IMAGES (LEFT), THE DEVELOPED METHOD PERFORMS A SEMANTIC 3D RECONSTRUCTION USING A DEEP IMPLICIT FUNCTION. THE RESULT (RIGHT) IS A 3D MODEL OF THE OBSERVED SCENE THAT CAN BE EXTRACTED FROM THE IMPLICIT FUNCTION IN VARIOUS EXPLICIT REPRESENTATIONS (E.G., AS POINT CLOUD OR AS TRIANGLE MESH). IN ADDITION, EACH GEOMETRIC PRIMITIVE OF SUCH AN EXPLICIT REPRESENTATION HAS A SEMANTIC LABEL ATTACHED (HERE INDICATED BY THE COLOUR).

SAR4INFRA: ENTWICKLUNG EINER AUTOMATISIERTEN PROZESSKETTE ZUR FERNERKUNDLICHEN DETEKTION, ERFASSUNG UND BEOBACHTUNG VON GEFÄHRDUNGEN DER VERKEHRSINFRASTRUKTUR IN SCHLESWIG-HOLSTEIN (BMDV, KOOPERATION MIT LVERMGEO.SH, LBV.SH UND GFZ POTSDAM, ANDREAS PITER)

Die Überwachung von Verkehrsinfrastrukturen während ihrer Lebensdauer ist eine der Schlüsselaufgaben der Geodäsie. Dabei ist es notwendig, großflächig und kontinuierlich den tatsächlichen Gesundheitszustand von Verkehrsinfrastruktur zu erfassen. Durch dieses Forschungsprojekt wird das traditionelle Monitoring am Boden durch den Einsatz von radarfernerkundlichen Beobachtungen auf eine größere Region erweitert und durch die Satellitenbilddaufnahmen in kurzen zeitlichen Abständen ergänzt.

Deformationen an Verkehrsbauwerken sollen mittels der interferometrischen Auswertung der Radarbilder des Satelliten Sentinel-1 detektiert werden. Die hohe Wiederholungsrate von 6 bis 12 Tagen ermöglicht ein kontinuierliches Monitoring mittels Methoden der Zeitreihenanalyse. Zur effizienten Verarbeitung wird die operationelle Prozesskette in eine Cloud-Umgebung integriert, welche die benötigten Sentinel-1-Daten bereits vorhält (CODE-DE). Das speziell für Verkehrsinfrastrukturen entwickelte Zeitreihenverfahren ermöglicht die genaue Beobachtung von lokalen Bewegungen durch die Reduktion des Rauschens aus der Bauwerksumgebung. Zudem werden verschiedene Filter eingesetzt, mit denen eine höhere Punktdichte an der Verkehrsinfrastruktur erzielt werden können.

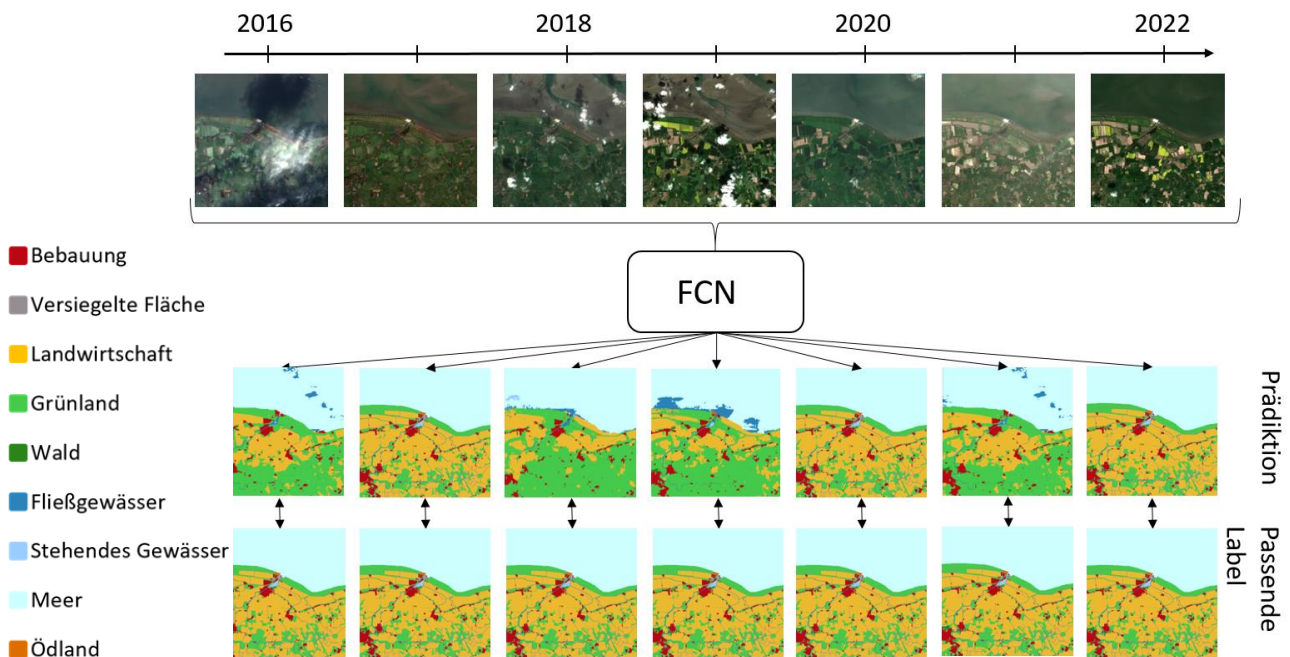
Das Verfahren wird anhand von Gegenden mit bekannter Bodenbewegung validiert und die Möglichkeiten der Schadensfrüherkennung evaluiert (siehe Abbildung). Ziel ist es, eine Risikokarte aus den Bodenbewegungszeitreihen abzuleiten, die Entscheidungsträger in Behörden unterstützen soll.



(OBEN) MITTLERE GESCHWINDIGKEITSKARTE IN BLICKRICHTUNG DES SATELLITEN SENTINEL-1 IN DER NÄHE DES TAGEBAUS HAMBACH IN DEUTSCHLAND. (UNTEN) DIE BEWEGUNGSZEITREIHE DES IN WEISS MARKIERTEN PUNKTES ÜBER EINEN ZEITRAUM VON ZWEI JAHREN.

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

Die Aktualisierung topographischer Datenbanken ist eine wichtige Aufgabe der Landesvermessung, da diese Daten als Grundlage für viele weiterführende Aufgaben dienen, wie beispielsweise Stadtplanung oder Navigation. Das Ziel dieses Projekts ist die automatische Aktualisierung dieser topographischen Datenbestände der Landesvermessung unter Nutzung von frei verfügbaren Bildern der europäischen Sentinel-Satelliten. Diese Bilder sollen mit Methoden der künstlichen Intelligenz so verarbeitet werden, dass für jedes Pixel die aktuelle Klasse der Landbedeckung ausgegeben wird. Die Landbedeckung beschreibt das physikalische Material auf der Erdoberfläche, wie bspw. Wasser oder Wald. Genutzt wird ein überwachter Klassifikationsansatz, der zunächst anhand älterer Bilder verschiedener Zeitpunkte, für die die Landbedeckung bekannt aber ggf. veraltet ist (Trainingsdaten), erlernt, welche Eigenschaften eine bestimmte Klasse auszeichnet und so auch aktuelle Bilder klassifizieren kann. Die Trainingsdaten werden aus vorhandenen Geodaten des LGLN gewonnen. Der genutzte Klassifikator (Fully Convolutional Neural Network, FCN) ermöglicht die Einbeziehung räumlicher Informationen und wurde im Verlauf des Projekts so erweitert, dass er auch multitemporale Bilddaten verarbeiten kann. Mit diesem Ansatz konnten die vorherigen Ergebnisse von etwa 82% Gesamtgenauigkeit noch einmal deutlich angehoben werden und liegen nun bei 85%. Im weiteren Projektfortlauf steht nun die Aktualisierung der bestehenden topographischen Daten im Fokus. Dafür wird das genutzte Modell methodisch erweitert, um eine multitemporale Klassifikation zu ermöglichen, die für jeden Zeitpunkt, zu dem ein Bild vorliegt, objektweise ein Klassifikationsergebnis erzeugt.

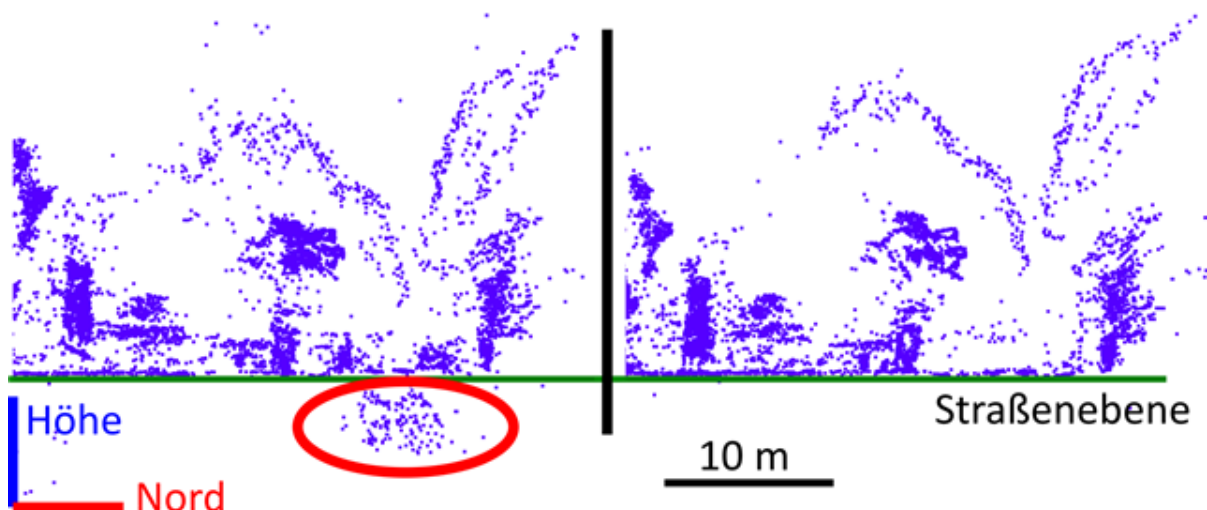


KLASSIFIKATIONSSZENARIO, IN DEM FÜR JEDES EINGABEBILD EINE AUSGABE ERZEUGT WIRD. SO KANN DIE ENTWICKLUNG DER LANDBEDECKUNG ÜBER DIE ZEIT MODELLIERT WERDEN UND TEMPORALE ZUSAMMENHÄNGE KÖNNEN DIE KLASSIFIKATION STABILISIEREN.

KOOPERATIVE BILDORIENTIERUNG UNTER DER BERÜCKSICHTIGUNG VON DYNAMISCHEN OBJEKTEN (DFG GRADUIERTENLKOLLEG I.C.SENS, PHILIPP TRUSHEIM)

Im Kontext der Bildorientierung wird üblicherweise davon ausgegangen, dass die Umgebung völlig statisch ist. Daher werden vereinzelte dynamische Elemente in der Regel als Ausreißer durch robuste Schätzverfahren herausgefiltert. Vor allem in städtischen Gebieten sind jedoch viele solcher dynamischen Elemente in der Umgebung vorhanden, was zu einer spürbaren Menge an Fehlern führt, die durch robuste Ausgleichung erkannt werden müssten. Dieses Problem wird bei einer kooperativen Bildorientierung, bei welcher dynamische Objekte als Passpunkte (dyn. GCPs) genutzt werden, noch deutlicher, da hierbei eine Sichtbarkeit solcher Objekte wichtig ist.

Eine Möglichkeit, diese Herausforderung zu bewältigen, besteht darin, dynamische Objekte vor der Ausgleichung zu erkennen und die zugehörigen Bildpunkte separat zu verarbeiten. Zu diesem Zweck wurde in diesem Projekt eine Methodik zur Unterscheidung von dynamischen und statischen Bildpunkten in stereoskopischen Bildsequenzen entwickelt. Dabei wird ein neuronales Netz zur Erkennung potenziell dynamischer Objekte genutzt, diese Objekte werden anschließend mittels Vorwärtsschnitt überprüft, um zu entscheiden, ob es sich de facto um ein dynamisches Objekt handelt. Um die Auswirkungen der Berücksichtigung dynamischer Punkte bei der Ausgleichung zu untersuchen, wird eine Bildsequenz eines innerstädtischen Verkehrsszenarios verwendet; die Bildorientierung sowie die 3D-Koordinaten der Verknüpfungspunkte werden über eine robuste Bündelausgleichung berechnet. Es zeigt sich, dass im Vergleich zu einer Lösung ohne Berücksichtigung dynamischer Punkte die groben Fehler in den Verknüpfungspunkten signifikant reduziert wird, während zusätzlich der Median der Genauigkeit aller 3D-Koordinaten der Verknüpfungspunkte verbessert wird. Dieses wird beispielhaft in der nachfolgenden Abbildung gezeigt

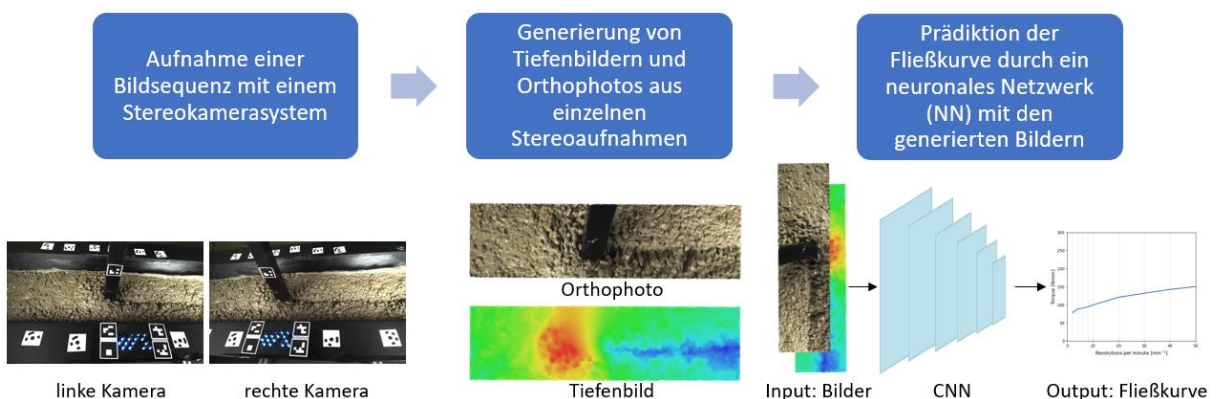


LINKS: ERGEBNIS OHNE BERÜCKSICHTIGUNG VON DYNAMISCHEN OBJEKTEN. RECHTS: ERGEBNIS UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON DYNAMISCHEN OBJEKTEN.

RECYCONTROL: BILDBASIERTE BESTIMMUNG RHEOLOGISCHER EIGENSCHAFTEN VON FRISCHBETON (BMBF, KONSORTIALPROJEKT UNTER LEITUNG DES INSTITUTS FÜR BAUSTOFFE, LUH, ANNE PONICK)

Beton ist einer der meistverwendeten Baustoffe in der Bauwirtschaft; allein in Deutschland lag die Produktionsmenge von Transportbeton im Jahr 2020 bei über 50 Mio. m³. Um natürliche Ressourcen zu schonen, kann Abbruchmaterial (Beton, Mauerwerk, Gestein) aus dem Rückbau von Gebäuden in Form von rezyklierten Gesteinskörnungen in der Betonproduktion wiederverwendet werden. In der heutigen Bauwirtschaft werden mineralische Rohstoffe jedoch eher downgecycelt als recycelt. Einer der Gründe ist die Tatsache, dass die Eigenschaften der zu recycelnden Abbruchmaterialien sehr unterschiedlich sind und den neuen Beton in unbekanntem Maße negativ beeinflussen können - hier insbesondere die Frischbetoneigenschaften. Könnte man die Eigenschaften des frisch gemischten Betons bereits während des Mischvorgangs bestimmen, wäre es möglich, die unbekannt negativen Auswirkungen zu kompensieren, z. B. durch geeignete Zusatzstoffe.

Das Ziel des Projekts ist es, den Betonmischvorgang mit optischen Sensoren zu beobachten und aus den Bilddaten direkt die Eigenschaften des Betons zu bestimmen. Da die Arbeit mit frischem Beton immer mit viel Aufwand verbunden ist und die Zeit, in der mit dem frischen Beton gearbeitet werden kann, bevor er aushärtet, begrenzt ist, wurden zunächst Versuche mit einem Ersatzstoff durchgeführt. Der Ersatzstoff wurde in unterschiedlichen Konsistenzen nacheinander in ein Linearmischsystem gegeben und mit einem Mischpaddel in Bewegung versetzt. 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) zur Vorhersage der rheologischen Eigenschaften verwendet. Eine Regression wird von einem Convolutional Neural Network (CNN) durchgeführt, das bestimmte Werte ausgibt, die die rheologischen Eigenschaften beschreiben. Es konnte gezeigt werden, dass die Möglichkeit besteht, Eigenschaften aus Bildern von einem Ersatzstoff für Beton zu extrahieren. Die nächsten Schritte umfassen u.a. den Test der Methodik an echtem Beton.



GRAPHISCHE DARSTELLUNG DES ABLAUFES DER METHODIK.

LEHRMATERIAL ZUR BILDANALYSE, ENGLISCH UND UKRAINISCH / АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ, АНГЛІЙСЬКОЮ ТА УКРАЇНСЬКОЮ (DAAD, GEMEINSAM MIT DER UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, FRANZ ROTTENSTEINER, VIKTORIIA HNATUSHENKO)

Im Rahmen eines vom DAAD in der Programmlinie Ukraine Digital geförderten Projekts OER4Ukraine, das an der Leibniz Universität Hannover unter der Leitung der Technischen Universitätsbibliothek (TIB) bearbeitet wird, bietet das IPI eine Reihe von Vorlesungsvideos zum Thema Bildanalyse als so genannte Open Educational Resources (OER) auf englisch und ukrainisch an. Die englische Fassung stammt von Prof. Franz Rottensteiner vom IPI, die Übersetzung ins Ukrainische stammt von Prof. Viktoriia Hnatushenko. Prof. Hnatushenko leitet das Department of Information Technology and Systems der Ukrainian State University of Science and Technology in Dnipro und arbeitet seit Mai 2022 als Gastwissenschaftlerin am IPI.

Die Videos auf dem Audio-Visual Portal der TIB sind unter doi.org/10.5446/s_1346 (englische Version) und doi.org/10.5446/s_1354 (ukrainisch) zu finden. Die Autoren wünschen allen Interessenten viel Freude und Erfolg beim Studium der Videos.

IPI пропонує навчальні матеріали OER англійською та українською мовами

У рамках проєкту OER4Ukraine, що фінансується в рамках програми Ukraine Digital, який виконується в Університеті Лейбніца в Ганновері під керівництвом Бібліотеки технічного університету (TIB), Інститут фотограметрії та геоінформатики (IPI), пропонує ться серія відео лекцій англійською та українською мовами про аналіз зображень, як так звані Відкриті освітні ресурси (OER). Англійську версію створив професор Франц Роттенштайнер з IPI, яку професор Вікторія Гнатушенко переклала українською. Професор Гнатушенко очолює кафедру інформаційних технологій та систем в Українському державному університеті науки і технології в Дніпрі та працює в IPI як запрошений науковець з травня 2022 року.

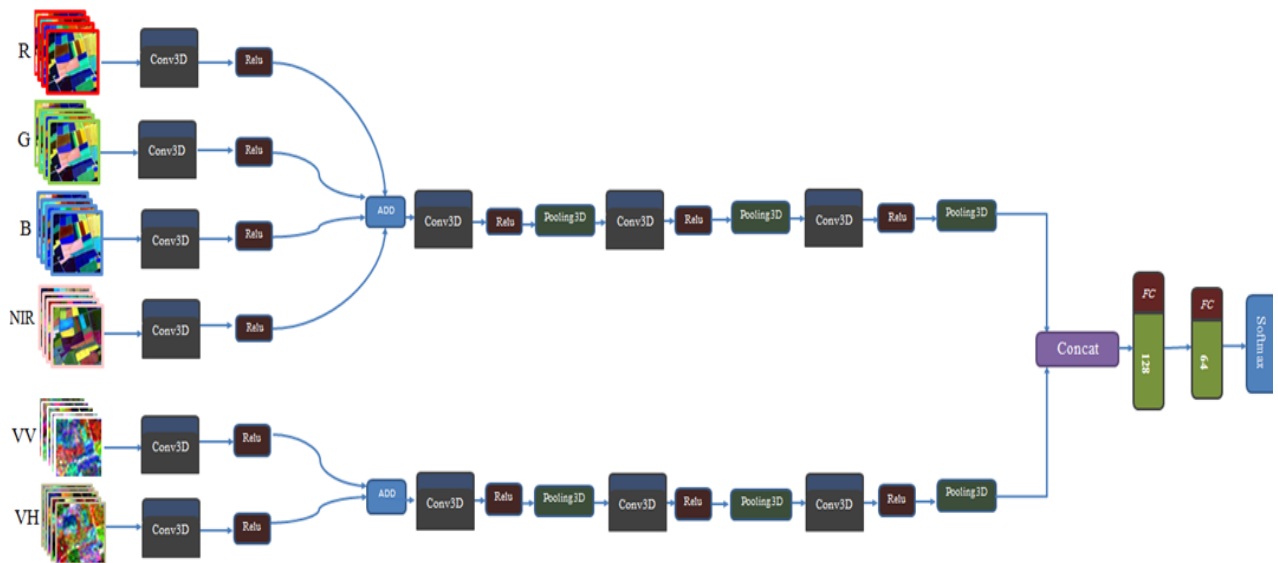
Відео можна знайти на аудіовізуальному порталі TIB за адресами https://doi.org/10.5446/s_1346 (англійська версія) та https://doi.org/10.5446/s_1354 (українська). Автори бажають усім охочим задоволення та успіхів у вивченні відео.



CROP CLASSIFICATION FROM FUSION OF TIME-SERIES SENTINEL-1 AND SENTINEL-2 IMAGES USING 3D-CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (INSTITUTSPROJEKT, MARYAM TEIMOURI)

With increasing population growth, food production management is a serious concern. As a result, it is critical to have up-to-date and accurate information (such as crop type, boundary, etc.) about agricultural fields. To achieve this objective, remote sensing is perhaps the most effective technology. Therefore, it is important to propose an automatic method for classifying crops. In this regard, there has been a significant effort to automate crop classification using satellite images. On the other hand, deep learning is another notable topic that has had significant success in remote sensing applications.

In this regard, we investigate crop classification using single-epoch images and time series of Sentinel 1 and 2. Then, to overcome their individual shortcomings and weaknesses, we propose a framework of the 3D-convolutional neural network to integrate data sets at the feature level. The proposed network extracts spatial-temporal-spectral and spatial-temporal-intensity features from optical and radar time series, respectively. This study also investigates the appropriate depth of 3D kernels for learning crop growth patterns, which leads to an improvement in results. Finally, the overall accuracy of 91.3% and a kappa coefficient of 89.9% confirmed the ability of the proposed fusion strategy of Sentinel 1 and Sentinel 2 time-series images for crop classification purposes.



THE FRAMEWORK OF 3D-CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR THE FUSION OF TIME SERIES SENTINEL 1 AND SENTINEL 2 IMAGES FOR CROP CLASSIFICATION.

JOINT BUNDLE ADJUSTMENT OF THERMAL INFRA-RED AND OPTICAL IMAGES BASED ON MULTI-MODAL MATCHING (AIF-FORSCHUNGSVORHABEN, GEMEINSAM MIT DEM FERNWÄRMEOFORSCHUNGSINSTITUT HANNOVER, ARTUOM SLEDZ)

Despite the fact that Thermal Infrared (TIR) cameras have been in use for decades, processing of TIR images poses a variety of challenges when compared to optical images, which are captured in the visible part of the electromagnetic spectrum. TIR and visible images capture distinct wavelength intervals of the electromagnetic spectrum, and thus depict different information in their Field of View (FOV). Optical images collect light in the visible part of the electromagnetic spectrum. When taken under good light conditions, they frequently capture a detailed depiction of a scene, including texture. TIR images, on the other hand, capture thermal infrared radiation, which is emitted and/or reflected from a different part of the electromagnetic spectrum. As a result of those differences, TIR images generally depict a scene in a considerably less detailed manner, while textures are essentially non-existent. Thus, multimodal analysis comes into place to relate the two types of images to each other. A pre-requisite for multimodal analysis is to close the gap between image modalities such that each one is expressed by a common representation.

The estimation of the exterior orientation of TIR cameras by bundle adjustment is a difficult task due to the limited geometric resolution of a TIR camera and the low image quality in terms of contrast and texture compared to optical images. Optical images have a potential to increase TIR external orientation accuracy by incorporating them into a joint bundle adjustment. However, because the modality gap between those two image types is large, classical point matching algorithms typically fail to find matches, making processing both image types in the joint bundle challenging. In order to locate matching points in both modalities, this study suggests using the Edge Histogram Descriptor (EHD) in the frequency domain representation of the images based on Phase Congruency (PC). Considering that both sensors are fixed rigidly to a single platform, the search region for the matching point candidate of the TIR image is determined based on stereo calibration of a thermal/optical stereo setup combined with geometric constraints as shown in the figure.

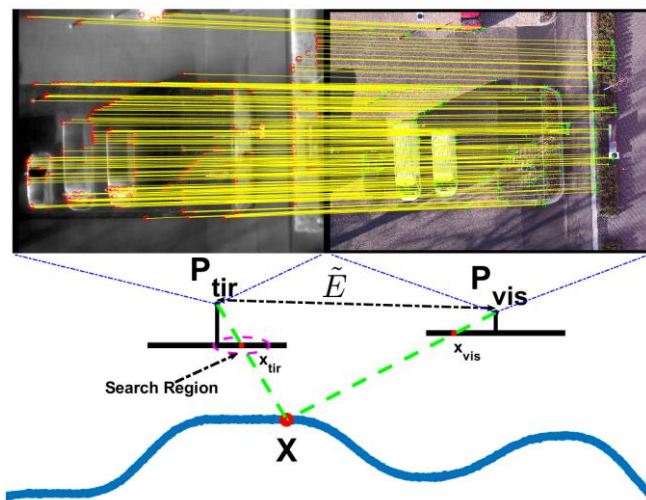


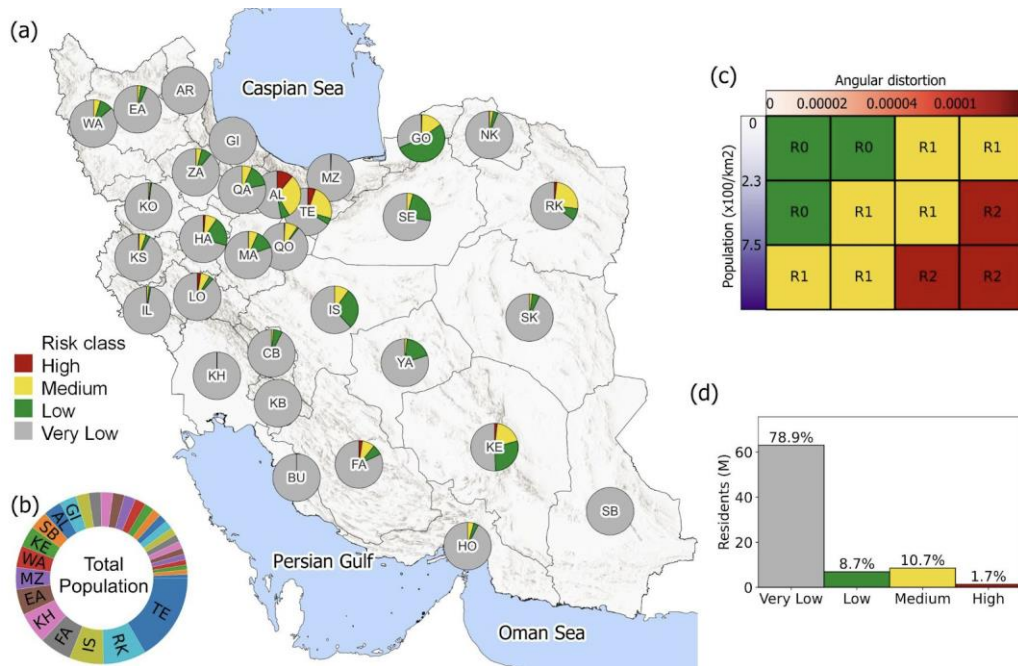
DIAGRAM OF MULTIMODAL IMAGE MATCHING (LEFT IS TIR IMAGE, RIGHT IS OPTICAL IMAGE) WITH GEOMETRICAL CONSTRAINT, WHERE P_{vis} IS PROJECTED ONTO 3D MODEL OF A SCENE FOLLOWED BY THE BACKPROJECTION OF POINT X ONTO IMAGE PLANE OF THE TIR IMAGE IN ORDER TO DEFINE THE SEARCH REGION.

The findings of this study show that using a joint bundle adjustment with optical images versus a bundle adjustment only with TIR images improves TIR image orientation. The accuracy of the unknowns of the adjustment, namely the RMS values of the employed GCPs in object space, are improved by a factor of 2 in the joint adjustment, compared to only using the thermal images. As a result, the proposed approach can be considered a valuable tool for enhancing the accuracy of photogrammetric processing of thermal imagery. For instance, a thermal orthophoto of higher accuracy or, alternatively, an orthophoto with co-registered visible and thermal channels can be generated, allowing for a more detailed examination of the surveyed region.

USING SENTINEL-1 INSAR TO ANALYSE LAND SUBSIDENCE RISK TO THE INFRASTRUCTURE AND POPULATION OF IRAN (INSTITUTSPROJEKT, MAHMUD H HAGHIGHI)

Groundwater has been one of Iran's primary water sources for agriculture, industry, and domestic use, resulting in depleting aquifers and subsequent land subsidence. The signs of groundwater stress have been observed for decades in different parts of the country, but the exact extent of the problem and its impact on the population and the infrastructure was unknown. The launch of the Copernicus Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) mission in 2014 provided the opportunity to perform large-scale Interferometric SAR (InSAR) deformation analysis and measure the subsidence associated with groundwater extraction.

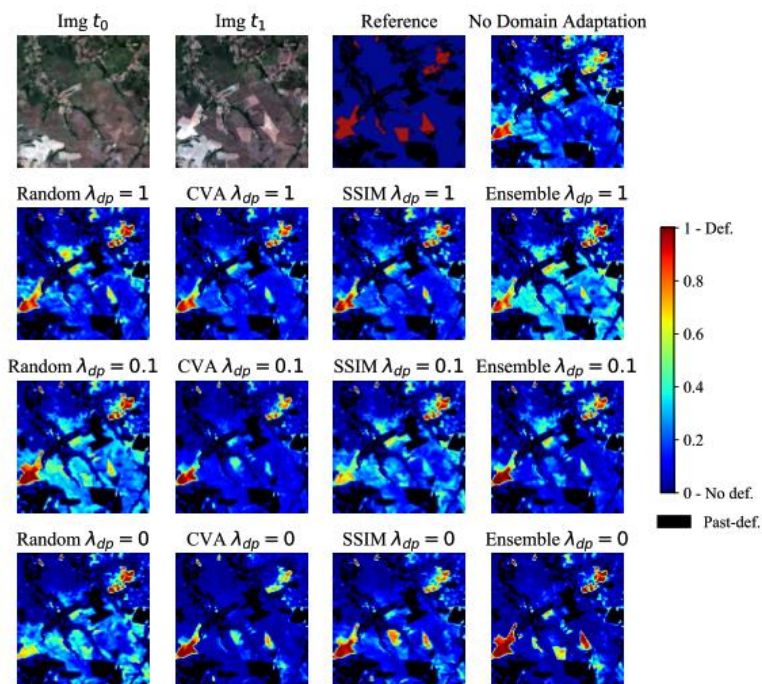
This study applies InSAR analysis on the entire archive of Sentinel-1 SAR data to estimate a nationwide subsidence map across Iran. Then, it calculates angular distortion from the subsidence magnitude to evaluate the subsidence hazard. The subsidence hazard is then combined with the population density and infrastructure information to estimate the land subsidence risk. The risk analysis results indicate that large segments of linear infrastructure across the country, including 4% of the length of railways, 5% of metro lines, and 3% of powerlines, are at medium to high risk of subsidence. The Figure below shows the subsidence risk to the population aggregated to the province level. It indicates that 9% of the population (~7 M) live in low-risk areas. Another 11% of the population (~8 M) live in medium-risk areas, and 2% (1.4 M) live in high-risk areas.



RISK OF SUBSIDENCE TO THE POPULATION IN IRAN. (A) THE PIE CHARTS SHOW THE SHARE OF THE PEOPLE IN EACH PROVINCE SUBJECT TO DIFFERENT SUBSIDENCE RISK CLASSES. (B) PERCENTAGE OF EACH PROVINCE IN THE TOTAL POPULATION OF IRAN. ONLY PROVINCES WITH A TOTAL POPULATION OF MORE THAN 2 M ARE LABELED. (C) THE RISK MATRIX USED TO ESTIMATE THE RISK OF SUBSIDENCE TO THE PEOPLE. R0 TO R2 CORRESPOND TO LOW TO HIGH RISK CLASSES. (D) SHARE OF COUNTRY'S POPULATION SUBJECT TO DIFFERENT SUBSIDENCE RISK CLASSES.

DEFORESTATION DETECTION IN TROPICAL RAINFORESTS USING DEEP LEARNING TECHNIQUES (DAAD, IN COOPERATION WITH PUC, THE PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO, MABEL ORTEGA)

The exponential increase in the Remote Sensing (RS) data availability made possible a number of applications which involve semantic segmentation and image classification, especially when those tasks rely on Deep Learning (DL) models. However, in order to train such models, a large amount of labeled training samples is needed, but the production of such references is generally costly and time demanding. An interesting research topic in that context has to do with the generalization capacity of the related DL models. For instance, as a result of different geographic location, sensor



DEFORESTATION PROBABILITY MAPS OF A SNIP FROM A TEST TILE OF [SOURCE:PARÁ|TARGET:MARANHÃO] DOMAIN COMBINATION. THE FIRST ROW SHOWS THE RGB COMPOSITIONS OF THE TARGET DOMAIN IMAGES; THE REFERENCE MAP; AND THE BASELINE RESULT. THE LAST THREE ROWS REPRESENT THE OUTPUT FROM THE FOUR UNSUPERVISED STRATEGIES TO BALANCE THE TARGET SAMPLES WITH DIFFERENT VALUES OF λ_{dp} (PARAMETER OF THE DA METHOD). BLUE AND RED COLORS REPRESENT LOWER AND HIGHER PROBABILITY OF BELONGING TO THE DEFORESTATION CLASS, RESPECTIVELY. BLACK REGIONS CORRESPOND TO PAST-DEFORESTATION.

characteristics and changes in atmospheric conditions during image acquisition, among other factors, it is challenging to use a pre-trained classifier on new data without a substantial drop in classification accuracy. Domain Adaptation (DA) based on DL techniques have been used to tackle that type of problem, mitigating the effect of Domain Shift (DS) and improving generalization capacity. This research project addresses DA methods applied to change detection (CD), in particular for the detection of deforestation spots in different tropical forest regions. Furthermore, given the high level of class imbalance and its importance for the selection of training samples from the target domains during the adaptation process, several

unsupervised algorithms were analyzed and compared. Initial experiments were carried out in three distinct regions of Brazilian biomes, i.e., Amazon and Cerrado, using Sentinel-2 images. The results indicated that the proposed DA method is a promising solution to improve the classification accuracy and mitigate the DS effects.

DISSERTATIONEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

Martin Waßink, M. Sc.: Kommunal- und Regionalentwicklung durch Kooperation und Teilung von Verantwortung in ländlichen Räumen – eine multiperspektivische Untersuchung an Beispielen aus dem Raum Steinwald/Fichtelgebirge, 08.02.2022

Referent: Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß, Korreferenten: Prof. Dr. Rainer Danielzyk, Prof. Dr.-Ing. Monika Sester

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Funktionsweise und Wirkung von zivilgesellschaftlichen Netzwerken, die einen Beitrag zur Kommunal- und Regionalentwicklung in peripheren ländlichen Räumen leisten – „weiche“ Faktoren wie Motivation oder Mentalität eingeschlossen. Zunächst werden in einer multiperspektivischen Herangehensweise adäquate Theoriekonzepte zu Kooperation, Verantwortungsteilung und Netzwerken erarbeitet. Den empirischen Kern dieser Dissertation bildet eine qualitative Datenerhebung mittels Leitfaden-gestützter Experteninterviews am Beispiel eines kirchlich initiierten zivilgesellschaftlichen Netzwerks in Nordostbayern. Das transkribierte Interviewmaterial wird nach der Methode der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz mit einem deduktiv-induktiv erstellten Kategoriensystem ausgewertet und mithilfe thematischer Summaries verdichtet. Ein Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung des Zusammenwirkens und der Motivation der beteiligten Akteure aus verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen. Eine quantitative Auswertung von Zufriedenheitsdaten der Region im Vergleich zu Daten aus Bayern und Deutschland ergänzt die qualitative empirische Analyse. Als Ergebnis wird – neben Ideen für das Zusammenwirken von staatlichen und zivilgesellschaftlichen Akteuren der Regionalentwicklung – ein Modell für Wirkfaktoren zivilgesellschaftlicher Netzwerke entworfen.

Dipl.-Ing. Jürgen Goldschmidt: Berücksichtigung künftiger Entwicklungen bei der Verkehrswertermittlung, 31.08.2022

Referent: Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß, Korreferenten: PD Dr.- Ing. Andreas Hendricks (Universität der Bundeswehr München), Prof. Dr.- Ing. habil. Christian Heipke (LUH)

Die Bedingungen auf dem Grundstücksmarkt haben sich in den letzten Jahrzehnten tiefgreifend verändert. Kürzer werdende Nutzungszyklen von Immobilien, heterogene gesellschaftliche Entwicklungsprozesse, wachsende Anforderungen an die Stadtentwicklung, eine abnehmende Konstanz der rechtlichen Rahmenbedingungen verbunden mit zunehmenden Entwicklungsbrüchen und schwer zu kalkulierenden Ereignissen führen zu höheren Anforderungen an die Immobilienbewertung. Daraus ergab sich vermehrt die Notwendigkeit der Berücksichtigung von künftigen Entwicklungen in der Wertermittlung und ihre Umsetzung in das Wertermittlungsrecht. Die Regelung zu künftigen Entwicklungen wurden bisher in der Praxis allerdings nur zögerlich aufgenommen. Eine entsprechende empirische Auswertung belegt den Befund.

Künftige Entwicklungen unterscheiden sich von immobilienwirtschaftlichen Erwartungen grundsätzlich dadurch, dass diese über die Erwartungen, so wie diese bei der Verkehrswertermittlung der normierten Wertermittlungsverfahren bereits durch den gewöhnlichen Geschäftsverkehr berücksichtigt sind, qualitativ und quantitativ deutlich hinausgehen können. Besonderes deutlich wird dies, wenn eine bisher „normale“ Entwicklung nicht fortgesetzt wird bzw. nicht fortgesetzt werden kann.

Um die Bedeutung künftiger Entwicklungen in der Wertermittlung herauszuarbeiten, wurden der Verkehrswertbegriff, die allgemeinen Wertverhältnisse, die wertbeeinflussenden Grundstücksmerkmale und spezielle Grundstückszustände diesbezüglich untersucht. Hinzu kam noch eine vergleichende Betrachtung zu den internationalen Wertermittlungsverfahren, der Bilanzierung von Immobilien sowie zu der kreditwirtschaftlichen Wertermittlung, die ergab, dass die Wertermittlung nach der ImmoWertV insbesondere im Vergleich zu den internationalen Wertermittlungsverfahren und zu den Bilanzregeln von Immobilien in Bezug auf die Berücksichtigung von Prognosen restriktiver zu handhaben ist.

In einem weiteren Schritt erfolgten empirische Untersuchungen zu künftigen Entwicklungen, eine notwendige Systematisierung dieser künftigen Entwicklungen und die Darstellung von allgemeinen Instrumenten, die bei der Berücksichtigung künftiger Entwicklungen Anwendung finden sollten.

Spezielle Instrumente, die mit Bezug auf künftige Entwicklungen einzusetzen sind, wurden analysiert und bewertet. Dies sind insbesondere Prognosen, Risikobewertungen, Szenarien, Entwicklungskorridore, Marktanalysen und SWOT-Analysen. Diese Instrumente haben entsprechend des jeweiligen Immobilientyps ihre Berechtigung. Durch die vorgeschriebene Berücksichtigung künftiger Entwicklungen sind gerade Prognosen oft erforderlich. Jedoch setzt die ImmoWertV der Berücksichtigung von Prognosen Grenzen. Weiterhin ist die Berücksichtigung von Risiken bei künftigen Entwicklungen erforderlich.

Auch Szenarien, Entwicklungskorridore oder Marktentwicklungsanalysen dienen dazu, die wahrscheinlichste bzw. wirtschaftlichste Nutzung in einer absehbaren Zeit zu ermitteln. So erstellt eine SWOT-Analyse eine Zukunftsperspektive der Immobilie durch prognostische Abschätzungen. Dies sind geeignete Instrumente, um künftige Entwicklungen zu analysieren und wertmäßig zu qualifizieren.

Zur Illustration dieser Bewertungsansätze für künftige Entwicklungen wurden verschiedene Beispielfälle dargestellt und analysiert. Am Beispiel der Pandemie wurden die Auswirkungen auf die einzelnen Immobilientypen aufgezeigt. Die Entwicklung der Standortqualität wurde am Beispiel von demografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen untersucht. Eine besondere Bedeutung haben hierbei Stadtentwicklungsplanungen, insbesondere auch informelle städtebauliche Planungen, und die daraus resultierenden Maßnahmen. Es wurden Anforderungen an die informellen Planungen formuliert, damit diese bei der Wertermittlung berücksichtigt werden können. In die Untersuchungen wurde auch die Wertrelevanz von städtebaulichen Verträgen einbezogen. Entsprechende informelle Planungen und städtebauliche Verträge müssen im Rahmen der Wertermittlung regelmäßig Berücksichtigung finden. Ausführlich wurden

auch künftige Entwicklungen von werdenden und vorhandenen Brachflächen und deren Bedeutung für die Nachnutzung dargestellt.

Herausgestellt wurde, dass weitere Aspekte künftiger Entwicklungen, wie das Erfordernis der hinreichenden Sicherheit aufgrund konkreter Tatsachen, die Bedeutung der Wartezeit sowie Besonderheiten bei der retrograden Verkehrswertermittlung in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung sind.

Zusammenfassend trägt diese Arbeit dazu bei, die zunehmende Bedeutung künftiger Entwicklungen in der Wertermittlung hervorzuheben und die Möglichkeiten der Berücksichtigung künftiger Entwicklungen aufzeigen.

MITBERICHTE

Mathias Burger, M.Sc., TU Berlin: Synergetic Segmentation and Registration of 3D Laser Scans exploiting a comprehensive Stochastic Model, Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

MITBERICHTE

Jiaying Lin, M.Sc., RWTH Aachen: Perception and Observation of Networked Multi-Agent Systems for Automated Shipping and Harbor Applications. Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

MITBERICHTE

Marcelo de Lima Galvão, M.Sc., Universität Münster, Mai 2022: Schematic maps for in-car navigation: Schematizing car routes with polygonal landmarks and surrounding street network to improve digital map interaction and spatial knowledge acquisition. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Markus Fülle, M.Sc., Universität Göttingen, Dezember 2022: Untangling Periods of Tail Dependence Across Financial Time Series by Means of Regime Switching GARCH Models with Rotated, Copula-Distributed Innovations. Prüfer: Prof. Dr. Philipp Otto

Christian Kruse, M.Sc.: Impact maps from bomb craters detected in aerial wartime images using marked point processes, 16.12.2022

Referent: Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke. Korreferenten: Prof. Dr.-Ing Uwe Sörgel, Universität Stuttgart, Dr.-Ing. Fabio Remondino, Fondazione Bruno Kessler, Trento, Prof. Dr.-Ing. Monika Sester, Prof. Dr.-Ing. Franz Rottensteiner.

Selbst mehr als 75 Jahre nach Ende des Zweiten Weltkriegs verweilen noch zahlreiche nicht explodierte Bomben (Blindgänger) im Boden und stellen eine erhebliche Gefahr für die Gesellschaft dar. Die Gebiete, in denen sich Blindgänger befinden können, werden in so genannten Belastungskarten dokumentiert, die auf den Positionen der explodierten Bomben beruhen; diese Positionen sind auf Kriegsluftbildern zu finden, die nach der Bombardierung aufgenommen wurden. Oftmals wurden mehrere Aufklärungsflüge durchgeführt, sodass Gebiete durch mehrere Bilder abgedeckt sein können. Solche Bilder werden heutzutage von Experten genutzt, um manuell verdächtige Stellen im Hinblick auf Blindgänger zu identifizieren, was mit einem immensen Bearbeitungsaufwand verbunden ist. Folglich ist für die kosteneffiziente Erstellung einer Belastungskarte, welche in dieser Arbeit zu sondierende Gebiete ausweist, eine automatische Generierung unerlässlich.

Zur Erstellung von Belastungskarten wird in dieser Arbeit ein neuartiger probabilistischer Ansatz auf Basis von markierten Punktprozessen (MPPs) zur automatischen Detektion von Bombenkratern in Kriegsluftbildern untersucht. Das Objektmodell für die Krater wird durch Kreise repräsentiert und in das Verfahren der MPPs eingebettet. Mittels stochastischem Sampling wird die wahrscheinlichste Konfiguration der Objekte innerhalb der Szene ermittelt. Durch das zufällige Hinzufügen und Entfernen neuer Objekte zur bzw. von der aktuellen Konfiguration, die Änderung ihrer Positionen und die Modifikation der Kreisparameter entstehen neue Objektkonfigurationen. Jede Konfiguration wird anhand einer Energiefunktion bewertet, die die Übereinstimmung mit einem vordefinierten Modell beschreibt. Hohe Gradientenmagnituden entlang des Objektrandes, homogene Grauwerte innerhalb des Objekts sowie ein starker Kontrast zwischen dem Objekt und einem konzentrischen Umring um dieses werden favorisiert, während Überlappungen von Objekten bestraft werden. Im Zusammenhang mit dem stochastischen Sampling liefert die Reversible-Jump-Markov-Chain-Monte-Carlo-Methode in Kombination mit Simulated Annealing das iterativ angenäherte globale Optimum der Energiefunktion. Um die Vorteile der in der Regel vorhandenen Mehrbildabdeckung zu nutzen, erlaubt das Verfahren die Kombination einzelner Detektionsergebnisse desselben Ortes. Anschließend wird aus den Detektionen mittels Kerndichteschätzung eine Wahrscheinlichkeitskarte für Blindgänger erzeugt und Bereiche um die Detektionen werden als belastet klassifiziert, wodurch eine Belastungskarte entsteht.

Das Verfahren wird an Luftbildern aus dem Zweiten Weltkrieg getestet, die von den alliierten Streitkräften über verschiedenen Gebieten in Europa aufgenommen wurden. Innerhalb der Bilder unterscheiden sich Inhalt und Aussehen, letzteres z. B. aufgrund von Unschärfe, ungleichmäßiger

Beleuchtung, fehlendem Kontrast oder zeitlich bedingter Veränderungen. Zur Evaluierung werden von Experten manuell annotierte Referenzdaten herangezogen. Die Ergebnisse zeigen das Potential der Methode auf, wobei komplexe Bildinhalte das Verfahren an seine Grenzen bringen. Durch die Verwendung redundanter Bildinformationen wird im Vergleich zum Einzelbildansatz eine deutliche Verbesserung erzielt; Experimente weisen in fast allen Fällen eine höhere F1-Score auf. Schließlich zeigen Experimente im Zusammenhang mit der Korrektheit der erzeugten Belastungskarte, dass 45 % der tatsächlich zu sondierenden Gebiete mit einer Korrektheit von 90 % gefunden werden können, was das Verfahren für die Unterstützung der manuellen Inspektion der Bilder attraktiv macht.

MITBERICHTE

Dipl.-Ing. Jöran Zeisler: Anforderungsanalyse zur Detektion von Spurwechseln und Evaluation eines Laserscanners im Kontext des hochautomatisierten Fahrens, TU Dresden. Korreferent: Prof. C. Heipke.

Gaétan Bahl, M.Sc.: Deep learning architectures for onboard satellite image analysis, Université Côte d'Azur, Nice. Korreferent: Prof. C. Heipke.

Hardik Jain, M.Tech.: Deep learning mesh parametrization of 3D shapes, TU Berlin. Korreferent: Prof. C. Heipke

Agata Walicka, M.Sc.: Application of terrestrial laser scanning for the monitoring of changes in the mountain river bed, Wroclav University of Environmental and Life Sciences. Korreferent: apl. Prof. F. Rottensteiner

ORGANISATION VON WORKSHOPS UND SYMPOSIEN

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

I.C.SENS WORKSHOP: „HIGH-INTEGRITY LOCALIZATION FOR AUTOMATED VEHICLES“ AM 05.06.2022 AUF DER IEEE IV (LEITUNG: HAO CHENG)

On June 5, 2022, our RTG held the first workshop of iLoc: High-integrity Localization for Automated Vehicles at the 33rd IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), one of the most influential international conferences for intelligent vehicles and autonomous driving in Aachen, Germany. Seven i.c.sens members took part in the organization committee and co-chaired the sessions.

Continuously and reliably estimating a vehicle's position in varying driving environments is essential for autonomous driving and safe operation. However, different from the aviation domain, dynamic and complex traffic environments make high-integrity localization very challenging in the vehicular domain. In the 1st iLoc workshop, we want to identify potential solutions to remedy the problems, including but not limited to: uncertainties in both environmental perception and vehicle localization, vision-based deep learning models for integrity monitoring, and the development of standardization of integrity localization for automated vehicles.

