



Aktuelles aus der Fachrichtung

2023



42 | Forschung zur Kollaborativen Navigation
in innerstädtischen Bereichen durch
Sensorfusion für eine zuverlässige und
präzise Positionierung mittels
Vehicle-to-Vehicle (V2V)
Kommunikation

Impressum

**Jahresberichtsheft Nr. 74 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),
Heike Bank (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 erstellte Beiträge bleibt allein bei der Gesellschaft. Eine Vervielfältigung oder Verwendung solcher Grafiken, Fotos und Texte in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist ohne ausdrückliche Zustimmung der Gesellschaft nicht gestattet.

INHALT

Inhalt	6
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
Gaußzentrum – Neues Verbundprojekt mit Beteiligung von IPI, IKG und IAPG	6
Hohe Ehrungen für Christian Heipke	7
Vening Meinesz-Medaille der EGU an Prof. Jürgen Müller verliehen	8
Neue Professur: Satellitengeodäsie und Geodätische Modellierung für Prof. Dr. Matthias Weigelt	9
Prof. Philipp Otto erhält Ruf nach Glasgow	10
Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß in den Ruhestand verabschiedet	10
Festkolloquium 60 Jahre Institut für Erdmessung am 25. Mai 2023	12
Dr.-Ing. Peter Lohmann (13.04.1948 – 07.06.2023)	13
Forschungsarbeiten	14
Geodätisches Institut (GIH)	14
Institut für Erdmessung (IFE)	22
Institut für Kartographie und Geoinformatik (ikg)	46
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI)	51
Dissertationen	65
Organisation von Workshops und Symposien	85
Messen und Öffentlichkeitsarbeit	86
Aus dem Lehrbetrieb	88
Bericht des Studiendekanats	88
Absolventenfeier der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie	90
Internationales	92
Master -, Bachelor- und Studienarbeiten	93
Exkursionen	115
Projektseminare im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik	120
Praxisprojekte im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik	126
Aus der Gesellschaft	132
Bericht über die Mitgliederversammlung der Gesellschaft	132
Erfolgreiches Firmen-Speeddating 2023 und gemeinsame Sommerfeier am Tag der Geodäsie 2023 in Hannover - Stärkung der Vernetzung zwischen Arbeitgebern und Studierenden	140
Aufruf Bachelor-Preis 2024 der Förderergesellschaft	142
Aufruf Walter-Großmann-Preis 2024 der Förderergesellschaft	142
Anhang - Personelles	148
Geodätisches Institut	148
Institut für Erdmessung	151
Institut für Kartographie und Geoinformatik	156
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	160
Publikationen und Vorträge	164
Geodätisches Institut	164
Institut Für Erdmessung	166

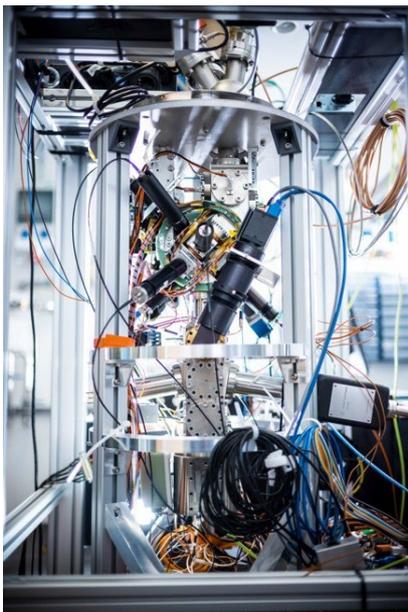
Institut für Kartographie und Geoinformatik	172
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	174
Geodätisches Kolloquium.....	177
Lehrveranstaltungen	178
Geodätisches Institut.....	178
Institut für Erdmessung	179
Institut für Kartographie und Geoinformatik	181
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	182
Honorarprofessoren und Lehr-beauftragte der Fachrichtung	184

NEUES AUS DER FACHRICHTUNG

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



Der SFB TerraQ lief 2023 auf Hochtouren weiter, mit einer Vielzahl an Aktivitäten, die die Ziele des Projektes vorangebracht haben, nicht nur in den jeweiligen Forschungsgebieten des SFB, sondern auch in der Öffentlichkeit. Etliche wissenschaftliche Publikationen (wovon 12 vom SFB finanziert werden konnten) wurden in hochwertigen internationalen Journalen und im Rahmen von Konferenzen veröffentlicht. Die TerraQ-Forschungsschwerpunkte waren weiterhin quanten-basierte Schwerefeldmessung auf der Erde und im Weltraum, Optimierung der diversen (neuartigen) Messkomponenten und ihr Zusammenspiel, die Entwicklung neuer Methoden zur Datenauswertung für bestehende und künftige Satellitenmissionen sowie relativistische Geodäsie, also die Höhenmessung mit Atomuhren.