Scientists and experts from both academia and industry gave a wide range of keynote presentations at the workshop. Our guest speakers include:

- Prof. Mathieu Joerger, Virginia Tech USA
- Jan-Hendrik Pauls, group member of Prof. Christoph Stiller, Karlsruhe Institute of Technology (KIT) Germany
- Prof. Bisheng Yang, the State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying Mapping and Remote Sensing (LIESMARS), Wuhan University China
- Prof. Naoki Akai, Murase Lab Nagoya University Japan
- Dr. Chen Zhu from German Aerospace Center (DLR)
- Dr. Boubeker Belabbas, BOSCH
- Prof. Philippe Bonnifait, Université de Technologie de Compiègne France,

In addition, five high-quality papers addressing different aspects of integrity were presented at the workshop. The Ph.D. students from RWTH and i.c.sens were invited to present their research topics on posters and discuss them with the scientists and experts.

Thanks to the excellent talks, high-quality papers, posters, and discussions, we had a very interactive and successful workshop. We are excited to receive plenty of supportive feedback and positive comments from Prof. Christoph Stiller, the general chair of IV, and all our participants. We look forward to meeting more researchers from the community in the coming years at our next iLoc.

DAGSTUHL SEMINAR 22162 URBAN MOBILITY ANALYTICS, 18.-22.4.2022 (LEITUNG: PROF. MONIKA SESTER, PROF. STEPHAN WINTER, UNIV. MELBOURNE, PROF. MARTIN TOMKO, UNIV. MELBOURNE)

Das Seminar brachte Forscher aus dem akademischen Bereich und der Industrie zusammen, die auf komplementäre Weise an der Analyse der städtischen Mobilität arbeiten. Das Seminar zielte insbesondere darauf ab, Ideen und Ansätze aus der Deep-Learning-Forschung, die große Datensätze benötigt, und der reproduzierbaren Forschung, die Zugang zu Daten benötigt, zusammenzubringen.

SPECIAL SESSION BEI DER SPATIAL DATA SCIENCE AND STATISTICS SDSS-SYMPOSIUM „FORGET DATA ANALYTICS FOR MOBILITY – WE NEED IT FOR ACCESSIBILITY!“ (LEITUNG: MONIKA SESTER, STEPHAN WINTER, MARTIN TOMKO, ALEXANDRA MILLONIG, AIT)

Der städtische Verkehr ist ein Hauptverursacher des vom Menschen verursachten Klimawandels und der einzige Sektor, der keine Anzeichen für eine erfolgreiche Kohlenstoffreduzierung aufweist. Technologische Lösungen wie effizientere Fahrzeuge oder alternative Antriebssysteme sind nicht in der Lage, die erforderliche massive Reduzierung in dem immer kleiner werdenden Zeitrahmen für die Mobilitätsumstellung zu erreichen oder verlagern das Problem lediglich auf andere Sektoren, insbesondere den Energiesektor, der mit demselben Problem konfrontiert ist. Es besteht also die dringende Notwendigkeit, das Mobilitätsverhalten zu ändern, da technologisch nicht realisierbare Reduktionen durch Suffizienz im Verkehr kompensiert werden müssen - so viel wie nötig, so wenig wie möglich. Das bedeutet, dass der Schwerpunkt von der Mobilität (Verbesserung und Optimierung der Fortbewegung mit Verkehrsmitteln) auf die Erreichbarkeit (Verbesserung und Optimierung der Möglichkeit, wichtige Ziele mit so wenig motorisiertem Verkehr wie möglich zu erreichen) verlagert werden sollte, z. B. durch die Schaffung lokaler Zentren mit gemischter Nutzung, die die meisten, wenn nicht alle Funktionen des täglichen Lebens bieten. Dies würde den Bedarf an motorisiertem Verkehr auf nicht-routinemäßige Fahrten reduzieren, die folglich auch geteilt und so effizient wie möglich gestaltet werden sollten. (Link zur Session: <https://www.youtube.com/watch?v=-2ZoOYXe1NE>)

MITGLIED DES WISSENSCHAFTLICHEN PROGRAMMKOMMITEE DER CMSTATISTICS 2022, 17. - 19.12.2022 (LEITUNG: PHILIPP OTTO, U.A.)

Die CMStatistics Konferenz ist die größte europäische Fachtagung der Statistik und fand 2022 in London statt. Sie befasste sich mit verschiedenen Themen, einschließlich robuster Methoden, statistischen Algorithmen und Software, Analyse von hochdimensionalen Daten, Statistik für komplexe Daten, Modellvalidierung, funktionale Datenanalyse, Bayes'sche Methoden, Biostatistik, Quantilregression und semiparametrische Methoden, Optimierung von Schätz- und Modellierungsheuristiken, quantitativer Finanzierung, statistischer Signalverarbeitung und -filterung, Schätzung von kleinen Gebieten, latenten Variablen- und Strukturgleichungsmodellen, Mischmodellen, Matrixberechnungen in der Statistik, Zeitreihenmodellierung

und -berechnung, optimalen Designalgorithmen, Kausalität, Netzwerkdaten, grafischen Modellen und rechnergestützter Statistik für klinische Forschung.

ORGANISATION EINES INVITED SESSION ZU "SPATIAL DATA SCIENCE" AUF DER CMSTATISTICS 2022, 17.-19.12.2022 (LEITUNG: PHILIPP OTTO, U.A.)

Spatial Data Science beschäftigt sich mit der Analyse und Visualisierung von Daten, die räumliche Informationen enthalten, und erfordert spezielle statistische und computerbasierte Techniken, um räumliche Muster und Beziehungen zwischen Variablen zu untersuchen. Die Ergebnisse können in verschiedenen Anwendungsbereichen wie Geographie, Umweltwissenschaften und Stadtplanung eingesetzt werden.

MESSEN UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

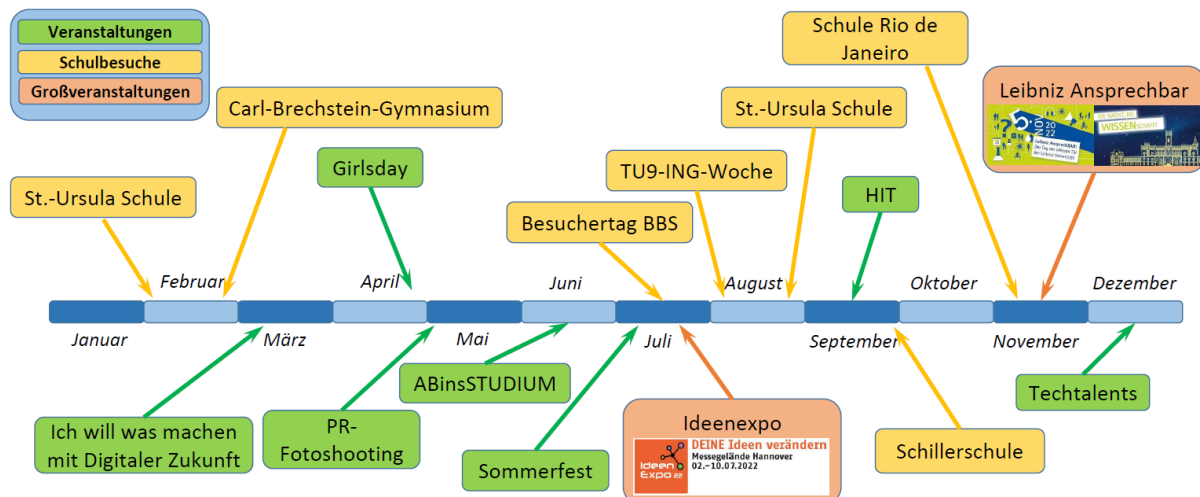
BERICHT DER KOMMISSION FÜR ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Kommission für Öffentlichkeitsarbeit der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik arbeitet seit nun mehr als 21 Jahren (Mai 2001 gebildet) daran, den Studiengang Geodäsie und Geoinformatik öffentlich bekannter zu machen und die Zahl der StudienanfängerInnen zu erhöhen.

Die Kommission setzte sich größtenteils aus den Mitglieder des Vorjahres zusammen. Allerdings gab es zwei personelle Änderungen. Anne Ponick übernahm den Sitz vom Institut für Photogrammetrie und GeoInformation von Philipp Trusheim. Die Arbeit von Oskar Wage vom Institut für Kartographie und Geoinformatik führte Jens Golze fort. Die PR-Kommission bedankt sich an dieser Stelle bei Philipp und Oskar für ihre jahrelange Arbeit und ihr Engagement.

Im Jahr 2022 setzte sich die Kommission ausfolgenden Mitgliedern zusammen:

- Yannick Brevé (IfE, Vorsitz)
- Joel Erfkamp (Fachschaft)
- Jens Golze (ikg)
- Tanja Grönefeld (Studiendekanat)
- Frederic Hake (GIH)
- Kamiel Heidberg (Fachschaft)
- Eva Mentzel (Fakultät)
- Jürgen Ruffer (Förderergesellschaft)
- Anne Ponick (IPI)



Aufgrund der Corona Pandemie konnten in den letzten zwei Jahren viele Veranstaltungen teilweise nur in abgeschwächter Form online durchgeführt werden. Einige fanden gar nicht erst statt. Umso größer ist die Freude, dass die PR-Kommission wieder viele Veranstaltungen in Präsenz durchführen konnte. Eine Übersicht aller durchgeführten Events sind in der obigen Abbildung aufgeführt. Erstmals in diesem Jahr durften wir angehende VermessungstechnikerInnen sowie SchülerInnen 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 Berufespeeddating 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 Veranstaltung ABinsStudium.

Außerplanmäßig fand in diesem Jahr die IdeenExpo vom 2.7.22-10.2.22 in Präsenz statt, an der wir interessierten SchülerInnen und Eltern unseren Studiengang näherbringen konnten. An unserem Messestand tauchten die Besucher virtuell in Hannover via VR-Brille ein und konnten sich durch Gesten frei durch die aufgezeichnete Punktwolke navigieren. Auf einem anderen Bildschirm präsentierten wir, wie eine solche Punktwolke mit Hilfe von einem Laserscanner in Echtzeit aufgezeichnet werden kann.



Die zweite Großveranstaltung in diesem Jahr ereignete sich am 5. November. Bei der „Leibniz Ansprechbar“ Veranstaltung, ein Äquivalent zu „Die Nacht, die Wissenschaft“, konnten die Besucher durch verschiedene Exponate und Mitmachaktionen aus den vier Instituten einen Einblick in verschiedene Forschungsthemen erhalten. Parallel dazu gab es zusammen mit den Bau- und Umweltingenieuren ein durchgängiges Vortragsprogramm, welches einen vielseitigen Überblick über die verschiedenen Forschungsgebiete der Fakultät geboten hat. Die Forschungszentren Trust und FZ:Geo haben sich ebenfalls mit Vorträgen und Exponaten beteiligt.



Im Jahr 2023 wird es wieder eine „Nacht, die Wissen schafft“ geben und die nächste IdeenExpo wird voraussichtlich 2024 stattfinden, sodass die beiden Großveranstaltungen sich jährlich, wie vor Corona, abwechseln.

Ein besonderer Dank gilt allen Professorinnen und Professoren, Studierenden sowie Kolleginnen und Kollegen, die uns bei allen Veranstaltungen tatkräftig unterstützt haben. Des Weiteren bedanken wir uns als PR-Kommission herzlichst bei der Fördergesellschaft, die die Arbeit der Kommission finanziell und beratend unterstützt hat.

#weltvermesserer-Kampagne

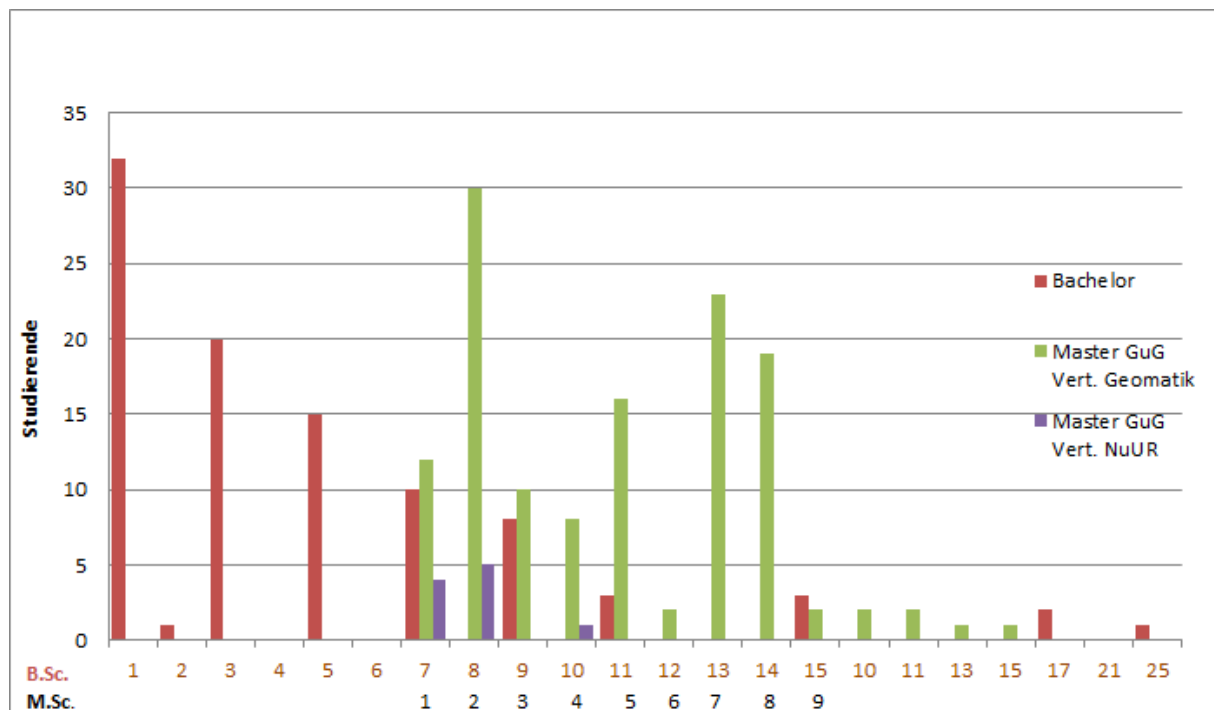
Seit März 2022 unterstützt die Studentin Paulina Becker die inhaltliche Vorbereitung und Erstellung von Instagram-Beiträgen, die über die deutschlandweite Social-Media-Kampagne #weltvermesserer veröffentlicht werden. Die Hiwi-Stelle wird von der Förderergesellschaft finanziert. Die Beiträge stellen das Studium „Geodäsie und Geoinformatik“ in Hannover vor. Mit Erfolg: Ein Beitrag über Stadt- und Regionalplanung gehörte zu den Beiträgen des Accounts (Instagram + Facebook), die die höchste Reichweite erzielten.

AUS DEM LEHRBETRIEB

BERICHT DES STUDIENDEKANATS

STUDIERENDENSTATISTIK WS 2022/23

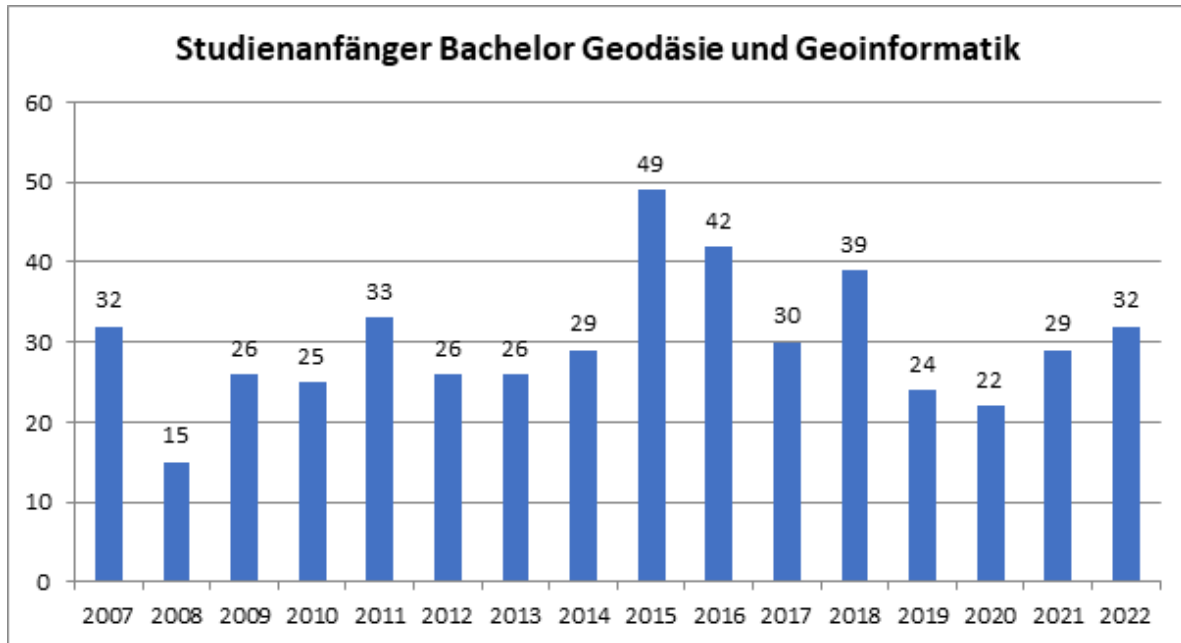
Im Wintersemester 2022/23 sind in den Studiengängen der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik 233 Studierende eingeschrieben. Im Bachelorstudium Geodäsie und Geoinformatik sind davon 95 immatrikuliert, im Masterstudium Geodäsie und Geoinformatik, Vertiefung Geomatik, 128 Studierende. In der Vertiefung Navigation und Umweltrobotik (NuUR) befinden sich 10 Studierende. Der eigenständige NuUR-Studiengang ist Ende September 2022 geschlossen worden. 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 28 % im Bachelorstudiengang und circa 28 % im Masterstudiengang GuG ist der Anteil der Studentinnen für Ingenieurstudiengänge wie gewohnt sehr gut.

Zum Wintersemester 2022/23 haben 32 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 15 Studierende gewechselt. In höheren Semestern befinden sich 27 Studierende.



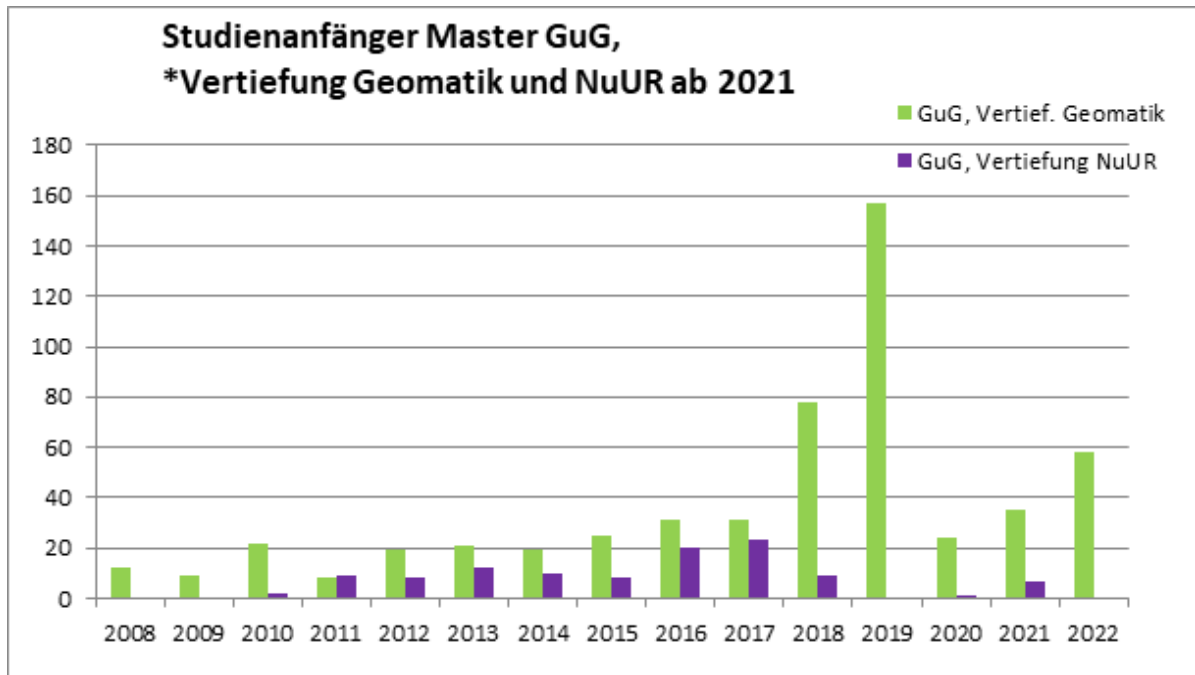
STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG BACHELOR GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2007 – 2022.

Im gleichen Zeitraum haben im Master Geodäsie und Geoinformatik 58 Studierende das Studium aufgenommen, von denen rund drei Viertel ihren Bachelorabschluss an einer ausländischen Universität abgelegt haben. Das zeigt wiederum das große Interesse an englischsprachigen Studienangeboten im Bereich der Geodäsie und Geoinformatik.

Ab WS 2021/22 wurde der Bereich der Navigation und Umweltrobotik („NuUR“) als eine Vertiefungsrichtung des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformatik integriert. Der Masterstudiengang besteht nun aus zwei Vertiefungen, wobei die Vertiefung „Geomatik“ inhaltlich dem bisherigen Master entspricht. Das Curriculum des auslaufenden Masters wurde überarbeitet, so dass die neue Vertiefung „NuUR“ noch mehr Aspekte aus der Geodäsie und Geoinformatik beinhaltet und auch alle Masterstudierenden gemeinsame Veranstaltungen und Seminare belegen. Der Aufbau des Studiengangs und seiner Vertiefungen ist auf unseren Webseiten ersichtlich:

<https://www.fbg.uni-hannover.de/de/studium/studienangebot-der-fakultaet/geodaesie-und-geoinformatik/geodaesie-und-geoinformatik-msc/>

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



STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG MASTER GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2009 – 2022.

Es ist weiterhin das Ziel, mehr Studierende in den Studiengängen der Fachrichtung aufzunehmen. Dazu werden wie gewohnt die verschiedenen Werbeaktionen der PR-Kommission weitergeführt, die sich im Abschnitt "Bericht der Kommission für Öffentlichkeitsarbeit" wiederfinden. Auch die Kooperation mit der Berufsschule Hannover und der LGLN im Rahmen des AbiStudiumGeoIT, BiStudiumGeoIT und MasterStudiumGeoIT trägt dazu positiv bei.

ABSOLVENTENFEIER DER FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN UND GEODÄSIE

Am Samstag, 9. Juli 2022 fand erstmals wieder nach der Coronapandemie eine Absolventenfeier in Präsenz für die Abschlussjahrgänge 2020+2021 sowie der Jubiläumsabschlussjahrgänge 1995+1996 und 1970+1971 statt. Organisiert wurde die Feier vom Institut für Risiko und Zuverlässigkeit und vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik.

Die Auszeichnung der besten Bachelorabsolventinnen 2020 (Anat Schaper) und 2021 (Birte Friedrichs) sowie der besten Masterabsolvent*innen 2020 (Vanessa Koppmann) und 2021 (Anne Ponick und Dominik Ernst) in den Studiengängen Geodäsie und Geoinformatik erfolgte durch den Prüfungsausschussvorsitzende Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller.

Die besten Absolventen im Master Navigation und Umweltrobotik, Jeldrik Axmann (2020) und Leonard Göttert (2021) wurden von der Viktor Rizkallah-Stiftung ausgezeichnet.

Da die nächste Absolventenfeier für die Jahrgänge 2022+2023 sowie für die silbernen und goldenen Jubilare erst im Januar 2024 stattfindet, werden wir die Statistiken für diese Jahre in der nächsten Ausgabe des Fördererhefts 2024 bekanntgeben.

Absolventen

Im Kalenderjahr 2022 haben insgesamt 8 Studierende erfolgreich ihr Bachelorstudium beendet. Im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik gab es 19 Absolventinnen und Absolventen, im auslaufenden Masterstudiengang Navigation und Umweltrobotik waren es 6 Absolventinnen und Absolventen. Sie sind in der folgenden Auflistung zu finden:

BACHELOR

Brekenkamp	Mareike	Nielsen	Lars Oliver
Cornelius	Nils Jesper	Ta	Giang Son
Evensen	Christoph	van der Linde	Max Josef
Hinrichs	Annika	Wicke	Julia

MASTER GuG

Al-Aghbari	Yaseen	Jin	Dingxin
Balasubramanian	Aravinthkumar	Kaminski	Timo
Berkel	Jana	Kindervater	Leon
Boie	Finn Lukas	Kohlrautz	Lukas
Chen	Lixian	Omereshone	Enite Patrick
Elesawy	Moustafa	Scherff	Marvin
Fischer	Friderike	Schimansky	Tim
Fletling	Nina	Shkedova	Olga
Gupta	Himanshu	Weber	Sarah Maria
Heiken	Max Leonard		

MASTER NuUR

Aneja	Dhawal	Kuschel	Jens
Dehus	André	Wang	Mingxu
Freitag	Thorben	Zielinski	Marion

Im Jahr 2022 sind 3 Promotionen abgeschlossen worden (s. Dissertationen, S. 56ff.).

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). Der Link zum Angebot der LGLN findet sich unter (3). Weitere Hilfe zur Studienbewerbung und Immatrikulation stellt das Immatrikulationsamt der Universität auf seiner Webseite (4) 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://lgl-n-karriere.niedersachsen.de/startseite/studium/ausbildung-und-karriere-210119.html>
- (4) <https://www.uni-hannover.de/de/studium/vor-dem-studium/bewerbung-und-zulassung/nach-der-bewerbung/einschreibung/>

INTERNATIONALES

Ausländische Austauschstudierende in der Fachrichtung

Atabati	Alireza	SS 22, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Bahari Sojahrood	Zahra	SS 22, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Contu	Riccardo	SS 22, Università degli Studi di Roma 'La Sapienza', Italien
Deliacı	Rukiye	SS 22, Zonguldak Bulent Ecevit University, Türkei
Düzen	Kaan	WS 22/23, Istanbul Teknik Üniversitesi, Türkei
Feisi	Mohsen	WS 22/23, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Pasquier	Inès	WS 22/23, Ecole Nationale des Sciences Géographiques, Frankreich
Saba	Fatemeh	SS 22, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Sebesy	Csanád	SS 22, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Ungarn

Auslandsaufenthalte von Studierenden der Fachrichtung

Boie	Finn	SS 22, University of Calgary, Kanada
------	------	--------------------------------------

MASTER -, BACHELOR – UND STUDIENARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

BACHELORARBEITEN

ENTWICKLUNG UND VALIDIERUNG EINER ZEITSYNCHRONISIERUNG FÜR DIE TACHYMETERSTEUERUNG (MAX VAN DER LINDE, BETREUER: FREDERIC HAKE, SÖREN VOGEL)

Große Ingenieurprojekte in der Geodäsie erfordern oft den gleichzeitigen Einsatz mehrerer motorisierter Totalstationen. Um die Beobachtungen aller Totalstationen zu kombinieren, muss ein gemeinsamer Zeitrahmen festgelegt werden, auf den sich alle Messungen beziehen. In dieser Bachelorarbeit wurde dafür ein Ansatz zur Echtzeitsynchronisierung von motorisierten Totalstationen erarbeitet und implementiert. Im Speziellen wurde die Systemzeit der Leica TS60 Totalstation mit der GNSS-Zeit mit Hilfe eines Microcontrollers synchronisiert, um somit Messungen mit GNSS-Zeitstempel durchführen zu können.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde eine zuverlässige, robuste und präzise Möglichkeit zur Synchronisierung einer RTS von Leica Geosystems mittels GPS-Zeit auf Software-Ebene entwickelt und auf Basis von Mikrocontrollern hardwaretechnisch realisiert. Hierfür erfolgte die Einarbeitung in die Thematik der Zeitsysteme und Synchronisierung sowie geeigneter Validierungskonzepte. Die physikalische Umsetzung der anwenderfreundlichen Synchronisationslösung erfolgte mit einer 3D-gedruckten wasserdichten Box für einen flexiblen Innen- und Außeneinsatz. Die empirische Validierung wurde mit Hilfe übergeordneter Referenzsensorik durchgeführt.

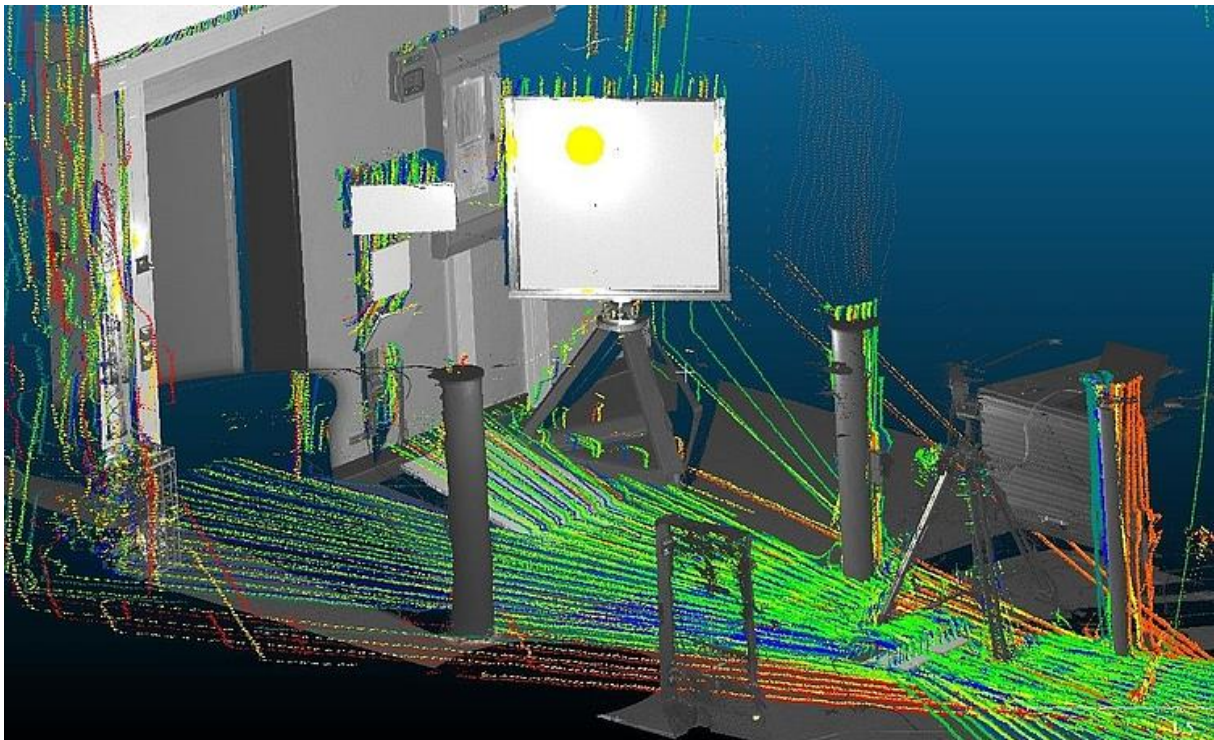


3D-DRUCK DER SYNCHRONISIERUNGSBOX (LINKS) UND BENUTZEROBERFLÄCHE FÜR TOUCHDISPLAY (RECHTS) .

INTRINSISCHE KALIBRIERUNG EINES VELODYNE VLP-16 (LARS NIEHSEN, BETREUER: DOMINIK ERNST, SÖREN VOGEL)

LiDAR-Sensoren (light detection and ranging) finden in vielen Bereichen Anwendung. Durch die leichte Bauform sind LiDARs besonders für autonome Systeme geeignet. So werden die Sensoren für autonome Fahrzeuge zur Hinderniserkennung oder auch für UAVs (unmanned aerial vehicles) zur Aufzeichnung von Punktwolken als Unterstützung von Bilddaten eingesetzt. Auch im geodätischen Kontext finden LiDARs als kinematische Messsysteme immer größere Anwendung. So lassen sich mit handlichen kinematischen Multi-Sensor Systemen (MSS) schnell Bereiche dokumentieren, für die ein terrestrisches Laserscanning aufgrund der Genauigkeitsanforderungen nicht notwendig wäre. Verschiedene Hersteller verwenden dabei den Velodyne VLP-16 oder baulich ähnliche Sensoren.

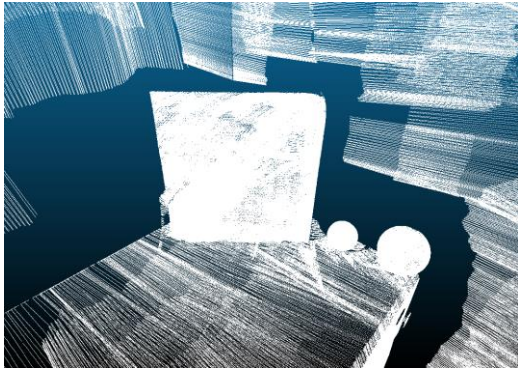
Beim Einsatz von low-cost Sensoren in der Geodäsie ist die Kalibrierung ein wichtiger Aspekt, um die bestmöglichen Messergebnisse zu erreichen und die erreichten Ergebnisse in ihrer Qualität bewerten zu können. Bei der Verwendung von MSS sind zwei Arten der Kalibrierung von Interesse: die intrinsische Kalibrierung zur Korrektur der Messungen und die extrinsische Kalibrierung zur Fusion der Messungen der unterschiedlichen Sensoren. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der intrinsischen Kalibrierung des Velodyne VLP-16. Dabei sollen bestehende Kalibriermodelle implementiert und mittels Echtdatei angewendet werden. Dazu soll eine Kalibrierungsmessung durchgeführt werden, für welche ein Messkonzept aufgestellt werden soll. Dabei sind die Einflussfaktoren und Umgebung zu berücksichtigen. Zur Bewertung der bestimmten Parameter soll eine unabhängige Messung zur Evaluation durchgeführt werden.



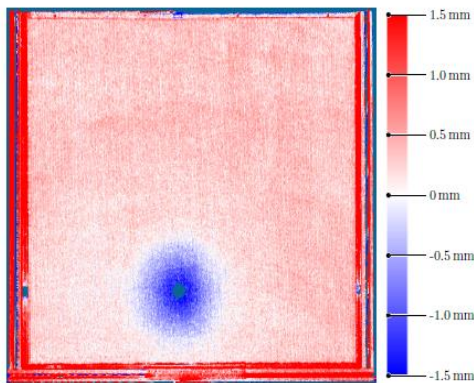
ÜBERSICHT DER MESSKONFIGURATION BEI DER KALIBRIERUNGSMESSUNG MIT TERRESTRISCHEN LASERSCANNER (GRAUSTUFEN) UND VLP-16 (COLORIERT NACH REFLEKTIVITÄT).

MASTERARBEITEN

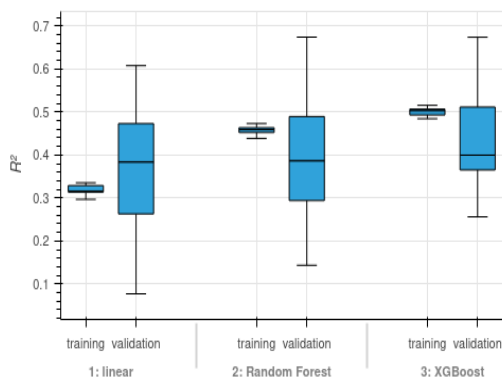
ACQUISITION OF A REFERENCE POINT CLOUD TO INVESTIGATE UNCERTAINTIES IN STATIC LASER SCANNING WITH MACHINE LEARNING (MAX HEIKEN, BETREUER: JAN HARTMANN, HAMZA ALKHATIB)



REFERENCE POINT CLOUD CAPTURED WITH LEICA LAS XL.



TLS-DISTANCE RESIDUALS FOR ONE OBJECT.



REGRESSION RESULTS (COEFFICIENT OF DETERMINATION): 1. LINEAR REGRESSION 2. RANDOM FOREST 3. XGBOOST.

Terrestrial laser scanning has been a staple of geodetic measurement practices for many years. As with all geodetic matters, the achievable accuracy is of utmost interest when selecting which instrument to use for a given task. While there are many approaches to estimating and mitigating instrumental sources of error, only few publications address systematic effects specific to a TLS.

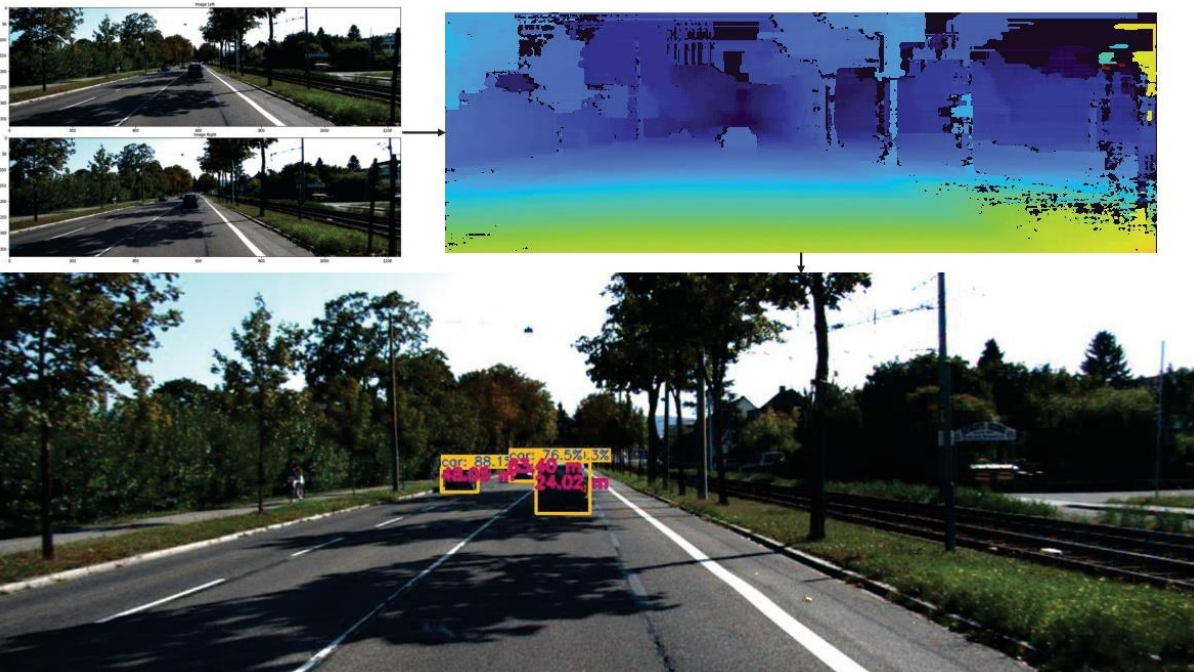
This is why in this thesis the goal is to examine the effects caused by different kinds of measurement objects and scan configurations. The study is performed in a controlled environment with minimal sources of outside interference and compares a large dataset of TLS point clouds from over 30 scan positions with a highly precise reference, created using a state of the art hand scanner (Leica LAS XL) in combination with a laser tracker (Leica AT960).

The discrepancies are examined with respect to a variety of influencing factors the relationships are presented through the example of selected objects. Finally an attempt at reducing the systematic effects in distance measurement is made by employing different machine learning methods.

IMPLEMENTIERUNG UND ANALYSE EINES STEREOKAMERAANSATZES FÜR DIE OBJEKTDETEKTION IM KONTEXT VON FAHRERASSISTENZSYSTEMEN (SAURABH BORSE, BETREUER: DOMINIK ERNST, HAMZA ALKHATIB, RON METTENDORF (IAV))

Fahrerassistenzsysteme sind weit verbreitet in modernen Fahrzeugen. Sie unterstützen den Fahrer durch verschiedene Funktionen im Bereich der Sicherheit und des Komforts. Mit der fortschreitenden Entwicklung von Fahrzeugen mit höherem Automatisierungsgrad steigen auch die Anforderungen an die Zuverlässigkeit dieser Systeme. Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde untersucht, ob Stereokamerasysteme für die Distanzermittlung im Rahmen von Fahrerassistenzsystemen geeignet sind. Die Arbeit wurde in Kooperation mit der IAV GmbH in Gaimersheim durchgeführt.

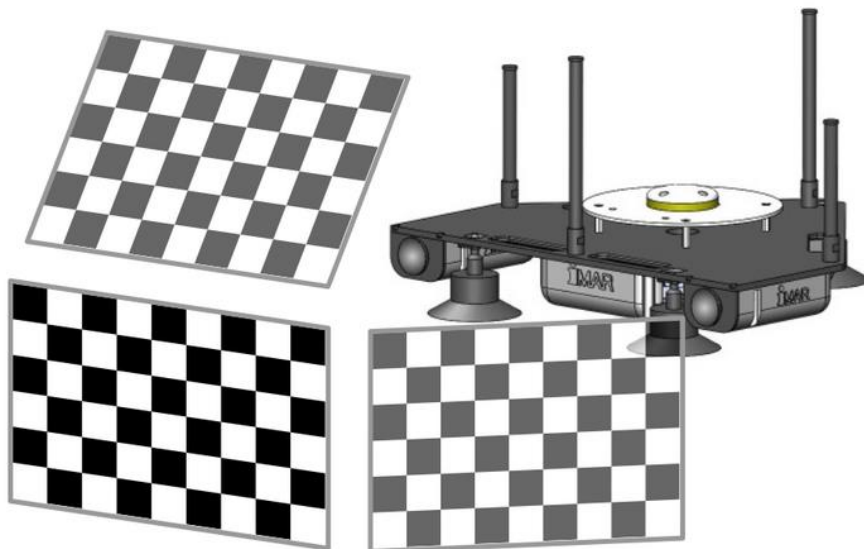
Ziel der Masterarbeit war die Untersuchung, ob Stereokamerasysteme eigenständig zur Distanzbestimmung zu anderen Verkehrsteilnehmern verwendet werden können. Diese Funktionalität ist für verschiedene Fahrerassistenzsysteme relevant, etwa für Einparkhilfssysteme oder Notbremsassistenten. In dieser Arbeit wurde die Eignung für die Überprüfung von automatischen Abstandshalteassistenten (ACC) untersucht. Dazu wurde eine Verarbeitungskette für die bildbasierte Distanzberechnung zu anderen Fahrzeugen implementiert. Für die unterschiedlichen Schritte wurde auf verschiedene Methoden zurückgegriffen, welche in Hinblick auf die erzielten Ergebnisse diskutiert wurden. Im Speziellen sind dabei vor allem verschiedene Ansätze zur Erzeugung von Disparitätsbildern verglichen worden. Auch die Verfahren zur Ableitung der Distanzen auf Basis von Tiefenbildern, welche aus den Disparitätsbildern berechnet werden, sind diskutiert worden.



VERARBEITUNGSSCHRITTE: ORTHOREKTIFIZIERTE STEREOBILDER (OBEN LINKS), MITTELS SGBM ERZEUGTES TIEFENBILD (OBEN RECHTS), LINKES BILD MIT ERGEBNIS DER OBJEKTDETEKTION (GELBER KASTEN) UND DISTANZBERECHNUNG (ROT) .

UNTERSUCHUNG UND BEWERTUNG VON KAMERAKALIBRIERVERFAHREN FÜR VISUELL GESTÜTZTE NAVIGATIONSSYSTEME (MARION ZIELINSKI, BETREUER: HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN, JÜRGEN GRAF (iMAR NAVIGATION GMBH), SÖREN VOGEL)

Technische Systeme, die autonom navigieren sollen, müssen mit umfangreichen Sensorsystemen ausgestattet sein, die es erlauben, ein Fahrzeug mit hoher Genauigkeit in seiner Umgebung zu lokalisieren. Dazu werden der groben Positionierung, beispielsweise durch GNSS, zusätzliche lokale Informationen hinzugefügt. Kameras haben dabei eine besondere Bedeutung, da sie eine große Menge von Informationen aus dem Umfeld auf einmal aufnehmen können. Um die aufgenommenen Bilddaten korrekt zu interpretieren, wird ein mathematisches Modell der Kamera benötigt, das die Umrechnung von 2D Bildpunkten in 3D Objektpunkte ermöglicht. Die Parameter, die die individuelle Kamera charakterisieren, müssen durch Kalibrierung festgestellt werden. Die Kamerakalibrierung ist somit ein essentieller Bestandteil der visuellen Navigation. In dieser Masterarbeit wurde zunächst der aktuelle Stand der Forschung und Entwicklung im Bereich Kamerakalibrierung skizziert. Anschließend wurden verschiedene Bibliotheken zur Kamerakalibrierung am zur Verfügung stehenden Stereokamerasystem getestet. Der Fokus lag dabei in der Bewertung der Güte der Kalibrierung und dem Vergleich unter verschiedenen Gesichtspunkten. Mit Hilfe einer Meta-Optimierung wurde untersucht, ob durch geschickte Auswahl der Input Bilder der Vorgang optimiert werden kann. Diese Masterarbeit ist in Kooperation mit der iMAR Navigation GmbH entstanden.



VISUALISIERUNG DES KALIBRIERPROZESSES FÜR EIN KAMERA-BASIERTES MULTISENSORSYSTEM.

ERSTELLUNG EINES MIETSPIEGELS FÜR DIE STADT HANNOVER DURCH ANWENDUNG EINES INNOVATIVEN KI-ANSATZES (LUKAS KOHLRAUTZ, BETREUER: JÖRN BANNERT, HAMZA ALKHATIB)

Im Rahmen dieser Masterarbeit soll untersucht werden, wie sich verschiedene Regressionsansätze für die Erstellung eines (qualifizierten) Mietspiegels eignen. Betrachtet werden dabei neben der klassischen multiplen linearen Regression die beiden baumbasierten Verfahren Random Forest und XGBoost.

Mit Mietinformationen aus der Kaufpreissammlung des Gutachterausschusses für Grundstückswerte Hameln-Hannover wird zudem eine andere Datengrundlage verwendet als üblich.

Zur Bewertung der Ergebnisse aus den angewendeten Verfahren werden die Ergebnisse dem aktuellen qualifizierten Mietspiegel der Stadt Hannover gegenübergestellt.

Diese Masterarbeit zeigt, dass sich die herangezogenen Mietinformationen und weitere erforderliche Informationen aufgrund vieler unvollständiger Datensätze nur bedingt zur Mietspiegelerstellung eignen. Zudem zeigt sich, dass die baumbasierten Verfahren – die sog. Entscheidungsbäume nutzen – statistisch bessere Ergebnisse liefern als die klassische multiple lineare Regression.

Es zeigen sich jedoch kaum signifikante Unterschiede zwischen den beiden baumbasierten Ansätzen Random Forest und XGBoost. Die mit den baumbasierten Verfahren erzielten Ergebnisse sind mit den Werten aus dem aktuellen qualifizierten Mietspiegel der Stadt Hannover vergleichbar.

3D PROPERTY VALUATION IN A MULTIDIMENSIONAL SPACE (ENITE PATRICK OMERESHONE, BETREUER: KWABENA ASIAMA, WINRICH VOß)

The land administration systems around the world are predicated on a tradition of 2D representation of property boundaries often with a variety of other property interest information recorded as notations. Hence, the limitations of these practices for representing the legal and administrative status of vertically defined properties are now becoming apparent especially with increasing use of condominiums, high rise and multi-storeyed developments to manage limited space and to service increasing population needs.

For property valuation, traditional or 2D cadastre focuses on the horizontal dimension of location such as nearness or distance to city center, market and other social infrastructure. But with the aid of advanced GIS software, computer aided or 3D cadastre emphasises on the importance of the vertical dimension of locations which thus includes the height of the building, the number of floors, if there is an extra price for higher floors, boundaries between properties, distance to amenities from the top floors as well as spatial and geospatial analyses such as views, level of visibility, atmospheric condition.

The main objective of this thesis was to assess the influence of above mentioned factors and to develop a framework for the integration of 3D property factors in the open market valuation of residential properties.

The thesis describes which data should be collected and used for property analysis and valuation. A detailed qualitative approach which includes

reviewing of journals and interview questions with Realtors and Estate managers, shows the additions in the valuation process and first steps of a conceptual framework for 3D property valuation.

EVALUATION OF METHODS OF LAND VALUATION IN SUPPORTING TO LAND CONSOLIDATION:
A CASE STUDY OF LAND CONSOLIDATION IN CHINA (LIXIAN CHEN, BETREUER: KWABENA
ASIAMA, WINRICH VOß)

Land consolidation, a solution to land fragmentation, has been undertaken in Western Europe, particularly in the Netherlands and Germany, for over 400 years, taking its modern form in the 1920's. Running parallel to the Western European development of land consolidation is Chinese land consolidation tradition, which unlike Sub-Saharan Africa, and Eastern and Central Europe, has had little Western European influence.

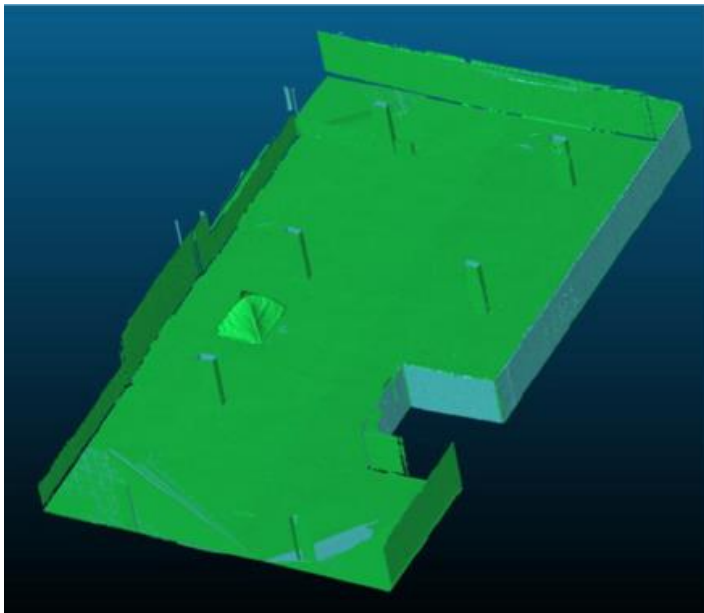
In the past two decades, the use of land consolidation has significantly increased as a path to food security and rural development for emerging economies such as the People's Republic of China (PRC). One of the key stages land consolidation is the inventory and planning stage when all the landed properties are identified, registered and valued to allow for everyone to get an equal amount of real estate put in the consolidation. The valuation stage differs from countries to countries, and is more critical in countries where there is a limited land market such as the PRC. This study attempts

- a comparison of land consolidation's valuation process between two Western Europe Countries - the Netherlands and Germany, against the PRC,
- exploring the factors that need to be addressed in the current approaches to land valuation in land consolidation in Western countries and
- exploring a study case in China to analyze the decision factors in land valuation approaches within land consolidation.

SIMULATION AND ANALYSIS OF A LASER SCANNER-BASED MONITORING SYSTEM FOR AN INDUSTRIAL ENVIRONMENT (QIN YUANZHENG, BETREUER: MOHAMMAD OMIDALIZARANDI, SÖREN VOGEL)

Im industriellen Umfeld gibt es eine Vielzahl von großflächigen Anlagen, welche für die Lagerung unterschiedlicher Materialien wie z.B. Baustoffe oder Wertstoffe verwendet werden. Um eine Übersicht der bereits belegten bzw. noch zur Verfügung stehenden Lagerkapazitäten (sowohl in der Fläche als auch im Volumen) zu erhalten, sind aufwändige manuelle Vermessungsarbeiten notwendig. Im Rahmen dieser Masterarbeit sollte mit Hilfe einer realitätsnahen Simulationsumgebung das Potential eines permanenten Monitoringsystems für die automatische regelmäßige Abbildung von zeitvariablen industriellen Lagerstätten mittels kombinierten Laserscannings analysiert werden.

Hierfür galt es eine beispielhafte Umgebung mit einem terrestrischen Laserscanner initial zu erfassen und die räumlichen Grundstrukturen (z.B. (Trenn-)Wände, Boden, Decke, Stützstrukturen) zu identifizieren und als CAD-Modell in die Simulationsumgebung Gazebo zu überführen. In dem Modell sollte anschließend eine sinnvolle Anzahl, Positionierung und Ausrichtung von geeigneten Laserscannern simuliert und unterschiedliche Szenarien hinsichtlich charakteristischer Parameter wie z.B. der Vollständigkeit, Genauigkeit und Robustheit möglichst kosteneffizient analysiert werden.

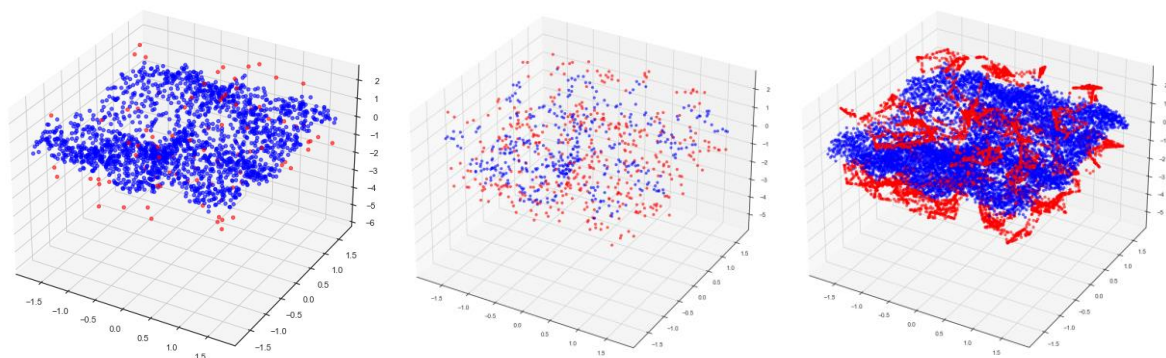


CAD-MODELL EINER MITTELS TERRESTRISCHEN LASERSCANNER ERFASSTEN REFERENZUMGEBUNG (LINKS) SOWIE STANDPUNKTPLANUNG FÜR EIN LASERSCANNER-BASIERTES MONITORINGSYSTEM (RECHTS).

EXPLORING THE OPTIONS OF IMBALANCED LEARNING FOR OUTLIER DETECTION IN POINT CLOUD DATA (DHAWAL ANEJA, BETREUER: BAHAREH MOHAMMADIVOJDAN, HAMZA ALKHATIB)

Imbalanced data in nature will have classification categories that are not distributed in an equal manner. Classification by Machine Learning (ML) models on these kinds of data have a biased output in accordance to the majority class. It becomes even more challenging when this skewed dataset is corrupted with outliers. The most difficult aspect of outlier identification is modelling typical behaviour in order to discover anomalies. Model selection is an important aspect, as an improper model might result in subpar outcomes. This involves a solid comprehension and examination of the domain problem's data, constraints and their requirements. Learning from imbalanced data has always been a challenging task. In solving the class-imbalance problem, a classifier tends to over-fit with the more skewed class. With the above mentioned problems, the purpose of this thesis is to explore the various options in which class-imbalance problem can be dealt with, with the motive to find the outliers in point cloud data-set. The various existing and efficient imbalanced approaches like SMOTE, B-SMOTE, ADASYN, Near-Miss, Tomek-Link, SMOTE-ENN and SMOTE-Tomek in combination with weighted classifier techniques are adapted in lieu of the above problem.

In this research we tried to analyze which of these approaches provide us the best possible outcome for detecting outliers, in conjunction to various balancing approaches, datasets and classifiers. For the above implementation we have used two datasets, a simulated data set and a real measured point cloud. It was interesting to observe the similar kind of results on both of these data sets. Our results have showed that, there has been a slight deviation in the choice of classifier between the two data sets, but the choice of balancing technique remained the same. In simulated dataset ADASYN in combination with KNN out performs other combinations. As it was in the case of simulated set, in point cloud data set too an oversampling approaches ADASYN, SMOTE has overall the best results in combination with classifier KNN and Light GBM.

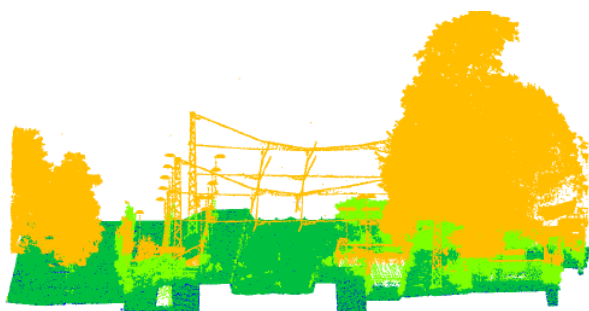


FROM LEFT: (1) EXAMPLE OF SIMULATED DATA, (2) UNDERSAMPLING USING THE NEAR-MISS, (3) GENERATION OF SYNTHETIC SAMPLES IN THE TRAINING SET USING SMOTE-ENN (RED POINTS REPRESENTS OUTLIERS).

GLEISVERMESSUNG DURCH BEFLIEGUNG (LEON KINDERVATER, BETREUER: ARMAN KHAMI, INGO NEUMANN, ROBERT HAU (NEBEL & PARTNER), MICHAEL REIFENHÄUSER (DB NETZ AG))

Die Bestandsaufnahme der Gleise erfolgt im Geltungsbereich der DB Netz AG ausgehend von den s.g. Gleisvermarkungspunkten. Diese sind i.d.R. an den Oberleitungsmasten, also in einem Abstand von 60 m bis 80 m in Gleisrichtung, als Rundbolzen vermarkt und gehören zum DB-internen Festpunktfeld. Die Bestimmungsgenauigkeiten für Lagefestpunkte sind 10 mm in der Lage und für Höhenfestpunkte 5 mm in der Höhe. Derzeit erfordern die terrestrischen Vermessungsarbeiten ein Betreten der Gleise, womit ein erheblicher Sicherungsaufwand sowie die Sperrung des Zugverkehrs verbunden ist. Zusätzlich werden die Arbeiten im Gleis durch die hohe Auslastung der Strecken erschwert. Das Hauptziel dieser Masterarbeit war es daher zu untersuchen, ob sich die terrestrischen Vermessungsarbeiten im Felde durch Befliegungen ersetzen lassen. Auf der an einem Gyrokopter montierten Messplattform sind Sensoren zur satellitengestützten Positionierung, eine inertielle Messeinheit, Laserscanner und eine Kamera verbaut.

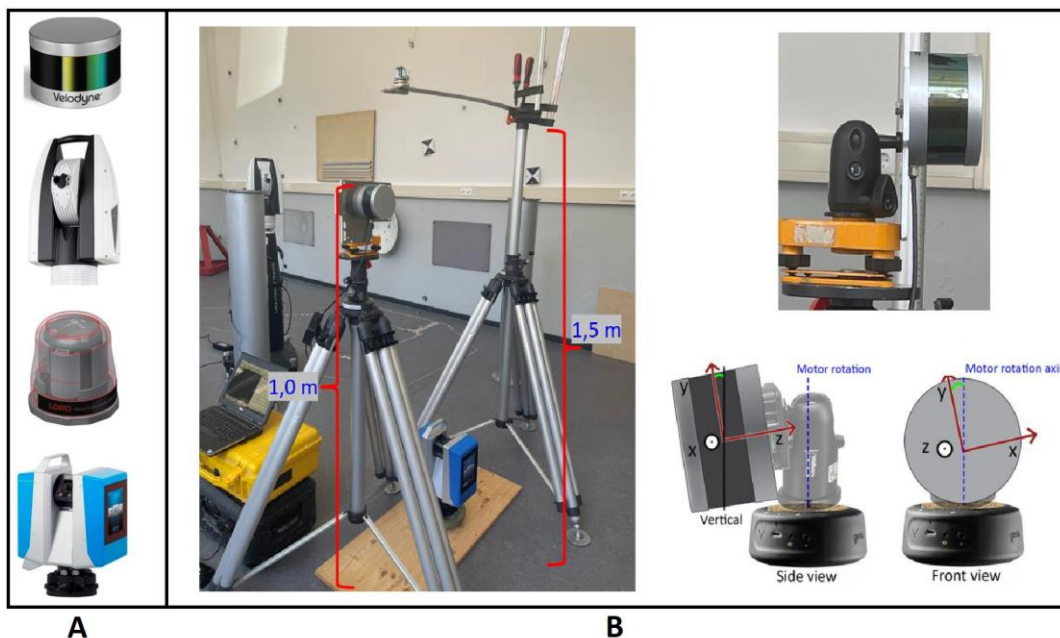
In dieser Abschlussarbeit wurde ein Konzept entwickelt, um die Georeferenzierung der Messplattform unter der Verwendung der Gleisvermarkungspunkte aus der Punktwolke des Laserscannings und einer im Nachhinein prozessierten 3D-Photogrammetrischen Punktwolke zu verbessern. Die Punktkoordinaten der insgesamt 44 Gleisvermarkungspunkte wurden in einer Trefferanalyse aus beiden Punktwolken bzgl. beider Flüge getrennt extrahiert. Diese Treffer wurden in einem Algorithmus gemäß des Iterated Extended Kalman Filters eingebunden, der die bestehende Trajektorie der Messplattform aufdatiert. Da allerdings in den pro Flug insgesamt mehr als 30.000 Messepochen nur in $< 0,2\%$ Treffer vorlagen, ließ sich keine Aussage über eine systematische Verbesserung in der Lage und in der Höhe der gefilterten Trajektorie zur Näherungstrajektorie treffen. Daher müssen zukünftig größere Abmessungen der Zielzeichen sowie eine deutliche Reduzierung der Fluggeschwindigkeit hinsichtlich der Trefferquote angestrebt werden.



KLASSIFIZIERTE ALS-PUNKTWOLKE IM BEREICH DES BAHNHOFES (LINKS) UND GESAMTHEIT ALLER FLUGLINIEN (RECHTS).

DEFORMATION MONITORING OF BRIDGE STRUCTURES USING A LOW-COST LASER SCANNER
(TERMEH GÜNTHER, BETREUER: HOSSEIN AREFI, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI)

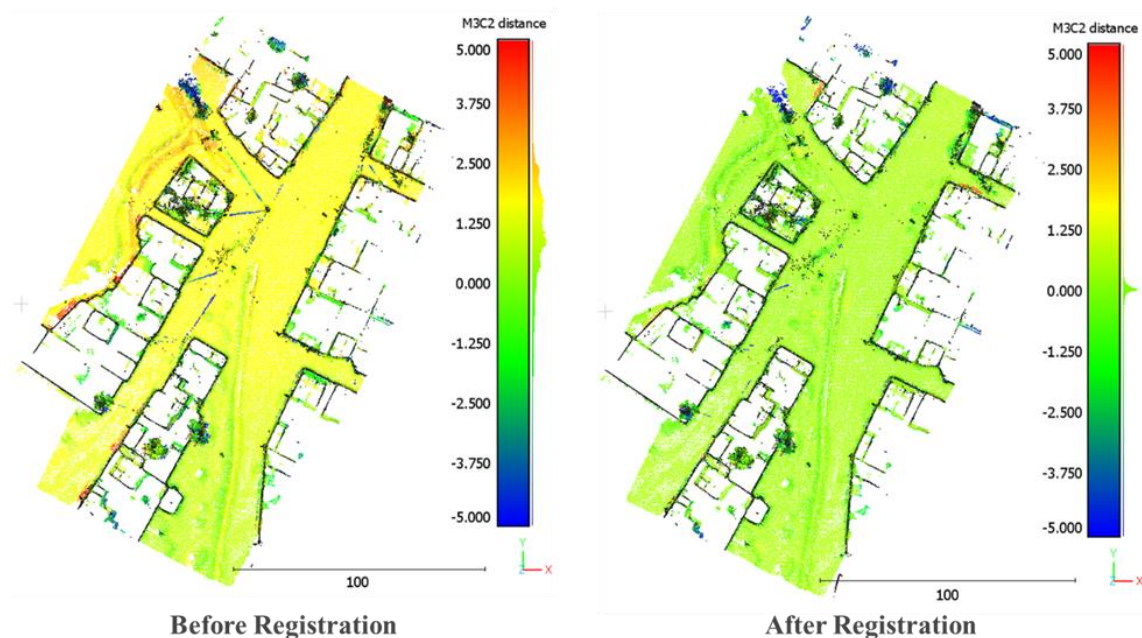
In this master thesis, a feasibility of using low-cost laser scanner, here Velodyne's Puck LiDAR sensor of type VLP-16, for deformation monitoring of bridge structures is investigated. In the sense of "Structure Health Monitoring" (SHM), VLP-16 measurement systems are used to estimate the geometric changes of a footbridge structure including dynamics behavior and displacements. Besides, VLP-16 measurements allows to perform area-based deformation monitoring using 16 profile channels. In long-term and non-contact bridge deformation monitoring, the VLP-16 is beneficial, since it significantly reduces the cost and time of measurements. In the kinematic deformation monitoring of bridge structures, the determination of modal parameters such as eigenfrequencies, eigenforms, and modal damping are of great importance. In this regard, the potential of the VLP-16 in two experimental case studies including a laboratory test and a footbridge was examined. In the laboratory experiment, the precision of the sensor was estimated using static and vibration tests. For the purpose of the validation, reference sensors such as accelerometer of type G-Link-512, the laser tracker of type AT960-LR and the 2D profile of laser scanner of type Z+F Imager 5016 have been used. A temporal-spatial deformation monitoring was conducted for the experiment of the Mensa footbridge. The results of this research have shown that the precision of the VLP-16 is in a range of 1-2 cm. In vibration analysis of the Mensa footbridge, the VLP-16 cannot detect any eigenfrequencies, since the amplitudes of dominant frequencies are much less than the aforementioned tolerance of the precision.



(A) GEODETIC SENSORS USED FOR THE EXPERIMENTS. FROM TOP: VLP-16, ABSOLUTE LASERTRACKER AT960-LR, G-LINK-200 ACCELEROMETER, AND LASERSCANNER Z+F IMAGER 5016, (B) LABORATORY EXPERIMENTAL SET-UP.

AUTOMATIC AND ROBUST AERIAL TRIANGULATION USING UAV IMAGERY AND TERRESTRIAL LiDAR MOBILE MAPPING (REZA NAIMAEE, BETREUER: MOHAMMAD SAADATSERESHT, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI)

This master thesis aims to automatically extract control points from 3D LiDAR mobile mapping system (L-MMS) called LiDAR-based control points (LCPs). Therefore, it allows to perform automatic aerial triangulation in a UAV photogrammetric network. The tie points are extracted from the UAV imagery based on the well-known SIFT method, and then matched. To estimate the 3D coordinates of the matched tie points, the SfM algorithm is applied. For each 3D tie point, a plane is fitted to their corresponding neighbouring points in L-MMS point clouds to obtain 3D object coordinate. In addition to optimizing the bundle adjustment, the interior orientation parameters (IOPs), the exterior orientation parameters (EOPs) of the images, and the coordinates of tie points are estimated within the bundle adjustment procedure. The accuracy and efficiency of the aerial triangulation methods are not only related to the geometrical conditions of the block (the number of images, the number and distribution of tie and control points) but also depend on the weight of various observations. A multi-step Variance Components Estimation (VCE) is implemented to estimate the appropriate weight between two different observation groups. The analyses have been performed for a test data set of the Glian area in Iran. The re-projection errors show a half pixel accuracy standing for a few centimetres range accuracy. A significant speed up process in survey operations besides improving the spatial accuracy of the extracted LCPs are achieved. The results demonstrate that the optimal weight is estimated by considering the VCE, which reduces the RMSE of the LCPs in object space by 20%.



THE M3C2 DISTANCE IN METER UNIT BETWEEN 3D POINT CLOUDS OBTAINED FROM TERRESTRIAL LiDAR MOBILE MAPPING SYSTEM AND UAV IMAGERY. BEFORE REGISTRATION (LEFT) AND AFTER REGISTRATION (RIGHT).

INTELLIGENT 3D CRACK RECONSTRUCTION USING CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY IMAGERY (SOHEIL MAJIDI, BETREUER: MOHAMMAD ALI SHARIFI, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI)

Increasing the age of infrastructures in addition to natural disasters such as land subsidence, earthquake, flood, and hurricane deteriorate the structures' consistency and may cause deficiencies. The cracks are the most remarkable deficiency signatures in civil structures, which their detection at a very early stages will reduce the risk of collapse or future damages. It further assists civil engineers or structures authorities to perform on-time rehabilitation. The main goals of this research are intelligent and automatic crack detection in image space, and to perform their corresponding 3D reconstruction in object space precisely. To achieve these objectives, crack segmentation is carried out by deep learning network, which is then input into the Structure-from-Motion (SfM) algorithm for 3D crack reconstruction. For this purpose, centres of coded targets are measured by manual total station of type Leica TC03, which are used as control points. Then, images are captured by low-cost smartphones. Next, a deep neural network consisting of Deeplabv3+ architecture, Xception as a backbone, and Squeeze-and-Excitation as an attention module are designed. The integrations of captured images and output masks from the segmentation network are added into the SfM algorithm. In addition, salient features are extracted, false pairs are suppressed, and true pairs are matched to estimate the camera locations. Subsequently, camera exterior and interior parameters are calculated and a sparse point cloud is generated. The reconstructed point cloud is in the 3D photogrammetric model space, which has a datum deficiency. Therefore, Ground control points are considered through the bundle adjustment procedure to solve similarity transformation. After the above-mentioned steps, the point clouds are aligned in their true positions, orientations, and scale. The 3D crack points are illustrated with a red colour in the figure below. The analyses demonstrate that the cracks can be detected and reconstructed in a sub-millimetre range accuracy.



3D DENSE POINT CLOUDS AND DEPICTION OF 3D RECONSTRUCED CRACKS WITH RED COLOUR.

SEMANTISCHE SEGMENTIERUNG UND KLASSIFIZIERUNG VON BAUWERKSSCHÄDEN AUS BILDERN VON HAFENSTRUKTUREN (MARVIN SCHERFF, BETREUER: HAMZA ALKHATIB, FREDERIC HAKE)

Um die Bauwerksprüfung von Hafenanlagen zukünftig effizienter und qualitätskontrolliert zu gestalten, sollen KI-gestützte Ansätze den Bauwerksprüfern bei der Auswertung von flächenhaft aufgenommenen Datenmaterial, welches bspw. durch die aus dem 3D HydroMapper Projekt entwickelte Multi-Sensor Plattform gewonnen wird, unterstützen. Dadurch sinkt die Ausfallzeit der Anlage erheblich und die Ergebnisse sind weniger durch subjektive Eindrücke der unter Zeitdruck stehenden Prüfer beeinflusst. Diese Masterarbeit trägt einen Teil zu der Entwicklung dieser Modellansätze bei, indem verschiedene Segmentierungsmodelle anhand eines realen Korrosionsdatensatzes trainiert und evaluiert werden. Darauf aufbauend soll der beste Ansatz mit weiteren Datensätzen und einer Unsicherheitsbetrachtung komplementiert werden.

Der gestellte Datensatz besteht aus Bildern, welche die Kaimauer des Jade-Weser-Ports in Wilhelmshaven zeigen. Davon wurde ein großer, zufällig über die Anlage verteilter Anteil manuell in "Korrosionsschaden" und "kein Schaden" bzw. "Hintergrund" nach eigenem Verständnis unterteilt. Anschließend wurde je eine Methode aus dem traditionellen Machine sowie Deep Learning Bereich anhand der Literaturrecherche ausgewählt, welche darauf spezifisch für die untersuchte Aufgabe optimiert wurden. Der klassische Klassifikationsalgorithmus wurde durch Random Forest vertreten, bei welchem neben dem gängigen RGB Farbraum auch auf das Improved HLS Spektrum zurückgegriffen wurde. Hingegen hat die Deeplab V3+ Architektur, ein von Google entwickeltes CNN, die Deep Learning Sparte repräsentiert. Ein Hauptaspekt fiel bei diesem auf die Wahl eines geeigneten Paares bestehend aus Kostenfunktion und Feature Extraction Netzwerk (alias Backbone), da sich davon eine signifikante



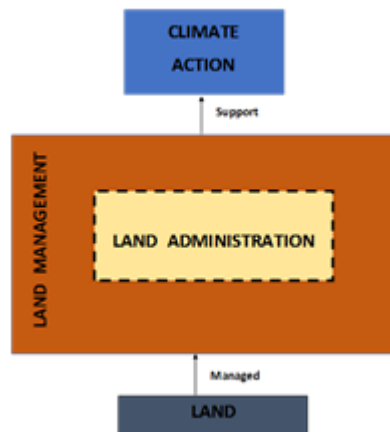
NACH REFERENZBILD EINGEFÄRBTE PRÄDIKTION (ZUGESCHNITTEN) DES DEEPLAB V3+ (LINKS) UND RANDOM FOREST (RECHTS). GRÜN STELLT DIE KORREKTE KLASSIFIKATION DAR, BLAU IST EIN FALSCH ERKANNTER SCHADENSBEREICH UND ROT VISUALISIERT ÜBERSEHENE KORROSIONSTELLEN.

Performancesteigerung erhofft wurde. Mit Hilfe der jeweils erfolgreichsten Modelle hinsichtlich eines separaten Testdatensatzes konnte die Stärke des CNNs, selbstständig Merkmale für die verschiedenen Klassen zu entwickeln, durch verschiedene Metriken gezeigt werden. So wird unter anderem bei dem Jaccard-Koeffizient, welcher typischerweise für Segmentierungsaufgaben herangezogen wird, ein 16

Prozentpunkte besseres Ergebnis (57.5 zu 41.5%) für die Korrosionsklassen erzielt. Zudem zeigt sich anhand der prädierten Segmentierungsbilder, dass die einzelne Klassenentscheidung von Deep Learning typischerweise sensitiv auf den lokalen Bildkontext reagiert.

LAND MANAGEMENT FOR CLIMATE ACTION: A RESEARCH SYNTHESIS (YASEEN AL-AGHBARI, BETREUER: KWABENA ASIAMA, WINRICH VOß)

The Earth is exposed to many climatic changes that affect human and animal life, and among the most prominent risks that affect and threaten life on earth are global warming, gas emissions, water pollution, high temperatures, and glacier melting. In order to keep the environment clean and suitable for human survival and life, literature, countries, and international organizations specialized in preserving the environment have provided many solutions and treatments to decrease climate change's effects and to adapt to the risk of climate change impacts. Land



management is a part of this discourse. Land use, as well as land-use change are major contributors to the emission of greenhouse gasses. This requires land management consistently with climate change objectives.

Lands in limiting climate change, peaceful management of land, regulating life and ownership of land, preserving agricultural land from erosion and demolition, and preserving land from desertification are all important factors that contribute to limiting climate change.

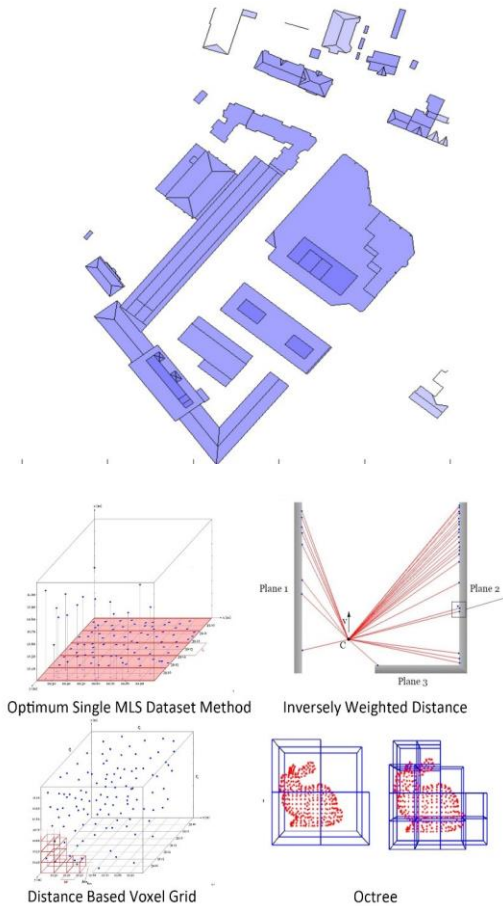
The main objective of this thesis was to understand whether climate action is currently understood in the field of land management as an impediment or an enabler, and provide insights for further research and policy responses.

This main objective is achieved through

- investigating how the land management discipline and its activities can drive or impede climate action,
- determining how other disciplines such as disaster risk management, agriculture, and development studies can fit with land management in the goal of climate action and
- developing and validating a conceptual model of how land management may or may not support climate action.

STUDIENARBEITEN

COMPARISON OF DIFFERENT MEASUREMENT SUBSAMPLING TECHNIQUES IN THE LOCALIZATION OF AN AUTONOMOUS MULTI-SENSOR-SYSTEM (HESHAN HAO, BETREUER: HAMZA ALKHATIB, ROZHIN MOFTIZADEH)

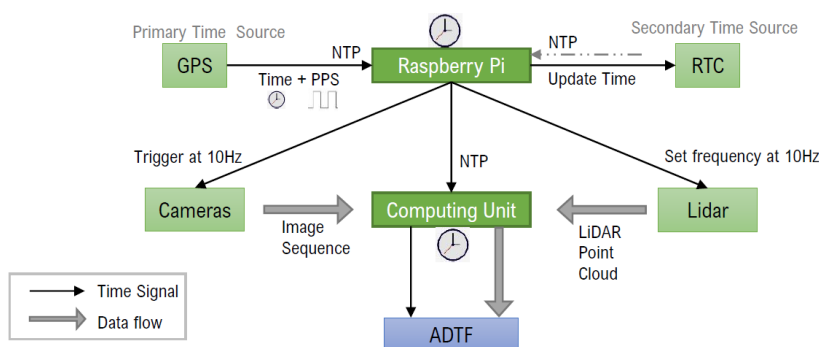


With the advent of Multi-Sensor-Systems (MSSs), applications for UAV and vehicle state estimation have become feasible. The data generated by GNSS and IMU are frequently subject to limitations, and these data can occasionally cause significant interference, particularly in urban environments with tall buildings. The application of LiDAR generates a large amount of point cloud data, which cannot be processed in real time with the available computing power. In response, an effective and efficient method of subsampling is required. For state estimation in this Studienarbeit, a Dual State Iterated Extended Kalman Filter (DSIEKF) is used. Based on a previous research, four different subsampling methods are applied and compared in two different environments from multiple viewpoints. The final objective is to find a subsampling method that performs best in terms of computing time and pose estimation accuracy based on both environments.

EXTENSION OF A LIDAR-BASED REFERENCE MEASUREMENT SYSTEM AND INSTALLATION ON A TEST VEHICLE (SAURABH BORSE, BETREUER: DOMINIK ERNST, HAMZA ALKHATIB)

Autonomous driving seeks a high level of environment understanding which is best met with the help of multiple sensor perception systems which capture information of the surrounding. The data from these sensors is then processed in data processing architectures to extract useful information about objects in the vicinity of the system. This information about the objects is of great relevance in the context of decision making and motion planning involved in the task of automated driving. A system producing erroneous and imprecise object information or failing to detect objects in the surroundings can lead to misjudgments and fatal accidents. Considering the criticality of the impact that the data captured by the sensors have on driving decisions, it is important to develop systems that validate the extracted information from these sensor perception systems. This task of validating perception systems is taken up by the company IAV GmbH located in Gaimersheim under the project named "Reference Measurement System." This project is in the developmental phase as a prototype and was partially functional including a single camera and a lidar sensor for perception at the beginning of the student thesis.

The student thesis aims to expand and integrate the existing functionalities of one camera and lidar system into a two camera and lidar system. To realize this work, the requirements for the modification of the existing system were investigated and defined. The requirement of accurate spatial referencing of the additional camera sensor was met with the help of intrinsic calibration of the camera as well as extrinsic calibration of the camera and the lidar. Necessary adaptations were made for extending the object detection functionalities of the image processing architecture to the data from the additional camera. This also included a supplementary task of upgrading the program for functioning on newer software development kits. Temporal synchronization of the added camera with respect to the lidar was achieved by modifying the triggering program on an embedded platform. Fault analysis was conducted on the embedded board to ensure correct functioning of trigger signals responsible for time synchronization. Consequently, a modified kernel was installed on top of the operating

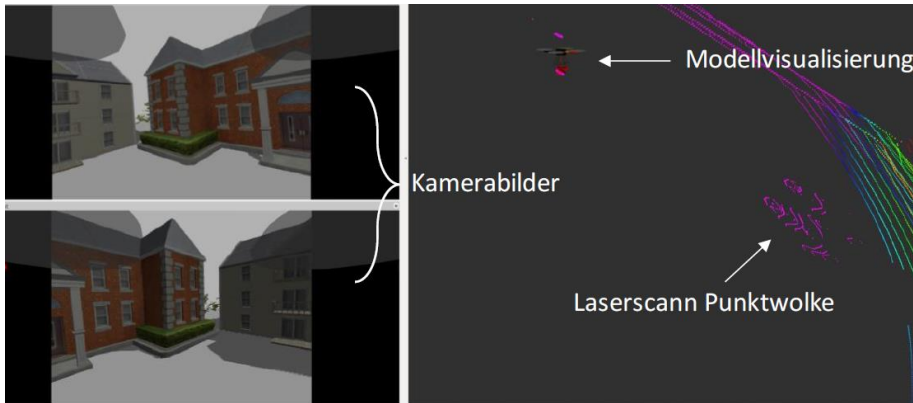


system of the embedded board for real time applications. In conclusion, the data processing architecture responsible for sensor fusion was extended to simultaneously manage data inputs from two cameras.

Principle of the temporal synchronization of the components.

SIMULATION EINES UAV-BASIERTEN MULTI-SENSOR-SYSTEMS (JONAS HAACK, BETREUER: ARMAN KHAMI, SÖREN VOGEL)

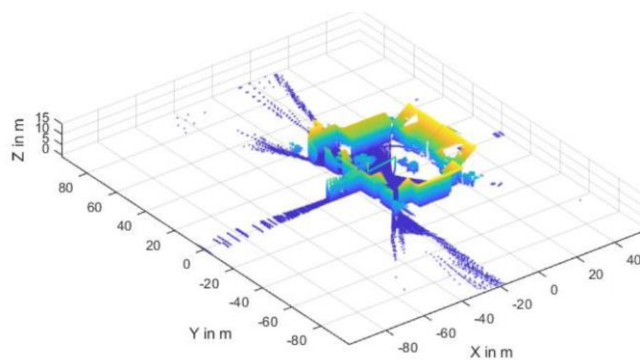
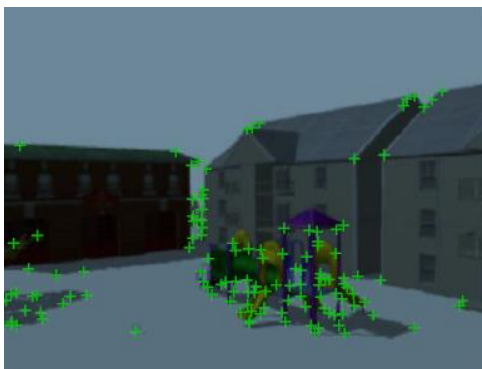
In dieser Studienarbeit wurde eine Simulation eines UAV-basierten Multi-Sensor-Systems mithilfe der Softwarepakete des Robot Operating System (ROS) und Gazebo realisiert. Das simulierte System besteht aus einem UAV, einer Trägerplattform, an der verschiedene Sensoren angebracht sind, und einem Gimbal zur inertialen Stabilisierung der Trägerplattform. Auf der Plattform sind zwei Kameras angebracht, deren Bildbereiche sich nicht überlappen. Außerdem ist ein mehrzeiliger Laserscanner, dessen Scan-Ebene kopfüber und nicht horizontal angeordnet ist, verbaut.



Visualisierung des simulierten MSS und dessen Messdaten in RViz.

Es wurden sowohl Modelle für die Sensoren, als auch für die Trägerplattform im XML-Format URDF definiert. Dabei wurden die Eigenschaften der Sensoren und deren Positionierung auf der Plattform so gut

wie möglich, entsprechend eines realen Forschungssystems aus einem Projekt des GIH und IPI, gewählt. Die Modelle wurden in ein Framework zur Simulation von UAV-basierten Systemen in Gazebo und ROS eingefügt. Zum Testen der Simulation wurde eine fiktive Flugumgebung definiert. Innerhalb dieser können die Sensordaten des Systems sowie die Position des MSS erfasst und exportiert werden. Die so erhaltenen Daten wurden beispielhaft verarbeitet und visualisiert. Die Simulation verläuft größtenteils erfolgreich und eignet sich für das Testen weitere Anwendungen.



MIT HARRIS-OPERATOR GEFUNDENE INTEREST POINTS (LINKS), REGISTRIERTE LASERSCANNER-PUNKTWOLKEN (RECHTS).

ENTWICKLUNG EINER GRAPHISCHEN BENUTZEROBERFLÄCHE ZUR ANALYSE DES EINFLUSSES VON PHASENZENTRUMSKORREKTUREN AUF DIE POSITIONSEBENE (MAREIKE BREKENKAMP, BETREUER: JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

In dieser Bachelorarbeit wurde für eine effizientere Berechnung des Einflusses von Phasenzentrumskorrekturen (PCC) auf die Positionsebene eine Benutzeroberfläche entwickelt und implementiert. Sie beinhaltet die Auswahl verschiedener Prozessierungsparameter. Nach der Berechnung werden die Differenzen der PCC auf der Positionsebene in Form der Nord-, Ost- und Höhenkomponente, sowie der Komponente für den Empfängeruhrfehler (und für die Troposphäre) dargestellt. Eine Analyse der Differenzen der PCC auf der Positionsebene mit sechs global verteilten Stationen zeigt, dass die Variation in der Nord- und Ostkomponente an allen Stationen mit 0,1 mm sehr gering ist. Die Variationen der Komponenten der Höhe, des Uhrfehlers und der Troposphäre sind deutlich größer, im Maximum betragen sie 1,45 mm. Außerdem ist die Korrelation der drei Komponenten gut erkennbar und es ist eine Abhängigkeit bezüglich des Stationsstandorts (Nord- und Südhalbkugel) zu sehen. Bei weiteren Analysen wurden die Grundeinstellungen der ersten Analyse beibehalten und nur jeweils ein Prozessierungsparameter verändert. Dabei ist zu sehen, dass die Auswertestrategie entscheidend ist. Bei der Variation des Stationsstandorts, der Elevationsmaske, der Mappingfunktion für die Troposphäre und des Gewichtsmodells treten Differenzen in den Lagekomponenten von weniger als 0,1 mm auf. Währenddessen kommt es in der Höhenkomponente, sowie in der Komponente des Uhrfehlers und der

Troposphäre zu Abweichung von über 1 mm, teilweise sogar bis 2,15 mm.

Benutzeroberfläche zur Analyse des Einflusses von Phasenzentrumskorrekturen auf die Positionsebene

Eingabe der ANTEX-Dateien (Bitte mit Enter bestätigen):

Datei 1: .atx

Datei 2: .atx

Eingabe der Nutzerposition

ECEF-Koordinaten

Ellipsoidische Koordinaten

In einer Karte auswählen

Koordinaten eingeben:

X: 3845220.430 m

Y: 658216.925 m

Z: 5029004.717 m

Auswahl einer Abschattungsmaske

Elevationsmaske

Azimutmaske

Auswahl der Frequenz

GPS - L1

GPS - L2

GPS - L3

GPS - L5

GLONASS - L1

GLONASS - L2

Auswahl der Mappingfunktion für die Troposphäre

1/sin(Elevation)

ohne

Auswahl des Gewichtsmodells

Einheitsgewichtung

Start

STANDORTANALYSE URBANER GNSS PERMANENTSTATIONEN AUF BASIS VON GPS SIGNALLEN (ANNIKA HINRICHS, BETREUER: JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit der Analyse zweier GNSS Low-cost Systemen, die auf zwei verschiedenen Straßenlaternen Messdaten aufzeichneten. Die Auswertung wurde hinsichtlich der Realisierbarkeit von GPS-only Permanentstationen zur Verdichtung des Referenzstationsnetzes in innerstädtischer Umgebung durchgeführt. Dafür wurden die

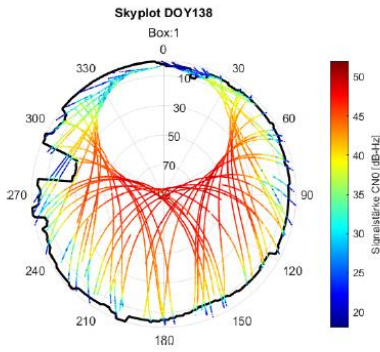


Abb. 3.15: Skyplot mit Signalstärke DOY 138 Box 1

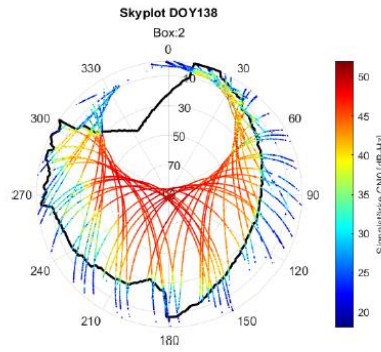


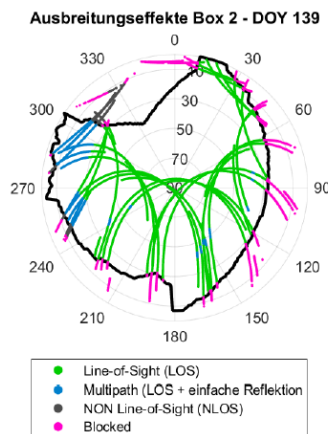
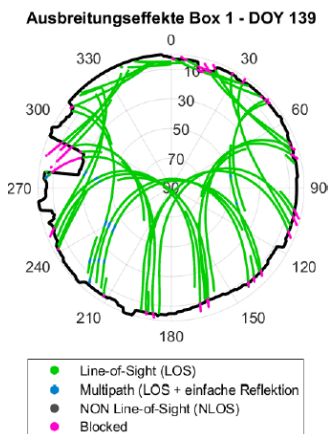
Abb. 3.16: Skyplot mit Signalstärke DOY 138 Box 2

Messdaten der zwei zu betrachteten Stationen detailliert in Form von Signalanalysen der GPS-Beobachtungen ausgewertet und die Ausbreitungseffekte unter Verwendung eines bestehenden Raytracers analysiert. Die Analyse beider

Standorte wurde dabei miteinander verglichen und abschließend hinsichtlich ihrer möglichen Realisierbarkeit als Permanentstationen beurteilt. Es zeigte sich, dass die Station 1 mit überwiegend freier Sicht als einen guten Standort für eine Permanentstation geeignet ist, wohingegen die Beobachtungsgüte an Standort 2 durch viel Abschattung von Gebäuden und Bäumen eher schlecht ist.

STANDORTANALYSE URBANER GNSS PERMANENTSTATIONEN AUF BASIS VON GALILEO SIGNALLEN (CHRISTOPH EVENSEN, BETREUER: JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit der Standortanalyse urbaner GNSS Permanentstationen auf Basis von Galileo-Signalen. Neben einer detaillierten Messauswertung von zwei Permanentstationen für drei Tage fand eine Analyse von Ausbreitungseffekten unter Verwendung eines bestehenden Raytracers und eine Beurteilung der untersuchten Stationen



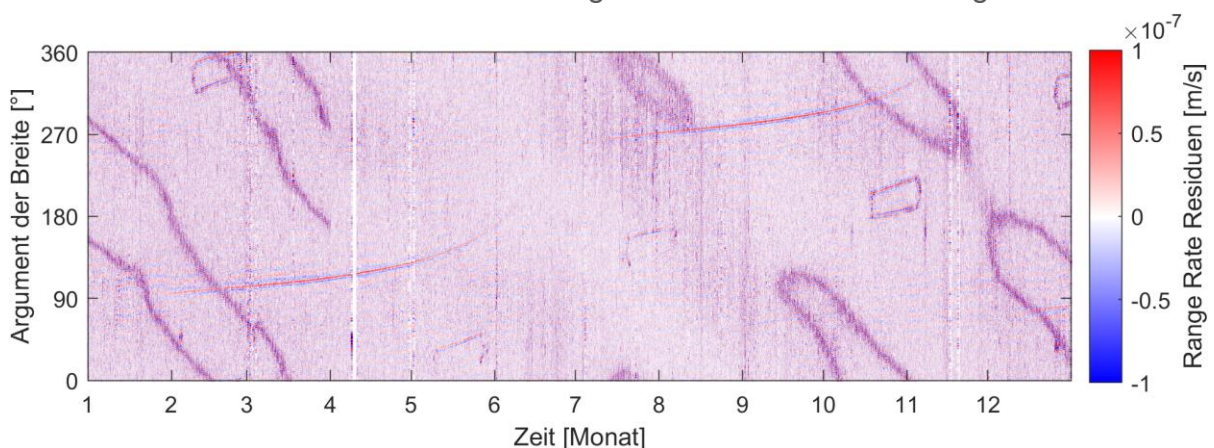
hinsichtlich der Realisierbarkeit einer Permanentstation statt. Die Ergebnisse zeigten, dass an Standort 2 viele Mehrwegeeffekte vorherrschen. Durch eine geschickte Auswahl von Beobachtungen auf Basis der Ausbreitungseffekte oder der Wahl eines geeigneten Gewichtsmodells für eine SPP-Lösung, lassen sich trotzdem wiederholbare Positionsergebnisse erzielen.

MASTERARBEITEN

ANALYSE VON GRACE(-FO) POST-FIT RANGE-RATE-RESIDUEN (NINA FLETLING, BETREUUNG: IGOR KOCH, MATHIAS DUWE, JAKOB FLURY)

Aus den Messdaten der Satellitenmissionen GRACE und GRACE-FO kann das zeitvariable Schwerefeld der Erde bestimmt werden. Die Änderungsrate der kontinuierlich gemessenen Distanz zwischen zwei Satelliten gehen als Beobachtungen in die Prozessierung der kombinierten Satellitenbahnausgleichung und Schwerefeldberechnung ein. Die dabei entstehenden Residuen der Abstandsänderungen (engl. post-fit range rate residuals) enthalten systematische Effekte und können Hinweise auf instrumentelle Fehlerquellen oder äußere Einflüsse geben. In dieser Arbeit wurden die Residuen aus dem Prozess der Schwerefeldbestimmung am Institut für Erdmessung untersucht.

Die Residuen der Nachfolgemission GRACE-FO sind allgemein kleiner als die von GRACE und es sind weniger systematische Effekte enthalten, da Verbesserungen in Hard- und Software vorgenommen wurden. Das Rauschverhalten einzelner Instrumente an Bord ist frequenzabhängig, was sich in den Residuen widerspiegelt. Der hochfrequente Anteil korreliert deutlich mit dem Abstand der Satelliten zueinander. Ausschläge in den Residuen treten zeitgleich mit Abfällen des Signal-Rausch-Verhältnisses der Distanzmessung auf, die aus unterschiedlichen Gründen vorkommen. Blendungen der Sternenkameras durch Sonne und Mond stehen sowohl im direkten als auch im indirekten Zusammenhang mit erhöhten Residuen. Ein weiteres Phänomen, das in den Residuen wiederzufinden ist, sind die Wechsel zwischen Sonnenlicht und Erdschatten. Hierbei können vier Phasen unterschieden werden, abgegrenzt durch ein Tauschmanöver der beiden Satelliten im Jahr 2005, die Abschaltung der Temperaturkontrolle im Jahr 2011 und Unterschiede zwischen den beiden Missionen. Die Aufteilung der Satellitenbahn in Bogen mit einer Länge von 3 Stunden sorgt für kurzfristige Schwingungen in den Residuen. Des Weiteren sind geophysikalische Signale in den Residuen vertreten. Dies betrifft Orte mit starken jährlichen Variationen, aber auch Regionen, in denen Modelle von hochfrequenten Massenänderungen fehleranfällig sind. Die Erkenntnisse dieser Arbeit können verwendet werden, um die Prozessierung der Daten zu verbessern und die Genauigkeit der Schwerefeldlösung zu erhöhen.

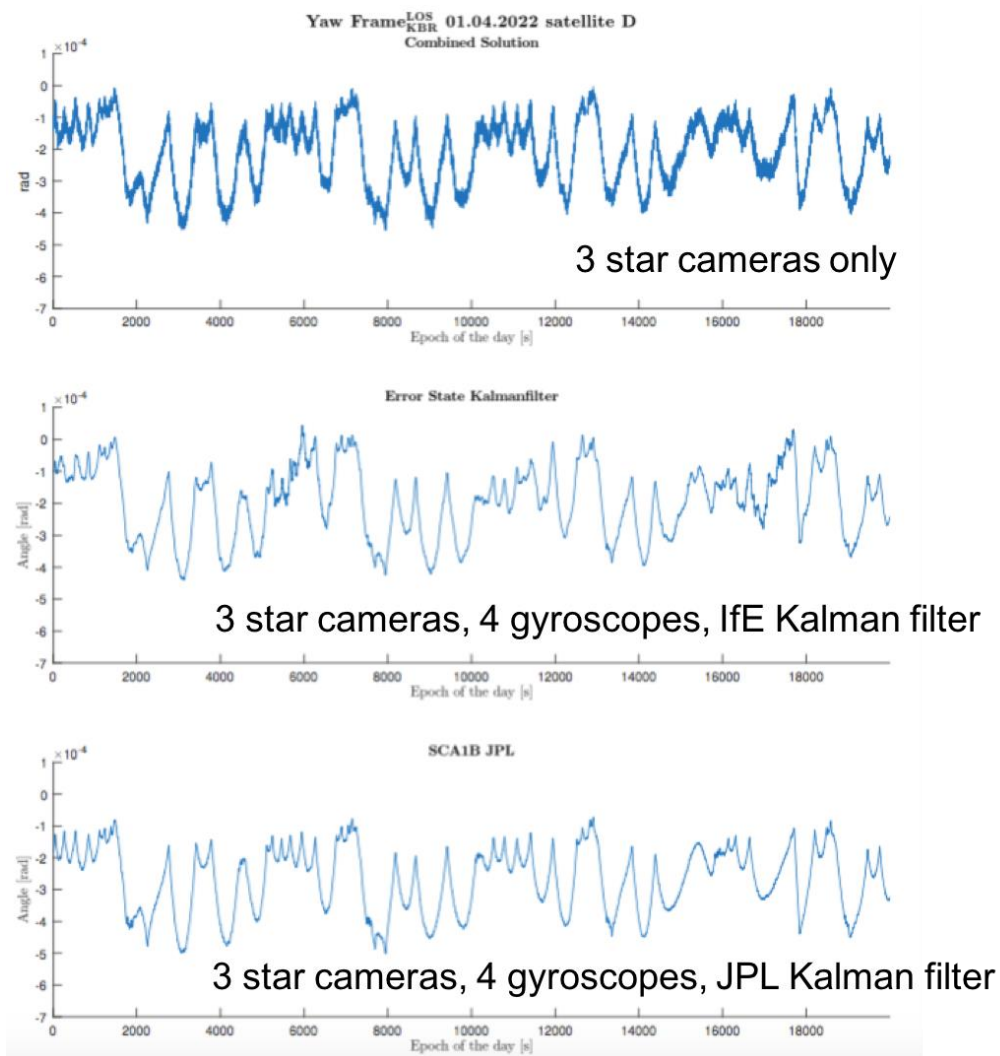


POST-FIT RANGE-RATE RESIDUEN VON GRACE IM JAHR 2009, GEFILTERT IN DER BANDBREITE 5-20 MHz.