QUANTUM GRAVIMETER QG-1

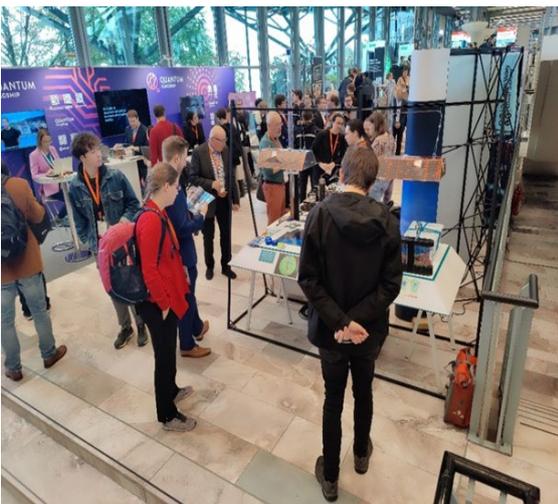
Auf experimenteller Seite sind im Jahr 2023 die Arbeiten zu den ersten Messungen mit Komponenten des VLBAI (Very Long Baseline Atom Interferometer) erfolgreich abgeschlossen, sowie Messungen mit dem Quantengravimeter QG-1 und einem Absolute Quantengravimeter, was von großer Bedeutung für die weitere Forschung von TerraQ ist. Es wurden gravimetrische Messkampagnen zum Grundwassermonitoring organisiert. Darüber hinaus gab es Messkampagnen mit der transportablen Strontium-Uhr in Kooperation mit japanischen und britischen Kollegen. Für künftige Schwerefeld-Satellitenmissionen wurden neue Entwicklungen optischer Komponenten (für die Abstandsmessung zwischen Satelliten und für die Beschleunigungsmessung) in den Laboratorien entworfen und getestet.

Wie im vorherigen Jahr gab es 2023 eine TerraQ General Assembly, die reichlich Raum bot für den wissenschaftlichen und atmosphärischen Austausch zwischen den Mitgliedern des SFB untereinander sowie mit dem dem internationalen, wissenschaftlichen Beratergremium.



TERRAQ MITGLIEDER BEI DER GENERAL ASSEMBLY 2023

TerraQ war 2023 in der Öffentlichkeit allgegenwärtig, so dass das allgemein interessierte Publikum, aber auch Wissenschaftler*innen und Student*innen aus der ganzen Welt erreicht werden konnten. Wir hatten Info-Stände bei der IUGG Generalversammlung im Juli in Berlin und der EQTC Konferenz im Oktober in Hannover. Außerdem wurde ein weiteres Event in der Vortragsreihe „The Changing Earth“ veranstaltet, mit dem Thema „Leben mit dem Klimawandel: Global forschen, regional handeln“. Für die breite Öffentlichkeit, inklusive Schüler*innen, haben wir ebenfalls verschiedene Aktivitäten organisiert, um den SFB und unsere Forschung vorzustellen. TerraQ war etwa präsent bei der „Nacht, die Wissen schafft“ der LUH und auf dem sehr gut besuchten Museumsschiff MS Wissenschaft, das ein Exponat des SFB an verschiedenen Orten in Österreich und Deutschland gezeigt hat. Darüber hinaus stellten wir Schüler*innen eines lokalen Gymnasiums unsere Laboratorien vor. Aber auch im internationalen Rahmen wurde unsere Forschung nicht nur gezeigt, sondern sie konnte erlernt werden. TerraQ hat dazu im September eine Summer School mit dem Thema „Modern techniques for gravity field recovery“ durchgeführt, an der 22 Student*innen aus 14 Ländern teilnahmen und sich über eine Woche in den Hauptthemen unseres SFB weiterbildeten.