A KALMAN FILTER FOR DETERMINING THE ATTITUDE OF SATELLITES (TIMO KAMINSKI, BETREUER: JAKOB FLURY, MATHIAS DUWE)

In order to infer the global gravity field from satellite mission measurements, the orientation of the satellites is one of the decisive factors. The work dealt with data from the Grace satellite mission. Here, attitude is also crucial for precisely aligning the satellites, which is necessary for the inter-satellite ranging system as well as for maintaining orbits. The precise control of the thrusters extends the life of the satellite mission, as more of the cold gas fuel is depleted.

For this purpose, a error state Kalman filter was introduced and successfully implemented. The observations of the three star cameras installed on board are transformed, spherically interpolated and processed so that they can be combined in a weighted manner. The weighting of the star cameras was done taking into account the different sensitivities of the axes of the star cameras. The second sensor used was the on-board inertial measurement unit (IMU).



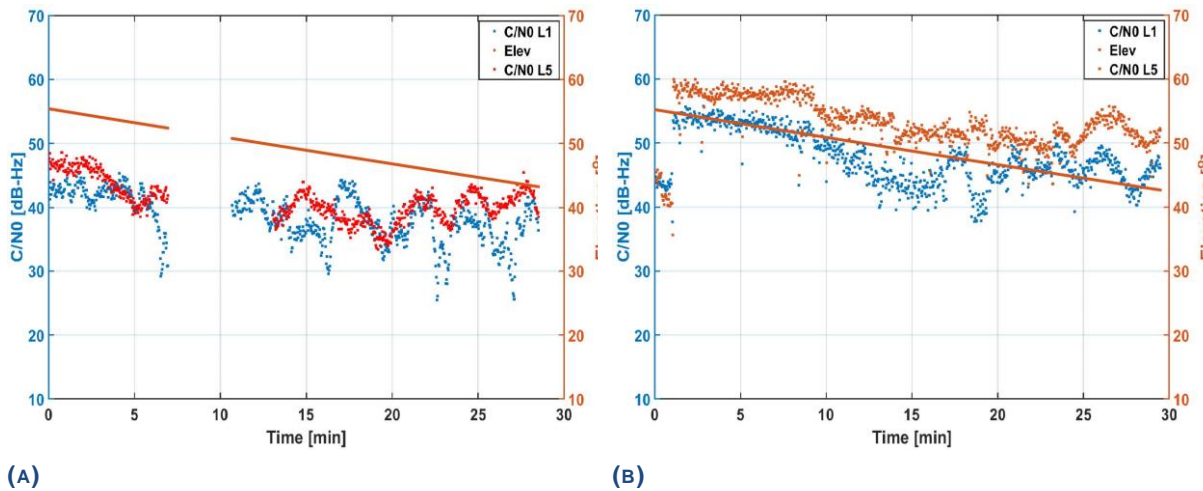
GRACE YAW ANGLE FROM STAR CAMERA COMBINATION (TOP), IfE KALMAN FILTER (CENTER), AND JPL KALMAN FILTER (BOTTOM).

ANALYSIS OF GNSS SIGNALS IN FORESTS (HIMANSHU GUPTA, BETREUER: TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN) IN COOPERATION WITH FRAUNHOFER IIS, NÜRNBERG)

High-accuracy positioning with the help of Global Navigation Satellite System (GNSS) is important in many applications like for example, forest management. Due to the principle of satellite based positioning, the level of performance highly depends on the environment it is used in. Especially the forest regions present great challenges to common GNSS receivers. This is due to a limited satellite visibility, blocked by trunks and branches, multipath effects or interference, diffraction, non-line-of-sight propagation and signal attenuation. Further delays due to the water content could occur.

This work contributes to understand how the GNSS Signal Propagation is affected in presence of one single tree. Real GNSS observations were evaluated against the simulation environment and for this purpose the results of two station environments, one with under a tree environment one with as few obstructions to visibility as possible (under open sky), were compared. The experiment data was used to quantitatively analyze and express effects of canopy (or related parameters) on the GNSS positioning accuracy. To this end, two GNSS simulators were applied: SE-NAV and SPIRENT, together with the GOOSE receiver from Fraunhofer IIS.

In the course of the investigation, it became apparent that the results for the open sky environment are significantly better than those for under the tree environment and a single tree canopy can affect the satellite visibility resulting in tracking loss, high DOP values and multipath. Carrier-to-noise ratio and Code – Minus – Carrier observations were able to identify the degradation and multipath component of the signals.



DIFFERENCE IN CARRIER-TO-NOISE VALUES (C/N0) AT DIFFERENT FREQUENCIES L1 AND L5 FOR GPS SATELLITE G30, (A) REAL C/N0 AND SETTING, (B) SIMULATED C/N0 FROM SIMULATED SETTING.

GNSS-WASSERDAMPFBESTIMMUNG MIT GEPARKTEN FAHRZEUGEN (ANDRÉ DEHUS,
BETREUER: THOMAS KRAWINKEL, STEFFEN SCHÖN)

In dieser Arbeit wird die Schätzung des Wasserdampfgehaltes mithilfe von vier geparkten Fahrzeugen im städtischen Gebiet an zwei Messtagen durchgeführt. Diese Schätzungen können die Wasserdampffelder bereits vorhandener Referenzstationen in städtischen Gebieten verdichten. Zu diesem Zweck wird eine PPP-Filter-Routine mittels eines linearisierten Kalman-Filters (LKF) entwickelt. Für die troposphärische Modellierung wird das GPT3/VMF3-Modell verwendet. Für die Durchführung stehen GNSS-Beobachtungen von GPS und Galileo zur Verfügung, woraus eine Multi-GNSS-Lösung berechnet wird. Hierbei werden Trägerphasen- und Pseudorangebeobachtungen berücksichtigt. In der Präprozessierung werden die Trägerphasenbeobachtungen auf Cycle-Slips kontrolliert und bei einer Detektion heruntergewichtet. Dies verhindert die Eliminierung einer zu großen Anzahl von Beobachtungen vor allem an Fahrzeugpositionen mit großen Sichteinschränkungen.

Die Datenanalyse konnte zeigen, dass zwei der vier geparkten Fahrzeuge starken Sichteinschränkungen unterlagen, was die Satellitensichtbarkeit und Signalqualität an diesen Stationen reduziert. Über eine Simulationsstudie wurde die erwartbare Genauigkeit der Troposphären-Schätzung bestimmt. Diese liegt für die ersten beiden Fahrzeuge an beiden Messtagen in einem geringen Zentimeterbereich. Für das dritte Fahrzeug liegt die erwartete Genauigkeit im mittleren Zentimeterbereich und für das vierte Fahrzeug im niedrigen Dezimeterbereich.

Die Auswertung erfolgte mithilfe der Posit-fit-Residuen, der Satellitensichtbarkeit und der DOP-Werte nach der Ausreißersuche, der Verläufe des geschätzten Troposphärenparameters und des Empfängeruhrfehlers sowie durch die Betrachtung des geschätzten Positionsparameters. Die erreichbaren Genauigkeiten aus der Simulationsstudie wurden an jedem Fahrzeug erfüllt. Um die Genauigkeit der Troposphärenschätzung zu erhöhen, wurde eine Kombinationslösung der verfügbaren Troposphärenparameter der Fahrzeuge im Anschluss an die Filter-Routine implementiert. Die verwendete Methode ist ein *Inverse Variance Weighted Mean*. Darüber werden Troposphärenparameter mit geringeren Varianzen höher gewichtet. Es konnte gezeigt werden, dass die Genauigkeit der Kombinationslösung die der einzelnen Troposphärenschätzung an Positionen mit hohen Sichteinschränkungen übersteigt. Dadurch wird auch bei eingeschränkter Satellitensichtbarkeit eine Troposphärenschätzung mit Abweichungen im niedrigen bis mittleren Zentimeterbereich zu Referenzstationen möglich.

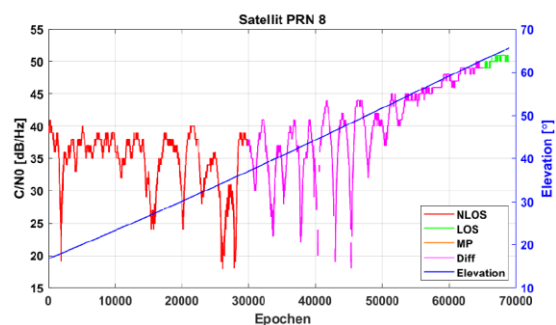
Ein Vergleich des GPT3-Modells mit unterschiedlicher Gitternetzweite führte zu einer höheren Berechnungsdauer, allerdings zu keiner erhöhten Genauigkeit der Troposphärenschätzung, durch die Wahl eines GPT3-Modells mit einer geringeren Gitternetzweite. Eine abschließende Untersuchung des Einflusses der Troposphärenschätzung auf die Positionslösung ergab eine Zunahme des vertikalen Positionsfehlers durch die Berücksichtigung der Troposphäre in der Parameterschätzung.

TRÄGERPHASEN-BASIERTE GNSS-POSITIONIERUNG UNTER DEM EINFLUSS EINES LKWS ALS REFLEKTOR (JANA BERKEL, BETREUER: FABIAN RUWISCH, DENNIS KULEMANN, STEFFEN SCHÖN)

In dieser Masterarbeit werden die Auswirkungen eines LKWs auf die Beobachtungen mehrerer GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou), mit einer anschließenden Abschätzung des Einflusses verfälschter Beobachtungen auf eine trägerphasen-basierte Positionierung, analysiert. Dazu werden die Signale mit Hilfe eines Raytracing Algorithmus entsprechend ihres Signalweges klassifiziert (LOS, NLOS, Multipath, Diffraction) und anhand verschiedener Auswertegrößen analysiert. Unter Verwendung der Analyseergebnisse erfolgt schließlich die Entwicklung eines Precise-Point-Positioning Algorithmus, um Verzerrungen bei der Koordinatenschätzung aufzudecken. Dabei wird auf eine Abwägung zwischen Erhalt und Elimination von Beobachtungen bei der Positionsbestimmung eingegangen.

Als Grundlage der Arbeit steht ein statischer Datensatz zur Verfügung, der das Szenario eines LKWs in direkter Umgebung einer Antenne, die auf dem Dach eines Kleinwagens montiert ist, abbildet. Die Ergebnisse der Klassifikation und Datenanalyse zeigen, dass Mehrwegeeffekte in Kombination mit als LOS klassifizierten Satelliten zu Positionsgenauigkeiten von maximal 18 cm in der Lage führen. Im Gegensatz dazu kann gezeigt werden, dass sowohl bei Satelliten der Kategorie NLOS als auch bei der Kategorie Diffraction Abweichungen bis zu 40 m entstehen.

Die Ergebnisse mit der höchsten Genauigkeit können erzielt werden, indem kurze Satellitenbögen, die aufgrund von Signalabbrissen entstehen, aus den Beobachtungen entfernt werden. Es kann somit festgestellt werden, dass Beobachtungen der Klassen NLOS und Diffraction für die Positionsbestimmung möglichst eliminiert werden sollten, sofern kurze Satellitenbögen innerhalb der Beobachtungen enthalten bleiben.



VERSUCHSAUFBAU (LINKS) KLASSIFIKATION DER MESSDATEN MIT EINEM RAYTRACER (RECHTS).

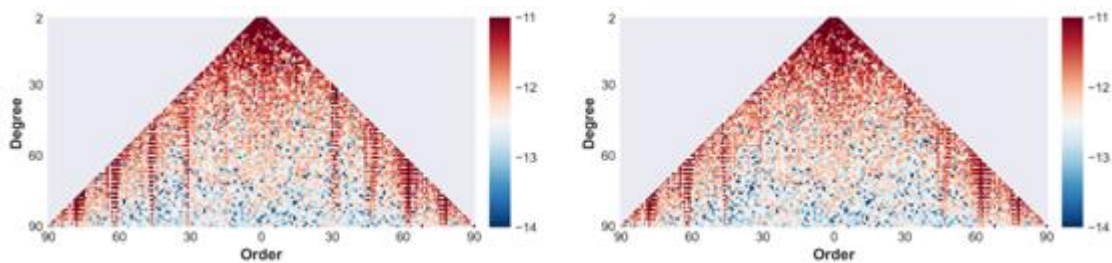
CHARACTERIZING IONOSPHERE BEHAVIOR FOR CONTINENTAL NETWORK RTK SERVICES OVER EUROPE (MOUSTAFA ELESAWY, BETREUER: JINGYAO SU, STEFFEN SCHÖN, LONDON URQUHART (U-BLOX AG))

The ionosphere is one of the largest and most unpredictable sources of error that can affect the accuracy and integrity of GNSS augmentation systems. Although dual-frequency measurements can be used to directly estimate or eliminate the effects of the ionosphere for the end user, a long convergence time is required to achieve the desired accuracy. This long convergence time does not meet the requirements for autonomous applications today. Therefore, the need for ionospheric corrections computed by a network of reference stations are critical for rapid convergence to the desired accuracy. In addition to the deterministic ionospheric corrections, stochastic models for their spatio-temporally random variations must be provided to estimate their uncertainties and support safety-critical, high-precision augmentation services for autonomous applications. This will be useful for both end-user position accuracy by improving the weighting of ionospheric error residuals in network RTK applications such as PPP-RTK, and for network design to better reduce ionospheric residuals by spacing reference stations.

To build such an ionospheric stochastic model, the residual ionospheric error from hundreds of continuously operating reference stations have been generated for a 21-month period in 2020 and 2021 and analyzed spatially, temporally, and with satellite elevation angles. Predictors are selected from the variables studied in the final empirical model, and a lookup table is generated to find the best-fitting domain and ensure that the uncertainty in the estimated coefficients is tolerable. The complexity of predicting the ionospheric error lies in its variability during the day, variability over different seasons, and variability over an 11-year cycle due to the changing magnetic field of the Sun. In addition, there are the worst cases where a sudden and unforeseen disturbance of the Sun occurs, such as the solar flares and coronal mass ejections during maximum solar activity, but this work focuses on analyzing the behavior of the general ionospheric error residuals for a continental RTK service in support of high accuracy positioning applications, rather than studying sudden ionospheric activity such as the Traveling Ionospheric Disturbance Events (TID). The introduced empirical model is compared with the state-of-the-art models in terms of modelling and characterizing the ionospheric error residuals and shows much better performances due to its comprehensive consideration of various spatial and temporal dependencies. The approach developed in this work will then serve as the basis for future studies during periods of high solar activity.

SIMULATION UND EVALUATION EINER BENDER-KONFIGURATION ALS SZENARIO FÜR EINE SCHWEREFELDMISSION (SARAH WEBER, BETREUUNG: ANNIKE KNABE, JÜRGEN MÜLLER)

Aufgrund der limitierten räumlichen und zeitlichen Auflösung der Schwerfeldlösungen der GRACE Follow-On Mission, werden neue Konzepte für zukünftige Schwerfeldmissionen untersucht. Eine Möglichkeit ist die Kombination eines klassischen, elektrostatischen Beschleunigungsmessers mit einem Atominterferometer, um geringes Sensorrauschen auch in den niedrigen Frequenzen zu erreichen. Eine weitere Möglichkeit ist die Realisierung einer Bender-Konfiguration, die sich aus einem polaren Satellitenpaar und einem Satellitenpaar mit niedriger Inklination zusammensetzt. Diese Konzepte werden im Rahmen einer Closed-loop Simulation untersucht. Eine Verbesserung durch die Bender-Konfiguration ist in der Abbildung gezeigt. In den Simulationen wird gezeigt, dass der Vorteil eines zusätzlichen Satellitenpaares bei den Szenarien unter Einbezug von starkem Sensorrauschen größer ist.



Koeffizientendifferenzen zwischen der geschätzten Schwerfeldlösung und der Referenzschwerfeldlösung: Einzellösung eines polaren Paares (links) und Kombinationslösung mit einem Paar mit niedriger Inklination von 67° (rechts).

MASTERARBEITEN

IDENTIFIKATION UND ANALYSE VON BEWEGUNGSMUSTERN IN TRAJEKTORIEN (FRIDERIKE FISCHER, BETREUER: JENS GOLZE, UDO FEUERHAKE)

In dieser Arbeit werden Bewegungsmuster in Trajektorien Datensätzen hinsichtlich der jeweiligen besuchten Orte einer Trajektorie identifiziert. Dazu werden den Aufenthaltspunkten weitere semantische Informationen abhängig von der Position, der Tageszeit und der Aufenthaltsdauer zugewiesen; die Zuweisung von semantischen Informationen hinsichtlich der Position erfolgt mit Hilfe von OpenStreetMap-Daten. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Identifikation von zusammengehörigen Trajektorienteilstücken, da der gegebene Datensatz als Folge des Datenschutzes anonymisiert wurde; dazu wurde eine Koordinatenprädiktion für alle Trajektorien-Endpunkte durchgeführt, um mit Hilfe einer Umkreissuche und der zeitlichen Nähe einen geeigneten weiterführenden Anfangspunkt einer anderen Trajektorie zu identifizieren. Die auf Basis der Aufenthaltspunkte durchgeführte Erkennung von wiederkehrenden Bewegungsmustern erzeugt bei den verwendeten Datensätzen keine aussagekräftigen Muster, die im gesamten Datensatz in mehreren Trajektorien detektiert werden; allerdings werden für einzelne Trajektorien aussagekräftige, wiederkehrende Muster gefunden. Ein steigender Detailgrad bei der Zuweisung von Kategorien hinsichtlich des Aufenthaltsortes resultiert in weniger wiederkehrenden Mustern, die hingegen eine höhere Aussagekraft angesichts der Interpretation des Bewegungsverhaltens einer beobachteten Person zulassen.

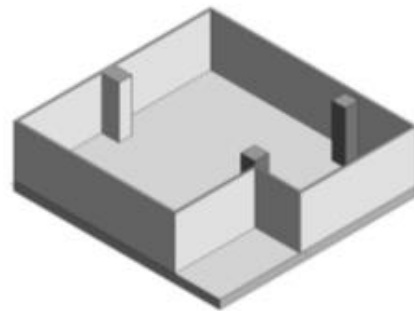
NUTZUNGSDATENGETRIEBENE ANALYSE DES POTENTIALS VON MIKROMOBILITÄTSDIENSTEN (FINN BOIE, BETREUER: OSKAR WAGE, UDO FEUERHAKE, JENS GOLZE)

Der geteilten Mobilität wird in der öffentlichen Debatte um die Verkehrswende häufig eine entscheidende Rolle zugeordnet. Darunter fallen auch die sogenannten Mikromobilitätsdienste. Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, das Potential von Mikromobilitätsdiensten für die Verkehrswende im Hinblick auf die Intentionen der Nutzer, auf zeitliche Variationen, sowie auf Vorteile gegenüber anderen Transportmitteln datenbasiert zu bewerten. Dafür wird eine Fallstudie anhand von Mobilitätsdaten der Bikesharing-Fahrräder und Elektrotretroller zweier Anbieter in Hannover durchgeführt. Die Start- und Zielpunkte der enthaltenen Fahrten werden durch einen eigens entwickelten Algorithmus hinsichtlich des Nutzungszweckes klassifiziert. Dazu werden Informationen zu Points of Interest aus dem OpenStreetmap-Projekt herangezogen und eine Zuordnung anhand räumlicher Kriterien durchgeführt. Zeitliche Variationen im Nutzungsaufkommen werden anhand von Histogrammen des täglichen Fahrtenaufkommens in verschiedenen zeitlichen Maßstäben diskutiert. Weiterhin werden Cluster der Mobilitätsflüsse gebildet und hinsichtlich der Zeitersparnis von Mikromobilitätsdiensten gegenüber anderen Transportmitteln analysiert. Der entwickelte Klassifikationsalgorithmus liefert einen guten Eindruck von den

Einsatzzwecken der Dienste. Es lässt sich kein Einsatzzweck als besonders häufig hervorheben, jedoch zeigt sich, dass die Nutzung meist für Hin- und Rückweg erfolgt. Beispiele für Einsatzzwecke in der hier durchgeführten Klassifikation sind u.a. „Arbeit“, „Einkaufen“ oder „Freizeit“. Im Vergleich von Leihfahrrädern und Elektrotretrollern lässt sich den Leihfahrrädern eine vermehrte Nutzung im Pendlerverkehr attestieren. Die Daten der Elektrotretroller weisen auf eine diversere Nutzungsstruktur hin. Im Jahresverlauf wird eine wetterbedingte Variation des Nutzungsaufkommens aufgezeigt. Im Hinblick auf mögliche Vorteile gegenüber anderen Transportmitteln zeigen sich für die Mikromobilitätsdienste deutliche Zeiteinsparungen gegenüber dem öffentlichen Nahverkehr und dem Fußweg.

HOLOLENS2 – EVALUATING 3D MAPPING AND TECHNICAL CAPABILITIESHEMA (VISHAL RUDANI, BETREUER: VINU KAMALASANAN)

In this study, the technical and 3D mapping capabilities of Hololens 2 was evaluated. The Microsoft Hololens 2 is a head-worn mobile mixed reality device that is capable of mapping its direct environment in real time. It is equipped with different sensors including four visible light tracking cameras and a depth sensor. The 3D map created using these sensor streams can be accessed by research mode. This makes Hololens 2 a powerful tool for mapping an indoor space. In this work, we evaluate the capabilities of Hololens 2 with respect to the task of the 3D indoor mapping, semantic segmentation and 3D modelling as the quality of scanned data highly influences the accuracy of reconstruction and segmentation.

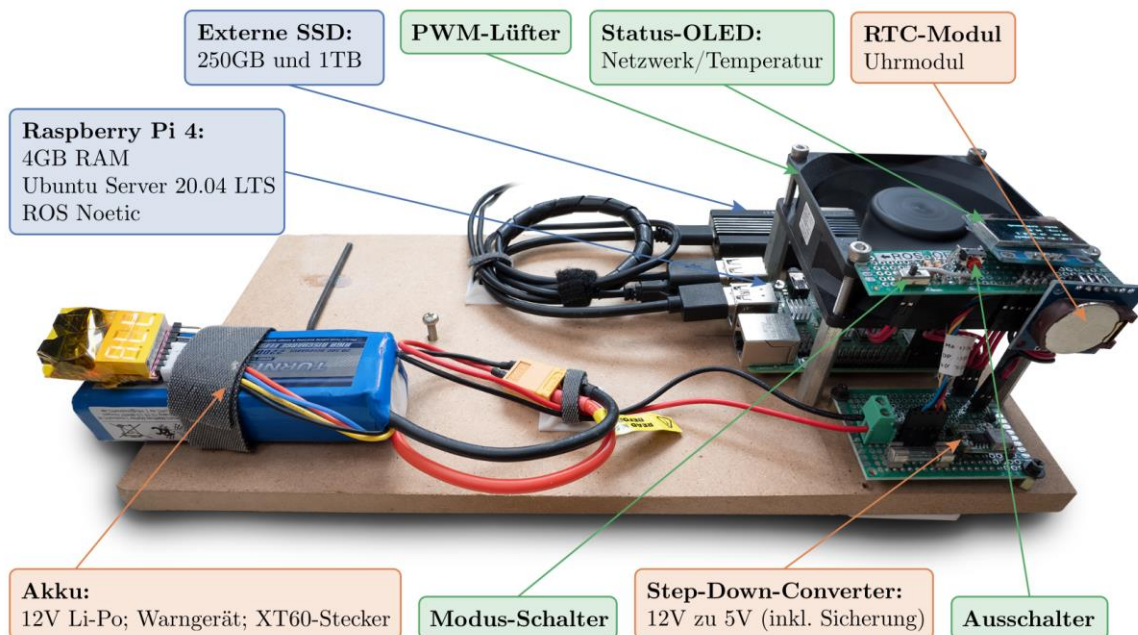


INDOOR EXPERIMENTAL SETUP WITH THE HOLOLENS AND HESAI SCANNER OVERLOOKING THE SCENE (LEFT). INDOOR MODEL OF IKG LAB SPACE ACQUIRED USING HOLOLENS AND MODELLED IN THE THESIS (RIGHT).

For the mapping quality measure, the distance between depth sensor of Hololens 2 and flat wall surface was varied and point cloud representation of the wall was recorded. There was a variation in point density that was observed attributed to the error in the depth sensor. The semantic segmentation for the capture data using Hololens was benchmarked using deep learning for classes ceiling, wall and floor with an IoU of 89.4, 94.7 and 75.3 respectively. Also the mapping quality error was further observed in the 3D modelling the indoor data. This was benchmarked using the ISPRS indoor benchmark to better understand the completeness, correctness and accuracy in this thesis.

ENTWICKLUNG EINER MODULAREN SENSORPLATTFORM ZUR MOBILEN ERFASSUNG VON FAHRZEUGBEGEGNUNGEN (TIM SCHIMANSKY, BETREUER: OSKAR WAGE, UDO FEUERHAKE)

Das Fahrradfahren im gemeinsamen Verkehrsraum mit Kraftfahrzeugen bereitet vielen Radfahrer*innen Unbehagen. Das Meiden stark befahrener Straßen ist nur mit guter Ortskenntnis möglich, da zur Häufigkeit der Begegnungen mit Kraftfahrzeugen auf den meisten Straßen keine Daten vorliegen. Die Erfassung eines Datensatzes, der Smartphone-Sensordaten über Fahrzeugbegegnungen sammelt, könnte die Grundlage für einen Smartphone-basierten Fahrzeugdetektor bilden. Magnetometer- und Barometer-Messwerte werden als Indikatoren für vorbeifahrende Fahrzeuge verwendet. In dieser Arbeit wird zunächst eine Sensorplattform konstruiert, die zur Erhebung von Smartphone- und anderen Sensordaten im Fahrbetrieb dient. Das System ist so ausgelegt, dass es auch in Zukunft mit anderen Sensorkonfigurationen genutzt werden kann. Daraufhin wird eine Methodik vorgestellt, die auf Basis der Daten einer Kamera und eines Abstandssensors an der Sensorplattform einen Datensatz von Fahrzeugbegegnungen erzeugt. Dieser enthält zu den gefahrenen Trajektorien alle wichtigen Sensordaten eines handelsüblichen Smartphones inklusive der Zeitpunkte von Fahrzeugbegegnungen. Abschließend wird auf Basis des Datensatzes ein dreiklassiger Klassifikator trainiert und evaluiert. Dabei wird untersucht, welcher Ansatz einen generalisierbaren Klassifikator liefern kann. Für den Klassifikator werden mehrere auf dem Random Forest basierende Ansätze untersucht. Dabei werden Aufbau und Parameter einer Sliding-Window-Funktion zur Feature-Erzeugung angepasst.



AUFBAU DER VERWENDETEN MESSPLATTFORM (SCHEMATISCH).

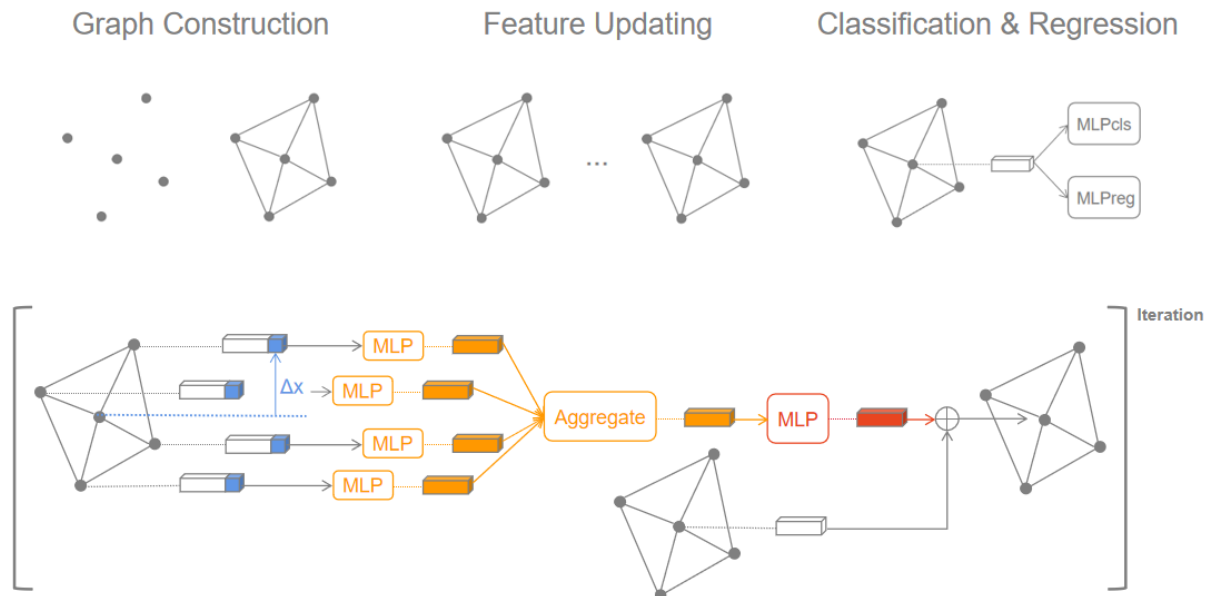
WATER LEVEL ESTIMATION FOR VEHICLES SUBMERGED IN FLOOD WATER (JIANQI SUN,
BETREUER: YU FENG)

Due to the frequent occurrence of flood disasters in recent years, dynamic determination of flood extent or flood depths can effectively reduce the impact of flood disasters on lives. Current water level estimation is usually based on contact or non-contact devices, such as staff gauges and ultrasound water level gauges. However, these devices are not highly flexible, such as they need to be placed in fixed locations or require manual interpretation. Therefore, finding a suitable method for water level estimation is an important topic nowadays.

With the rise of computer vision, there are many studies on image-based water level estimation. In this thesis, a combination method of deep learning and traditional computer vision for water level estimation is used. In this method, the flooded cars are used as reference targets. The water level is estimated by the submerged car. First, the Mask R-CNN model is pre-trained on COCO dataset and is used to extract the cars exposed to the flood. Moreover, the corresponding masks for the cars are generated. Then the Keypoint R-CNN model is used to detect the keypoints of the cars exposed to the water part after re-training with the ApolloCar 3D dataset. There are 79 3D models provided in this dataset. The keypoints of the 3D models are labeled manually in this thesis. When the 2D keypoints of the car on the image and the corresponding 3D keypoints in the world coordinate system are obtained, it becomes a PnP problem. The 6 DoF pose information of the 3D model relative to the camera coordinate system can be obtained with the PnP solver. Finally, the iterative method is used to simulate the flooded scene. The 3D model is gradually truncated horizontally from bottom to top. Then the truncated model is projected onto the 2D image. As more and more parts of the 3D model are truncated, the mask projected onto the 2D image becomes closer to the mask generated by Mask R-CNN. Next, the IoU of the two masks is calculated. As long as the lower edge of the 3D model does not reach the water surface of the flood, the IoU becomes larger as more parts of the 3D model are truncated. The IoU stops growing when it reaches the water surface of the flood. At this point, the truncated height in the 3D model is the depth of the flood. By this method, the accurate water level information can be obtained.

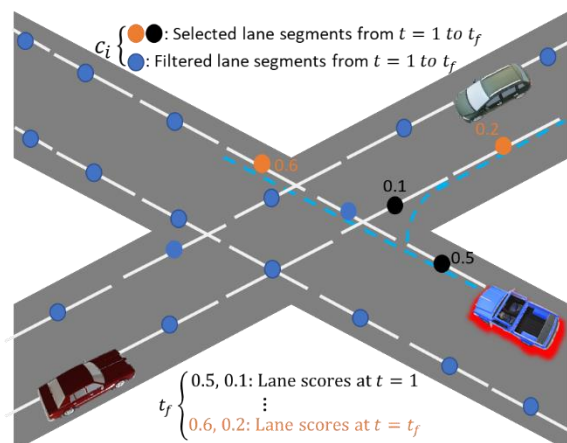
COOPERATIVE OBJECT DETECTION WITH GRAPH NEURAL NETWORK (MINGXU WANG, BETREUER: YUNSHUANG YUAN)

Connected autonomous vehicles can improve the object detection accuracy by sharing data to ensure driving safety, an approach known as cooperative perception. The challenge lies in defining the data to be shared and the method of fusing shared data to obtain the best perceptual performance with limited communication network bandwidth. This thesis presents a cooperative object detection scheme based on feature fusion. In this scheme, some selected keypoints with deep features are shared, and a graph neural network (GNN) is used to fuse these information. Two variants of the network, GNN Res and GNN Clustering, take advantage of the proposal information shared by cooperative vehicles and learn to optimize them. Experimental results on the simulated point cloud dataset COMAP demonstrate the effectiveness of the fusion. Especially in the case of occlusion, the network after fusing the shared data can detect more objects and output more accurate predictions than before fusion. This thesis further analyzes the effects of different parameters on network performance and evaluates the variant networks.



ITERATIVE FEATURE UPDATE OF GRAPH NEURAL NETWORK. A GIVEN POINT (CENTER POINT IN THE FIGURE) FIRST FINDS ITS NEIGHBORS, AND THEN CONSTRUCT THE FEATURES (WHITE AND BLUE BARS) OF THE NEIGHBORS BY CONCATENATING THE THEIR OWN FEATURES AND THE FEATURE DIFFERENCE WITH THE CENTER POINT. THESE FEATURES OF NEIGHBORS ARE THEN ENCODED BY MULTI-LAYER PERCEPTRON (MLP) AND AGGREGATED BY MAX POOLING (ORANGE). THE AGGREGATED FEATURES ARE FURTHER ENCODE BY A MLP AND THEN CONCATENATED WITH THE CENTER POINT FEATURE TO OBTAIN THE FINAL UPDATED FEATURE FOR THIS POINT.

EXPLORING HIGH-DEFINITION MAP INFORMATION FOR SCENE-CONSISTENT TRAJECTORY PREDICTION (MENGMENG LIU, BETREUER: HAO CHENG, LIN CHEN, MONIKA SESTER)

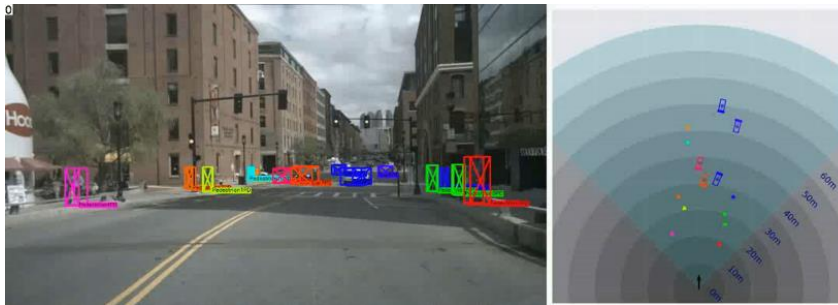


Accurate trajectory prediction is essential for autonomous vehicles to navigate through dynamic environments in a safe and efficient maneuver. To achieve this goal, autonomous vehicles must comprehend the probabilistic behaviors of agents in the vicinity and the mutual influences with them, as well as the changing contextual aspects of the environment. However, accurately predicting the potential trajectories of surrounding agents whose intentions may be multi-modal and unknown is a

formidable challenge. This thesis presents LAformer, an end-to-end attention-based approach that endeavors to forecast the probable trajectories of the surrounding agents whose intentions may be multi-modal and unknown. LAformer interprets diverse trajectories and high-definition map features using a unified vectorized representation and learns agent-to-agent and agent-to-environment interactions via a global interaction graph with self- and cross-attention. Subsequently, a Laplacian mixture density network decodes scene-compliant multimodal trajectories. Unlike prior approaches that simply let the target agent interact with all lane segments, LAformer selectively chooses only the most probable routes using temporally dense lane-aware module to avoid considering hundreds of lane segments in complex traffic scenarios. Additionally, a second-stage motion refinement module exploits the temporal consistency between historical and predicted trajectories to further reduce prediction errors.

This thesis evaluates LAformer using the widely utilized nuScenes and Argoverse benchmarks for the evaluation of trajectory prediction methods in autonomous driving. Both nuScenes and Argoverse provide a realistic and challenging leaderboard for evaluating the performance of trajectory prediction algorithms. They allow researchers and developers to evaluate their approaches on a wide range of scenarios and conditions, including complex traffic scenarios with multiple interacting agents. The proposed approach demonstrates superior performance compared to state-of-the-art methods on the Argoverse 1 and nuScenes benchmarks.

STUDIENARBEITEN

AN END-TO-END PIPELINE OF ROAD USER DETECTION, TRACKING, AND PREDICTION
(MENGMENG LIU, BETREUER: HAO CHENG, LIN CHEN, MONIKA SESTER)

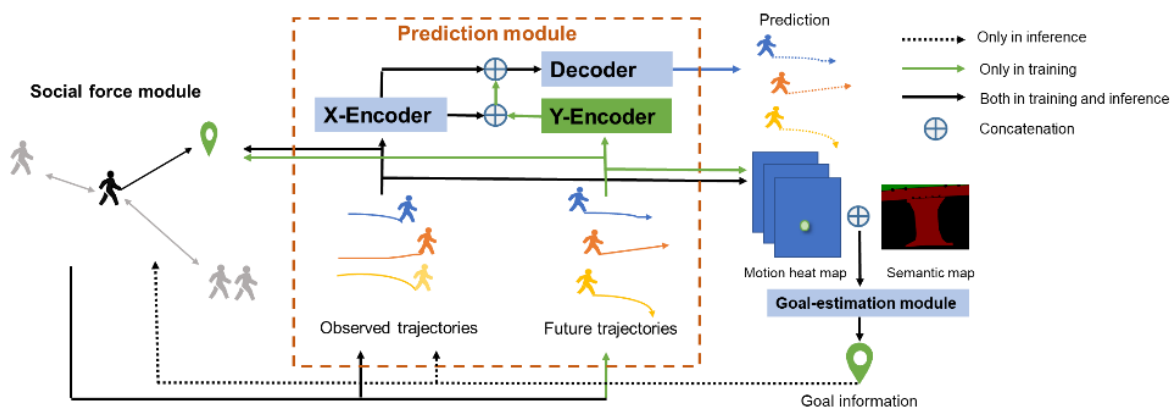
Currently, numerous research efforts are put into perception modules to realize autonomous driving. There are three major tasks of autonomous driving, namely, object detection, multiple

object tracking and trajectory prediction. However, they are currently mostly studied separately. Consequently, most trajectory prediction modules are developed based on ground truth trajectories without taking into account that trajectories extracted for object detection and multiple object tracking tasks in real world scenarios are noisy.

This project proposes ODTP, an end-to-end method for online object detection, tracking and trajectory prediction based on monocular images in autonomous driving. The pipeline adopted in this study consists of two parts: a joint 3D detection and tracking module, which processes monocular image sequence and outputs robust linking across frames; a trajectory prediction module, which predicts a set of possible future trajectories. Besides, we improve the performance of the state-of-the-art online multi-object tracking model QD-3DT. Instead of developing a trajectory prediction module based on ground truth trajectories, we train our trajectory predictor directly based on the tracking results. In the trajectory prediction model developed by Cheng et al., (2021), we extend the Dynamic Maps to model road users' dimensions and orientation as well, resulting in Dynamic Map V2. In addition, a series of selected generative and deterministic trajectory prediction models trained on noisy trajectories are compared in this study. Extensive ablation studies and experiments using the nuScenes benchmark for autonomous driving verify the effectiveness of the proposed model.

MULTI-AGENT TRAJECTORY FORECASTING USING CVAE COMBINED WITH A SOCIAL FORCE MODEL (WEICHENG ZHANG, BETREUER: HAO CHENG, FATEMA T. JOHORA, MONIKA SESTER)

As autonomous driving systems evolve, an accurate and plausible trajectory prediction model is increasingly important, especially for driver assistance systems and collision avoidance. However, this task remains challenging because of complex interactions among agents and their uncertain future behavior. Most previous trajectory prediction models were either data-based or rule-based. The rule-based models can simulate a certain degree of pedestrian behavior but is relatively simple, less robust and resilient in the face of complex scenarios. Data-based models often achieve better performance but are not interpretable and data-dependent. Therefore, making the data-based model more effective in extracting the interaction information in both the temporal and social dimensions and learning interpretable rules is an important research problem.



This research proposes a new pedestrian trajectory prediction framework, Social-AgentFormer, that combines the social force model and AgentFormer. In this framework, a U-Net-based goal-estimation network is applied, which provides the destination information for calculating social forces during the test phase. The driving force simulates the guiding effect of a target on an ego pedestrian and repulsive force simulates the avoidance action among neighboring pedestrians. Both forces serve as the input to the network and let it learn the variation in pedestrians' position when the physical forces change. This helps the network generate more accurate prediction results and reduce the possibility of collisions. Finally, this research proposes two approaches to using social forces as input. In both approaches, driving force and repulsive force are used separately for better integration of the social force model and AgentFormer. Experiments show that the proposed method achieves good prediction performance and outperforms the state-of-the-art models in a dense pedestrian scenario.

APPLYING MAX PRESSURE CONTROL IN SHARED SPACES (WEI HAN, BETREUER: YAO LI, MONIKA SESTER)

Traffic congestion has become a serious problem in many cities. This has reduced the quality of urban life for people, not only does it increase the cost of travel time, but it also causes fuel consumption and environmental pollution. Intersections are the throats of urban traffic. They are the points where urban roads intersect and where vehicles and pedestrians converge and diverge. As a result, they play an important role in urban traffic conditions. The operation and safety of the entire road system also depend largely on the traffic conditions at intersections. Most traffic accidents also occur near intersections, which causes delays and congestion. Therefore, improving traffic conditions at intersections can make urban traffic flow more smoothly and safely.

Traffic signals can be controlled to relieve congestion at intersections. Essentially, traffic signal control involves two decisions: which phase should be selected for the next period and how long it needs to last.

There are several control strategies available, the simplest and most common of which is the fixed-time, cycle-based signal controller. It has a fixed time for each phase and a fixed cycle order for the phases. On the other hand, a distributed traffic signal controller proposed by Varaiya is called max pressure controller. The controller requires only local information (queue length) to be able to control the entire intersection flexibly. It compares the queue lengths of the upstream and downstream links of an intersection and uses the difference between them as the pressure. The road segment with the highest pressure will turn to a green light in the next interval to release the pressure. This allows the max pressure algorithm to effectively prevent queue spills.

Traffic simulation is a technique for digitally modelling traffic systems, through the application of computer software to better plan, design and manage traffic systems. It also plays an important role in the development of new traffic signal controllers. It can be used to compare the advantages and disadvantages of various traffic signal controllers and provide attractive visual presentations of traffic scenarios. Therefore, it's common to estimate the efficiency and safety of a traffic controller strategy with traffic simulator software, e.g. VISSUM, SUMO and AIMSUN.

In this work, we applied the max pressure algorithm to a simulated double intersection and discussed its potential application in shared spaces. Firstly, the principles of the fixed time and max pressure algorithms were introduced in detail. Later, a SUMO road network simulation was designed to compare both traffic controlling methods. Based on the analysis, the superiority of the max pressure algorithm was demonstrated. Finally yet importantly, the application ability of the max pressure algorithm in a shared space was discussed.

LATENT SPACE REPRESENTATION OF IMAGE DATA USING AUTOENCODERS AND DEPTH-BASED CLASSIFICATION (CHUFENG GUO, BETREUER: ANNA MALINOVSKAYA, PHILIPP OTTO)

Feature learning allows us to obtain low-dimensional features of high-dimensional data. For many algorithms, when the data dimensionality is too high, the computational consumption and time required by the algorithm may be intolerably large. Therefore, we can first use feature learning methods to extract features from it. We use a classical autoencoder and a variational autoencoder to perform feature extraction on the MNIST image dataset and obtain the latent variables. After that, we perform a classification operation on these latent variables. One widely discussed topic in classification problems is the open set classification problem. To solve the open set classification problem requires the algorithm to be able to identify those data points that do not belong to any training class.

The concept of data depth measures the centrality of a point to a data cloud. When a point is closer to the center of the distribution, its data depth is larger, and conversely is smaller. According to such property, when a data point is far enough from the center of all the data clouds in the training set, we can consider that it does not belong to any class. Therefore, we want to combine the concept of data depth with some classification algorithms to solve the open set classification problem. After calculating the data depth, we only need to classify a univariate dataset of data depth; thus, we combine data depth with logistic regression and ROC analysis to build the classifier. Since for high-dimensional data, the computational consumption of data depth can be very high, in our experiment, not only the classification results are consider but also the calculation time.

DESIGN AND EVALUATION OF A LiDAR SENSOR MODEL FOR THE SIMULATION OF MEASUREMENTS FROM AUTONOMOUS VEHICLES (JIANGYUAN SONG, BETREUER: JULIA SCHACHTSCHNEIDER, CLAUS BRENNER)

With the development of computer and sensor technologies, autonomous driving vehicles are increasingly being investigated. LiDAR sensors are one of the vital sensors used for autonomous driving. A large amount of perceptual data is necessary to develop and test autonomous driving systems. Besides real data collection, which is time-consuming and expensive, synthetic LiDAR point clouds can be generated using LiDAR simulation methods. LiDAR simulation methods enable more accessible data collection and significantly accelerate the development of autonomous vehicles.

This study aims to design and evaluate a LiDAR simulation method for the HESAI PandarXT-32 LiDAR sensor. First, the environmental scene used for the simulation is acquired by the Riegl Mobile Mapping system. Then, we applied two ray casting algorithms to imitate the intersection of the emitted laser beams with the environment scene. Afterward, based on the reconstructed mesh based ray casting algorithm, we simulated the observed characteristics of the real mechanical rotational LiDAR sensor.

In this study, the rolling shutter effect and the multi-echo effect are primarily considered. Finally, we compare the real LiDAR point cloud and the simulated LiDAR point cloud and evaluate the simulated LiDAR point cloud. The error between the simulated LiDAR point cloud and the real LiDAR point cloud is within 0.15 meters.

EXTRACTION OF BUILDING FACADE GEOMETRY AND MATERIAL INFORMATION FROM LiDAR MOBILE MAPPING DATA (YIMING XU, BETREUER: YU FENG, MONIKA SESTER)

Fine-grained city models can help city managers to better understand their cities, such as for disaster preparedness and rescue, urban planning, and real-estimate valuation. Our goal is to update the existing LOD2 city model to a more detailed city model based on the point cloud information acquired by LiDAR on the mobile mapping system. In this research project, we extract building facades from the point cloud data acquired from Hildesheim, Germany. The building facades are then projected from 3D points into 2D image. Then the information of windows, doors and protruding parts of the building facade is extracted. The materials of the building facade are analyzed by the reflectance and geometric features of the point cloud.

Finally, all the results are prepared to be included in the existing city model. We use a pre-trained model to extract the windows and doors on the building facade, and then find the protruding parts of the building by the rule-based method, and compare the data of the manually annotated protruding parts with the F1-score of 85.9%. For the material analysis of the building facade, we first used K-mean to determine the number of materials to classify, then manually labelled the test and training sets and trained the random forest and XGBoost models to classify all building facades, but the classification results were not satisfactory. We believe that the point cloud obtained by LiDAR cannot classify the materials of the building facade due to the differed point density and unreliable reflectance information. Finally, we made segmentation of the whole city's building facade based on reflectance to reduce the subsequent workload of building facade material analysis.

CHANGE DETECTION IN COMPLEX SYSTEM APPLYING MULTILAYER NETWORK (CHENG ZENG, BETREUER: ANNA MALINOVSKAYA, PHILIPP OTTO)

In real life, complex systems characterized by the interactions of several networks are prevalent. For example, in social systems, different types of social relationships (friends, colleagues, relatives, etc.) can be abstracted into different network layers. The simple abstraction of complex systems into individual networks ignores the contribution of multiple types of relational interactions in complex systems and cannot further meet the needs of complex systems research. However, the modeling and analysis of multilayer networks can characterize the interaction correlation and interaction sparsity between different layers.

We propose to apply a multilayer weighted stochastic block model (MZIP-SBM) based on a multivariate zero-inflated Poisson (MZIP) distribution to characterize the multilayer interactions of individuals. A variational expectation-maximization algorithm (EM-algorithm) is utilized to estimate the parameters in this model. We further propose a monitoring multivariate control chart based on the estimated parameters of MZIP-SBM model for change detection in multilayer networks. The proposed monitoring scheme are validated using extensive dataset from the transparency platform of the European network of transmission system operators for electricity (ENTSO-E TP).

HOCHAUFLÖSENDE LANDEBEDECKUNGSKLASSIFIKATION VON SENTINEL-2 AUFNAHMEN MIT CNNs (JAN ULBRICHT, BETREUERIN: MIRJANA VOELSEN)

Diese Arbeit untersucht Methoden, um die Klassifizierung feiner Strukturen mittels Neural Networks in Satellitenbildern zu verbessern. Die hier verwendeten Daten sind Bildaufnahmen von Niedersachsen, welche von dem Sentinel-2A Satelliten stammen und in einer Auflösung von 10m pro Pixel vorliegen. Feinstrukturen wie Straßen und Flüsse sind allerdings oftmals kleiner als die Breite eines derartigen Pixels, wodurch Mischpixel, also Pixel mit mehreren Arten der Landbedeckung, entstehen. Da diese Mischpixel nicht eindeutig einzuordnen sind, ist die semantische Segmentierung durch Neural Networks hier oftmals recht ungenau. In dieser Arbeit wird ein U-Net benutzt, an dem unterschiedliche Änderungen getestet werden, mit dem Ziel, die Erkennungsgenauigkeit der Feinstrukturen zu erhöhen. Zu diesem Zweck werden 3 Upsampling Methoden miteinander verglichen, um herauszufinden, welche sich am besten eignet, um feine Strukturen (kleiner als 1 Satellitenpixel) zu klassifizieren. Weitere Tests werden außerdem durchgeführt, um die Auswirkungen einer Größenveränderung des rezeptiven Felds, also des Bereichs im Eingangsbilds, der genutzt wird, um die Klasse des Ausgabepixels zu berechnen, auf die Erkennung von Feinstrukturen herauszufinden. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass von den hier getesteten Methoden Lanczos Upsampling die am besten geeignete Methode für Upsampling von Satellitendaten ist. Des Weiteren steigt die Erkennungsgenauigkeit von Feinstrukturen durch Upsampling der Eingangsdaten und höher aufgelösten Labeldaten stark, um bspw. 20% für die Klasse Fließgewässer. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse, dass ein rezeptives Feld von bis zu 2560m nicht zielführend ist, da selbst ein 680m großes rezeptives Feld ausreicht.

MASTERARBEITEN

DEEP LEARNING FÜR DIE QUALITÄTSKONTROLLE VON REIFEN AUF GRUNDLAGE VON RÖNTGENBILDERN (JISHNU RAGHAVAN SESHADRI, BETREUER: FRANZ ROTTENSTEINER, DENNIS WITTICH, IPI; DOMINIK AREND, JULIANE GUDERMUTH, CONTINENTAL REIFEN DEUTSCHLAND GMBH)

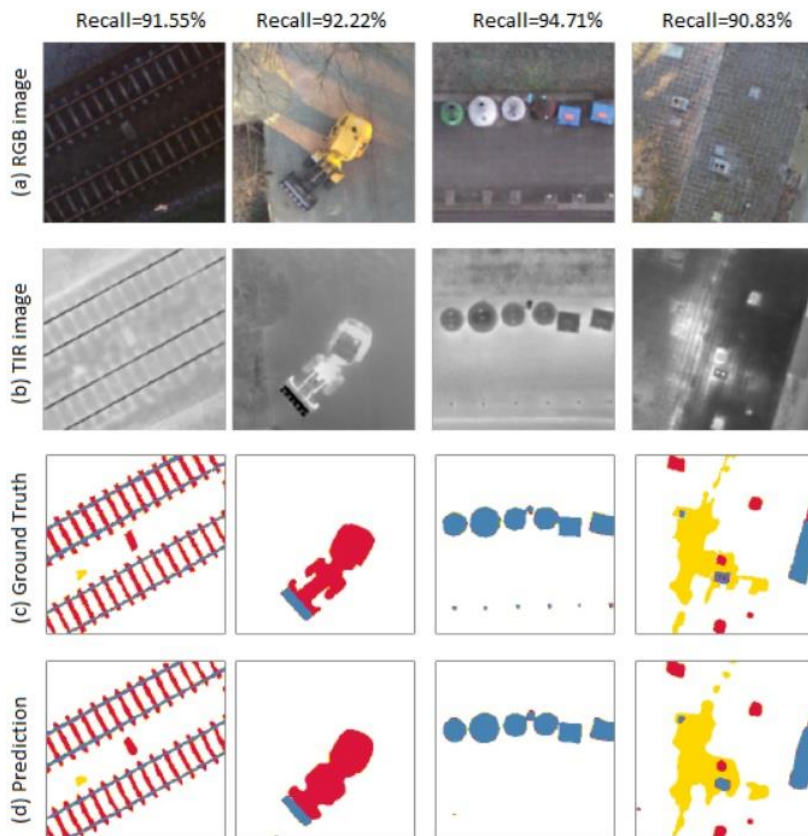
Qualitätskontrolle ist eine wesentliche Voraussetzung für die Lieferung von Produkten, die den Sicherheitsanforderungen entsprechen und eine hohe Leistung erbringen. In der Reifenherstellung ist die visuelle Inspektion von Röntgenbildern der Reifen eines der genutzten Qualitätskontrollverfahren. Diese Inspektion beinhaltet die Erkennung der Kanten der inneren Bauteile eines Reifens, anhand derer die Qualität des Reifens bewertet wird. In dieser Arbeit werden Deep- Learning- basierte Ansätze untersucht, um die Erkennung von Bauteilgrenzen in Röntgenbildern von Reifen zu automatisieren. Dieses automatisierte System soll als Ergänzung zu einem bestehenden konventionellen System eingesetzt werden, welches bei der Kantenerkennung nicht alle Anforderungen erfüllt.

Die Detektion von Begrenzungslinien mit Hilfe von Convolutional Neural Networks (CNNs) ist ein vielversprechender Ansatz, um bestehende Probleme im Zusammenhang mit solchen Röntgenbildern zu lösen. In dieser Arbeit werden zwei verschiedene Segmentierungsansätze entwickelt, die Fully Convolutional Neural Networks zur Erkennung von Bauteilbegrenzungen verwenden. Durch die Ausnutzung des symmetrischen Aufbaus eines Reifens wird die Anzahl der dabei zu unterscheidenden Klassen von Bauteilbegrenzungen reduziert. Für beide Ansätze werden neuartige Nachbearbeitungsschemata eingeführt, um die zunächst nur grob lokalisierten Grenzen zu verfeinern. Dabei wird ausgenutzt, dass die Begrenzungen im Bild vertikal verlaufen. Einer dieser Ansätze verwendet ein Mehrklassen- Segmentierungsmodell, das in der Lage ist, Bauteilkanten zu lokalisieren und diese Kanten gleichzeitig einem Bauteil zuzuordnen. Unter Nutzung dieses Ansatzes kann mit einem F1-Score von 0,990 eine sehr hohe Genauigkeit auf einem Testdatensatz erreicht werden.

THERMAL ANOMALY DETECTION BASED ON CO-SALIENCY ANALYSIS OF OPTICAL AND THERMAL IMAGES VIA DEEL LEARNING (GURPREET SINGH, BETREUER: ARTUOM SLEDZ)

Anomaly detection is the process of identifying unusual components, events, or observations that raise concerns because they differ significantly from the majority of data or expected behaviour. The purpose of thermal anomaly detection is to find locations with unusually temperatures that differ from their surroundings. In this study, thermal anomaly detection is formulated as a salient region detection, which is motivated by the assumption that a hot region often attracts attention of the human eye in Thermal InfraRed (TIR) images. The primary goal of saliency analysis is to determine how distinct a certain region in an image is in relation to its surroundings. Using TIR and RGB images together, the working hypothesis is defined in the following manner: a hot region which appears as a salient region only in the TIR image and not in the RGB image is a thermal anomaly; the region which appears salient in both images should be considered a false detection and therefore rejected. By utilizing co-saliency analysis, RGB images are used to reduce the number of false alarms that may occur when detecting thermal anomalies from TIR images alone.

While image-processing techniques were used to create the first saliency models, current advances in deep learning approaches are showing great promise in this field. The scientific community has demonstrated that it is feasible to combine the complimentary information of RGB and TIR image modalities in order to correctly capture salient regions, in a method known as RGB-T saliency detection. Initially in this thesis, the anomaly detection is done by adopting a Multi Interactive Dual Decoder (MIDD) [Tu et al. (2021)] approach and the problem is framed as a multi-



THERMAL ANOMALY DETECTION. EACH COLUMN SHOWS DIFFERENT EXAMPLE. THE COLOR REPRESENTATION IN ROWS C AND D IS: WHITE STANDS FOR THE BACKGROUND; BLUE FOR A COLD REGION; RED FOR A HOT REGION; YELLOW FOR A THERMAL ANOMALY.

class problem with the following classes: background, cold region, hot region and thermal anomaly. In context, MIDD approach uses separate decoders and encoders for both image modalities to obtain the final saliency map. However this study proposes a simplified MIDD approach to handle the same scenario, based on dual encoder and single fusion decoder. Moreover, a new thermal anomaly dataset is generated from RGB and TIR orthomosaics. Obtained results are evaluated both on pixel level and object level using various metrics. Despite some limitations outlined in the thesis, the proposed method to identify the thermal anomaly has achieved recall up to 90 percent.

EGO-CAR SHADOW DETECTION AND REMOVAL IN A SURROUND-VIEW SYSTEM USING DEEP LEARNING (HUILING TAO, BETREUER: MAX MEHLTRETTER, IPI; DEEPANSHU MAKKAR, CONTINENTAL)

A modern surround-view system consisting of four fisheye cameras can expand the field of view for the driver up to 360 degrees, which assists the driver in avoiding collisions during low-speed maneuvers such as parking. The See-Through-Bonnet view from Continental enables the driver to see the ground beneath the engine compartment by stitching the camera images from the previous frames to the current frame on the ground plane. However, the texture of the ego-car shadow, i.e., the shadow of the own car, is propagated continuously throughout the ground plane, resulting in zigzag artifacts which severely detract from the overall appearance. To eliminate such undesirable artifacts, a two-stage method using deep learning to detect and remove the ego-car shadow while preserving all other natural shadows in the same scene is proposed in this work. For training this method, synthetic data generated with the CARLA simulator is used, providing labeled ground-truth ego-car shadow masks and a non-egocar-shadow images. The method is evaluated on synthetic as well as real-world data. The results demonstrate that the proposed two-stage method successfully detects and removes ego-car shadow in the majority of the scenarios.

ENTWICKLUNG EINES MONOKAMERA-BASIERTEN LOKALISIERUNGSSYSTEMS IN EINER VORAUFGZEICHNETEN 3D-KARTE DURCH 2D-3D LINIENVERGLEICH (JENS KUSCHEL, BETREUER: MAX MEHLTRETTER, KOOPERATION MIT EXPLEO, BERLIN)

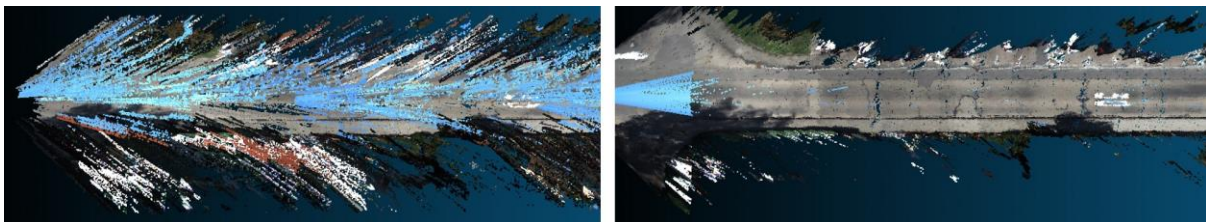
Das Ziel der Automobilindustrie autonome Fahrzeuge zu entwickeln, führte dazu, dass das Thema der Eigenlokalisierung Gegenstand intensiver Forschung geworden ist. Für die Durchführung von autonomen Fahrmanövern werden häufig Systeme zur Eigenlokalisierung verwendet, die Global Positioning System (GPS) Daten mit anderen Sensorinformationen kombinieren. Da GPS Daten jedoch in vielen Indoor-Szenarien wie z.B. Parkgaragen nicht empfangbar sind, wurde in dieser Arbeit ein alternatives Lokalisierungssystem zur Bestimmung von Position und Orientierung eines Fahrzeugs entwickelt. Der Einsatz in modernen Serienfahrzeugen führt zu speziellen Anforderungen an die Hardware der Zielplattform und zu der Verwendung von kostengünstigen und beständigen Sensoren. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird für eine solche Eigenlokalisierung in Indoor-Szenarien ein Partikelfilter-basierter Ansatz vorgestellt, der mittels Radodometerdaten die Fahrzeugpose schätzt und diese Schätzung über einen Linienvergleich bewertet und korrigiert. Als Datenquellen für den Linienvergleich dienen Kanten von 3D-Objekten einer Parkhauskarte, die in das Bild einer Kamera projiziert werden, sowie detektierte Linien im Kamerabild. Zwischen den Datenquellen werden korrespondierende Linienpaare gefunden und die geometrische Lage der Linienpaare zueinander berechnet. Zur Auswertung der Lokalisierungsgenauigkeit wird die Fahrzeugpose mit einer LiDAR-basierten Referenz verglichen. Zusätzlich wird der maximale Fehler in der Fahrzeugpose, den das Lokalisierungssystem korrigieren kann, ermittelt.

LEARNING ALEATORIC UNCERTAINTY ESTIMATION FOR DENSE STEREO MATCHING END-TO-END (DINGXIN JIN, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

In the research area of dense stereo matching, aleatoric uncertainty estimation is of increasingly large importance to reduce the influence of ambiguous results caused by the ill-posed nature of the problem. Deep learning-based models have been deployed to generate an uncertainty measure from multiple data modalities, such as RGB images, predicted disparity maps and cost volumes. To deal with the bottleneck when concatenating learned features from different models, a new framework is proposed in this work, enabling end-to-end training of a complex network that combines multiple well-established CNN architectures for a fused uncertainty prediction. In this context, a novel lightweight Cost-Volume-Analysis network with encoder-decoder structure is designed and evaluated based on different variants of uncertainty modelling. The effectiveness of the proposed end-to-end training strategy as well as the influence of features learned from different modalities are both quantitatively investigated via a series of experiments.

A NOVEL STEREO SLAM METHOD WITH DENSE SCENE RECONSTRUCTION (QI DENG, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

In the field of mobile robotics and autonomous driving, simultaneous localization and mapping (SLAM) techniques are often used. Systems focusing on dense mapping are an important branch of research as they can handle a variety of challenging robotic tasks, such as 3D reconstruction or obstacle avoidance in challenging environments. Building dense maps often involves obtaining scene depth from RGB-D cameras. However, such an approach is prone to errors from varying illumination in outdoor scenes and the short measurement range is not suitable for outdoor scenes. In contrast, reconstruction based on binocular stereo matching is more robust in outdoor environments and can measure longer distances. Traditional stereo matching algorithms currently have some shortcomings, for example, disparity estimation is still challenging for weakly textured and occluded areas. Learning-based stereo matching has shown outstanding performance in recent years, both in terms of accuracy and efficiency. Therefore, in this work, a novel deep learning-based stereo SLAM method capable of real-time dense map building in outdoor environments is presented. The method is based on ORB-SLAM-2 and combines an end-to-end stereo matching network with a novel point cloud fusion strategy that is based on covisible keyframes and probabilistic filtering to achieve globally consistent, smooth and dense maps.



COMPARISON BETWEEN MAPS OBTAINED VIA SEMI-GLOBAL MATCHING SIMPLY CONCATENATING INDIVIDUAL POINT CLOUDS (LEFT) AND VIA THE PROPOSED DEEP LEARNING-BASED APPROACH WITH PROBABILISTIC FUSION (RIGHT).

JOINTLY ESTIMATE GEOMETRY AND SEMANTICS FROM BINOCULAR STEREO IMAGES (YU CAO, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

Multi-task frameworks are attracting more and more attention from academia and industry, as they promise to improve the performance of models by combining multiple tasks. Binocular stereo matching (also known as binocular disparity estimation) has been intensively studied as an important method for reconstructing depth information for decades. Although there have been many multi-task frameworks for target recognition and classification, there are relatively few studies on multi-task learning for reconstructing depth information, especially from stereo images. Thus, in this work, a unified, lightweight and well-structured method is presented that simultaneously performs disparity estimation and panoptic segmentation. The feasibility of the approach and structural compatibility with multiple tasks is experimentally demonstrated. In addition, two feature fusion modules are presented that follow different paradigms with respect to the step in the processing pipeline at which the features corresponding to the two different tasks are combined. Lastly, it is shown that panoptic information can be used to improve the disparity estimation ability by applying feature fusion in a multi-task learning setup.

DEEP LEARNING-BASED MULTIPLE OBJECT TRACKING IN THE CONTEXT OF FARM ANIMAL ETHOLOGY (RASHO ALI, BETREUUNG: MAREIKE DOROZYNSKI, MAX MEHLTRETTER, KOOPERATION MIT DER TIHO HANNOVER)

Automatic detection and tracking of individual animals is important to enhance their welfare and to improve our understanding of their behaviour. Especially in the context of poultry, it is challenging to automatically recognise and track individual animals. These difficulties can be, for example, the similarity of animals of the same species which makes distinguishing between them harder, or sudden changes in their body shape which may happen due to putting on or spreading out the wings in a very short period of time. In this work, an automatic poultry tracking algorithm is proposed. This method is based on a Convolutional Neural Network that was originally developed for pedestrian tracking and that tackles multi-object tracking by performing temporal realignment of object bounding boxes via regression. Additionally, a multi-scale re-identification model is used to improve the re-association of the detected animals. For evaluating the performance of the proposed method in this study, a novel dataset consisting of seven image sequences that show chicks in an average pen farm in different stages of growth is used.



TWO FRAMES OF THE NOVEL DATASET THAT WAS CAPTURED IN THE CONTEXT OF THIS PROJECT. THE IMAGES HIGHLIGHT THE DIFFERENT CONDITIONS DURING DATA ACQUISITION AS WELL AS THE CHALLENGE OF IDENTIFYING INDIVIDUALS DUE TO THE SIMILAR APPEARANCE OF THE ANIMALS.

STUDIENARBEITEN

A REVIEW OF DEEP LEARNING CONCEPTS FOR DENSE STEREO MATCHING (QI DENG, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

Estimating depth from RGB images is a long-standing challenge that has been intensively researched in photogrammetry and computer vision in the last decades. In this context, binocular dense stereo matching is one of the most extensively addressed techniques in the literature, because two images showing the same scene from different viewpoints build the minimal setup to carry out depth estimation via triangulation. Such stereo-based dense depth estimation has traditionally been accomplished by identifying homologous image points across the two images using hand-crafted methods that are based on expert knowledge. Despite a large number of approaches trying to correctly estimate depth in weakly textured areas, in the presence of occlusions and close to depth discontinuities, these image regions remain to be particularly challenging for hand-crafted methods. To overcome these limitations, deep learning has been incorporated into dense stereo matching in recent years, bringing new concepts and advancements to the discipline. Stereo matching algorithms based on Convolutional Neural Networks (CNN), in particular, have clearly outperformed classical methods in several of the challenging regions indicated before. To get a deeper insight into the advantages and drawbacks of some of the most prominent concepts presented in the literature, a comprehensive comparison is carried out in this work. For this purpose, the different concepts are applied individually to a baseline CNN and are compared experimentally on two different datasets.

PROJEKTSEMINARE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

QUALITY ASSESSMENT OF LOW-COST LASER SCANNERS IN OUTDOOR APPLICATIONS (GIH),
BETREUER: DOMINIK ERNST, FRANZISKA ALTEMEIER, SÖREN VOGEL

Laser scanning systems are widespread in different fields of engineering and are also used in many geodetic applications. Based on the spatial detection of the environment in a short time, a fast three-dimensional representation of complex objects is possible. Especially in kinematic systems, the perception of large areas is feasible in an efficient way. Due to these characteristics, terrestrial laser scanning applies often in modern applications, like mobile mapping systems and nowadays in self-driving cars. To interpret the measured laser scanning data in such applications, the collected point cloud has to be referenced. Therefore, and also for further quality benefits, the laser scanners are often connected to other sensors, realized in Multi-Sensor-Systems (MSS). The needed quality of such MSS always depends on the field of application and the task which has to be fulfilled. In the usage of such systems the cost efficiency is getting an important role. In many cases, like for example self-driving cars, it is not necessary to measure with a high-end geodetic laser scanner, because the quality requirement is also fulfilled with a sensor of lower quality. Due to this reason, usage of low-cost laser scanners in such systems is constantly increasing.

Due to the fact, that in MSS the perception of the environment is often accomplished by using low-cost laser scanners, a quality analysis of such sensors becomes an important role. Especially in autonomous systems, like self-driving cars, the integrity of the system gets very important, because the trustworthiness in new conditions has to be given. This integrity of systems, which was a focus in this project, is directly connected to the quality of the measured data. The current research establishes a connection between the deviation of the measurement and different influencing variables to assure the quality of the measured data. Supporting this approach, the main goal of this project was the analysis of influencing factors within typical outdoor environments. Therefore, several measurements were performed with a Velodyne VLP-16 laser scanner with respect to different surfaces (material, structure, color) of building facades (e.g. bricks, exposed aggregate concrete, reflective and overgrown surfaces) with static measurements. The resulting point clouds were compared with the point clouds of a terrestrial laser scanner in the context of backward modeling and evaluated. In addition, the influences due to different target distances and incident angles were investigated with respect to systematic and random effects. The findings were presented to the department in a final presentation and documented in a report, thus providing a contribution to current research questions.

Studierende: Piravinth Srithar, Jalil Ahmend Baloch, Jan Ole Böllert, Nithin Venugopal

INVESTIGATION OF INFLUENCES ON THE MEASUREMENT QUALITY OF LOW-COST LASER SCANNERS (GIH), BETREUER: DOMINIK ERNST, HAMZA ALKHATIB

Low-cost laser scanners are widely used for environment perception. This is important in areas, where stereo cameras alone can't provide full 3D information due to bad lighting conditions or no texture. Laser scanners are able to provide point clouds in these conditions, but the quality is often unspecified. Main objective of this project was the determination of influencing factors on the measurement elements of a low-cost laser scanner. After identifying the main influence factors and designing a measurement setup to acquire data for further analysis, experiments were carried out over two days. In these experiments, point clouds were captured over different distances for different angles of incidence of panels with different surfaces colors. For the later analysis, these factors were all changed separately.

For the analysis, the acquired data was automatically preprocessed to extract the relevant parts of the point clouds and fused with the measurements of the laser tracker. Based on this comparison, different models to predict the deviations of the laser scanner measurements were tested and evaluated.



EXAMPLE FOR MEASUREMENT SETUP IN BASEMENT WITH A DISTANCES OF 5 M (LEFT TO RIGHT): REFERENCE PANEL (WHITE, 100%), LASER TRACKER LEICA AT960, VELODYNE PUCK (VLP-16).

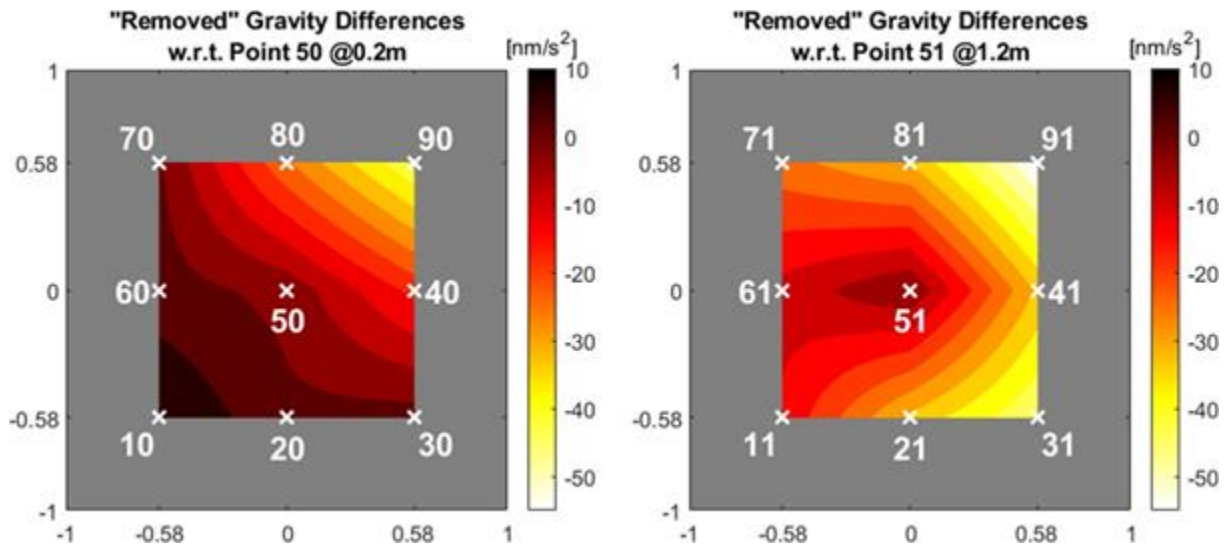
Studierende: Ahmad Alkanj, Osasunmwun Efosa, Moise Massoma Mouengue, Rajesh Palaboina, Ansa Paul

THE HORIZONTAL GRAVITY GRADIENT FIELD ABOVE THE DSGN94 SITE 4/4: PREDICTED, MEASURED, AND EXPLAINED DISCREPANCIES (IFE), BETREUER: LUDGER TIMMEN

In diesem Projekt wurde das horizontale Gradientenfeld der Station 4/4 des Deutschen Schweregrundnetzes in den Räumlichkeiten der Leibniz Universität Hannover bestimmt. Dazu wurde die Schwere auf insgesamt 18 Punkten verteilt auf zwei Höhen gemessen. Die in der Ausgleichung durchgeführte weiche Lagerung ergab eine Punktgenauigkeiten von 10 nms^{-2} und besser.

Bevor der erste Schritt der Remove-Interpolate-Restore-Methode zur Entfernung der modellierten Objekte in der Umgebung angewandt wurde, variierten die Schweredifferenzen zwischen -100 und 0 nms^{-2} relativ zum bekannten Schwerewert, wohingegen danach die Differenzen zwischen -54 und $+11 \text{ nms}^{-2}$ schwankten.

Aus beiden Abbildungen wird ersichtlich, dass nicht alle Variationen des Schwerfeldes durch die Modellierung erklärt werden können. Die Residuen variieren immer noch in einem Bereich von etwa 60 nms^{-2} . Um die Residuen zu minimieren, kann eine Vorwärtsmodellierung durchgeführt werden. Dabei wurden einmal die Dichte bekannter Objekte variiert und zum anderen realistische Objekte in der Umgebung, die nicht direkt sichtbar waren, zusätzlich modelliert. Für den zuerst genannten Fall wurde z.B. die Dichte der Stahlträger verändert, da in den Ergebnissen der oberen Punkte immer noch eine Symmetrie in y-Richtung zu erkennen war, die möglicherweise durch die Stahlträger verursacht werden. Punkte in der unteren Ebene (siehe linke Abbildung) zeigen einen klaren Trend. Der Verlauf deutet in Richtung der Gebäudemitte. Daher ist nicht auszuschließen, dass das gesamte Gebäude sowie auch das im Nordosten befindliche Hochhaus Einfluss auf die Messungen nehmen.

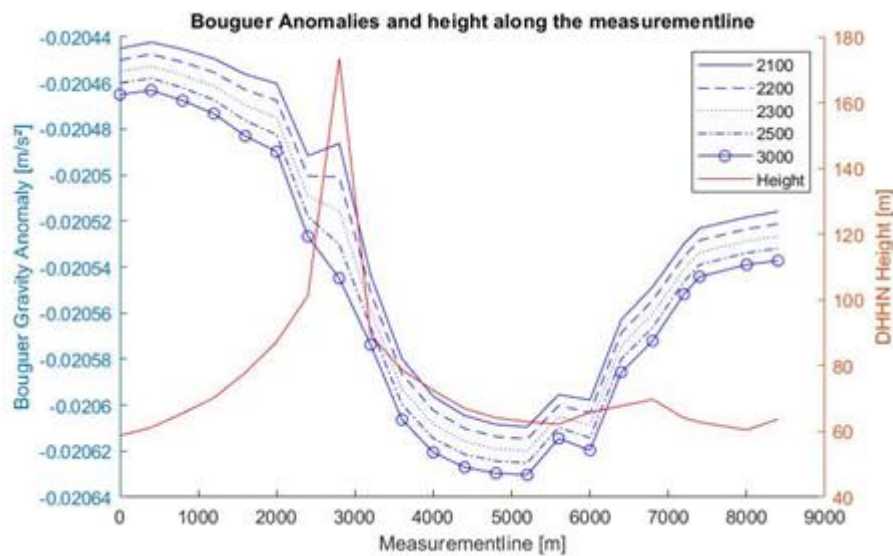


HORIZONTALE SCHWEREDIFFERENZEN IN BEZUG AUF DEN PFEILERMITTELPUNKT FÜR DIE SCHWEREPUNKTE IN 20 CM (LINKS) UND IN 120 CM (RECHTS) HÖHE.

Studierende: Friderike Fischer, Nina Fletling, Marvin Scherff, Weronika Szczepanec, Sarah Weber

DETERMINATION OF BOUGUER ANOMALIES ALONG A PROFILE CROSSING THE BENTHER BERG AND THE BENTHER SALT DOME (IFE), BETREUER: ANNIKE KNABE, LUDGER TIMMEN

The main objective of this project was to determine gravity Bouguer anomalies along a profile crossing the Bentherr Berg and the Bentherr Salt Dome. This serves to show the position and the horizontal extension of the salt dome w.r.t. to the measured profile. The gravity values were reduced by the impact of all land masses outside the geoid (diameter up to 5 km) to obtain a gravity profile which is independent of the point heights and the adjacent topography. After referring all g-values to the geoid surface and comparing with normal gravity, density deficiencies due to the salt deposits inside the geoid became clearly visible.



GRAVITY ANOMALIES ALONG A PROFILE CROSSING THE BENTHER SALT DOME BETWEEN BENTHE AND RONNENBERG. DIFFERENT DENSITY ASSUMPTIONS FOR REDUCING THE TOPOGRAPHY WERE APPLIED. THE RED LINE SHOWS THE HEIGHT PROFILE OF THE 22 POINTS.

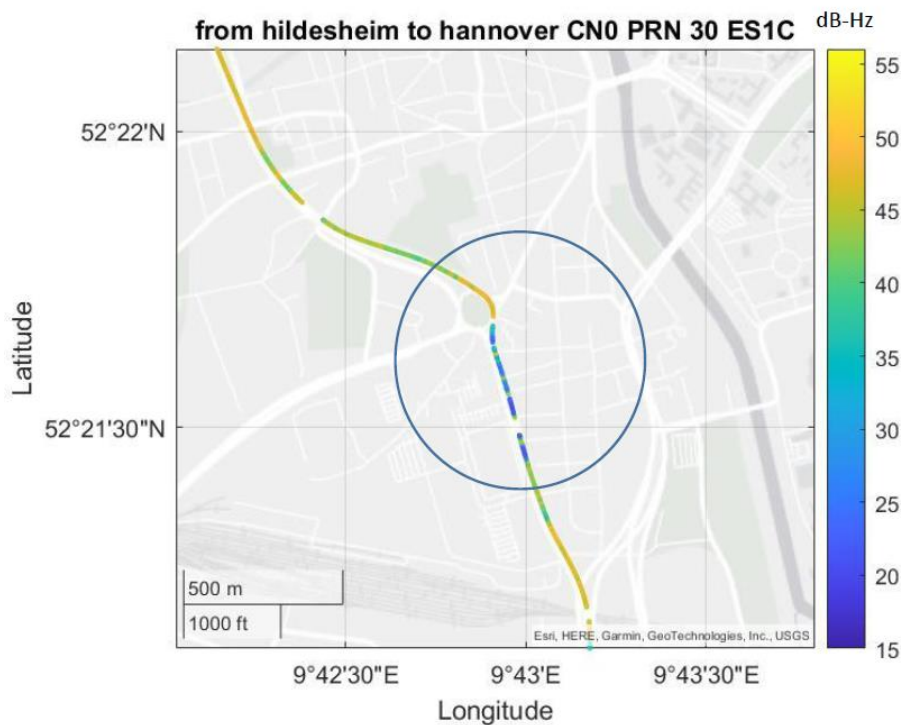
Studierende: Arpetha C. Sreekantaiah, Julia Eissele, Mithun VJ, Sebastian Heidweiler, Trupti Sapkale

GNSS AT HIGH SPEED: ANALYSES — CONCEPTS — CHALLENGES (IFE), BETREUER: JOHANNES KRÖGER, FABIAN RUWISCH

GNSS is an important sensor for autonomous driving since it provides an absolute position. However, high speed affects the GNSS signals since signal interruptions or blockages occur due to bridges and traffic signs. Also, the stability of the carrier phases and the receiver clock is affected and the users have to deal with a weakened spatial resolution.

In this project, the students analysed a 3.5 hour round trip from Hannover to Hildesheim, where a van was equipped with a Septentrio receiver, a Tallysman antenna and an IMU. By analysing the high-rate GNSS data and the data of the IMU, they found out that the velocity and acceleration of the vehicle has no visible effects on the signal strength. However, in dense urban areas the signal strength is heavily affected, as it is illustrated in the highlighted part of the figure.

The analyses of the continuity and availability of the carrier phases observations show that the availability larger than 70% (both, code and phase observations are received) depends on the observation type and frequency. Since also a lot of signal interruptions occur, a PPP solution is especially in urban areas challenging.



Studierende: Efosa Osasunmwun, Trupti Sapkale

EVALUATION OF PIXEL SELECTION STRATEGIES FOR INSAR BASED ON POLARIMETRIC FEATURES (IPI), BETREUER: ANDREAS PITER, MAHMUD H HAGHIGHI

The Persistent Scatterer Interferometry (PSI) is a powerful technique to measure the ground displacement from synthetic aperture radar (SAR) images. However, the ground displacement can only be extracted at pixels with a coherent signal over time. The identification of coherent pixels is challenging, due to the observed phase being wrapped to the interval of $-\pi$ to π . Therefore, approximations for the phase quality are used to detect coherent pixels. Usually, PSI is performed on one polarimetric channel only and the information from the remaining channels is discarded. However, the polarisation of the transmitted signal can be changed due to the properties of the scatterer. Hence, incorporating all polarimetric channels can account for the whole signal content and yield a better phase quality. Further, increasing phase quality leads to more coherent pixels for the deformation analysis.

The goal of the project is to increase the spatial density of scatterers for better spatial mapping of ground displacements. The advent of the Sentinel-1 SAR mission, which provides dual-polarized (HH-HV, VV-VH) SAR data, has paved the way for selecting coherent pixels from polarimetric channels. In this project we use the amplitude dispersion index (ADI) as a criterion for phase quality to select pixels. To increase the signal to noise ratio of the pixels, we create a new, so called *optimized* channel, as a weighted linear combination of the VV and VH channels on the basis of individual pixels. The optimized channel is supposed to have a higher phase quality as we used the ADI as the optimization criterion.

To prove the validity of the approach, we carried out a study over the open pit-mine Hambach in Germany and its surrounding. A stack of coregistered dual-polarized (VV, VH) Sentinel-1 SAR images was created and an optimized channel was computed. We created a stack of single-reference interferograms from the optimized channel and retrieved the deformation time series using the Stanford Method for Persistent Scatterers (StaMPS).

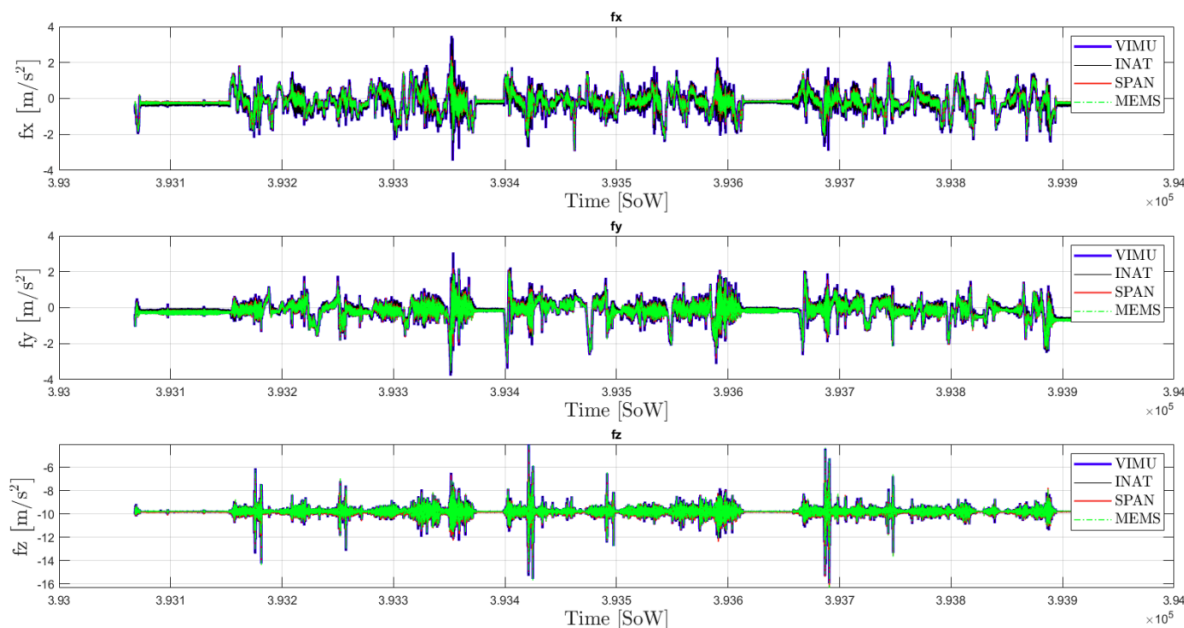
The comparison of the results from the optimized channel with the results from the single polarizations shows a significant increase in the pixel density by 65%. We further analysed the scattering mechanism prevalent at different land cover types. The polarimetric decomposition of the complex signal indicates the type of scattering, e.g. surface- or multiple scattering, as well as the degree of randomness of the signal. The results revealed that multiple scattering is the dominant scattering type in the VH channel, while surface scattering is more dominant in the VV channel.

In conclusion, the project demonstrated the increase in pixel density when using an optimized channel derived from the polarimetric channels compared to either of the individual channels.

Studierende: Akilesh Munirathinam, Aswin Lal, Khaled Ahmed, Mariya Jose, Nils Cornelius, Umer Haider Chattha, Vinny Wilson

IMPLEMENTIERUNG EINER VIRTUELLEN IMU (IFE), BETREUER: BENJAMIN TENNSTEDT,
STEFFEN SCHÖN

Oft werden einzelne Inertialmesseinheiten (IMU) in Kombination mit GNSS verwendet, um die Genauigkeit der Positionierung zu verbessern. In dieser Arbeit wird untersucht, inwiefern die Verwendung mehrerer IMUs die Navigationslösung verbessern könnte. Auf Basis einer Messfahrt, in der Daten von drei IMUs verschiedener Genauigkeitsklassen und Datenraten aufgezeichnet wurden, wird zunächst ein Extended Kalman Filter (EKF) implementiert, das die Beschleunigungen und Drehraten aller IMU fusioniert und kombiniert in einem gemeinsamen Koordinatensystem ausgibt. Diese „virtuelle“ IMU produziert dabei nicht nur die fusionierten Beschleunigungen und Drehraten, sondern ermöglicht auch eine Schätzung der Winkelbeschleunigungen, sofern mindestens drei IMU kombiniert werden. Die Arbeit zeigt auf, dass die IMU mit der höchsten Genauigkeitsklasse (iMAR iNAT-RQT-4003) die gefilterten Beschleunigungen und Drehraten klar dominiert, die Schätzung der Winkelbeschleunigung aber dennoch Vorteile für den Prädiktionsschritt einer gekoppelten GNSS/INS Lösung bringt.



KOMBINATION DER MESSUNGEN DREIER IMU VERSCHIEDENER GENAUGKEITSKLASSE (iMAR iNAT-RQT-4003, iIMU-FSAS-E-EI-SN / SPAN UND LORD MicroSTRAIN MEMS) IM FRAMEWORK EINER "VIRTUELLEN" IMU.

Studierende: Moise Massoma Mouenge

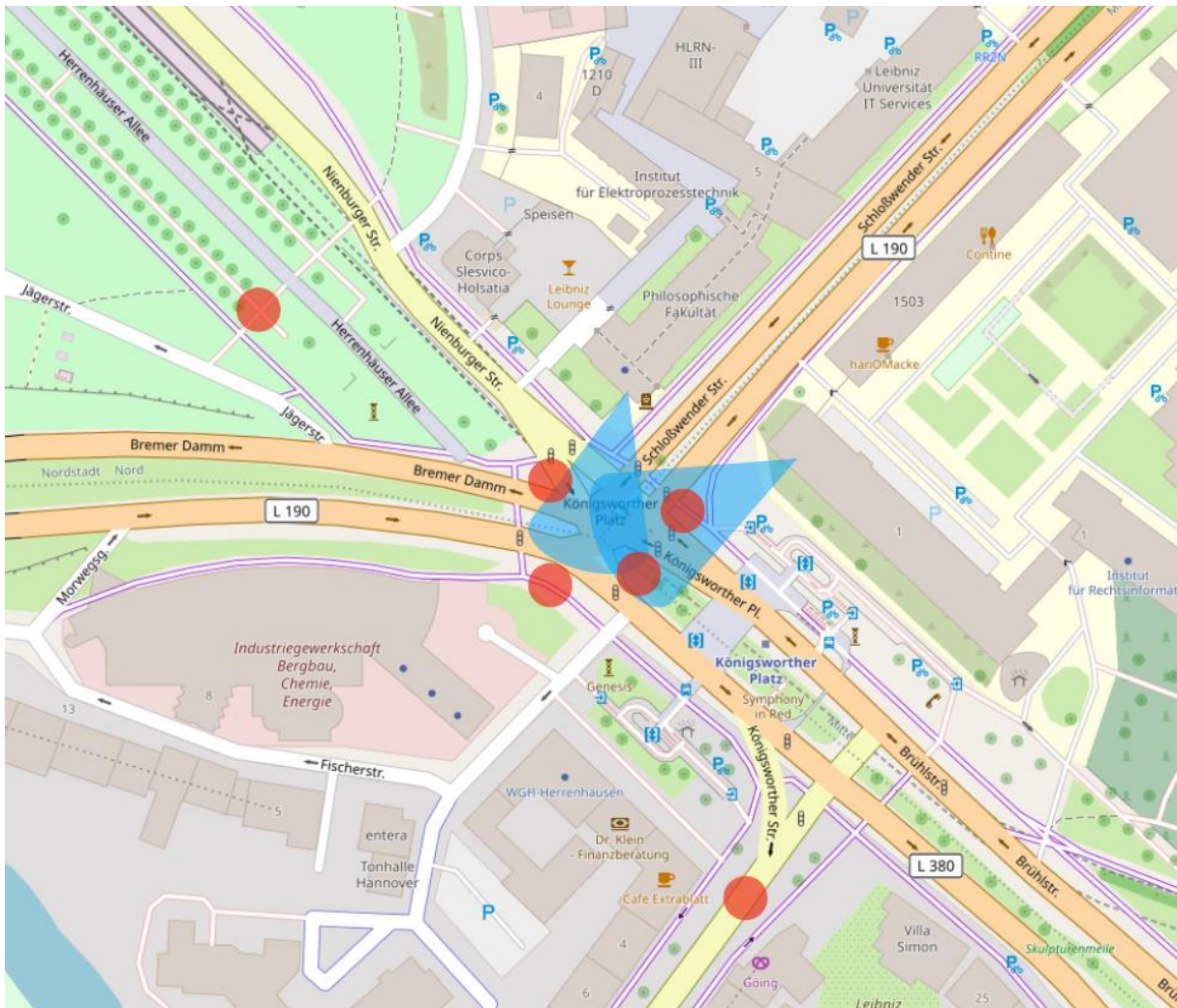
„LOCAL AIR QUALITY MODELLING“ (IKG), BETREUER: PHILIPP OTTO, QENDRIM SHABOVIQ

Themen rund um den Klimawandel stehen heutzutage im besonderem Fokus, wodurch auch das Interesse an einer flächendeckenden und zuverlässigen Messung der Luftqualität steigt, insbesondere die Feinstaub- und Aerosolkonzentrationen. Neben den amtlich erfassten Daten, die mit präzisen gravimetrischen Feinstaubsensoren als Stundenmittelwerte gemessen werden, bieten lokal aufgestellte low-cost Sensoren bei richtiger Kalibrierung einen wertvollen Beitrag zur Datenverfügbarkeit. Bei amtlich erfassten Daten läuft zusätzlich die Gefahr, dass die Feinstaubkonzentration im innerstädtischen Bereich stark schwanken und deutliche Spitzen für einen kurzen Zeitraum aufweisen, zum Beispiel an einer Kreuzung mit hohem Verkehrsaufkommen. Das Verständnis dieser Problematik soll im Fokus des studentischen Projektes liegen.

Das Ziel des Projektseminars ist eine wissenschaftliche mikro-klimatische Analyse der Luftverschmutzung im städtischen Bereich. Hierfür werden low-cost Sensoren (sog. *senseBoxen* von *open-SenseMap*) zur Erfassung der Feinstaubkonzentrationen benutzt, die an einer viel befahrenen Kreuzung in Hannover aufgestellt werden werden, an der zeitgleich der Verkehr überwacht wird. In einer anschließenden statistischen Analyse werden die gemessenen Feinstaubkonzentrationen durch die Studierenden ausgewertet. Hierbei sollen die räumlichen und zeitlichen Abhängigkeiten sowie auch exogene Einflussgrößen aus der Verkehrsüberwachung einbezogen werden. Für eine solche räumlich-zeitliche Fragestellung können die Studierenden beispielsweise multivariate räumlich-zeitliche geostatistische Modelle, oder verallgemeinerte additive Modell nutzen.

Die Fragestellung der statistischen Analyse soll dennoch grundsätzlich von den Studierenden selbst entwickelt werden.

In dem Projekt werden die Studierenden mehrere Sensoren für die Feinstaubkonzentration an der Kreuzung Königsworther Platz in Hannover aufstellen und die Werte über einen Tag erfassen. Dabei soll insbesondere die Feinstaubbelastung an Fußgängerüberwegen (längerer Aufenthalt bei roten Ampelphasen) sowie auf Gehwegen (in der Regel kein längerer Aufenthalt von Passanten) erfasst werden. Zusätzlich soll die Feinstaubkonzentration im Hintergrund erfasst werden. Hierzu werden zwei Sensoren in einem nahegelegenen Park und einer weniger befahrenen Straße aufgestellt werden. In der folgenden Abbildung werden die Aufstellungsorte der Sensoren zur Illustration anhand von roten Kreisen dargestellt.



Bei der Analyse der Feinstaubkonzentration ist insbesondere die Einbeziehung von Wetterkovariaten wichtig, wie bspw. die Luftfeuchtigkeit oder die vorherrschende Windrichtung wichtig, welche von den Studierenden lokal an den Messpunkten erfasst werden soll. Eine weitere wichtige Einflussgröße ist die Verkehrsbelastung, welche in die statistische Modellierung einbezogen werden soll. Hierfür soll einerseits der Lautstärkepegel im Zentrum der Kreuzung genutzt werden sowie andererseits die Position der einzelnen Fahrzeuge auf der Kreuzung. Für den LUMPI (multiperspektivische Kreuzungsdatensatz der Leibniz Universität) Datensatz können Videosequenzen und die Position aller Fahrzeuge während der Erfassung der Feinstaubkonzentrationen als exogene Regressoren einbezogen werden. Die Blickrichtung und Position der Kameras sind in der obigen Abbildung als blaue Kegel dargestellt. Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch eine erfasste Szene.

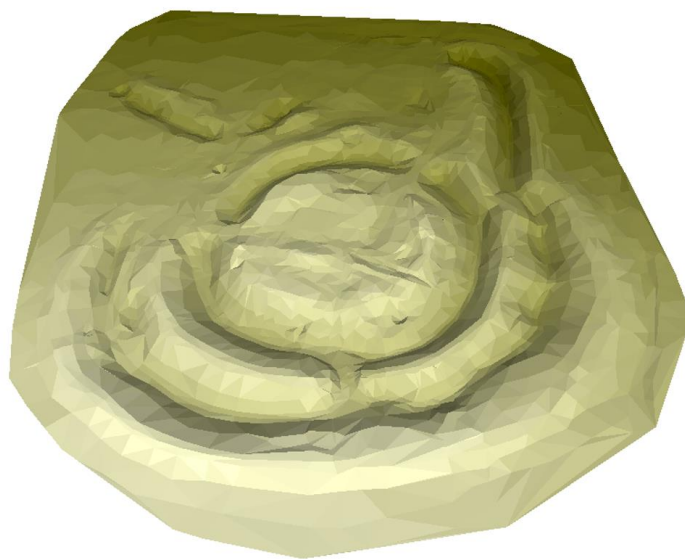
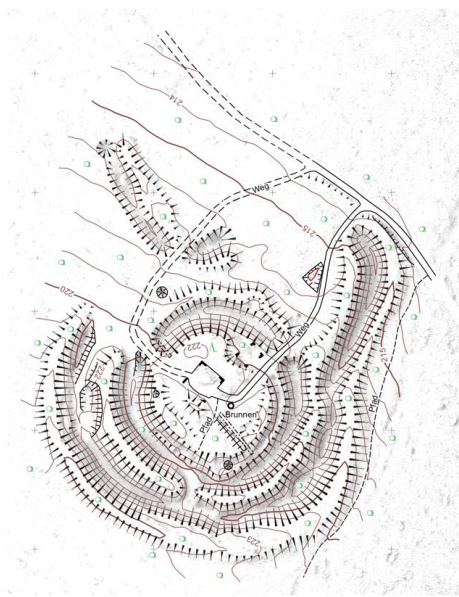
In dem studentischen Projekt sollen die entwickelten Algorithmen genutzt werden (zunächst nur anhand der Videosequenzen, ggf. auch unter Einbeziehung der 3D-Punktwolken), um die Verkehrskovariate zu erfassen. Das schult insbesondere die Verwendung und Aufbereitung verschiedener Datenquellen und -formate.

Studierende: Abdelrahman Gamaleldin, Amina Alo, Csanad Sebesy, Joy Joyson, Kanthi Lochan

PRAXISPROJEKTE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

PRAXISPROJEKT TOPOGRAPHIE 2022 (IKG), „ALTE BURG BEI WARBERG IM ELM“,
BETREUER: FRANK THIEMANN, MALTE SCHULZE

Das Praxisprojekt Topographie fand vom 18. bis 29. Juli in Rábke im Landkreis Helmstedt statt. Die ca. 2,3 Hektar große „Alte Burg“ befindet sich 1,5 km südwestlich von Warberg am Nordhang des Elms auf 222 m Höhe. Die Burg ist seit Januar 1200 zerstört – eine unmittelbare Reaktion von Erzbischof Ludolf von Magdeburg auf die Zerstörung des magdeburgischen Schloss Calbe durch Pfalzgraf Heinrich. In den 1960er Jahren fanden im Kern der Anlage Ausgrabungen statt, bei denen die Grundmauern eines Wohnturmes, eines angebauten Gebäudes und eines Torhauses sowie ein Brunnen nachgewiesen wurden.



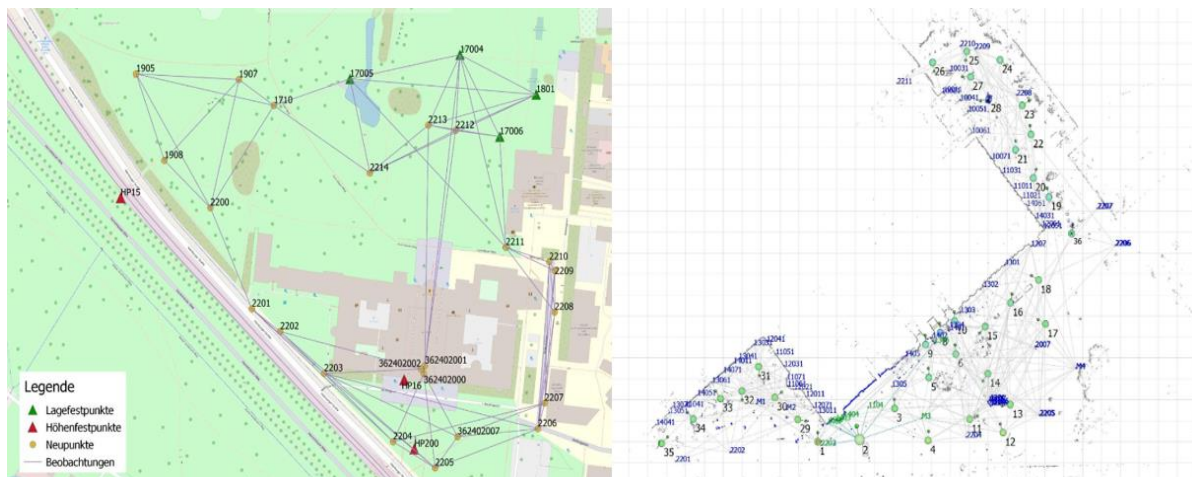
Die 16 Studierenden des zweiten Semesters der Geodäsie und Geoinformatik sowie drei Studierende der Geographie führten die komplette Aufnahme der Burg vom Polygonieren und Nivellieren des Festpunktnetzes bis zur Polaraufnahme der Geländepunkte selber durch. Die rechnerische Auswertung mit TASH und die Ausgestaltung der Karte mit ArcGIS erfolgten im Feldbüro im Kirchengemeindehaus von Rábke. Am Besuchertag in der zweiten Woche konnten wir zusammen mit der Kreisarchäologie Helmstedt die Vermessungsergebnisse der Öffentlichkeit präsentieren.

Studierende: Janus Cartobius, Alexander Gakis, Benjamin Genz, Lennart Höft, Frederik Huhs, Katharina Kellner, Tobias Klapper, Kay Leopold, Felix Lesch, Lennart Möllers, Tim Müller, Lena Bollmer, Tom Reers, Antonia Rink, Benito Schöneich, Niklas Wischnewski

PRAXISPROJEKT INGENIEURGEODÄSIE 2022 (GIH), BETREUER: ARMAN KHAMI, FREDERIC HAKE

Am Praxisprojekt „Ingenieurgeodäsie“ in 2022 haben 12 Studierende aus dem 4. Bachelorsemester teilgenommen. Die Messungen und Auswertungen fanden im Zeitraum vom 18. - 29.07.2022 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 um das Welfenschloss herum sowie die Erfassung des Welfenschlusses als 3D-Punktwolke. Die Netzmessung erfolgte durch tachymetrische Messungen sowie Präzisionsnivelements. Im Rahmen einer 3D-Netzausgleichung wurden die Koordinaten der Referenzpunkte berechnet. Die Laserscannaufnahme 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. Die abschließende Auswertung erfolgte im Cadpool 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 praktischen Elemente erlernt bzw. vertieft werden.

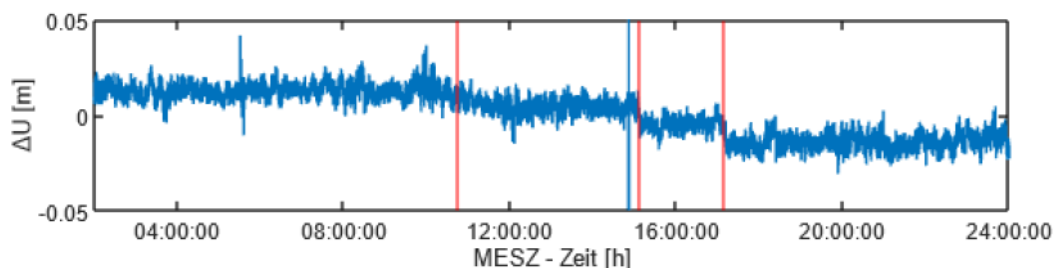


Studierende: Paulina Becker, Finn Brand, Maciej Cwiek, Gädje Geffert, Kamiel Heidberg, Moritz Jüngling, Katharina Krafft, Alexander Möllers, Laura Schäfer, Vincent Tassotto, Nils Ullrich, Kevin Wasilewski

PRAXISPROJEKT LANDESVERMESSUNG 2022 (IFE), BETREUUNG: ANAT SCHAPER, JOHANNES KRÖGER

Das diesjährige Praxisprojekt Landesvermessung fand wie bereits letztes Jahr in der Leibniz Universität Hannover sowie den umliegenden Parkanlagen statt. Dabei haben 10 Studierende des 6. Bachelorsemesters verschiedene Forschungsfragen aus dem Bereich der GNSS-Positionierung analysiert. In der ersten Woche des Projekts wurden die erforderlichen Messdaten von den Studierenden selbstständig erhoben, sodass diese in der zweiten Woche ausgewertet und detailliert analysiert werden konnten. Die Ergebnisse sind in einem Abschlussbericht zusammengefasst und am 29.07.2022 zusammen mit dem GIH vor einem Fachpublikum in einer Präsentation vorgestellt worden.

Ein zu analysierender Aspekt war die Analyse von GNSS-Messungen einer Nullbasislinie unter herausfordernden Bedingungen (viel Abschattung durch Bäume und Gebäude), um die Performance eines Low-Cost-Empfängers und eines geodätischen Empfängers zu vergleichen. Die Auswertung hat ergeben, dass der Low-Cost Empfänger mehr Signale empfängt und somit auch in abschattungsreicher Umgebung eingesetzt werden kann. Der geodätische Empfänger empfängt Satelliten hingegen konstanter und mit einer höheren Signalstärke. Des Weiteren wurde eine mittels vier Vermessungsnägeln vorgegebene Trajektorie im Prinzengarten mit Hilfe von zwei verschiedenen RTK-Instrumenten aufgenommen. Die Auswertung zeigte, dass sich die Trajektorien überwiegend nur in sehr geringem Maße voneinander unterscheiden. Größere Abweichungen traten insbesondere in Gebieten mit mittleren bis starken Abschattungen auf. Zusätzlich sind GNSS-Messungen auf bekannten Punkten durchgeführt worden, wobei bei einigen Punkten ein Antennenwechsel oder ein kompletter Neuaufbau des Stativs innerhalb einer Session verrichtet worden ist. Insgesamt konnten die Stationskoordinaten für alle drei verwendeten Antennen mit einer cm-Genauigkeit bestimmt werden. Des Weiteren wurde ein kleines GNSS-Netz auf dem Messdach des Geodätischen Instituts Hannover gemessen. Um Deformationen zu simulieren, ist eine Antenne mittels eines speziellen Höhenadapters kontinuierlich gesenkt worden. Es stellte sich heraus, dass in diesem konkreten Fall Höhenänderungen mittels GNSS erst ab einer Absenkung von 7 mm detektiert werden können (siehe Abbildung). Dies gilt allerdings nur für eine geodätische Referenzstationsantenne. Bei einer Low-cost Antenne ging die Höhenänderung im erhöhten Rauschen unter.



Studierende: Anna Mareike Grütt, Stefanie Hahn, Nathanael Hehs, Manuel Kramer, Lars Niehsen, Julian Scharnowski, Annika Hinrichs, Jan-Christian Kahrs, Natasa Macanovic und Yanchao Hackert

AUS DER GESELLSCHAFT

BERICHT ÜBER DIE MITGLIEDERVERSAMMLUNG DER GESELLSCHAFT

Der Vorsitzende Jürgen Rüffer eröffnet die Mitgliederversammlung 2022 am 15.11.2022 um 17:00 Uhr und begrüßt die anwesenden Teilnehmer (insg. 38) Es wird die ordnungsgemäße Einladung und Beschlussfähigkeit festgestellt.

Die Versammlung gedenkt der verstorbenen Mitglieder der beiden zurückliegenden Geschäftsjahre:

	<u>Eintritt</u>	<u>Verstorben</u>
LVD a.D. Ulrike Tilk	1984	2021
Dr.-Ing. Wilfried Schleider	1964	04.02.2021
Prof. Dr.-Ing. Karl-Wilhelm Schrick	1979	August 2021
Dipl.-Ing. Uwe Möller	1963	März 2022
Dr.-Ing. Werner Hupfeld	2011	06.05.2022
Dipl.-Ing. Walter Flebbe	1979	31.08.2022

Am 15. November 2022 hat die Förderergesellschaft gemeinsam mit der Leibniz Universitätsgesellschaft e.V. Frau Anat Schaper, M. Sc., den erstmalig mit 3000,- € dotierten Walter-Großmann-Preis 2022 verliehen. Dies ist eine Anerkennung ihrer wissenschaftlichen Arbeit "**Improving GNSS Shadow Matching with Diffraction Modeling**" und der publizistischen Darstellung "**Satellitennavigation: wie störende Ecken und Kanten plötzlich helfen**".

Herr Rüffer berichtet von den Aktivitäten des Vorstandes seit der letzten Mitgliederversammlung 2021:

- 5 Vorstandssitzungen
- 2 Sitzungen des erweiterten Vorstands
- Vorbereitung und Durchführung eines Speed-Datings mit 11 teilnehmenden Firmen und Organisationen am 01.07.2022
- Planung und Durchführung des 70jährigen Fördererjubiläums mit Festvortrag und Feier
- Teilnahme an 6 Sitzungen der PR-Kommission seit Herbst 2021
- 2 Newsletter der Förderergesellschaft
- Verabredung einer zusätzlichen Förderung durch die Nico-Rüpke-Stiftung Hamburg (Prof. Dr. Erich Kanngieser)
- Ausschuchen und Implementierung eines neuen Förderer-Logos für Marketing-Material

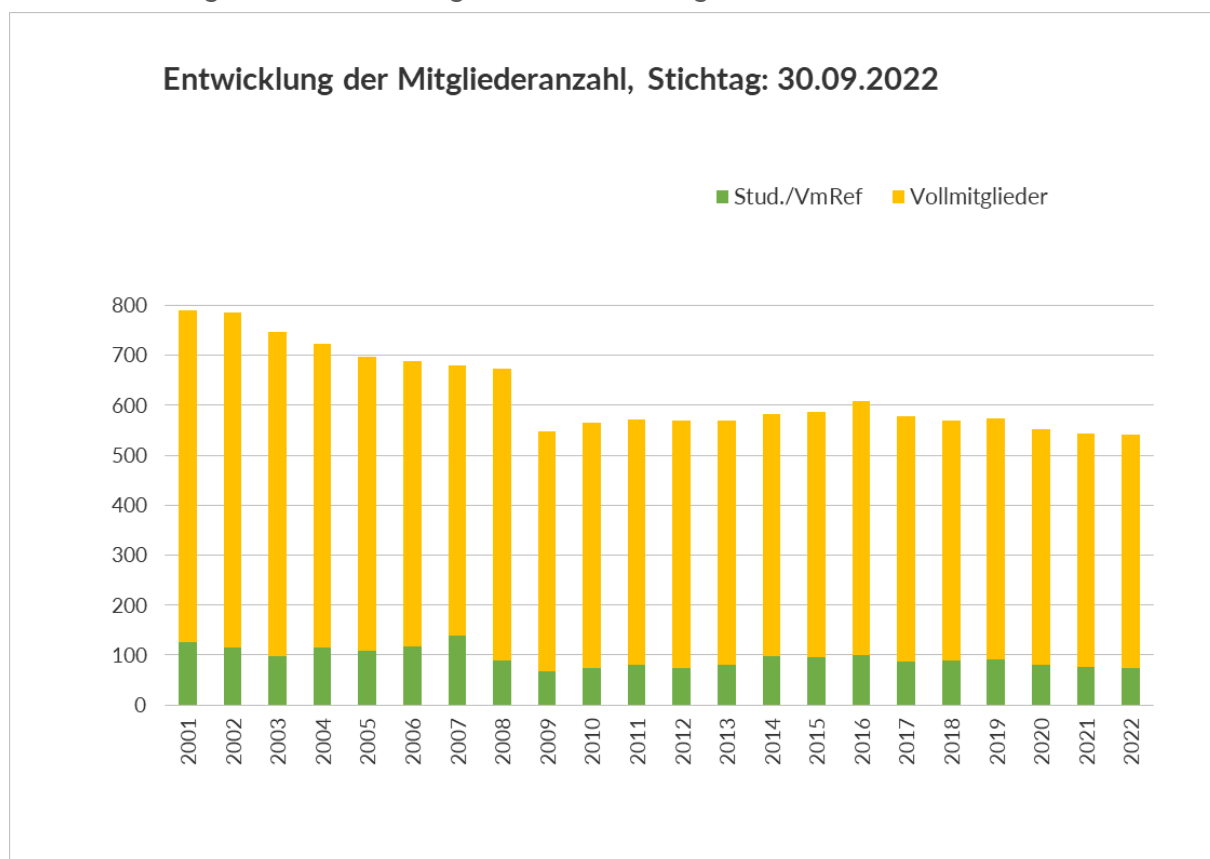
MITGLIEDEREHRUNGEN

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

Herr Dipl.-Ing. Hermann Hahn
 Herr Dipl.-Ing. Axel Jahn
 Herr Dipl.-Ing. Dieter Kertscher
 Herr Hon.-Prof. Klaus Kertscher
 Herr Dipl.-Ing. Reinhard Krumbholz
 Herr Dipl.-Ing. Stefan Rücker
 Herr Dipl.-Ing. Vermessungsassessor i.R. Roland Tille
 Herr Dipl.-Ing. LVI i.R. Herbert Troff
 Herr Dipl.-Ing. Helmut Wegner

MITGLIEDERENTWICKLUNG

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



MITGLIEDERENTWICKLUNG 2001 – 2022.

Laut Mitgliederdatenbank der Schatzmeisterin besteht die Gesellschaft zum Stichtag 30.09.2021 aus 541 Mitgliedern, davon 466 Vollmitglieder und 75 Studierende sowie Personen im Referendariat.

KASSENBERICHT

Frau Rietdorf stellt den Kassenbericht für das abgeschlossene Haushaltsjahr 2021 und die Entwicklung des Gesellschaftsvermögens vor.

Jahresabschluss 2021 /-2022 (in Euro)

Bestand Girokonto am 01.10.2021	10.522,90
<hr/>	
Summe Einnahmen	23.575,00
Summe Ausgaben	20.846,42
Bestand Girokonto am 30.09.2022	2.728,58
Bestand TopZins-Konto am 01.10.2021	10.300,83
Zinseinkünfte	0,00
Bestand Topzinskonto am 30.09.2022	10.300,83
<hr/>	
Gesamtbestand am 30.09.2022	23.552,31€

BERICHT DER KASSENPRÜFER, ENTLASTUNG DES VORSTANDES

Der Jahresabschluss per 30.09.2021 wurde von den Kassenprüfern Herrn Dr.-Ing. Willgalis und Herrn Dr.-Ing. Hoberg am 04.11.2022 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 Herrn Prof. Dr.-Ing. Torge erfolgte die Entlastung der Schatzmeisterin und des Vorstandes durch die Mitglieder, welches beides einstimmig beschlossen wurde.

HAUSHALTSPLAN 2022/2023

Bestand am 01.10.2022 (Girokonto, Festgeldkonto)	13.251.48€ 10.300,83€
<hr/>	
Einnahmen	
Mitgliedsbeiträge	12.000,00
Spenden	1.900,00
Zuschuss Leibniz-Universitätsgesellschaft	
Zuwendung Nico Rüpke-Stiftung	20.000,00
Summe Einnahmen (gerundet)	33.900,00
Ausgaben	
Walter-Großmann-Preis	3.000,00
Bachelor-Preis	1.000,00
Sonderpreis-Rizkallah-Stiftung	250,00
Buchpreise beste Absolventen	300,00
Förderung der Geodätischen Exkursion	4.000,00
Förderung der Fachschaft	4.000,00
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	4.000,00
Reisekosten Studierende zu fachlichen Veranstaltungen	1.000,00
Mitgliedsbeitrag Leibniz-Universitätsgesellschaft 2022/23	1.800,00
Geschäftsstelle	2.500,00
Geschäftsbedarf (Porto, Konto)	350,00
Fördererheft (Druckkosten und Versand)	3.500,00
Entwurf Logo & Flyer	
(Übertrag aus 2021/22)	2.000,00
Speed-Dating	1.000,00
Summe Ausgaben	39.300,00
<hr/>	
Voraussichtlicher Bestand am 30.09.2023 (gerundet)	18.150,00€

VORSTELLUNG DES NEUEN MARKETING-MATERIALS FÜR DIE FÖRDERERGESELLSCHAFT

Tobias Kersten stellt die Entwicklung eines neuen Logos für die Förderergesellschaft vor. Hauptmotiv ist die vereinheitlichte Öffentlichkeitsdarstellung (Corporate Identity mit klaren Linien). Das gefundene Logo wirkt durch seine frische und klare Farbzusammensetzung lebendig und analytisch. Es findet zukünftig Verwendung auf:

- Geschäftsbriefen
- Powerpoint-Präsentationsvorlagen
- Flyern bei Messen und zur Öffentlichkeitsarbeit (PR-Arbeit)
- Urkunden und Auszeichnungen (Walter-Großmann-, Bachelor- und Buchpreis, 50-jähriges Jubiläum)

Das neue Design kann auch auf dem Titelblatt des Fördererheftes Verwendung finden.

VORSCHLAG ZUR ANPASSUNG DER BEITRAGS- UND FÖRDERRICHTLINIE UND DISKUSSION

Jürgen Ruffer schlägt die Einführung von Förderbeiträgen für Unternehmen und Behörden vor.

Firmenmitgliedschaften für Arbeitgeber

- bei kleineren Unternehmen (< 50 Mitarbeitern) 490,-€/Jahr
- bei größeren Unternehmen und Behörden 980,-€/Jahr

Die Mitglieder diskutieren, ob die Gegenleistung (Bevorzugung beim zukünftig jährlich stattfindenden Speed-Dating, Erhalt Fördererheft) ausreichend für den Beitrag ist.

Bei der nächsten Mitgliederversammlung 2023 soll es eine Abstimmung zur Änderung der Beitrags- und Förderrichtlinie geben.

BERICHT DER FACHRICHTUNG

Der Bericht aus der Fachrichtung wird in diesem Jahr durch Prof. Monika Sester vom Institut für Kartographie und Geoinformatik vorgetragen. Auf eine ausführliche Darstellung des Inhaltes dieses Vortrags, insbesondere in Bezug auf die Institutsaktivitäten (Projektarbeiten), kann hier im Protokoll verzichtet werden, da die vielen Einzelbeiträge mit Details im vorliegenden Jahresberichtsheft der Gesellschaft publiziert wurden.

Monika Sester berichtet, dass die Mitarbeiterzahl in allen vier Instituten der Fachrichtung stark zugenommen habe, wobei die meisten Mitarbeiter aus Drittmittel finanziert würden. Auf diese Forschungsstärke ist die Fachrichtung sehr stolz.

Gäste aus aller Welt, besonders aus dem Iran und auch aus der Ukraine (mittels eines DAAD-Projekts), arbeiten und forschen an den Instituten. Die Institute haben eine Reihe von Events ausgerichtet. Zu nennen sind hier u.a. der IV-Workshop i.c.sens (ikg/IfE), Kongress der ISPRS in Nizza (IPI), die Tagung SWIM (Summer Workshop on Interval Mathematics (IfE), Vorbereitung der ITGG General Assembly 2023 in Berlin (IfE) sowie Mitorganisationen verschiedener Seminare wie TLS, UAV, Geomonitoring (GIH.).

Bei den internationalen Bewerbern aus Nicht-EU-Ländern wurden Interviews zur Eignungsprüfung für eine gezieltere Auswahl zum Master eingeführt. Im WS 2022/23 gab es insgesamt 232 Studierende (94 im Bachelor, 138 im Master). Darunter waren 31 Erstsemester im Bachelor- und 14 Erstsemester im Master-Studiengang.

Ende des Jahres erscheint eine Neuauflage des Buches „Geodesy“ (De Gruyter Lehrbuch) von W. Torge, J. Müller, R. Pail.

Im Namen der Fachrichtung bedankt sich Monika Sester ganz herzlich für die Beiträge der Förderergesellschaft – sowohl materiell, mit denen man viel Gutes tun kann, als auch ideell durch ihr Interesse und ihre Beteiligung an den Veranstaltungen der Fachrichtung.

BERICHT DER PR-KOMMISSION

Im Namen der PR-Kommission der Fachrichtung gibt der Vorsitzende Yannick Breva einen Überblick über die Aktivitäten im Jahr 2022. Das Ziel ist, Schüler und Studieninteressierte auf den Bachelorstudiengang Geodäsie und Geoinformatik aufmerksam zu machen. Dies soll vor allem durch die Teilnahme an unterschiedlichen öffentlichen Veranstaltungen, Schulbesuchen, Social Media-Aktionen, Flyer und digitalen Veranstaltungen erreicht werden.

2022 beteiligte sich die PR-Kommission u.a. am Girls-Day, dem Sommerfest der LUH mit einem eigenen Exponat zum Mitmachen, der Ideen-Expo, den Hochschulinformationstagen (HIT) sowie an der Leibniz AnsprechBar - einem Tag der offenen Tür der LUH.

In den Social Media ist die PR-Kommission mit dem Instagram-Account (@luh_geodaesie und @weltvermesserer sowie einem Facebook Account vertreten.

Yannick Breva schließt seinen Vortrag mit einem herzlichen Dank an die Förderer u.a. für die Give-aways für Veranstaltungen sowie die Unterstützung des jährlichen Helfergrillens.

BERICHT DER FACHSCHAFT

Für die Fachschaft berichtet Jan-Eric Bewer von den Aktivitäten der Fachschaft seit der letzten Mitgliederversammlung 2021. Zurzeit sind 17 aktive Fachschaftsmitglieder dabei.

Neben der Unterstützung der PR-Maßnahmen wie im „November der Wissenschaft 2021“, dem Online-Workshop „Ich will was machen mit...“ im März, dem Markt der Möglichkeiten (September) sowie bei der „Leibniz AnsprechBar“ im November 2022, hat die Fachschaft traditionell die Erstsemesterwoche im Oktober 2022 unterstützt.

Diese konnte erstmals seit der Coronapandemie wieder in vollem Umfang stattfinden. Die Fachschaft organisierte für 25 Bachelor- und 14 Masterstudierende Führungen durch die Universität, führte in die digitalen Services der LUH ein und stellte eine Stadtrallye zum Kennenlernen auf die Beine. Dazu kamen soziale Meetings wie ein gemeinsames Frühstück und ein Bowling-Abend.

Das Studierendennetzwerk Geodäsie hat deutschlandweit und auch international große Bedeutung für die Fachschaft. So nahm sie an drei Konferenzen der GeodäsieStudierenden (KonGeoS) in Dresden, Wien und Karlsruhe teil. KonGeoS ist die Konferenz der GeodäsieStudierenden der

Universitäten und Fachhochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Vom 06. – 12.06.2022 organisierte die Fachschaft zusammen mit der HCU Hamburg das jährliche Treffen IGSM (International Geodetic Student Meeting) in Hannover. Es gab externe Fachvorträge, eine Exkursion nach Hamburg, Fachvorträge der Teilnehmenden und eine Generalversammlung der IGSO (International Geodetic Student Organisation). Auch das Kultur- und Sportprogramm kam nicht zu kurz.

Im Rahmen der allgemeinen Selbstverwaltung in der Fachrichtung stellen die GeodäsieStudierenden Mitglieder im Fachschaftsrat der Fakultät. In folgenden Gremien innerhalb der Fakultät arbeitet die Fachschaft mit: Fakultätsrat, Studienkommission, Prüfungsausschuss, PR-Kommission, Strukturkommission, Studentischer Rat sowie bei Sitzungen des erweiterten Vorstands der Förderergesellschaft.

Im Namen der Fachschaft Geodäsie und Geoinformatik bedankt sich Jan-Eric Bewer herzlich für die Unterstützung durch die Gesellschaft.

VERSCHIEDENES

Jürgen Rüffer spricht die gestiegenen Kosten für das gedruckte Fördererheft an. Der Vorstand fragt die anwesenden Mitglieder nach ihrer Meinung zur ausschließlich digitalen Form des Fördererheftes. Die Institute machen deutlich, dass das Berichtsheft für sie u.a. als Willkommensgeschenk an neue Mitarbeiter und Gäste sowie für Werbezwecke genutzt wird.

Aus Nachhaltigkeitsgründen würde sich ein Druck „Print-on-Demand“, also „Druck auf Nachfrage“, für diejenigen Mitglieder anbieten, die es ausschließlich analog lesen wollen. Dafür fallen dann voraussichtlich zusätzliche Kosten von ca. 9,- € pro Berichtsheft inkl. Versand an. Die digitale Version soll auf der Webseite der Förderer als Standard weiterhin kostenlos zur Verfügung stehen.

Nach eingehender Diskussion wird entschieden, dass über den Newsletter eine erneute Abfrage unter den Mitgliedern erfolgen soll, wer über die Institute hinaus das Berichtsheft weiterhin als gedrucktes Exemplar haben möchte.

Die nächste Mitgliederversammlung wird noch nicht festgelegt.

Jürgen Rüffer bedankt sich bei allen Teilnehmern und beendet die Mitgliederversammlung gegen 19:20 Uhr.

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.

AUFRUF BACHELOR-PREIS 2023 DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Die Förderergesellschaft ruft Studierende der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der LUH, die 2023 erfolgreich den Bachelorabschluss erlangt haben, dazu auf, sich um den Bachelor-Preis 2023 zu bewerben. Der Preis besteht aus einer Verleihungsurkunde sowie einem Geldbetrag von € 1.000,-.

Die Vorschläge sind bis zum Ende des Jahres an den Vorstand der Förderergesellschaft zu richten und sollen spätestens am 31. Dezember 2023 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 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 2023 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 eine andere wissenschaftliche Fortbildung verwendet werden.

Teilnahmeberechtigt sind alle Masterkandidatinnen und Masterkandidaten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, deren Masterarbeit im Zeitraum vom 1. Oktober 2022 bis 30. Juni 2023 eingereicht und beurteilt wurde.

Eine allgemeinverständliche, öffentlichkeitswirksame Darstellung (Presseartikel) des betreffenden Forschungsbereichs ist bis zum 30.06.2023 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

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 WALTER-GROßMANN-PREISES 2022

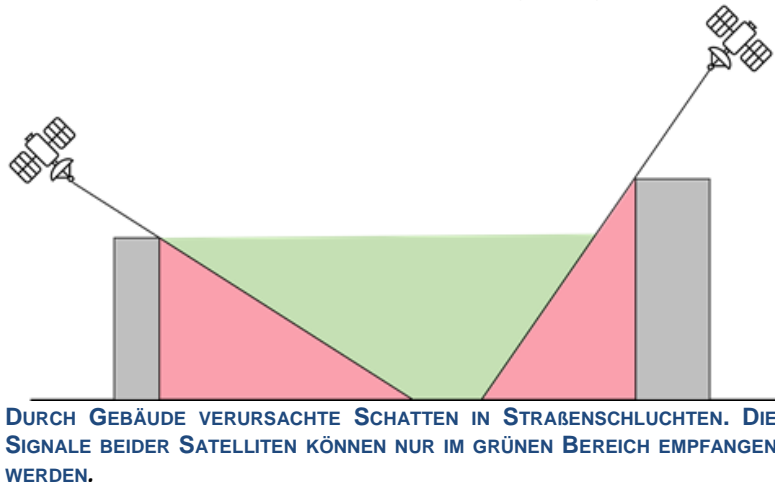


Die diesjährige Preisträgerin, Frau Anat Schaper, M. Sc., wurde im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums am 15.11.2022 mit dem Walter-Großmann-Preis geehrt.

Frau Schaper erhielt den erstmalig mit 3.000,-€ dotierten Preis für ihren exzellenten Studienabschluss und für ihren hervorragend geschriebenen Presseartikel. Dies ist eine Anerkennung der wissenschaftlichen Masterarbeit „**Improving GNSS Shadow Matching with Diffraction Modeling**“ und der publizistischen Darstellung „**Satellitenavigation: wie störende Ecken und Kanten plötzlich helfen**“. Der Beitrag wird im Folgenden wiedergegeben.

SATELLITENNAVIGATION: WIE STÖRENDE ECKEN UND KANTEN PLÖTZLICH HELFEN - WO ICH BIN UND WO ICH DENKE, DASS ICH BIN (ANAT SCHAPER)

Vermutlich haben Sie folgendes Szenario schon häufiger beobachtet: Sie befinden sich in einer fremden Stadt und möchten sich von Ihrem Smartphone navigieren lassen. Die Standortfunktion wird aktiviert und Sie warten und warten, bis der aktuelle Standort ermittelt wird. Statt der korrekten Position wird jedoch eine Position inmitten eines Gebäudes oder in einer Parallelstraße angezeigt.



Dieses Phänomen wird insbesondere in Städten mit großen Hochhäusern oder Wolkenkratzern, wie z.B. Frankfurt am Main oder internationalen Metropolen wie New York, beobachtet. Doch auch in Städten wie Hannover kann man sich schnell darüber ärgern. Die Ursache für die ungenaue Position sind die umliegenden Häuser, welche

als Hindernisse für GPS, oder allgemeiner, GNSS-Signale agieren und „Schatten“ auf die Straße werfen. Diese sorgen dafür, dass die von den Satelliten ausgesendeten Signale das Smartphone entweder gar nicht, oder erst über Umwege, beispielsweise nach Reflexion oder Beugung von Signalen an Kanten oder Ecken von Hindernissen, erreichen.

Da zur Berechnung der eigenen Position die Laufzeiten der Signale zwischen Smartphone und Satelliten verwendet werden, ist es für die Bestimmung der korrekten Position erforderlich, dass alle Signale auf direktem Wege am Smartphone ankommen. Erreicht ein Signal das Smartphone über Umwege, ist die zurückgelegte Strecke länger – die berechnete Position des Smartphones ist somit nicht korrekt und kann um einige Meter fehlerhaft sein. Besonders die Genauigkeit quer zum Straßenverlauf leidet in städtischen Umgebungen, da die Gebäude am Straßenrand die Sicht auf Satelliten quer zur Fahrtrichtung verdecken. Werden hierdurch Fußwege mit Straßen verwechselt, hätte dieses, insbesondere durch die Anwendung der satellitenbasierten Positionierung beim autonomen Fahren, fatale Folgen.

Das Problem zur Lösung machen

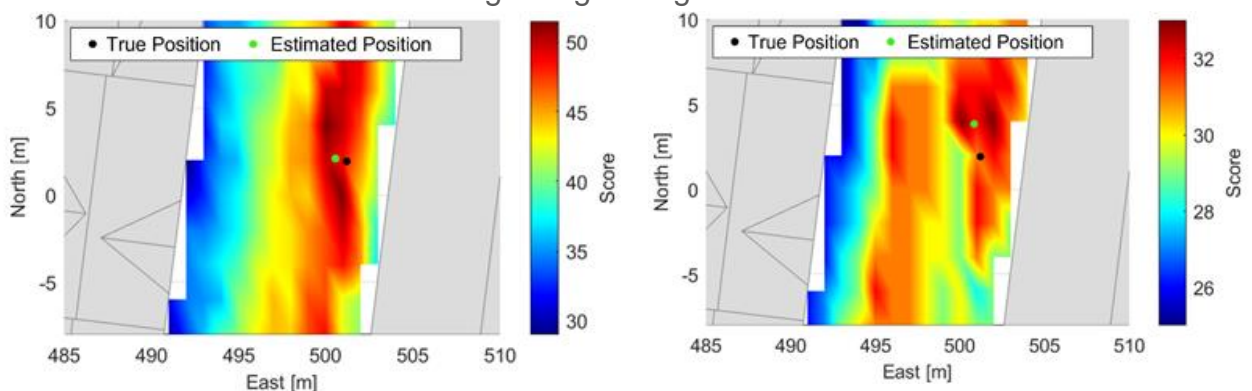
Wie wäre es jedoch, wenn man sich die Schatten zu Nutzen macht? Ein bereits häufig verwendeter alternativer Ansatz zur Positionierung ist das sogenannte Shadow Matching, welches nicht die Laufzeit des Signals verwendet. Stattdessen wird mit Hilfe von 3D-Gebäudemodellen für mehrere mögliche Nutzerpositionen die Übereinstimmung zwischen theoretischer und tatsächlicher Satellitensichtbarkeit ermittelt. Ein Satellit ist in der Theorie nur dann sichtbar, wenn die Verbindungslinie zwischen dem Smartphone und dem Satelliten nicht von einem Gebäude unterbrochen wird. Ein Bewertungsschema dient dazu, den Grad der Übereinstimmung zu ermitteln. Die Position mit der größten Übereinstimmung von

berechneten und tatsächlichen Sichtbarkeiten wird als korrekte Position angenommen.

Das klingt zunächst alles relativ einfach – wären da nicht die Signale, die das Smartphone über Umwege erreichen, obwohl keine direkte Sichtverbindung zum Satelliten besteht. Aus diesem Grund berücksichtigen erweiterte Shadow Matching Algorithmen auch die Information von reflektierten Signalen. Die als Diffraction bezeichneten Beugungseffekte werden jedoch vernachlässigt.

Im Rahmen meiner Masterarbeit am Institut für Erdmessung der Leibniz Universität Hannover habe ich mich mit dieser Problematik befasst. Hierzu wurde in einem Modell die Diffraction in einer repräsentativen Straßenschlucht Hannovers simuliert und detailliert analysiert. Die aus dem Modell gewonnenen Informationen werden im Anschluss genutzt, um das konventionelle Shadow Matching so anzupassen, dass auch das Auftreten von Diffraction berücksichtigt und zur Verbesserung der Positionierung genutzt werden kann. Dazu werden die simulierten Signalstärken in ein Bewertungsschema integriert. Neben der Unterscheidung in sichtbare und nicht-sichtbare Signale wird eine dritte Klasse – gebeugte Signale – eingeführt. Im Vergleich zu Bewertungsschemata, welche Diffraction gar nicht, oder nur in vereinfachter Form berücksichtigen, kann auf diese Weise eine Verbesserung der Position von bis zu 85% in der horizontalen Ebene und 97% quer zur Fahrtrichtung erzielt werden. Die Abbildungen zeigen die Übereinstimmung zwischen theoretischen und tatsächlichen Sichtbarkeiten für die konventionelle (obere Abbildung) bzw. die um Diffraction erweiterte Methode (untere Abbildung). Eine dunkelrote Farbe zeigt eine hohe Übereinstimmung und demzufolge wahrscheinliche Position, eine blaue Farbe beschreibt eine unwahrscheinliche Position. Die daraus resultierenden Nutzerpositionen sind in grün, die Sollposition in schwarz dargestellt. Es ist klar zu erkennen, dass das Hinzuziehen von Informationen zu Diffraction im Shadow Matching in eine deutlich genauere Positionsbestimmung resultiert.

Auf diese Weise konnte erstmalig gezeigt werden, dass die Genauigkeit des Shadow Matching Positionierungsalgorithmus durch detaillierte Kenntnis über das Verhalten von gebeugten Signalen deutlich erhöht werden kann.



ERGEBNISSE DES SHADOW MATCHINGS. DIE ÜBEREINSTIMMUNG ZWISCHEN THEORETISCHEN UND TATSÄCHLICHEN SICHTBARKEITEN IST FARBlich DARGESTELLT. JE HÖHER DER SCORE, DESTO GRÖßER DER GRAD DER ÜBEREINSTIMMUNG. DIE MITTELS SHADOW MATCHING BESTIMMTEN NUTZERPOSITIONEN SIND IN GRÜN, DIE SOLLPOSITION IN SCHWARZ DARGESTELLT. LINKS: KONVENTIONELLES MODELL OHNE BERÜCKSICHTIGUNG VON DIFFRAKTION. RECHTS: ERWEITERTES MODELL MIT BERÜCKSICHTIGUNG VON DIFFRAKTION.

AUSLANDSPRAKTIKUM AN DER UNIVERSITY OF CALGARY IN KANADA

FINN BOIE, 01.07. – 31.08.2022

Mein Masterstudium wollte ich von Anfang an gerne mit einem Auslandsaufenthalt bereichern. Nachdem mein bereits geplantes Auslandssemester an der University of New Brunswick in Kanada 2020 pandemiebedingt ersatzlos abgesagt wurde, habe ich im Januar 2022 angefangen neue Pläne zu machen. Da ich zu dieser Zeit bereits in der Endphase meiner Masterarbeit steckte kam ein gewöhnliches Auslandssemester an einer ausländischen Uni für mich nicht mehr infrage. Stattdessen sollte es also ein Praktikum im Ausland werden, in dem ich das Sammeln praktischer Erfahrung für den Einstieg in das Berufsleben mit einem Auslandsaufenthalt kombinieren konnte. Zielland für diesen Aufenthalt sollte weiterhin Kanada sein, da mir Land und Leute bei einem früheren Aufenthalt sehr zusagten. Freundlicherweise konnte mir Prof. Heipke vom IPI einen Kontakt zu seinem Kollegen Derek Lichti am Geomatics Department der University of Calgary herstellen. Dieser sagte mir auch direkt zu, dass ich über das kanadische Sommersemester, also für die Monate Juli und August einen Platz in seiner Arbeitsgruppe einnehmen könne. Da ich für die Zeit offiziell an der Uni angestellt werden sollte, musste ich zunächst ein komplexes Visa-Verfahren durchlaufen, um eine kanadische Arbeitserlaubnis zu bekommen.

Für junge Leute hat Deutschland ein Abkommen mit Kanada, um das Sammeln internationaler Arbeitserfahrungen zu ermöglichen. Unter bestimmten Voraussetzungen ist es im ‚Young Professional‘-Programm sehr einfach an eine arbeitgebergebundene Arbeitsgenehmigung in Kanada zu kommen.

Nachdem ich die Zusage für das Visum hatte, habe ich mich um einen Platz im Studentenwohnheim beworben. Da über den Sommer viele Studenten den Campus verlassen, war es trotz des angespannten Wohnungsmarktes in Calgary recht einfach, dort einen Platz zu erhalten.

Ende Juni habe ich mich dann auf den Weg nach Kanada gemacht. Zunächst ging es noch für einige Tage nach Montreal und Ottawa, von wo ich dann weiter nach Calgary geflogen bin. Dort angekommen habe ich zuerst mein Zimmer im Wohnheim bezogen, wo ich direkt meinen Mitbewohner Martin kennengelernt habe. Martin hat mich dann auch an meinem ersten Tag in Calgary, der auf den kanadischen Nationalfeiertag ‚Canada Day‘ fiel, mit einer Gruppe von Freunden auf einen kleinen Roadtrip in die Rocky Mountains mitgenommen. So habe ich direkt Anschluss gefunden. Mit dieser Gruppe habe ich dann auch einige meiner Wochenenden bei Tageswanderungen und Camping-Trips in den verschiedenen National- und Provincial Parks in der Umgebung verbracht.

Der Montag darauf war mein erster Arbeitstag. Derek war während der ersten zwei Wochen meines Aufenthaltes auf einer Konferenz in Québec City, weshalb mich sein PhD Student Kent Jones an meinem ersten Tag begrüßt und mir alle für mich wichtigen Gebäude und Räume auf dem weitläufigen Campus gezeigt hat. Anschließend stand noch ein Besuch im Sekretariat des Departments an, um die verbliebenen Formalien für meine offizielle Anstellung an der Uni zu regeln. Außerdem hat Kent mir dann noch

den Laborraum der Arbeitsgruppe und meinen Arbeitsplatz im Büro von Dereks Arbeitsgruppe gezeigt.

Während meines Aufenthaltes an der University of Calgary sollte ich in verschiedenen kleineren Laserscanning-Projekten der Archäologie-Abteilung an der Uni Calgary mitarbeiten. Dabei ging es um die Generierung von 3D-Modellen historisch wertvoller und gefährdeter Kulturerbstätten, die archiviert und so für zukünftige Generationen erhalten werden sollen. Durch das im Vergleich zu Europa geringere Interesse der Kanadier an ihrem kulturellen Erbe ist auch der Denkmalschutz sehr viel schwächer ausgeprägt und viele solcher Stätten sind beispielsweise durch den zeitlichen Verfall oder Bauvorhaben gefährdet. Aus diesen Projekten sind bereits zwei online verfügbare Archive, jeweils eins für die Provinz Alberta und eins für das Yukon Territorium entstanden.

In Vorbereitung darauf war meine Aufgabe im Juli, mich in den Laserscanner und die Software Leica Cyclone einzuarbeiten. Dafür habe ich in den ersten Wochen einige Scans auf dem Campus durchgeführt und mich auf dieser Datenbasis mit der Bereinigung und Registrierung der entstandenen Punktwolken in Cyclone befasst. Neben dem terrestrischen Laserscanner hatte ich die Möglichkeit Scans mit einem GeoSLAM System durchzuführen, um die verschiedenen Aufnahmetechniken miteinander zu vergleichen. Die daraus entstandenen Datensätze sollen dann zukünftig als Beispiele in der Lehre eingesetzt werden.



LASERSCANNING AUF DER BAUSTELLE DES SPRINGBANK RESERVOIR. DIESE FLÄCHEN WERDEN ZUKÜNFTIG ALS ÜBERSCHWEMMUNGSGEBIETE BEI HOCHWASSER BENÖTIGT.

Im August bekam ich dann die Chance an einem praktischen Projekt für das Heritage Archiv mitzuwirken. Dabei ging es um die Aufnahme einer Blockhütte aus der Zeit um 1900. Diese befand sich auf dem Gebiet der Baustelle für ein großes Staudamm-Projekt östlich von Calgary und war das letzte noch stehende Gebäude einer kleineren Ansiedlung. Die Flächen dieser schon seit langem verlassenem Siedlung sollen später als Überschwemmungsflächen dienen.

Eigentlich sollte ich während meines Praktikums auch noch bei einem größeren Projekt in Golden, British-Columbia mitarbeiten. Dort befindet sich das Swiss Edelweiss Village, ein von der Canadian Pacific Railway zu Beginn des 20. Jahrhunderts für ihre Angestellten Schweizer Bergführer gebautes Dorf, bestehend aus sechs typischen schweizerischen Almhütten. Heute droht dieses Dorf zu verfallen. Teil der Initiative zu seiner Rettung ist die Erstellung eines 3D-Modells. Leider standen die Mittel für dieses Projekt nicht rechtzeitig zur Verfügung, weshalb es für mich bei dem einen praktischen Projekt blieb. Ich habe mich um die Almhütten bemüht.

Neben den fachlichen Punkten hatte ich während meiner Zeit in Calgary natürlich auch die Möglichkeit die lokale Kultur kennenzulernen und die Umgebung zu erkunden. Kulturell ist Kanada allein aufgrund seiner räumlichen Ausmaße und der Migrationsgeschichte sehr divers aufgestellt.



GLETSCHERSEEN PRÄGEN DIE LANDSCHAFT DER KANADISCHEN ROCKY MOUNTAINS. DER MORAINELAKE IST NUR EIN BEISPIEL VON VIELEN.

Die Provinz Alberta, in der sich Calgary befindet, gilt als Kanadas Wilder Westen, weshalb die Stadt auch den Spitznamen ‚Cowtown‘ trägt. Das zeigt sich ganz besonders an zehn Tagen im Juli, wenn die größte Rodeo-Show der Welt, die Calgary Stampede stattfindet, die ich natürlich besucht habe. In dieser Zeit laufen alle echten Calgarys in Cowboy-Outfit durch die Stadt und es kommt Western-Feeling auf.

Die nahegelegenen Nationalparks Banff, Yoho und Jasper eignen sich ideal, um der Hektik der Stadt zu entfliehen. Dort konnte ich an den Wochenenden viele beeindruckende Wanderungen unternehmen und auch die vielfältige Tierwelt, für die Kanada bekannt ist, beobachten. Unter anderem konnte ich Schwarzbären, kanadische Bergziegen, Wapiti-Hirsche und sogar einen jungen Grizzly und einen Elch sehen.

Insgesamt hat mir mein Auslandsaufenthalt trotz des geringeren Praxisanteils, als ich erwartet hatte, gut gefallen.

ANHANG - PERSONELLES

GEODÄTISCHES INSTITUT

MITARBEITER*INNEN

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

Prof. Dr.-Ing. **Winrich Voß**, Flächen- und Immobilienmanagement

PD Dr.-Ing. **Hamza Alkhatib**, AG-Leiter Expertengestützte Datenanalyse und Qualitätsprozesse

Franziska Altemeier, M.Sc., DFG-GRK 2159 i.c.sens: Validation and quality assurance concepts for collaborative multi-sensor systems (bis 30.11.2022)

Dr. **Kwabena Obeng Asiama**, AG-Leiter Flächen- und Immobilienmanagement (bis 30.07.2022)

Jörn Bannert, M.Sc., BMEL: Innovative Ansätze der Daseinsvorsorge in ländlichen Räumen - Lernen von Erfahrungen anderer europäischer Länder in Deutschland

Dipl.- Betriebswirtin (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

Alexander Dorndorf, M.Sc., DFG: Bayessche adaptive robuste Ausgleichung multivariater geodätisches Messprozesse mit Datenlücken und nichtstationärem farbigem Rauschen (bis 30.11.2021)

Dominik Ernst, M.Sc., Qualitätsmodellierung von kinematischen Multi-Sensor-Systemen

Arshia Shisheh Garan, M. Sc.: BMVI: Ein volldigitaler Zwilling für Hafenbauwerke unter Nutzung von IoT, 5G, AR- und KI-Verfahren zum Aufbau eines smart Building Lifecycle Managements (ab 01.05.2022)

Alice Gebauer, M.Sc., BMEL: Innovative Ansätze der Daseinsvorsorge in ländlichen Räumen - Lernen von Erfahrungen anderer europäischer Länder in Deutschland (bis 31.12.2022)

Frederic Hake, M.Sc., BMVI: Hybride 3D Bestandsdatenerfassung und modellgestützte Prüfung von Verkehrswasserbauwerken für ein nachhaltiges Infrastruktur-Lifecycle-Management

Jan Hartmann, M.Sc., BMWi: Qualitätsgerechte Virtualisierung von zeitvariablen Objekträumen

Dipl.-Ing. **Jens Hartmann**, Entwicklung neuer Konzepte für das hochgenaue kinematische terrestrische Laserscanning (bis 31.08.2022)

Dr. **Gaël Kermarrec**, DFG: Verbesserung des statistischen Tests auf Verformung unter Verwendung der B-Spline-Approximation aus terrestrischen Laserscanner-Beobachtungen (bis 30.04.2022)

Arman Khami, M.Sc., Fusion von Laser- und Bilddaten für die UAV-Positionierung

Johannes Link, B.Eng., Mechatroniklabor und Administration

Rozhin Moftizadeh, M.Sc., DFG-GRK i.c.sens: Integrity contained navigation based in vehicle data and constrained collaborative information

Bahareh Mohammadivojdan, M.Sc., BfG: Messsystemanalyse und modelbasierte Sensorfusionen für das hydro-geographische Wasserwechselzonenmonitoring mittels unbemannter Trägersysteme

Dr.-Ing. **Mohammad Omidalizarandi**, AG-Leiter Interdisziplinäres Monitoring

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

Dipl.- Geol. **Nadja Reusch**, Geschäftszimmer

Marvin Scherff, M.Sc.: DFG-GRK ic.sens: Development of a Collaborative Robust Particle Filter for State Estimation with Stochastic and Quantity-based Uncertainties in Sensor Networks (ab 01.10.2022)

Dr.-Ing. **Sören Vogel**, AG-Leiter TLS-basierte Multi-Sensor-Systeme

EXTERNE DOKTORANDEN

Marko Brockmeyer, M.Sc., Modellierung von Bodenbewegungen in Niedersachsen

Radoslav Choleva, M.Sc., Stipendiat im Bereich Laserscanning (bis 31.03.2022)

Dipl.-Ing. **Dirk Dennig**, Automatisierte Vermessung von Führungs-, Leit- und Fahrschienen im industriellen automatisierten Umfeld

Dipl.-Ing. **Jürgen Goldschmidt**, Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bei der Verkehrswertermittlung (Diss. 31.08.2022)

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

Nora Mai, M.Sc., Doktorandin im TRUST/ARL-Promotionskolleg, Quo vadis Innenentwicklung? Die Immobilie als Schlüsseldeterminante im Revitalisierungsprozess von Ortskernen in ländlichen Räumen

Martin Waßink, M. A., MWK: Georg-Christoph-Lichtenberg-Stipendiat, Nds. Promotionsprogramm: Dörfer in Verantwortung, Diss.: Kommunal- und Regionalentwicklung durch Kooperation und Teilung von Verantwortung (Diss. 08.02.2022)

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

Asiama, K.: Vorsitzender des International Federation of Surveyors Young Surveyors' Network (FIG YSN) (seit 2021)

Mitglied in gemeinsamer Expertengruppe für „Valuation of Unregistered Lands“ von UN-Habitat (GLTN), Internationale Vereinigung der Vermessungsingenieure (FIG) und Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS)

Mitglied in Arbeitsgruppe für „Land policy instruments for spatial development (Commission 8)“ der International Federation of Surveyors (FIG)

Mitglied im Editorial Board der Survey Review.

Mitglied im „Reviewer Board“ der MDPI-Land (seit 2021)

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)

Editor in Special Issue "3D Modelling from Point Clouds: Algorithms and Methods" bei Remote Sensing (MDPI)

Mitglied des DVW – (seit 11/2021)

Mitglied der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover (seit 11/2021)

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

Mitglied in der Abteilung Ingenieurgeodäsie der DGK

Mitglied in der AG „Öffentlichkeitsarbeit“ der DGK

Vorstandsmitglied im ASBau „Akkreditierungsverbundes für Studiengänge des Bauwesens“

Mitglied der ständigen Kommission des Fakultätentages „Bauingenieurwesen, Geodäsie und Umweltingenieurwesen“

Leiter des DVW – AK 3 „Messmethoden und Systeme“

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

Obmann für den 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

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

Mitglied des Lenkungskreises und der Abteilung „Land- und Immobilienmanagement“ der DGK

Sprecher des Forschungszentrums TRUST (Räumliche Transformation - Zukunft für Stadt und Land) an der LUH

Mitglied im Kuratorium der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Leibniz-Forum für Raumwissenschaften

Sprecher des Vorstandes des TRUST-/ARL-Promotionskollegs „Räumliche Transformation“

Mitglied im DVW – AK 6 "Immobilienwertermittlung"

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. 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

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

Zarah Banimostafavi, DAAD Stipendiatin, GNSS Pos/Nav (seit Oktober 2022)

Yannick Breva, M.Sc., DFG Projekt 470510446, GNSS-Antennenkalibrierung, Positionierung und Navigation (seit Januar 2022)

Dinesh Chebolu, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt C01: Groundwater Gravimetry and QG-1, Terrestrische Gravimetrie

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 quanten-basierte Satellitengravimetrie (seit November 2022)

Britta Frankel, M. A., Sekretariat SFB TerraQ

Dipl.-Soz.wiss. **Ulrike Hepperle**, Sekretariat (freigestellt)

Dr. **Alireza HosseiniArani**, DLR-SI, F&E: Satelliten-Quantengravimetrie

Lucy Icking, M.Sc., DFG-GRK i.c.sens: Kollaborative Navigation, Navigation in städtischen Bereichen

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

Annike Knabe, M.Sc., 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

Dr. rer. nat. **Katja Lohmann**, GRK i.c.sens: Geschäftsführung

Quinglu Mu, M.Sc. Stipendiat und Exzellenzcluster QF, Satelliten-Quantengravimetrie (bis Januar 2022)

Thomas Maschke, B. Eng., Technik

Bärbel Miek, Sekretariat

Firat Örü, Sekretariat

Dr. **Mohsen Romeshkani**, DLR Q-BAGS und QUANTGRAV, quantenbasierte Satellitengravimetrie (seit Februar 2022)

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**, Exzellenzcluster QF: Schwerefeldbeobachtung mit Uhren in Satelliten

Vishwa Vijay Singh, M.Sc., DLR-SI, F&E: Lunar Laser Ranging

Jingyao Su, M.Sc., DFG-GRK i.c.sens: GNSS observation uncertainty with interval mathematics

Dr. **Sergiy Svitlov**, ESA-Project: 'SWARM DISC: Support to accelerometer data analysis and processing' (bis Juni 2022)

Benjamin Tennstedt, M.Sc., BMWK/DLR: Quantum Optics Inertial Sensors Research QGyro/QGyro+

Dr.-Ing. **Ludger Timmen**, Gravimetrie und Physikalische Geodäsie

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. **Matthias Weigelt**, Exzellenzcluster QF: Geschäftsführung

Dr. **Mona Weyrauch**, Geschäftsführung SFB TerraQ

Mingyue Zhang, M.Sc., Exzellenzcluster QF und DLR-SI: Lunar Laser Ranging

GÄSTE

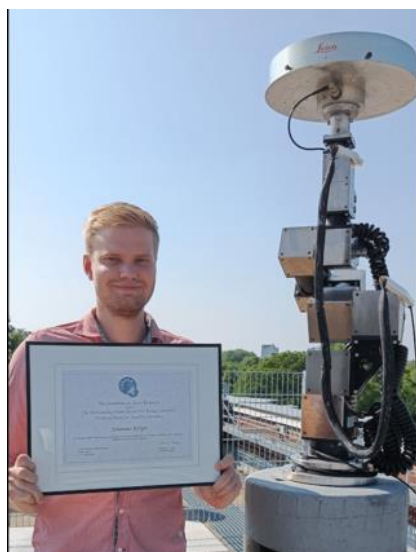
Prof. Mathieu Joerger (Virginia Tech, Ende Mai 2022)

Prof. Li-Ta Hsu (Hong Kong Polytech, Anfang Dezember)

Alireza Atabati (KN Toosi U Teheran, April - Sept 2022)

Mohsen Feizi (KN Toosi U Teheran, seit Okt 2022)

EHRUNGEN



Johannes Kröger, M. Sc. erhielt im Juli vom "Committee on Space Research" (COSPAR) einen *Outstanding Paper Award for Young Scientists* für das Paper *Multi-frequency multi-GNSS receiver antenna calibration at IfE: concept - calibration results - validation*.

Das Paper wurde im Journal "Advances in Space Research" veröffentlicht und stellt das am Institut entwickelte Kalibrierverfahren für GNSS-Antennen und die damit erzielten Ergebnisse vor.

Das COSPAR unterstützt als Verband der Weltraum-Wissenschaften den wissenschaftlichen Austausch auf internationaler Ebene. Alle zwei Jahre werden die "COSPAR Outstanding Paper Awards for Young Scientists" verliehen.



Anat Schaper, M.Sc. erhielt am 03.11.2022 für ihre Masterarbeit mit dem Titel "Improving GNSS Shadow Matching with Diffraction Modelling" den Leo-Brandt-Preis "DGON Master of Navigation 2022" der Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation (DGON e.V.) Die Gesellschaft ehrt jährlich innovative und praxisbezogene Abschlussarbeiten auf dem Gebiet der Ortung und Navigation und damit verbundenen Technologien. Die Preisverleihung erfolgte im Rahmen der Konferenz POSNAV 2022 in Berlin.



Jingyao Su, M. Sc. erhielt für seinen Beitrag auf der Navitec im April 2022 den *Best Student Presentation Award* für seinen Beitrag mit dem Titel *Deterministic approaches for bounding GNSS uncertainty: A comparative analysis* im Konferenz-Track Integrity and High Precision. Der Preis würdigt seine Arbeiten im Rahmen seiner Promotionstätigkeiten im DFG GRK 2159 (i.c.sens). Der Award wird alle zwei Jahre ausgelobt.

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

Denker, H.: Associate Editor, Geodetic Theory & Applications, Marine Geodesy (seit 01.01.2008)

International Association of Geodesy (IAG) Fellow

Chair IAG Sub-Commission SC2.4a "Gravity and Geoid in Europe"

Member IAG Sub-Commission SC2.4 "Regional Geoid Determination" Steering Committee

Advisor IAG "International Service for the Geoid (ISG)"

Member IAG Joint Study Group JSG T.26: Geoid/Quasi-Geoid Modelling for Realization of the Geopotential Height Datum

Member IAG Joint Working Group JWG 0.1.3: Implementation of the International Height Reference Frame (IHRF)

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

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

Vorsitzender des Scientific Program Committee für die IUGG General Assembly 2023 in Berlin

Präsident des IAG-Projektes Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe)

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 des DLR-Instituts für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik, kommissarischer Leiter der Abteilung Geodäsie

Federführender Schriftleiter, zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement

Schön, S.: Mitglied der IGS Antenna Working Group

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

Svitlov, S: Member IAG Joint Working Group JWG 2.1.1: Establishment of a global absolute gravity reference system

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

Prof. Dr. **Philipp Otto**, Juniorprofessor für Big Geospatial Data

Jeldrik Axmann, M.Sc., Lokalisierung mittels Maximum Consensus (DFG-i.c.sens)

Steffen Busch, M.Sc., dynamische kooperative Karten, privacy preserving camera (ZIM)

Dr.-Ing. **Hao Cheng**, Erkennung von Verhalten in Shared Spaces durch Deep Learning aus Trajektorien (DFG-SocialCars) (bis 30.09.2022)

Dr.-Ing. **Yu Feng**, Data Mining in sozialen Netzwerken (BMBF) (bis 31.08.2022)

Dr.-Ing. **Udo Feuerhake**, Analyse raum-zeitlicher Daten

Dipl.-Inf. **Colin Fischer**, technische Koordination DFG-i.c.sens

Stefan Fuest, M.Sc., Visuelle Kommunikation von Routenempfehlungen (DFG-SocialCars)

Jens Golze, M.Sc., Trajektorienanalyse

Yousif Hashisho, M.Sc., Prediction of behavior of objects and phenomena and their storage in maps (i.c.sens) (seit 01.12.2022)

Franz Harke, M.Sc., Spatial autoregressive models

Vinu Kamalasan, M. Tech., Visualisierung von Verkehrsregeln im Shared Space (DAAD - DFG-SocialCars)

Christian Koetsier, M.Sc., Mobiler Mensch (MWK Mobilise/ Zukunfts-labor Mobilität)

Artem Leichter, M.Sc., d-E-mand (BMVI)

Yao Li, M.Sc., mixed traffic in shared space (DFG-SocialCars)

Anna Malinovskaya, B.Sc., Räumliche und raum-zeitliche GARCH Modelle (DFG)

Mohammadreza Nasiriboroujeni, M.Sc., Statistical Process Monitoring of Functional Spatiotemporal Data (seit 15.09.2022)

Ariane Nidelle Meli Chrisko, M.Sc., Statistical Learning for High-Dependencies Structures (DFG, seit 01.09.2022)

Faezeh Sadat Mortazavi, M.Sc., Localization of mobile objects in 3D raster data (BMDV-5GAPS, seit 15.07.2022)

Elkanah Magembe Nyabuto, M.Sc., Spatiotemporal Uncertainty Modelling (DFG, seit 01.09.2022)

Florian Politz, M.Sc., automatische Klassifizierung und Änderungsdetektion von LiDAR-daten mit Deep Learning (Landesvermessungen Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern)

Julia Schachtschneider, Dipl.-Ing., Massiv kollaborative Erfassung von dynamischen Umgebungen (DFG-i.c.sens) (bis 31.10.2022)

Tim Peter Jörg Schimansky, M.Sc., Geolocating Images by Content / Multisensorsystems (MWK, Zukunftslabor Wasser, seit 15.10.2022)

Hanieh Shojaei, M.Sc., Unertainty modelling in LiDAR scene segmentation using neural networks (DFG i.c.sens) (seit 01.12.2022)

Olga Shkedova, M.Sc., Visualisierung von raum-zeitlichen Voxeldaten (BMDV-5GAPS) (seit 01.04.2022)

Evelin Schramm, Institutssekretärin, allgemeiner Geschäftsbetrieb, Mittelüberwachung, Haushaltsmanagement, vorbereitende Buchhaltung, Personalangelegenheiten

Dipl.-Ing. **Malte Jan Schulze**, Systemadministration, Geodaten-integration, Geländemodellierung

Qendrim Shaboviq, B.Sc., EU-Projekt Agrimonia (bis 31.10.2022)

Dipl.-Ing. **Frank Thiemann**, Generalisierung von Landnutzungsflächen, Analyse von LiDAR-Daten durch Deep Learning

Oskar Wage, M.Sc., Urbane Logistik (BMBF)

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)

Stefania Zourlidou, M.Sc., Trajektorienanalyse

EXTERNE DOKTORANDEN

Marco Brych, M.Sc., Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe

GÄSTE

M.Sc. Zahra Bahari, K.N.Toosi Universität Teheran, Erasmus+ (01.02.2022-31.12.2022)

M.Sc. Mustafa Hüsrevoğlu, Konya Technical University, Erasmus+ (1.9.2022 - 28.11. 2022)

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

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 Photo-grammetrie und Fernerkundung (DGPF)

Vorsitzende des wissenschaftlichen Beirats des ZGeoBW (bis März 22)

Vorsitzende der DFG-Senatskommission für Erdsystemforschung

Mitglied des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft (seit September 2018)

Mitglied im Editorial Board des International Journals of Geographic Information Science - IJGIS (seit 2020)

Otto, P.: Schatzmeister und Mitglied des Vorstands der Deutschen Statistischen Gesellschaft

Mitglied der Jungen Braunschweiger Wissenschaftlichen Gesellschaft

Associate Editor von Environmetrics, AStA Advances in Statistical Analysis und AStA Wirtschafts- und Sozialstatistisches Archiv (seit 2021)

Mitglied der Fachgruppe Stochastik (Deutsche Mathematiker Vereinigung), American Statistical Association, German Data Science Society

AUSLANDSAUFENTHALTE

M.Sc. Stefan, Fuest forschte vom 02.05.2022 bis zum 02.06.2022 an der RMIT Universität (Royal Melbourne Institute of Technology) in Melbourne, Australien. In Zusammenarbeit mit Dr. Amy Griffin wurde untersucht,

inwieweit durch Kartensymbole hervorgerufene emotionale Reaktionen das Routenwahlverhalten des Betrachters beeinflussen können. Dabei geht es insbesondere darum, anstatt einer zeiteffizienten Route, aus gesellschaftlicher Sicht vorteilhafte Routen zu kommunizieren. Diese sollen z.B. dazu beitragen, die Verkehrsüberlastung in einem größeren Gebiet zu verringern, indem weniger Autos durch stauverursachende Engpässe geleitet werden, oder die verkehrsbedingte Luftverschmutzung in den überlasteten Gebieten zu verringern. Es wurden verschiedene kartografische Visualisierungen erstellt und eine Nutzerstudie konzipiert, die die Wirksamkeit und Eignung verschiedener Visualisierungsvarianten zur Beeinflussung der Routenwahl anhand der zwei Szenarien Verkehr und Luftqualität untersucht. Die Ergebnisse der Studie haben gezeigt, dass Kartensymbole wirksam eingesetzt werden können, um die Routenwahl in beiden getesteten Szenarien so zu beeinflussen, dass vorwiegend die empfohlene Route gewählt wird. Die Symbolisierung rief bei den Teilnehmern ein breites Spektrum an Emotionen hervor. Während ungünstige Routen hauptsächlich negative Emotionen hervorriefen, riefen günstige Routen hauptsächlich positive Emotionen oder keine Emotionen hervor. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass bei einigen Visualisierungsvarianten die Emotionen, die als Reaktion auf die Kartenvisualisierungen empfunden wurden, wesentlich dazu beitrugen, die Routenwahlentscheidungen zugunsten der empfohlenen Routenoption zu ändern.

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

MITARBEITER*INNEN

Prof. Dr.-Ing. **Christian Heipke**, Photogrammetrie und Fernerkundung

Prof. Dr. **Mahdi Motagh**, Radarfernerkundung, S-Professor in Verbindung mit dem GFZ Potsdam

apl. Prof. Dr. techn. **Franz Rottensteiner**, Photogrammetrische Bildanalyse

em. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. **Gottfried Konecny**, Emeritusprofessor

Rasho Ali, M.Sc., Pedestrian tracking (seit 15.05.2022)

Dipl.-Ing. **Uwe Bolte**, Systemadministration

Mareike Dorozynski, M.Sc., Convolutional Neural Networks

Sara El Amrani, M.Sc., Fahrzeugdetektion und Verfolgung aus terrestrischen und Luftbildern

Dr.-Ing. **Mahmud Haghshenas Haghghi**, Fernerkundung und Radarinterferometrie

Max Heiken, M.Sc., Geometrisch-semantische Integration mittels Deep Learning (seit 15.11.2022)

M. Sulaiman Fayez Hotaki, M.Sc., Radarinterferometrie (seit 01.10.2022)

Dr.-Ing. **Karsten Jacobsen**, Geometrie von Luft- und Satellitenbildern, großflächige Höhenmodelle

Amadeus Langer, M.Sc., Systemadministration

Dr.-Ing. **Max Mehlretter**, Zuverlässige stereoskopische 3D Rekonstruktion

Mehrnoush Mohammadi, M.Sc., Orientierungsbestimmung von UAV Szenen mit Kamera-Laserscanner Datenfusion (bis 31.03.2022)

Dinh Tuan Nguyen, M.Sc., 3D Szenenrekonstruktion (seit 01.12.2022)

Andreas Piter, M.Sc., Monitoring von Verkehrsinfrastruktur mittels Radarinterferometrie

Anne Ponick, M.Sc., Photogrammetrische Beobachtung von Betonmischprozessen

Annette Radtke, Sekretariat ISPRS

Claudia Sander, Sekretariat

Artuom Sledz, M.Sc., Thermalauswertung für Fernwärmenetze

Philipp Trusheim, M.Sc., 3D Punktbestimmung in dynamischen Netzen

Mirjana Voelsen, M.Sc., Aktualisierung topographischer Datenbanken mit Fernerkundungsdaten

Dr.-Ing. **Manfred Wiggenhagen**, Nahbereichsphotogrammetrie

Dennis Wittich, M.Sc., Deep learning

EXTERNE DOKTORANDEN

Zelong Guo, M.Sc., Postseismic deformation and geodetic observations (GFZ)

Wandi Wang, M.Sc., Satellite-based assessment of land-slides (GFZ)

Dipl.-Geogr. **Andre Kalia**, Permanent Scatterer Interferometrie (BGR)

Akram Mahan, M.Sc., Radarinterferometrie (GFZ, bis 31.12.2022)

Magdalena Stefanova, M.Sc., Interferometrie (GFZ)

Zhugue Xia, M.Sc., Radarfernerkundung (GFZ)

GÄSTE

Reuma Arav, PhD, TU Wien / Technion, 3D Point cloud processing, März-April + Nov-Dez. 2022

Raimund Gasser, Dipl.-Ing., AVT Imst, Luftbildphotogrammetrie, Oktober-November 2022

Rangoli Goel, B.Sc., IIT Roorkee, Radarinterferometrie, seit Sept. 2022

Prof. Dr. **Viktoriia Hnatushenko**, Ukrainian State University of Science and Technology, Bildanalyse für Forstanwendungen, seit Mai 2022

Dr. **Armin Moghimi**, K.N. Toosi University, Teheran, Radiometric alignment of remote sensing images, März-Dezember 2022

Dr. rer. nat. **Mona Morsy**, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Leipzig, seit Dezember 2022

Mabel Ortega, M.Sc., PUC Rio de Janeiro, Adversarial domain adaptation, seit Oktober 2022

Fatemeh Saba, M.Sc., K.N. Toosi University, Teheran, Spatio-temporal modeling of vegetation using remote sensing data, seit April 2022

Maryam Teimouri, M.Sc., K.N. Toosi University, Teheran, Crop Monitoring using Sentinel images, seit April 2021

EHRUNGEN



Dr.-Ing. **Max Mehlretter** erhielt am 14. Oktober 2022 für seine im September 2021 abgeschlossene Dissertation zum Thema *Uncertainty Estimation for Dense Stereo Matching using Bayesian Deep Learning*, die sowohl theoretisch als auch hinsichtlich der erreichten praktischen Ergebnisse einen bemerkenswerten Stand erreicht hat, den Preis der Victor Rizkallah-Stiftung. In der Abbildung ist er neben dem Vorsitzenden des Stiftungsrats, Prof. Ludger Lohaus zu sehen.



Mareike Dorozynski, M.Sc. (im Bild), wurde am 21. Dezember 2022 in Valencia einer von fünf Preisen des Konsortiums des EU H2020 Projekts SILKNOW für ihre ausgezeichnete Forschung im Rahmen ihrer Promotion verliehen. Die Preise sind ein Zeichen für "best practice" in Bezug auf die Anerkennung der Arbeit derjenigen Forscherinnen und Forscher, die an exzellenten EU-Projekten teilnehmen und dort hervorragende Arbeit leisten.



Mirjana Voelsen, M.Sc., erhielt im Juni 2022 für ihren beim XXIV Kongress der International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) in Nizza eingereichten Beitrag *Investigating 2D and 3D convolutions for multitemporal land cover classification using remote sensing images* den Best Young Author Award der Kommission III, die sich mit Fernerkundung beschäftigt. Das Bild zeigt die Preisträgerin, eingerahmt vom Kongressdirektor Nicolas Paparoditis und dem ISPRS Präsidenten Christian Heipke.

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

Heipke, C.: Past President der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS), bis Juni Präsident

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

Fellow der International Society of Urban Informatics ISUI (seit 2022)

Fellow der Asia-Pacific Artificial Intelligence Academy AAIA (seit 2022)

Mitglied des Redaktionsbeirates der Zeitschrift Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation

Mitglied des Comité Scientifique-Technique (CST), IGN-Paris

Departmental Academic Advisor, Dep. of Land Surveying and Geo-Informatics, The Hong Kong Polytechnic University

Motagh, M.: Mitglied der Redaktionsleitung der Zeitschriften *Journal of Geodynamics, Engineering Geology* und *Remote Sensing*

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

Paula Lippmann, M.Sc. hat im Rahmen des EU-Projektes „innoVation in geOspatial and 3D daTA (VOLTA)“ einen Forschungsaufenthalt vom 14.03.-20.05.2022 bei GZC) Geodetski Zavod Celje in Slovenien verbracht.

Dr.-Ing. Max Mehlretter hat vom 01.10.-22.12.2022 einen Forschungsaufenthalt an der ETH Zürich verbracht.

Andreas Piter, M.Sc. hat im Rahmen des EU-Projektes „innoVation in geOspatial and 3D daTA (VOLTA)“ einen Forschungsaufenthalt vom 01.09.-31.10.2022 beim Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) in Barcelona verbracht.

Anne Ponick, M.Sc. hat im Rahmen des EU-Projektes „innoVation in geOspatial and 3D daTA (VOLTA)“ einen Forschungsaufenthalt vom 23.08.-14.10.2022 bei Geolmaging Ltd in Nikosia verbracht.

apl. Prof. Franz Rottensteiner war vom 21.11.-02.12.2022 als Gastprofessor am Department Electrical, Biomedical and Computer Engineering der Universität von Pavia, um dort eine Gastvorlesung zum Thema „Machine Learning for Remote Sensing Applications“ zu halten.

Maryam Teimouri, M.Sc. hat im Rahmen des EU-Projektes „innoVation in geOspatial and 3D daTA (VOLTA)“ einen Forschungsaufenthalt vom 01.09.-31.10.2022 beim Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) in Barcelona verbracht.

Dennis Wittich, M.Sc. hat im Rahmen des EU-Projektes „innoVation in geOspatial and 3D daTA (VOLTA)“ einen Forschungsaufenthalt vom 19.09.-28.10.2022 bei der Firma Vexcel Imaging GmbH, Graz verbracht.

Rangoli Goel, B.Sc., is a master student from the Indian Institute of Technology Roorkee, visiting IPI with a DAAD scholarship to do her master thesis. With the financial support of the Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik, she could present the outcomes of her master thesis at the American Geophysical Union AGU Fall Meeting that took place on December 12-16, 2022, in Chicago, US. Ms. Goel presented her contribution as a poster entitled "Monitoring landslides in the Himalayas using persistent scatterer InSAR technique". The work focused on locating slow-moving landslides in Kedarnath, Uttarakhand region of India, and identifying the acceleration of landslide activities following the enormous rainfall and subsequent flood in the Mandakini Catchment, Kedarnath region in 2013. Attending the AGU fall meeting, the largest international Earth and space science meeting in the world was a unique opportunity for Ms. Goel to present her work, build a career network, and broaden her horizon.

PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

GEODÄTISCHES INSTITUT

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Ansah, B. O., Voß, W., Asiama, K. O., & Wuni, I. Y. (2022): A systematic review of the institutional success factors for blockchain-based land administration. *LAND USE POLICY*, 125, [106473]. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106473>
- Ernst, D., Vogel, S., Alkhatib, H., Neumann, I. (2022): Analysis of Multiple Positions for the Intrinsic and Extrinsic Calibration of a Multi-Beam LiDAR. Beitrag in 2022 25th International Conference on Information Fusion (FUSION), Linköping, Schweden. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9841366>
- Ernst, D., Vogel, S., Neumann, I., Alkhatib, H. (2022): Analyse unterschiedlicher Positions-kombinationen zur intrinsischen und extrinsischen Kalibrierung eines Velodyne VLP-16. *AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 2022(129), 244-252. <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2022/avn-ausgabe-062022/7613-analyse-unterschiedlicher-positions-kombinationen-zur-intrinsischen-und-extrinsischen-kalibrierung-eines-velodyne-vlp-16.html>
- Hake, F., Göttert, L., Neumann, I., Alkhatib, H. (2022): Using Machine-Learning for the Damage Detection of Harbour Structures. *Remote sensing*, 14(11), [2518]. <https://doi.org/10.3390/rs14112518>
- Hake, F., Lippmann, P., Alkhatib, H., Oettel, V., Neumann, I. (2022): Automated damage detection for port structures using machine learning algorithms in heightfields. in Proceedings of 5th Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM) 2022
- Kermarrec, G., Schön, S. (2022): Estimation of the scale lengths of turbulence from GPS single difference phase observations . <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-58>
- Kermarrec, G., Skytt, V., Dokken, T. (2022): Surface approximation of coastal regions: LR B-Spline for detection of deformation pattern . *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 5(2), 119-126. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-2-2022-119-2022>
- Morgenstern, P., Kermarrec, G. (2022): Multilevel T-spline Approximation for Scattered Observations with Application to Land Remote Sensing. *Computer-aided design*, 146, [103193]. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2022.103193>
- Omidalizarandi, M., Paffenholz, J-A., Neumann, I. (2022): Robust Vibration Analysis of Bridge Structures Using Low-Cost Accelerometers. *AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 129, 147. <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2022/avn-ausgabe-042022/7456-robust-vibration-analysis-of-bridge-structures-using-low-cost-accelerometers.html>
- Omidalizarandi, M., Mohammadivojdan, B., Alkhatib, H., Paffenholz, J-A., Neumann, I. (2022): On the Quality Checking of Persistent Scatterer Interferometry by spatial-temporal modelling. In Proceedings of 5th Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM), Valencia, Spain.
- Piter, A. M., Otto, P., Alkhatib, H. (2022): The Helsinki bike- sharing system: Insights gained from a spatiotemporal functional model. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A: Statistics in Society*, 185(3), 1294-1318. <https://doi.org/10.1111/rssa.12834>
- Vogel, S., Ernst, D., Neumann, I., Alkhatib, H. (2022): Recursive Gauss-Helmert model with equality constraints applied to the efficient system calibration of a 3D laser scanner. *Journal of Applied Geodesy*, 16(1), 37-57. <https://doi.org/10.1515/jag-2021-0026>

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Altemeier, F., Gordon, B., Wasmeier, P., Neumann, I. (2022). Zur Leistungsfähigkeit und Praxistauglichkeit des TLS-Prüfverfahrens nach ISO 17123-9. In *Qualitätssicherung geodätischer Mess- und Auswerteverfahren 2022: Beiträge zum 208. DVW-Seminar am 02. und 03. Juni 2022 in Berlin (Band 101, S.67 – 80)*. Wissner Verlag.
- Ernst, D., Vogel, S., Alkhatib, H., Neumann, I. (2022): Intrinsische und extrinsische Kalibrierung eines Velodyne VLP-16. in T. Luhmann, & C. Schumacher (Hrsg.), *Photogrammetrie Laserscanning Optische 3D-Messtechnik - Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2022 (1 Aufl., Band 20, S. 186 - 193)*. Wichmann, VDE.
- Hake, F., Alkhatib, H., Hesse, C., Holste, K., Neumann, I. (2022): KI-basierte Schadensdetektion für das innovative Über- und Unterwasserscansystem 3D HydroMapper. in D. Schermer, & E. Brehm (Hrsg.), *Mauerwerk-Kalender 2022: Fassadengestaltung, Bauphysik, Innovationen (Mauerwerk-Kalender; Band 47)*. Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG.

- Hake, F., Alkhatib, H., Neumann, I. (2022): Automatische Schadenserkenkung an Wasserbauwerken mittels hybrider Messplattform und Machine-Learning. in Hydrographie – Messen mit allen Sinnen: Beiträge zum 204. DVW-Seminar und 35. Hydrographentag vom 14. bis 16. Juni 2022 in Bremerhaven (Band 102, S. 147-151). (DVW-Schriftenreihe; Band 102/2022). Wissner Verlag. https://geodaesie.info/system/files/privat/DVW_102_2022_Hydro_2022_FINAL_220525.pdf
- Hartmann, J., Hartmann, J. M. (2022): Unsicherheiten beim TLS – Aspekte der Modellierung. in Qualitätssicherung geodätischer Mess- und Auswertverfahren 2022.
- Lippmann, P., Hake, F., Alkhatib, H., Neumann, I. (2022). Schadenserkenkung mittels Transferlearning und Local-Outlier-Factors am Beispiel von Hafeninfrastrukturen. *VDVMagazin*, 73(2/2022), 128.
- Mohammadivojdan, B., Hake, F., Alkhatib, H., Neumann, I., Weiss, R., Artz, T. (2022): Preprocessing and Analysis Strategies for Hydrographic Measurements at Very Shallow Water Depths. in Hydrographie – Messen mit allen Sinnen: Beiträge zum 204. DVW-Seminar und 35. Hydrographentag vom 14. bis 16. Juni 2022 in Bremerhaven (Band 102, S. 65-68). (DVW-Schriftenreihe; Band 102/2022). Wissner Verlag
https://geodaesie.info/system/files/privat/DVW_102_2022_Hydro_2022_FINAL_220525.pdf
- Omidalizarandi, M., Paffenholz, J-A., Neumann, I. (2022): Robust vibration analysis of bridge structures using low-cost accelerometers. *GeoMonitoring 2022*. <https://geo-monitoring.org/de/tagungen/2022/20220303/geomesstechnik-basiertes-monitoring/omidalizarandi-et-al>

VORTRÄGE UND POSTER

- Omidalizarandi, M., Mohammadivojdan, B., Alkhatib, H., Paffenholz, J-A., Neumann, I. (2022): On the Quality Checking of Persistent Scatterer Interferometry by spatial-temporal modelling. In Proceedings of 5th Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JISDM), Valencia, Spain.
- Omidalizarandi, M., Paffenholz, J-A., Neumann, I. (2022): Robust vibration analysis of bridge structures using low-cost accelerometers. *GeoMonitoring 2022*. <https://geo-monitoring.org/de/tagungen/2022/20220303/geomesstechnik-basiertes-monitoring/omidalizarandi-et-al>

DISSERTATIONEN

- Waßink, M.: (2022): Kommunal- und Regionalentwicklung durch Kooperation und Teilung von Verantwortung in ländlichen Räumen - Eine multiperspektivische Untersuchung an Beispielen aus dem Raum Steinwald/Fichtelgebirge, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover, Nr. 381
- Goldschmidt, J.: (2022): Die Berücksichtigung künftiger Entwicklungen bei der Verkehrswertermittlung, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover, Nr. 382

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Alonso, I.; Müller, J.; Schilling, M. et al. (2022): Cold atoms in space: community workshop summary and proposed road-map. *EPJ Quantum Technology*, 9(1), 30. Springer. doi: 10.1140/epjqt/s40507-022-00147-w.
- Baasch, K.-N.; Icking, L.; Ruwisch, F.; Schön, S. (2022): Coordinate Frames and Transformations in GNSS Ray-Tracing for Autonomous Driving in Urban Areas. *Remote Sensing*. 2023; 15(1):180. <https://doi.org/10.3390/rs15010180>
- Biskupek, L., Singh, V.V., Müller, J. (2022): Estimation of Earth Rotation Parameter UT from Lunar Laser Ranging Observations, In: International Association of Geodesy Symposia - Geodesy for a Sustainable Earth, Freymueller, J. & Sanchez, L. (Eds.), Springer Berlin Heidelberg, doi: 10.1007/1345_2022_178.
- Breva Y., Kröger J., Kersten T., Schön S. (2022): Estimation and Validation of Codephase Center Correction using the Empirical Mode Decomposition, In: International Association of Geodesy Symposia, Freymueller, J. (Ed.), Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/1345_2022_159.

- Delva P; Z Altamimi; A Blazquez; M Blossfeld; J Böhm; P Bonnefond; J Boy; Sean Bruinsma; G Bury; M Chatzinikos; A Couhert; C Courde; W Enderle; P Exertier; R Dach; V Dehant; S Dell'Agnello; G Elgered; S Glaser; R Haas; W Huang; U Hugentobler; A Jäggi; O Karatekin; F Lemoine; C Le Poncin-Lafitte; S Lunz; B Männel; F Mercier; L Métivier; B Meyssignac; J Müller; A Nothnagel; F Perosanz; R Rietbroek; M Rothacher; H Schuh; H Sert; K Sosnica; P Testani; J Ventura-Traveset; G Wautelet; R Zajdel (2023): GENESIS: Co-location of Geodetic Techniques in Space. *Earth, Planets and Space*, Vol. 75, Article No. 5, <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01752-w>; arXiv (2022): 2209.15298 [physics.ins-det], <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.15298>
- HosseiniArani, A; Tennstedt, B.; Schilling, M.; Knabe, A.; Wu, H.; Schön, S.; Müller, J. (2022): Kalman-Filter Based Hybridization of Classic and Cold Atom Interferometry Accelerometers for Future Satellite Gravity Missions, In: *International Association of Geodesy Symposia*, Freymueller, J. (Ed.), Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/1345_2022_172.
- Icking L., Zhang G., Hsu L.-T., Schön S. (2022): Quantification of GNSS NLOS Spatial Correlation – A Case Study in Hong Kong's Urban Canyon, In: *Proceedings of the 2022 International Technical Meeting of The Institute of Navigation*, Long Beach, California, January, pp. 712-722. doi: 10.33012/2022.18165.
- Kersten, T., Kröger, J. & Schön, S. (2022): Comparison concept and quality metrics for GNSS antenna calibrations. *Journal of Geodesy*, 96:48. doi: 10.1007/s00190-022-01635-8.
- Kersten T., Krzan G., Dawidowicz K., Schön S. (2022): On the effect of antenna calibration errors on geodetic estimates - Investigation on zero and double difference approaches, In: *International Association of Geodesy Symposia*. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/1345_2022_153.
- Knabe, A., Schilling, M., Wu, H., HosseiniArani, A., Müller, J., Beaufils, Q., Pereira dos Santos, F. (2022): The Benefit of Accelerometers Based on Cold Atom Interferometry for Future Satellite Gravity Missions, *International Association of Geodesy Symposia*. Springer, Berlin, Heidelberg, doi: 10.1007/1345_2022_151
- Kröger J., Kersten T., Breda Y., Schön S. (2022): On the Potential of Image Similarity Metrics for Comparing Phase Center Corrections, In: *International Association of Geodesy Symposia*, Freymueller, J. (Ed.), Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/1345_2022_146.
- Kulemann D., Schön S. (2022): Influence of frequency corrections on measurements of a GNSS software receiver connected to an atomic clock. In: *10th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing (NAVITEC)*, April 6-7, Noordwijk, The Netherlands
- Lenczuk, A., Weigelt, M., Kosek, W. & Mikocki, J. (2022): Autoregressive Reconstruction of Total Water Storage within GRACE and GRACE Follow-On Gap Period. *Energies*, 15, 4827. doi: 10.3390/en15134827
- Müller, J., Pail, R. (2022): *Geodesy 2030*. zfv, online only, doi: 10.12902/zfv-0392-2022
- Ruwisch F., Schön S. (2022): GNSS Feature Map: Representation of Signal Propagation-related Features in Urban Trenches, *Proceedings of the 2022 International Technical Meeting of The Institute of Navigation*, Long Beach, California, January, pp. 701-711. doi: 10.33012/2022.18171.
- Ruwisch, F., Schön S. (2022): Performance Assessment of GNSS RTK Positioning in Urban Environments: Outlier Detection versus 3DMA-FDE, In: *Proceedings of the 35th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2022)*, Denver, Colorado, September 2022, pp. 2649-2663, doi: 10.33012/2022.18510.
- Schaper, A., Ruwisch, F., Schön, S., Diffraction Modeling for Improved 3DMA GNSS Urban Navigation, *Proceedings of the 35th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2022)*, Denver, Colorado, September 2022, pp. 1902-1916. doi: 10.33012/2022.18541.
- Schön S., Baasch K.-N., Icking L., KarimiDoona A., Lin Q., Ruwisch F., Schaper A., Su J. (2022): Towards Integrity for GNSS-based urban navigation—challenges and lessons learned, In: *2022 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 1774-1781. IEEE. doi: 10.1109/IV51971.2022.9827402.
- Singh, V. V.; Biskupek, L.; Müller, J. and Zhang, M. (2022): Earth rotation parameter estimation from LLR. *Advances in Space Research*, 70(8):2383–2398, 2022. ISSN 0273-1177. doi: 10.1016/j.asr.2022.07.038.
- Su J., Schön S. (2022): Deterministic approaches for bounding GNSS uncertainty: A comparative analysis, In: *2022 10th Workshop on Satellite Navigation Technology (NAVITEC)*, Noordwijk, Netherlands, 2022, pp. 1-8. IEEE. doi: 10.1109/NAVITEC53682.2022.9847545.
- Su J, Schön S. (2022): Bounding the residual tropospheric error by interval analysis. In: *International Association of Geodesy Symposia*, Freymueller, J. (Ed.), Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/1345_2022_184

- Su J., Schön S. (2022): Advances in Deterministic Approaches for Bounding Uncertainty and Integrity Monitoring of Autonomous Navigation. In: Proceedings of the 35th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2022), Denver, Colorado, September 2022, pp. 1442-1454. doi: 10.33012/2022.18418
- Tennstedt, B., Rajagopalan, A. Weddig, N., Abend, S., Schön S., Rasel, E.M. (2022): Atom Strapdown: High Rate Phase Shift Calculation for Atom Interferometer Inertial Sensors, In: Proceedings of the 35th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2022), Denver, Colorado, September 2022, pp. 1377 - 1391. doi: 10.33012/2022.18321
- Zhang M., Müller J., Biskupek L., Singh V. V. (2022): Characteristics of differential lunar laser ranging. *Astronomy & Astrophysics*, 659, A148. doi: 10.1051/0004-6361/202142841

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Brandes C, Gabriel G., Schön S., Tanner D. (2022) Geogefahren – sie erkennen, verstehen und prognostizieren. *Uni Magazin der Leibniz Universität* S. 30-35.
- Elmaghraby, A., Krawinkel, T., Schön, S. (2022): Inventory of Error Sources Limiting GNSS-based Frequency Transfer, In: 2022 Joint Conference of the European Frequency and Time Forum and IEEE International Frequency Control Symposium (EFTF/IFCS), Paris, France, 2022, pp. 1-9, doi: 10.1109/EFTF/IFCS54560.2022.9850608
- KarimiDoona A., Icking L., Ruwisch F., Schön S. (2022): On the Prediction of Network RTK Integrity Performance in Urban Environments, In: 10th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing (NAVITEC), April 6-7, Noordwijk, The Netherlands.
- Kersten T., Schön S., Kröger J., Brevi Y. (2022): GNSS Antenna Calibration Values as Bottleneck for Reliable Atmospheric Parameters. Abstract (G24A-04) presented at 2022 AGU Fall meeting, Dec. 12-16, <https://agu.confex.com/agu/fm22/meetingapp.cgi/Paper/1183119>
- Krawinkel, T., Elmaghraby, A., Schön, S. (2022): Exploring the Technical Limits of GNSS-based Frequency Transfer, In: Proceedings of the 53rd Annual Precise Time and Time Interval Systems and Applications Meeting, Long Beach, California, January, pp. 188-198. doi: 10.33012/2022.18288.
- Lévêque, T., C. Fallet, J. Lefebvre, A. Piquereau, A. Gauguet, B. Battelier, P. Bouyer, N. Gaaloul, M. Lachmann, B. Piess, E. Rasel, J. Müller, C. Schubert, Q. Beaufils, F. Pereira Dos Santos (2022): CARIOQA: Definition of a Quantum Pathfinder Mission. Proceedings of International Conference on Space Optics (ICSO) 2022; 3-7 October 2022; Dubrovnik; Croatia, arXiv:2211.01215 [physics.atom-ph], doi: 10.48550/arXiv.2211.01215
- Meister, J., Bremer, S., HosseiniArani, A., Leipner, A., List, M., Müller, J., Schilling, M. (2022): Reference mirror misalignment of cold atom interferometers on satellite-based gravimetry missions. *International Astronautical Congress 2022*, 18.-22. Sep. 2022, Paris, Frankreich.
- Müller, J., Schilling, M. (2022): Gravimetrische Erfassung von Klimawandelprozessen. In: *Die Erde im Wandel – Das Forschungszentrum FZ:GEO. Unimagazin* 01/02 2022, S. 50-53, ISSN 1616-4075
- Nosske, I., Grotti, J., Koller, S.B., Herbers, S., Benkler, E., Al-Masoudi, A., Schwarz, R., Dörscher, S., Waterholter, T., Koke, S., Kuhl, A., Grosche, G., Lisdat, C., Timmen, L., Denker, H.W., Vishnyakova, G., Holzwarth, R., Maisenbacher, L., Giunta, M., Matveev, A., Udem, T., Hänsch, T.W. (2022) Chronometric leveling using a transportable strontium atomic clock. Abstract (G25D-0250) presented at 2022 AGU Fall Meeting, 12-16 Dec., <https://agu.confex.com/agu/fm22/meetingapp.cgi/Paper/1062069>
- Sedmik, R. I. P., Abele, H., Bosine, J., Denker, H., Jenke, T., Micko, J., Cranganore, S.S., Timmen, L., Trauner, J. (2021). Dataset: Weak Equivalence Principle Test with Neutrons. Institut Laue-Langevin (ILL), <https://doi.ill.fr/10.5291/ILL-DATA.3-14-415>
- Singh, V. V., Müller, J., Biskupek, L., Hackmann E., Lämmerzahl, C. (2022): Equivalence of Active and Passive Gravitational Mass Tested with Lunar Laser Ranging. Submitted to *Physical Research Letters*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.09407>.
- Singh V.V., Biskupek L. (2022): Dataset: Earth Rotation Parameters from LLR with NPs for timespan 1970 - 2021, Forschungsdaten-Repositorium der Leibniz Universität Hannover. doi: 10.25835/3h1r07a7.
- Van Camp, M., Pereira dos Santos, F., Müller, J. (2022): Lasers and cold atoms in space and on ground. *GIM International*, 4/2022, p. 41
- Van Camp, M., Pereira dos Santos, F., Murböck, J., Petit, G., Müller, J. (2022): Lasers and Ultracold Atoms for a Changing Earth. *EOS* 103 (1), p. 32-37, 102, <https://doi.org/10.1029/2021EO210673>

- Weddig N., Tennstedt B., Schön S. (2022): Challenges for a hybrid CAI-based INS due to trajectory dynamics derived from real inertial datasets, DGON Inertial Sensors and Systems (ISS), Sept. 13-14, Braunschweig, Deutschland. doi: 10.1109/ISS55898.2022.9926311.
- Zhang M. (2022): Dataset: Simulated DLLR Data for Timespan 1970–2021. Forschungsdaten-Repositorium der Leibniz Universität Hannover. <https://doi.org/10.25835/hiioueb9>

VORTRÄGE UND POSTER

- Biskupek L., Singh V.V., Müller J., Zhang M. (2022): Estimation of Earth rotation parameters from Lunar Laser Ranging data, EGU General Assembly, 23–27 May 2022, Vienna, Austria, EGU22-3377, DOI: 10.5194/egusphere-egu22-3377
- Biskupek L., Singh V.V., Müller J., Zhang M. (2022): Benefit of improved Lunar Laser Ranging data for the determination of Earth orientation parameters, International Workshop on Laser Ranging , 7-11 November 2022, Guadalajara, Spain
- Brekenkamp M., Kröger J., Schön S. (2022): Einfluss von Phasenzentrumskorrekturen auf die Positionsebene: ein simulativer Ansatz, Frontiers of Geodetic Science, October 19-20, Essen, Germany
- Duwe M., Koch I., Flury J. (2022): LRI post-fit range rate residuals - analysis and comparison, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2022, Potsdam/Germany, poster presentation, 18.–20. October, GSTM2022-84, DOI: 10.5194/gstm2022-84
- Fletling N., Flury J., Duwe M., Koch I. (2022): Analysis of GRACE and GRACE-FO post-fit range-rate residuals, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2022, Potsdam/Germany, poster presentation, 18.–20. October, GSTM2022-51, DOI: 10.5194/gstm2022-51
- Flury J., Koch I., Duwe M., Fletling N. (2022): Analysis of recent LUH GRACE / GRACE-FO gravity field processing results, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2022, Potsdam/Germany, presentation, 18.–20. October, GSTM2022-78, DOI: 10.5194/gstm2022-78
- HosseiniArani, A.; Tennstedt, B.; Schilling, M.; Knabe, A.; Beaufils, Q.; Romeshkani, M.; Wu, H.; Kupriyanov, A.; Pereira Dos Santos, F.; Schön, S.; Müller, J. (2022): Improved Modeling for Hybrid Accelerometers Onboard Future Satellite Gravity Missions, COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July 2022, Athens, Greece
- Jaeggi A., Meyer U., Peter H., Teixeira da Encarnacao J., Lasser M., Flechtner F., Dahle C., Boergens E., Förste C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Bourgogne S., Koch I., Flury J., Groh A., Eicker A., Blazquez A., Meyssignac B. (2022): COST-G: Status and recent developments, EGU General Assembly 2022, Vienna/Austria, virtual presentation, 23.-27. May, EGU22-2976, DOI: 10.5194/egusphere-egu22-2976
- Jäggi A., Meyer U., Peter H., De Teixeira da Incarnacao J., Lasser M., Flechtner F., Dahle C., Boergens E., Förste C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Bourgogne S., Koch I., Flury J., Groh A., Eicker A., Blazquez A., Meyssignac B. (2022): COST-G: Status and recent developments, GGHS 2022. Austin, TX, USA. 12.-14. September, DOI: 10.48350/173824
- Jäggi A., Meyer U., Teixeira da Encarnacao J., Lasser M., Flechtner F., Dahle C., Boergens E., Förste C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Bourgogne S., Koch I., Duwe M., Flury J., Weigelt M., Peter H., Groh A., Sasgen I., Eicker A., Blazquez A., Meyssignac B. (2022): International Combination Service for Time-Variable Gravity Fields (COST-G) – Overview of Current Activities and Future Perspectives, Ocean Surface Topography Science Team Meeting 2022, Venice/Italy, poster presentation, 31. October - 4. November, DOI: 10.24400/527896/a03-2022.3341
- Kersten T., Dawidowicz K., Krzan G., Kröger J., and Schön S. (2022): On the design of robust and consistent metrics for the stability of receiver antenna calibration sets, 2nd Symposium of IAG Commission 4 “Positioning and Applications”, Sept. 5-6, Potsdam, Germany, doi: 10.5194/iag-comm4-2022-25.
- Kersten T., Schön S., Kröger J., Brevi Y. (2022): GNSS Antenna Calibration Values as Bottleneck for Reliable Atmospheric Parameters. Abstract (G24A-04) presented at 2022 AGU Fall meeting, Dec. 12-16, <https://agu.confex.com/agu/fm22/meetingapp.cgi/Paper/1183119>
- Kersten T. (2022): Eismassenänderungen und Meereshöhen – Wie der globale Maßstab sich ändert und präzise Bestimmung mit Geodätischen Weltraumverfahren, In: Tag der Naturwissenschaften, Workshop und Presentation, Erkner, Germany.
- Knabe, A.; Schilling, M.; HosseiniArani, A.; Romeshkani, M.; Müller, J.; Beaufils, Q.; Pereira dos Santos, F. (2022): Benefit of Cold Atom Interferometry Accelerometers for Future Low-Low Satellite-to-Satellite Tracking and Gradiometry Missions, Gravity, Geoid and Height Systems 2022 Symposium, September 12-14, Austin, Texas, USA

- Koch I., Duwe M., Flury J. (2022): Reprocessing of LUH GRACE solutions – current status, EGU General Assembly 2022, Vienna/Austria, virtual presentation, 23.-27. May, EGU22-11396, DOI: 10.5194/egusphere-egu22-11396
- Koch I., Duwe M., Flury J. (2022): Reprocessing of LUH GRACE solutions – current status, COST-G Team Meeting, Berne/Switzerland, presentation, 04.-07. July.
- Koch I., Duwe M., Flury J., Fletling N. (2022): Signals of geophysical nature in GRACE and GRACE-FO post-fit range-rate residuals, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2022, Potsdam/Germany, poster presentation, 18.–20. October, GSTM2022-91, DOI: 10.5194/gstm2022-91
- Kröger J., Kersten T., Brevi Y., Schön S. (2022): How Do Different Phase Center Correction Values Impact GNSS Reference Frame Stations?, IAG International Symposium on Reference Frames for Applications in Geosciences (REFAG 2022), Oct. 17-20, Thessaloniki, Greece.
- Kröger J., Kersten T., Brevi Y., Brekenkamp M., Schön S. (2022): Impact of Different Phase Center Correction Values on Geodetic Parameters: A Standardized Simulation Approach, EGU General Assembly 2022, hybrid, May 23-27, EGU22-1146, Vienna, Austria. doi: 10.5194/egusphere-egu22-1146.
- Kulemann, D., Schön S. (2022): Influence of frequency corrections on measurements of a GNSS software receiver connected to an atomic clocks, Navitec 2022, online, April 4-8, Noordwijk, The Netherlands
- Kupriyanov, A.; Reis, A.; Schilling, M.; Müller, V.; Müller, J. (2022): Sensor and Performance Modelling of an Optical Accelerometer for Future Gravity Field Missions, EGU General Assembly, 23–27 May 2022, Vienna, Austria, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-2023>
- Kupriyanov, A., Reis, A., Müller, J., Müller, V., Schilling, M. (2022): Project B01: New Measurement Concepts with Laser Interferometers, TerraQ General Assembly, 1–2 June 2022, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A.; Reis, A.; Leipner, A.; Huckfeldt, M.; Ebadi, S.; Öhlinger, F.; Müller, J.; Müller, V.; Schilling, M.; List, M.; Rievers, B.; Weigelt, M.; Mayer-Gürr, T. (2022): GRACE-FO & NGGMs (TerraQ B01, B02, C04), Quantum Frontiers day, 24 June 2022, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A.; Reis, A.; Schilling, M.; Müller, V.; Müller, J. (2022): Sensor and Performance Modelling of an Optical Accelerometer for Future Gravity Field Missions, COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July 2022, Athens, Greece
- Kupriyanov, A.; Reis, A.; Schilling, M.; Müller, V.; Müller, J. (2022): Sensor and Performance Modelling of an Optical Accelerometer for Future Gravity Field Missions, QSNP conference, 5-7 October 2022, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A.; Reis, A.; Schilling, M.; Müller, V.; Müller, J. (2022): Sensor and Performance Modelling of an Optical Accelerometer for Future Gravity Field Missions, INTERGEO (Frontiers of Geodetic Science), 18-20 October 2022, Essen, Germany
- Lin, Q. and Schön, S. (2022): Feasibility of CSAC-Assisted GNSS Receiver Fingerprinting in Dynamic Environments, 2nd Symposium of IAG Commission 4 “Positioning and Applications”, Potsdam, Germany, 5–8 Sep 2022, [iag-comm4-2022-6](https://doi.org/10.5194/iag-comm4-2022-6), <https://doi.org/10.5194/iag-comm4-2022-6>
- Meister, J.; Bremer, S.; HosseiniArani, A.; Leipner, A.; List, M.; Müller, J.; Schilling, M. (2022): Reference mirror misalignment of cold atom interferometers on satellite-based gravimetry missions. International Astronautical Congress 2022, 18.-22. Sep. 2022, Paris, Frankreich.
- Meyer U., Lasser M., Darbeheshti N., Jäggi A., Flechtner F., Dahle C., Förste C., Güntner A., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Koch I., Flury J., Bourgogne S., Feng W. (2022): COST-G: towards a new GRACE and GRACE-FO combination, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2022, Potsdam/Germany, presentation, 18.–20. October, GSTM2022-75, 10.5194/gstm2022-75
- Mu, Q.; Müller, J.; Wu, H.; Knabe, A. (2022): Satellite Gradiometry based on a New Generation of Accelerometers and its Contribution to Earth Gravity Field Determination, COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July 2022, Athens, Greece
- Müller, J (2022): Nutzen von neuartigen Quantensensoren für die gravimetrische Erdbeobachtung. Geodätische Kolloquium, 13. Januar 2022, Karlsruhe (online)
- Müller, J (2022): Benefit of Novel Quantum Sensors for Gravimetric Earth Observation. Student Colloquium, 6. April 2022, Ankara (online)
- Müller, J (2022): Benefit of Optical Clocks for Geodesy, EFTF-IFCS Conference, 25.-28. April 2022, Paris, France (online)
- Müller, J (2022): Collaborative Research Center 1464 Relativistic and Quantum-Based Geodesy, TerraQ General Assembly, 1.-2- Juni 2022, Hannover

- Müller, J (2022): Chronometrisches Nivellement - Nutzen von Uhrennetzwerken für die Geodäsie, DVW-Fachtagung Hessen/Thüringen, 28. Juni 2022, Lauterbach
- Müller, J (2022): Applications of Terrestrial Clock Networks in Geodesy, Unified Analysis Workshop, 22.-23. Oktober 2022, Thessaloniki, Greece (online)
- Müller, J (2022): Wie kann man Klimawandelprozesse (gravimetrisch) messen?, LUH AnsprechBAR, 5. November 2022, Hannover
- Müller, J (2022): Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy, GGOS Days, 14.-15. November 2022, München (online)
- Müller, J (2022): Benefit of Quantum Technology for Geodesy, AGU Fall Meeting, 12.-16. Dezember 2022, Chicago, USA
- Nosske, I., Grotti, J., Koller, S.B., Herbers, S., Benkler, E., Al-Masoudi, A., Schwarz, R., Dörscher, S., Waterholter, T., Koke, S., Kuhl, A., Grosche, G., Lisdat, C., Timmen, L., Denker, H.W., Vishnyakova, G., Holzwarth, R., Maisenbacher, L., Giunta, M., Matveev, A., Udem, T., Hänsch, T.W. (2022) Chronometric leveling using a transportable strontium atomic clock. Abstract (G25D-0250) presented at 2022 AGU Fall Meeting, 12-16 Dec., <https://agu.confex.com/agu/fm22/meetingapp.cgi/Paper/1062069>
- Reis, A.; Kupriyanov, A.; Müller, V. (2022): A Tool for Accelerometer Modeling, EGU General Assembly, 23–27 May 2022, Vienna, Austria, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-1168>
- Reis, A.; Kupriyanov, A.; Müller, V. (2022): A Framework for Modelling and Simulating Accelerometers, COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July 2022, Athens, Greece
- Romeshkani, M.; Müller, J.; Knabe, A.; Schilling, M.; HosseiniArani, A. (2022): Quantum Technology for Future Earth Observation from Space – Gradiometry Case, Gravity, Geoid and Height Systems 2022 Symposium, September 12-14, Austin, Texas, USA.
- Ruwisch F., Ren L., Skupin Ch., Kersten T., O'Connor M., Schön S., Wübbena T. (2022): Intelligent Database Architecture for High-Integrity Urban Navigation, In: 33rd IEEE Intelligent Vehicles Symposium, IV2022, June 5-9, Poster, Aachen, Germany. doi: 10.15488/12110.
- Schön S. (2022): Quantentechnologie in der Erdbeobachtung und Navigation. 1. DLR Wissenschaftsforum Bonn, 27.9.2022
- Schön S. (2022): Messen wir zukünftig Höhen mit einer Uhr? – Möglichkeiten und Herausforderungen der Anwendung von Quantensensorik in Geodäsie und Navigation. Geodätisches Kolloquium TU Darmstadt. 1.12.2022
- Schön S. (2022): Elements for integrity for GNSS-based urban navigation. DGON POSNAVITS Berlin 4.11.2022.
- Schön S.(2022): Lost in the Bermuda Triangle ? How to disentangle GNSS error sources for precise positioning. Geomatik Kolloquium ETH Zürich 13.5.2022
- Schön S. (2022): i.loc: High-integrity Localization for Automated Vehicles. Opening of the i.Loc workshop during IV2022, Aachen. 5.6.2022
- Schön S.(2022): Toward integrity for urban navigation i.Loc workshop Aachen 5.6.2022.
- Schön S. et al. (2022) Towards Integrity for GNSS-based urban navigation – challenges and lessons learned. Intelligent vehicles 9.5.2022, Aachen
- Schön S, Su, J. (2022): An investigation of interval and set-based uncertainty representation for GNSS navigation. 13th Summer Workshop on Interval Methods, July 19-21, 2022, Hannover, Germany., Hannover 21.7.2022 Hannover
- Schön S. (2022) Welcome to SWIM 2022, Opening address to Summer Workshop on Interval Methods SWIM, 13th Summer Workshop on Interval Methods, July 19-21, 2022, Hannover, Germany.Hannover 19.7.2022 Hannover
- Shabanloui, A., Wu, H., Müller, J., (2022): Estimation of Temporal Variations in the Earth's Gravity Field using Novel Optical Clocks on-board of Low Earth Orbiters. GGHS2022 Symposium Gravity, Geoid, and Height Systems 2022, Thompson Conference Center, UT Austin, USA, September 12-16, 2022.
- Singh, V. V.; Biskupek, L.; Müller, J. and Zhang, M. (2022): Estimation of Ephemeris from Lunar Laser Ranging, EGU General Assembly, 23–27 May 2022, Vienna, Austria, EGU22-2815, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-2815>, 2022.
- Singh, V. V.; Biskupek, L.; Müller, J. and Zhang, M. (2022): Recent improvements to reference frames from LLR data analysis, COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July 2022, Athens, Greece
- Singh, V. V.; Biskupek, L.; Müller, J. and Zhang, M. (2022): Different approaches to determine uncertainty of ERP from LLR data analysis, INTERGEO (Frontiers of Geodetic Science), 18-20 October 2022, Essen, Germany

- Singh, V. V.; Biskupek, L.; Müller, J. and Zhang, M. (2022): Uncertainty determination of ERPs from LLR by parameter variation during data analysis, International Workshop on Laser Ranging , 7-11 November 2022, Guadalajara, Spain
- Su J., Schön S. (2022): Deterministic approaches for bounding GNSS uncertainty: A comparative analysis, In:10th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing (NAVITEC), April 6-7, Noordwijk, The Netherlands.
- Su J., Jiang Y., Schön, S., Wagner B. (2022): How to determine uncertainty interval: Practice in GNSS and LiDAR localization. In: 13th Summer Workshop on Interval Methods, July 19-21, 2022, Hannover, Germany.
- Su J, Schön S. (2022): Intervals in Fault-Free Error Modeling for GNSS Applications. In: International Online Seminar on Interval Methods in Control Engineering, Oct 28, Online.
- Tennstedt B., Rajagopalan A., Rasel E.M., Schön S. (2022): An Alternative Hybridisation Scheme for Atom Interferometers used in Navigation, Frontiers of Matter-Wave Optics, Sept. 19-23, Poster, Trieste, Italy.
- Tennstedt B. (2022): QGyro - Quantensensoren für die Navigation, Synergietreffen der DLR Explorer-Initiativen STE2022-I, Jun. 08-10, Vortrag, Wuppertal, Germany.
- Tennstedt B., Abidi M. et al. (2022): Quantum Hybridized Accelerometer for Inertial Navigation, EXC2123 Quantum Frontiers General Assembly, Jun. 24, Poster, Hannover, Germany.
- Timmen, L. (2022): Advanced model for the reduction of atmosphere in absolute gravimetry, presentation, International Gravity Reference Frame, IGRF Workshop 2022 – Leipzig Germany, April 11-13 2022
- Timmen, L. (2022): Can we learn from IAGBN: its development and disappearance? Presentation, International Gravity Reference Frame, IGRF Workshop 2022 – Leipzig Germany, April 11-13 2022
- Timmen, L. (2022): Gravimetrische Forschungsvorhaben seitens LUH: zeitabhängige terrestrische Schweremessungen in aktuellen Projekten, Vortrag, Austauschgespräche zur terrestrischen Gravimetrie am LGLN, 07.07.2022
- Timmen, L. (2022): Verbesserte Modellierung der Atmosphäre zur Reduktion in der Absolutgravimetrie, Vortrag, Arbeitskreis Geodäsie und Geophysik, 18. bis 21. Oktober im Rittergut Positz bei Oppurg in Thüringen
- Timmen, L. (2022): Absolutgravimetrie im Experiment “Weak Equivalence Principle Test with Neutrons” am ILL Grenoble, Vortrag, Arbeitskreis Geodäsie und Geophysik, 18. bis 21. Oktober im Rittergut Positz bei Oppurg in Thüringen
- Vincent, A.; Müller, J.; Wu, H. (2022): Detection of Time-variable Gravity Signals using Terrestrial Clock Networks, EGU General Assembly, 23–27 May 2022, Vienna, Austria, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-1743>.
- Vincent, A.; Müller, J.; Wu, H. (2022): Applications of Terrestrial Clock Networks in Geodesy, COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July 2022, Athens, Greece.
- Vincent, A.; Müller, J.; Wu, H. (2022): Unifying Height Systems Using Chronometric Leveling, NKG General Assembly, 05-08 September 2022, Copenhagen, Denmark.
- Vincent, A.; Müller, J.; Wu, H.; Shabanloui, A. (2022): A Relativistic Approach Using Terrestrial Clock Networks for Height System Unification, Gravity, Geoid and Height Systems 2022 Symposium, 12-14 September, UT Austin, Texas, U.S.A.
- Zhang, M., Müller, J., Biskupek, L., and Singh, V. V. (2022): Characteristics of Differential Lunar Laser Ranging, EGU General Assembly, 23–27 May 2022, Vienna, Austria, EGU22-2841, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-2841>.
- Zhang M, Müller J., Biskupek L., Singh V.V. (2022): Combination of Lunar Laser Ranging and Differential Lunar Laser Ranging, International Workshop on Laser Ranging , 7-11 November 2022, Yebes, Spain.
- Zingerle, P., Abrykosov, P., Pail, R., Gruber, T., Romeshkani, M., Müller, J., (2022) Simulating CAI accelerometers on SST gravity field missions: first results. GGHS2022 Symposium Gravity, Geoid, and Height Systems 2022, Thompson Conference Center, UT Austin, USA, September 12-16, 2022.

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Bienzeisler, Lasse, Torben Lelke, Oskar Wage, Lena-Marie Huck, Bernhard Friedrich (2022): Uncertainty and Variability Analysis of Agent-Based Transport Models, *Transportation Research Procedia: 24th Euro Working Group on Transportation Meeting*
- Bill, R., Blankenbach, J., Breunig, M., Haunert, J.-H. Heipke, C., Herle, S., Maas, H.-G., Mayer, H., Meng, L., Rottensteiner, F., Schiewe, J., Sester, M., Sörgel, U., Werner, M.(2022): Geospatial information research: State of the art, case studies and future perspectives, In: *PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* 90: 349–389, DOI: 10.1007/s41064-022-00217-9
- Busch, S., C. Koetsier, J. Axmann and C. Brenner (2022): LUMPI: The Leibniz University Multi-Perspective Intersection Dataset, *2022 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 1127-1134
- Feng, Yu, Qing Xiao, Claus Brenner, Aaron Peche, Juntao Yang, Udo Feuerhake, Monika Sester (2022): Determination of building flood risk maps from LiDAR mobile mapping data, *Computers, Environment and Urban Systems*, Volume 93, 2022
- Feng, Y., Huang, X. & Sester, M., 2022, Extraction and analysis of natural disaster-related VGI from social media: review, opportunities and challenges, in: *International Journal of Geographical Information Science*. 36, 7, S. 1275-1316 42 S.
- Harke, F. H., Merk, M., Otto, P. (2022): Estimation of Asymmetric Spatial Autoregressive Dependence on Irregular Lattices., *Symmetry* 14(7)
- Kamalasanan, Vinu, Yu Feng, and Monika Sester. (2022): Improving 3D pedestrian detection for wearable sensor data with 2D human pose, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 4 (2022): 219-226.
- Koetsier, C., Fiosina, J., Gremmel, J. N., Müller, J. P., Woisetschläger, D. M., & Sester, M. (2022): Detection of anomalous vehicle trajectories using federated learning, *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 4, 100013
- Leichter, A., Almeev, R. R., Wittich, D., Beckmann, P., Rottensteiner, F., Holtz, F. & Sester, M., 2022, Automated Segmentation of Olivine Phenocrysts in a Volcanic Rock Thin Section Using a Fully Convolutional Neural Network, in: *Frontiers in Earth Science*. 10, 740638.
- Li, Y., Kamalasanan, V., Batista, M. & Sester, M., 2022, Improving Pedestrians Traffic Priority via Grouping and Virtual Lanes in Shared Spaces, *15th International Conference on Spatial Information Theory, COSIT 2022*. Ishikawa, T., Fabrikant, S. I. & Winter, S. (Hrsg.). Dagstuhl Publishing, 27. (Leibniz International Proceedings in Informatics, LIPIcs; Band 240).
- Malinovskaya, A., Otto, P., Peters, T. (2022): Statistical learning for change point and anomaly detection in graphs, *Artificial Intelligence, Big Data and Data Science in Statistics* (pp. 85-109). Springer, Cham.
- Merk, M., Otto, P. (2022): Estimation of the spatial weighting matrix for regular lattice data – An adaptive lasso approach with cross-sectional resampling. *Environmetrics* 33(1). DOI: 10.1002/env.2705
- Nasiri Boroujeni, M., Samimi, Y., Roghanian, E. (2022): Parametric and non-parametric methods for monitoring nonlinear fuzzy profiles., *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2022), 118: 67-84.
- Otto, P., Schmid, W. (2022): A general framework for spatial GARCH models, *Statistical Papers*. DOI:10.1007/s00362-022-01357-1
- Otto, P., Steinert, R. (2022): Estimation of the Spatial Weighting Matrix for Spatiotemporal Data under the Presence of Structural Breaks, *Journal of Computational and Graphical Statistics*. DOI: 10.1080/10618600.2022.2107530
- Piter, A., Otto, P., Alkhatib, H. (2022): The Helsinki Bike-Sharing Systems - Insights gained from a spatiotemporal functional model, *Journal of the Royal Statistical Society Series A*
- Schleibaum, S., Müller, J. P. & Sester, M., 2022, Enhancing Expressiveness of Models for Static Route-Free Estimation of Time of Arrival in Urban Environments, in: *Transportation Research Procedia*. 62, S. 432-441 10 S.
- Wage, O., L. Bienzeisler, M. Sester (2022): Risk Analysis of Cycling Accidents Using a Traffic Demand Model, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*
- Yuan, Y., Cheng, H. & Sester, M., 2022, Keypoints-Based Deep Feature Fusion for Cooperative Vehicle Detection of Autonomous Driving, in: *IEEE Robotics and Automation Letters*. 7, 2, S. 3054 - 3061 8 S.

- Yuan, Y. & Sester, M., 2022, Leveraging Dynamic Objects for Relative Localization Correction in a Connected Autonomous Vehicle Network, in: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 5, 1, S. 101-109 9 S.
- Zourlidou, S., J. Golze and M. Sester (2022): Traffic Regulation Recognition using Crowd-Sensed GPS and Map Data: a Hybrid Approach, AGILE: GIScience Series

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Brysch, M., B Laurich, C Schettler, M Sester: Pore Super Segmentation in Opalinus Clay on Artificially Enhanced SEM Images with Voting Classification, EGU General Assembly Conference Abstracts, EGU22-1012
- Cheng, H., Lei, H., Zourlidou, S., Sester, M. (2022): Traffic Control Recognition with an Attention Mechanism Using Speed-Profile and Satellite Imagery data., The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLIII-B4-2022, pp. 287–293
- Fasso, A., Rodeschini, J., Moro, A.F., Shaboviq, Q., Maranzano, P., Cameletti, M., Finazzi, F., Golini, N., Ignaccolo, R., Otto, P. (2022): Agrimonia: a dataset on livestock, meteorology and air quality in the Lombardy region, Italy. arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2210.10604
- Golze, J., U. Feuerhake and M. Sester (2022): Spatial Analysis of External Influences on Traffic Accidents using Open Data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences
- Heumann, M., O Wage, U Feuerhake, MH Breitner, M Sester: Waren effizient und nachhaltig geliefert: Die USEful Webapplikation, Unimagazin 3/4 (2022) 3, 52-53
- Jonietz, D., Sester, M., Stewart, K., Winter, S., Tomko, M., & Xin, Y. (2022). Urban Mobility Analytics: Report from Dagstuhl Seminar 22162. Dagstuhl Reports, 12(4), 26-53.
- Kamalasanan, V., Awad Mukbil, Monika Sester, Jörg P Müller (2022): Mixed Reality Agent-Based Framework for Pedestrian-Cyclist Interaction, ISMAR Adjunct 2022
- Maranzano, P., Otto, P., Fasso, A. (2022): Adaptive LASSO estimation for functional hidden dynamic geostatistical model. arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2208.05528
- Malinovskaya, A., Mozharovskyi, P., & Otto, P. (2022): Statistical monitoring of models based on artificial intelligence., arXiv preprint.
- Otto, P. (2022): A Multivariate Spatial and Spatiotemporal ARCH Model. arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2204.12472
- Otto, P., Dogan, O., Taspinar, S. (2022): A Dynamic Spatiotemporal Stochastic Volatility Model with an Application to Environmental Risks. arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2211.03178
- Otto, P., Dogan, O., Taspinar, S. (2022): Dynamic Spatiotemporal ARCH Models, arXiv preprint. DOI: 10.48550/arXiv.2202.13856
- Politz, F., M. Sester (2022): Building change detection in airborne laser scanning and dense image matching point clouds using a residual neural network, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2022, 625–632
- Rottensteiner, F., F. Holtz, R. Almeev, D.C. Wittich, M. Sester, A. Leichter: Wie schnell steigt Magma auf?: Maschinelles Lernen (ML) hilft bei der Antwort, Unimagazin 1/2 (2022) 1, 42-44
- Sester, M., F. Holtz, L. Beckmann: Das Leibniz Forschungszentrum FZ: GEO: Den Forschungsgegenstand Erde aus verschiedenen Perspektiven betrachten, Unimagazin 1/2 (2022) 1, 4-7
- Sester, M., F. Politz: Zur automatischen Klassifikation von 3D-Punktwolken: Landvermessung mittels Laserscanning und digitaler Bildanalyse, Unimagazin 1/2 (2022) 1, 46-49
- Zou, Q., & Sester, M. (2022): Uncertainty Representation and Quantification of 3D Building Models., The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 43, 335-341.
- Zourlidou, S., Sester, M., Hu, S. (2022): Recognition of Intersection Traffic Regulations From Crowdsourced Data., Preprints 2022, 2022070012 ISPRS IJGIS

VORTRÄGE UND POSTER

- Cheng, H.: Deep Learning of Road User Behavior, Dagstuhl Seminar, 20.4.2022.
- Koetsier, Ch.: Detection of anomalous vehicle trajectories using federated learning, Vortrag anlässlich KI-Themenwoche ZDIN.

- Otto, P.: Estimation of the Spatial Weights Matrix, METMA X Lleida, 02.06.2022
- Otto, P.: Spatiotemporal ARCH and GARCH Models, Kolloquium der Europa-Universität Viadrina, Frankfurt (Oder), 21.06.2022
- Otto, P.: Dynamic Spatiotemporal ARCH Model, World Spatial Econometrics Conference, 23.06.2022
- Otto, P.: Estimation of Spatial Dependence Structures, IRTG Computational Mechanics Techniques in High Dimensions, 23.08.2022
- Otto, P.: Dynamic Spatiotemporal ARCH Model, Statistische Woche Münster, 22.09.2022
- Otto, P.: Spatiotemporal functional models for irregular and large environmental data sets, Geoinformatik Forum Münster, 18.10.2022
- Sester, M.: Urban Mobility Analytics, Dagstuhl Seminar, 20.4.2022.
- Sester, M.: AI and cartography, Kolloquium an der TU Wien, 30.5.2022.
- Sester, M.: Stadt-Monitoring mittels moderner Sensoren und Auswertemethoden, Kolloquium HCU Hamburg, 30.6.2022.
- Sester, M.: NFDI4Earth: Towards a national ESS research data infrastructure, LUH- Informationsveranstaltung zu Nationalen Forschungsdateninfrastrukturen, 2.11.2022.
- Sester, M.: Von Daten zu Informationen, Festvortrag anlässlich des 80. Geburtstags von Prof. Hans-Peter Bähr, KIT, 10.11.2022.
- Sester, M.: Visualisierung räumlicher Daten: Symposium Datenvisualisierungen – Werkzeuge der Erkenntnisse am 24.11 und 25.11.22 an der Hochschule Hannover.

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Bill, R., Blankenbach, J., Breunig, M., Haunert, J.-H. Heipke, C., Herle, S., Maas, H.-G., Mayer, H., Meng, L., Rottensteiner, F., Schiewe, J., Sester, M., Sörgel, U., Werner, M.(2022): Geospatial information research: State of the art, case studies and future perspectives, In: PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science 90: 349–389, DOI: 10.1007/s41064-022-00217-9
- Chen L., Heipke C.(2022): Deep Learning Feature Representation for Image Matching under Large Viewpoint and Viewing Direction Change, In: JPRS (190), 94-112., DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2022.06.003
- Coenen M., Beyer D., Heipke C., Haist M.(2022): Learning to sieve: prediction of grading curves from images of concrete aggregate. In: ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., V-2-2022, 227–235. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-2-2022-227-2022
- Coenen M., Schack T., Beyer D., Heipke C., Haist M.(2022): ConsInstancy: Learning Instance Representations for Semi-Supervised Panoptic Segmentation of Concrete Aggregate Particles. In: Machine Vision and Applications 33:57, 13 pages. DOI: 10.1007/s00138-022-01313-x
- Dorozynski M., Rottensteiner F.(2022): Deep descriptor learning with auxiliary classification loss for retrieving images of silk fabrics in the context of preserving European silk heritage. In: ISPRS International Journal of Geo-Information 11(2), paper 82, DOI: 10.3390/ijgi11020082
- Durand V., Gualandi A., Ergintav S., Kwiatek G., Haghshenas M., Motagh M., Dresen G., Martinez Garzon, P. (2022): Deciphering aseismic deformation along submarine fault branches below the eastern Sea of Marmara (Turkey): Insights from seismicity, strainmeter, and GNSS data. In: Earth and Planetary Science Letters, 594, 117702. DOI: 10.1016/j.epsl.2022.117702
- El Amrani Abouelassad S., Rottensteiner F.(2022): Vehicle instance segmentation with rotated bounding boxes in UAV images using CNN. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-1-2022, pp. 15–23. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-1-2022-15-2022
- Erfani Jazi Z., Motagh M., Klemann V. (2022): Inferring Mass Loss by Measuring Contemporaneous Deformation around the Helheim Glacier, Southeastern Greenland, Using Sentinel-1 InSAR. In: Remote Sensing, 14, 16. DOI: 10.3390/rs14163956
- Flóvenz Ó. G., Wang R., Hersir G. P., Dahm T., Hainzl S., Stefanova Vassileva M., Drouin V., Heimann S., Isken M. P., Gudnason E. Á., Ágústsson K., Ágústsdóttir T., Horálek J., Motagh M., Walter T., Rivalta E., Jousset P., Krawczyk C., Milkereit C. (2022): Cyclical geothermal unrest as a precursor to Iceland's 2021 Fagradalsfjall eruption. In: Nature Geoscience, 15, 397-404. DOI: 10.1038/s41561-022-00930-5

- Garg S., Motagh M., Indu J., Karanam V. (2022): Tracking Hidden Crisis in India's capital from Space: Implications of Unsustainable Groundwater Use. In: *Scientific Reports*, 12, 651. DOI: 10.1038/s41598-021-04193-9
- Ghosh B., Garg S., Motagh M. (2022): Automatic Flood Detection from SENTINEL-1 Data Using Deep Learning Architectures. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-3-2022, 201-208. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-3-2022-201-2022
- Guo, Z., Motagh, M., Hu, J.C., Xu, G., Haghghi, M.H., Bahroudi, A., Fathian, A. and Li, S.(2022): Depth-varying Friction on a Ramp- flat Fault Illuminated by~ 3- year InSAR Observations Following the 2017 Mw 7.3 Sarpol- e Zahab Earthquake. In: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, p.e2022JB025148
- He Y, Chen L., Xie J., Chen L.(2022): Learning 3D Semantics from Pose-Noisy 2D Images with Hierarchical Full Attention Network. In: *ECCV - 3rd Autonomous Vehicle Workshop*, <https://avvision.xyz/eccv22/> , Lightning talks II, No. 6, 18 p.
- Hu, J.; Motagh, M.; Guo, J.; Haghshenas Haghghi, M.; Li, T.; Qin, F.; Wu, W.:(2022): Inferring subsidence characteristics in Wuhan (China) through multitemporal InSAR and hydrogeological analysis. In: *Engineering Geology*. vol 297
- Kruse C., Wittich D., Rottensteiner F., Heipke C.(2022): Generating impact maps from bomb craters automatically detected in aerial wartime images using marked point processes. In: *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 5, paper 100017. DOI: 10.1016/j.ojphoto.2022.100017
- Leichter, A., Almeev, R. R., Wittich, D., Beckmann, P., Rottensteiner, F., Holtz, F., Sester, M.(2022): Automated segmentation of Olivine phenocrysts in a volcanic rock thin section using a fully convolutional neural network. In: *Frontiers in Earth Science - Petrology* 10, paper 82. DOI: 10.3389/feart.2022.740638
- Ma D., Motagh M., Liu G., Zhang R., Wang X., Zhang B., Xiang W., Yu B. (2022): Thaw Settlement Monitoring and Active Layer Thickness Retrieval Using Time Series COSMO-SkyMed Imagery in Iqaluit Airport. In: *Remote Sensing*, 14, 9, 2156. DOI: 10.3390/rs14092156
- Mehrtretter, M.(2022): Joint Estimation of Depth and its Uncertainty from Stereo Images using Bayesian Deep Learning. In: *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* , V-2-2022, pp. 69-78. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-2-2022-69-2022
- Moghimi A., Celik T., Mohammadzadeh A.(2022): Tensor-based Keypoint Detection and Switching Regression Model for Relative Radiometric Normalization of Bitemporal Multispectral Images. In: *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 43:11, 3927-3956. DOI: 10.1080/01431161.2022.2102951
- Moghimi A., Mohammadzadeh A., Celik T., Brisco B., Amani M.(2022): Automatic Relative Radiometric Normalization of Bi-Temporal Satellite Images Using a Coarse-to-Fine Pseudo-Invariant Features Selection and Fuzzy Integral Fusion Strategies. *Remote Sens.* 2022, 14, 1777. DOI: 10.3390/rs14081777
- Peng, M., Lu, Z., Zhao, C., Motagh, M., Bai, L., Conway, B. D., Chen, H.(2022): Mapping land subsidence and aquifer system properties of the Willcox Basin, Arizona, from InSAR observations and independent component analysis. In: *Remote Sensing of Environment*, 271, 112894. DOI: 10.1016/j.rse.2022.112894
- Rei, L.; Mladenic, D.; Dorozynski, M.; Rottensteiner, F.; Schleider, T.; Troncy, R.; Sebastián Lozano, J.; Gaitán Salvatella, M.(2022): Multimodal metadata assignment for cultural heritage artifacts, In: *Multimedia Systems*, 1-23. DOI: 10.1007/s00530-022-01025-2
- Shami S., Ranjgar B., Bian J., Khoshlahjeh Azar M., Moghimi A., Amani M., Naboureh A.(2022): Trends of CO and NO2 Pollutants in Iran during COVID-19 Pandemic Using Timeseries Sentinel-5 Images in Google Earth Engine. In: *Pollutants* 2022, 2, 156–171. DOI: 10.3390/pollutants2020012
- Tang, W., Zhao, X., Motagh, M., Bi, G., Li, J., Chen, M., Chen, H., Liao, M.(2022): Land subsidence and rebound in the Taiyuan basin, northern China, in the context of inter-basin water transfer and groundwater management. In: *Remote Sensing of Environment*, 269, 112792. DOI: 10.1016/j.rse.2021.112792
- Teimouri M., Mokhtarzade M., Baghdadi N., Heipke C.(2022): Fusion of Time-Series Optical and SAR Images Using 3D Convolutional Neural Networks for Crop Classification. In: *Geocarto International*, 18 pages. DOI: 10.1080/10106049.2022.2095446
- Trusheim, P., Mehlretter M., Rottensteiner F., Heipke C.(2022): Cooperative image orientation considering dynamic objects. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* V-1-2022, pp. 169–177. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-1-2022-169-2022

- Voelsen M., Teimouri M., Rottensteiner F., Heipke C.(2022): Investigating 2D and 3D convolutions for multitemporal land cover classification using remote sensing images. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-3-2022, pp. 271–279. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-3-2022-271-2022
- Wittich D., Rottensteiner F., Voelsen M., Heipke C., Müller S.(2022): Deep learning for the detection of early signs for forest damage based on satellite imagery. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2-2022, pp. 307–315. DOI: 10.5194/isprs-annals-V-2-2022-307-2022
- Xia Z., Motagh M., Li T., Roessner S. (2022): The June 2020 Aniangzhai landslide in Sichuan Province, Southwest China: slope instability analysis from radar and optical satellite remote sensing data. In: Landslides, 19, 2, 313-329. DOI: 10.1007/s10346-021-01777-4

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Ali, R., Dorozynski, M., Stracke, J., and Mehlretter, M. (2022): Deep Learning-Based Tracking of Multiple Objects in the Context of Farm Animal Ethology. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2022, 509–516, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2022-509-2022
- Dorozynski, M. and Rottensteiner, F.(2022): Addressing Class Imbalance in Multi-Class Image Classification by Means of Auxiliary Feature Space Restrictions. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2022, 777–785, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2022-777-2022
- Haist M., Heipke C., Beyer D., Coenen M., Schack T., Vogel C., Ponick A., Langer A.(2022): Digitization of the Concrete Production Chain using Computer Vision and Artificial Intelligence. In: fib proceedings no. 59, 6th fib Congress “Concrete Innovation for Sustainability,” 10 p.
- Haist M., Scheydt J.C., Heipke C., Beyer D., Coenen M., Schack T., Ponick A., Langer A., Wiggenhagen M., Secieru E., Zwolinski M., Stahl T., Mittenbühler M., Rauls J., Weilacher F., Koppenhagen M., Mazanec O., Sachsenhauser B., Spenner L., Meyer R., Tholen H., Spörel F., Fuhrmann A., Moß M., Nieweler K. (2022): Concrete 4.0 – Self-learning Digital Production Techniques for Sustainable Concrete - Beton 4.0 – Selbstlernende digitale Produktionstechniken für nachhaltige Betone. In: Proceedings of the 66th BetonTage, BFT-International, Vol. 88(6), 33-34
- Jacobsen, K.(2022): Mapping with SkySat Images, In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B1-2022, 99-106, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2022-99-2022
- Haghighi, M. H. (2022): Large-Scale Mapping of Flood Using Sentinel-1 Radar Remote Sensing. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B3-2022, 333–340, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-1097-2022
- Piter, A., Haghighi, M. H., and Motagh, M.(2022): Evaluation of Pixel Selection Methods for Traffic Infrastructure Monitoring Using Sentinel-1 InSAR. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B3-2022, 333–340, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-333-2022
- Ponick A., Langer A., Beyer D., Coenen M., Haist M., Heipke C.(2022): Image-based deep learning for rheology determination of Bingham fluids. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B2-2022, 711–720. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2022-711-2022
- Schrappel M., Rohs M., Mehlretter M., Heipke C.(2022): MOBILISE: Mobilität zwischen Mensch und Technik. In: VDI/VDE Hannover Technik und Leben, 1/22, p. 7
- Sledz A., Heipke C.(2022): Joint bundle adjustment of thermal infra-red and optical images based on multimodal matching. In: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B1-2022, 157–165. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2022-157-2022

BÜCHER, BUCHKAPITEL

- Dowman, I., Jacobsen, K., Konecny, G., Sandau, R.(2022): Whittles Publishing, UK, High Resolution Optical Satellite Imagery, 2nd Edition, ISBN: 978-184995-390-0

DISSERTATIONEN

- Yang C.(2022): A hierarchical deep learning framework towards the verification of geospatial databases. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 377

VORTRÄGE UND POSTER

- Ali, R.: DL-basierte Verfolgung von Nutztieren. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022
- El Amrani Abouelassad, S.: Vehicle Instance Segmentation With Rotated Bounding Boxes in UAV Images Using CNN. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022
- Haghshenas Haghighi, M.: Training workshop lecture "Applications of InSAR for land subsidence studies" at the workshop "Principles and Applications of Satellite Radar Remote Sensing InSAR Karyashala 2022" organized by the Indian Institute of Technology Roorkee, 2 h online lecture, 02.06.2022
- Haghshenas Haghighi, M.: Country-wide assessment of flood risk in Bangladesh using Sentinel-1 SAR images. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022
- Heipke, C.: KI in Photogrammetrie und Fernerkundung, Eröffnungsvortrag, Oldenburger 3D-Tage, Oldenburg (online), 02.02.2022
- Heipke, C.: Remote sensing and big data for sustainable development, ISDE 9th Digital Earth Summit, Chennai (online), 08.09.2022
- Heipke, C.: Photogrammetric computer vision and the role of machine learning, Academic lecture, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (online), 29.09.2022
- Heipke, C.: Cooperative ego-positioning in road traffic incorporating dynamic scene elements. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022
- Heipke, C.: Uncertainty estimation for dense stereo matching using Bayesian deep learning. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 06.10.2022
- Heipke, C.: Vorlesungsreihe „Photogrammetrie“ an der Maritime University Stettin, 15 h Vorlesung, Stettin, 16.-18.11.2022
- Jacobsen, K.: SkySat - Geometry and Effective Resolution. EARSeL-Symposium "Earth Observation for Environmental Monitoring" in Paphos, Zypern, 14.09.2022
- Langer A.: Bildbasierte Bestimmung von rheologischen Frischbetoneigenschaften. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022
- Motagh M.: Investigation of the 2020 June Aniangzhai landslide failure in China: A remote sensing analysis using multiple satellite data and corner reflectors. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022
- Ponick A.: Image-based Deep Learning for Rheology Determination. Doktoraendenkolloquium der DGK Sektion Geoinformatik, Braunschweig, 12.05.2022
- Rottensteiner F.: Strategies for Deep Domain Adaptation in Remote Sensing Applications. Eingeladener Vortrag im Seminar des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie, TU Braunschweig, 22.3.2022
- Rottensteiner F.: Deep semantic image retrieval for historical silk fabrics leveraging semantic annotations. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022
- Rottensteiner F.: Appearance based Deep Domain Adaptation for the Classification of Aerial Images. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation/basierte Bestimmung von rheologischen Frischbetoneigenschaften. Jahrestagung der Deutschen, Dresden, 06.10.2022.
- Rottensteiner F.: From Classical Machine Learning to Deep Learning. Workshop ForstCARE - Forest Monitoring with Deep Learning, Brasilianische Weltraumbehörde (INPE) (online), 03.11.2022
- Rottensteiner F.: SILKNOW – „Seidenwissen jetzt“: Ein Beitrag der Bildanalyse zur Dokumentation von kulturellem Erbe. Geodätisches Kolloquium, Leibniz Universität Hannover, 15.11.2022
- Rottensteiner F.: Gastvorlesung „Machine Learning for Remote Sensing Applications“ an der Universität von Pavia, Italien, 16 h Vorlesung, Pavia, 21.11.-2.12.2022
- Voelsen M.: Towards High-Resolution Land Cover Classification using Sentinel-2 Imagery. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 06.10.2022
- Voelsen M.: Multitemporal land cover classification with Sentinel-2 images for national surveying authorities. EuroSDR Workshop "Artificial Intelligence for NMCAs" (online), 27.10.2022

Wang W.: Satellite-Based Assessment of Rainfall-Triggered Shaziba Landslide. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation, Dresden, 05.10.2022

Wittich D.: Basics, architectures, applications of CNNs. Workshop ForstCARE - Forest Monitoring with Deep Learning, Brasilianische Weltraumbehörde (INPE) (online), 03.11.2022

Wittich D.: Deep Learning for the Detection of Early Signs for Forest Damage based on Satellite Imagery. Workshop ForstCARE - Forest Monitoring with Deep Learning, Brasilianische Weltraumbehörde (INPE) (online), 03.11.2022

GEODÄTISCHES KOLLOQUIUM

WINTERSEMESTER 2021 / 2022

Dienstag, 02.11.2021: **Prof. Dr. Peter Baumann**, Professor of Computer Science, Jacobs University Bremen gGmbH, Executive Director, rasdaman GmbH Bremen, Thema: Raum-zeitliche Geo-Datenwürfel: wird der Datenzugang damit einfacher?

Dienstag, 16.11.2021: **Prof. Dr.-Ing. Jürgen Müller**, Institut für Erdmessung, Leibniz Universität Hannover, Thema: Nutzen von neuartigen Quantensensoren für die gravimetrische Erdbeobachtung (Förderer tag)

Dienstag, 30.11.2021 (online): **Prof. Pascal Fua**, Computer Vision Laboratory, EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne), Schweiz, Thema: Joint Segmentation and Path Classification of Curvilinear Structures

Dienstag, 14.12.2021 (online): **Dipl.-Ing. Axel Kolfenbach MRICS**, Leiter Abteilung Entwicklung & Wertermittlung, Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), Hannover, Thema: Bodenpolitik durch Bundesimmobilien – Auftrag und Erwartungen an die BImA

SOMMERSEMESTER 2022

Dienstag, 17.05.2022: **Prof. Dr. Hanna Meyer**, Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Thema: Machine learning as a tool to „map the world“? On remote sensing and predictive modelling for environmental monitoring

Dienstag, 24.05.2022: **Prof. Markus Gerke**, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, TU Braunschweig, Thema: Potentiale und Herausforderungen der additiven Fertigung im Bauprozess

Dienstag, 21.06.2022: **Prof. Dr. Benedikt Soja**, Dep. Bau, Umwelt und Geomatik, ETH Zürich, Thema: Erdbeobachtung mittels GNSS-Messungen von Smartphones

Dienstag, 12.07.2022: **DVW Niedersachsen/Bremen e.V.**, Thema: Vorstellung der Projekte „NachwuchsGoesForschung

LEHRVERANSTALTUNGEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WISE 21/22 UND SOSE 22

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Sensorik	Jens Hartmann / Khami	1	4	1
Grundlagen geodätischer Auswertemethoden	Prof. Neumann / Dr. Vogel / Jan Hartmann	2	3	2
Ausgleichsrechnung und Statistik	Prof. Neumann / 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	Prof. Neumann / Dr. Alkhatib	4	3	1
Praxisprojekt Ingenieurgeodäsie	Hake / Khami	4	10 Tage	1
Multi-Sensor-Systeme	Dr. Vogel / Khami	5	2	2

FLÄCHEN- UND IMMOBILIENMANAGEMENT

Grundlagen der Stadt- und Regionalplanung	Prof. Voß / Gebauer	1	2	1
Immobilienmanagement I	Prof. Voß / Bannert	4	2	1
Flächenmanagement und Bodenordnung I	Prof. Voß / Bannert	5	2	1
Land- und Dorfwentwicklung I	Prof. Voß	5	1	-

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WISE 21/22 UND SOSE 22

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Schätz- und Optimierungsverfahren	Kerमारrec / Jan Hartmann	1 N	2	1
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 II: Quality assessment of low-cost laser scanners in outdoor applications	Dr. Vogel / Altemeier / Ernst	2 G	-	8
Projektseminar I: Investigation of Influences on the Measurement Quality of low-cost Laser Scanners	Dr. Alkhatib / Ernst	2 G	-	8

Industrial Surveying (W)	Prof. Neumann / Jan Hartmann / Mohammadivojdan	2 G	2	2
Selected Topics of Geodetic Data Analysis (W)	Prof. Neumann / Dr. Alkhatib / Ernst	2 G	2	1
Recursive State Estimation (W)	Dr. Alkhatib / Moftizadeh	3 G	2	2
Ingenieurgeodäsie, Aktuelle Aspekte (Wahl)	Prof. Neumann	3 G	1	-
Analysis of Deformation Measurements (W)	Dr. Omidalizarandi	3 G	1	1

FLÄCHEN- UND IMMOBILIENMANAGEMENT

Land Management a. Real Estate Economics II	Prof. Voß / Dr. Asiama	2 G	2	1
Land Tenure and Land Policy (W)	Prof. Voß / Dr. Asiama	2 G	-	2
Projektseminar II: Wind Energy and rural Development II: Social and Cultural Value of the German Rural Space	Dr. Asiama	2 G	-	8
Rural and Village Development (W)	Gottwald	2 G	2	-
Öffentliches Vermessungswesen	Liebig	3G	1	-
Städtebauliche Projektentwicklung (W)	Dr. Wolf	3 G	2	-
Flächenmanagement III (W)	Prof. Voß	3 G	1	1
Real Estate Economics III (Wahl)	Prof. Voß/ Dr. Asiama	3G	1	-

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WISE 21/22 UND SOSE 22

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 21/22 UND SOSE 22

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Grundlagen der Erdmessung	Prof. Flury / Duwe	3	4	1
Grundlagen der GNSS und Navigation	Prof. Schön / Kröger	4	2	2
Mathematische Geodäsie	Dr. Denker / Knabe	5	1	1
GNSS II	Prof. Schön / Kröger / Schaper	5	1	1
Physikalische Geodäsie	Prof. Müller / Dr. Timmen / Knabe	5	2	1

Gravimetrie I	Dr. Timmen	5	1	-
Geodätische Weltraumverfahren und Praxisprojekt	Prof. Müller / Knabe / Kröger / Schaper	6	3	2
Bachelorprojekt	Icking / Kröger Prof. Flury / Koch	4	-	3
Landesvermessung	Dr. Jahn / Brevi	6	2	1
Praxisprojekt Landesvermessung und GNSS	Schaper / Kröger	6	10 Ta ge	2

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WISE 21/22 UND SOSE 22

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Positionierung und Navigation	Prof. Schön / Kröger	1 N	2	1
Methods and Applications of Physical Geodesy	Prof. Flury / Duwe	1 G	2	1
Approximation Methods and Numerical Techniques (W)	Prof. Flury	2+3 G	3	1
NuUR-Praxisprojekt I	Busch / Coenen / Tennstedt / Vogel	1 N	-	2
NuUR-Praxisprojekt II, NuUR-FuE	Busch / Coenen / Tennstedt / Vogel	1+2 N	-	4/4
Projektseminar II: Geodäsie und Geoinformatik IfE	Dr. Timmen	2+3 G	-	4/4
Projektseminar I: Geodäsie und Geoinformatik IfE	Knabe, Dr. Timmen	2+3 G	-	4/4
Projektseminar: Geodäsie und Geoinformatik IfE/PosNav	Prof. Schön / Kröger / Ruwisch	2+3 G	-	4/4
Orbit Calculation and Relativistic Modelling in Geodesy (W)	Prof. Müller / Knabe	2+3 G	2	2
Inertialnavigation (W)	Prof. Schön / Weddig	2+3 G/N	2	2
GNSS Receiver-Technologie (W)	Prof. Schön	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 / Knabe	2+3 G	2	2
Advanced Concepts for Positioning and Navigation	Prof. Schön / Brevi / Kröger	1+2 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WISE 21/22 UND SOSE 22

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 21/22 UND SOSE 22

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 (Schlussübung)	Thiemann / Schulze	2	10 Tage	2
Bachelorprojekt	Schulze / Thiemann	4	-	3
Modellierung und Erfassung topographischer Daten	Prof. Sester / Feng	4	2	1
Geoinformationssysteme II	Prof. Sester / Fischer	5	2	1

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WISE 21/22 UND SOSE 22

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Internet - GIS	Dr. Feuerhake / Fischer / Cheng / 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 II (W)	Thiemann	3 G	-	2
GIS und Geodateninfrastruktur	Thiemann / Schulze / Politz	1 N	2	1
Laserscanning – Modellierung und Interpretation	Prof. Brenner / Golze	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
Big Geospatial Data	Prof. Otto / Harke	2 G/N	2	1
Statistical Modelling in Data Science	Prof. Otto / Harke	2 G/N	2	1
Modelling Spatio-temporal and Network Data	Prof. Otto	G	4S	
Projektseminar	Prof. Otto / Shaboviq	2+3 G	-	4/4

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSE 21/22 UND SoSE 22

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Geo-Informationssysteme (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geowissenschaften)	Schulze / Politz	1	1	-
GIS (EX: Water Resources and Environmental Management, Umweltingenieurwesen)	Sester / Li	1	1	
Mechatronik Labor (EX: Mechatronik und Robotik)	Busch / Yuan		1	

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WiSE 21/22 UND SoSE 22

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Einführung Programmieren I	Dr. Wiggenhagen	1	1	2
Einführung Programmieren II	Dr. Wiggenhagen	2	1	1
Digitale Bildverarbeitung	Prof. Rottensteiner / Dorozynski	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 21/22 UND SoSE 22

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Photogrammetric Computer Vision	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	1 G/N	2	1
Bildanalyse I (W)	Prof. Rottensteiner / Wittich	2 G/N	2	1
Bildanalyse II (W)	Prof. Rottensteiner / Ponick	3 G/N	1	1
Mathematic Aspects of Computer Vision (W)	Dr. Bulatov, IOSB	3 G/N	1	1
Optische 3D Messtechnik (W)	Dr. Wiggenhagen	2 G	2	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	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	-	-
Praxisprojekt Navigation und Umweltrobotik	Prof. Heipke und Mitarbeitende	2+3 N	-	-
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 21/22 UND SoSe 22

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
G&G für Bauingenieure (EX: Bau- und Umweltingenieurwesen, B.Sc.)	Dr. Wiggenhagen	1	2	2
Mechatronik Labor (EX: Mechatronik und Robotik)	Dr. Wiggenhagen	2+3	-	1
Remote Sensing (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geographie, Geo-wissenschaften, 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 LEHR- BEAUFTRAGTE DER FACHRICHTUNG

HONORARPROFESSOREN

Es lesen nicht mehr:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Augath (Bestellung: 1993), ehem. Geodätisches Institut TU Dresden

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

Dipl.-Ing. Martin Gottwald (seit 2016). Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Vorlesung: Rural and Village Development

Dr.-Ing. Cord-Hinrich Jahn (seit 2006), Ltd. Vermessungsdirektor, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN), Landesvermessung und Geobasisinformation, Vorlesung: Landesvermessung

MR Dipl.-Ing. Siegmund Liebig (seit 2012), Ministerialrat, Leiter des Referates Vermessung, Geoinformation, Kampfmittelbeseitigung im Nds. Ministerium für Inneres und Sport, Vorlesung: Öffentliches Vermessungswesen

Dr.-Ing. Werner Mayr (seit 2017), Welzheim, Vorlesung: Führung als Qualifikation im Ingenieurberuf

Dr. Tobias Storch (seit 2018), Institut für Methodik der Fernerkundung, DLR Oberpfaffenhofen, Vorlesung: Operationelle Fernerkundung

Dipl.-Ing. Gerfried Westenberg (seit 2003), Gerfried Westenberg GeoMarketing, Beitrag Geodatenmarkt und Marketing" (im Rahmen der Lehrveranstaltung GIS III)

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