TERRAQ EXPONAT BEI DER EQTC 2023 IN HANNOVER

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

Research
Training
Group
i.c.sens



Das Graduiertenkolleg i.c.sens wird seit Dezember 2016 von der DFG gefördert und befindet sich in der 2. Förderphase. In der aktuellen 3. Kohorte forschen 9 Doktoranden und Doktorandinnen sowie 1 Postdoc an hochaktuellen Themen, die sich mit der Integrität kollaborativ agierender Systeme in dynamischen Sensornetzen befassen.

Die dritte Kohorte, die wir Ende 2022 begrüßen konnten, begann ihre Dissertationsprojekte mit großem Engagement. Ein wichtiger Startpunkt war das i.c.sens-Qualifikationsprogramm im ersten Halbjahr 2023, das die Promovierenden mit Vorlesungen und verschiedenen Modulen der i.c.sens-Experimentierstube intensiv vorbereitete.



Vom 29-30. Juni fand die jährliche Klausurtagung im Hotel Hennies in Altwarmbüchen statt. Hier präsentierten die Promovierenden ihre Promotionsthemen, Methoden und Ergebnisse.

Unsere Guestlecturereihe war auch 2023 hochkarätig besetzt. Prof. Dr.-Ing. Oliver Michler (TU Dresden), Prof. Luc Jaulin (ENSTA-Bretagne) und Marcel Chaouali (Stadtentwicklung, LHS Hannover) bereicherten unser

Programm mit ihren Vorträgen.

Ein besonderer Höhepunkt im vergangenen Jahr war die gemeinschaftlich geplante und durchgeführte Messkampagne im August (Mapathon).

Dabei kamen drei Fahrzeuge mit einer Vielzahl von Messgeräten und Kameras zum Einsatz. Die gesammelten Daten wurden im Herbst des Jahres bei einem Hackathon intensiv gesichtet und ausgewertet.



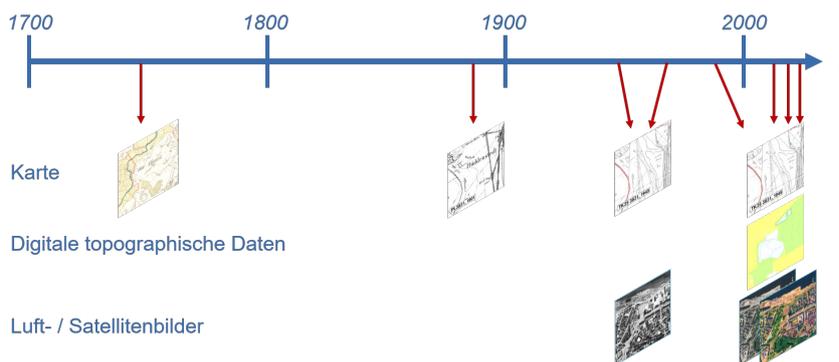
Auch 2023 waren Mitglieder von i.c.sens maßgeblich an der Organisation und Umsetzung des I-Loc Workshops beteiligt, der diesmal in Bilbao stattfand.

Aus der 2. Kohorte haben Aaronkumar Ehambram und Rozhin Moftizadeh im letzten Jahr erfolgreich ihre Doktorarbeiten abgeschlossen.

Herzlichen Glückwunsch!

GAUßZENTRUM – NEUES VERBUNDPROJEKT MIT BETEILIGUNG VON IPI, IKG UND IAPG

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) fördert im Rahmen des Gaußzentrums ein Verbundprojekt zur raum-zeitlichen Analyse von Geodaten. Projektpartner sind das IPI und das IKG der LUH sowie das IAPG der Jade-Hochschule in Oldenburg. Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Methoden zur automatisierten Klassifizierung, Speicherung und Analyse von Geodaten unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Qualität. Von großem Interesse ist hierbei die Analyse von Zeitreihen zur Gewinnung von Information über Veränderungen der Landschaft, welche für weiterführende Untersuchungen zu verschiedenen räumlichen Prozessen die Grundlage bilden, zum Beispiel im Kontext von Fragen der Entwicklung von besiedelten Flächen oder des Umweltschutzes. Geodaten unterschiedlicher Herkunft und unterschiedlichen Alters weisen in der Regel sehr heterogene Strukturen auf, sodass eine Analyse in Zeitreihen mittels herkömmlicher Methoden nicht möglich ist. In dem Projekt werden die Voraussetzungen geschaffen, eine universelle Zeitreihenanalyse auf historischen, räumlichen Daten durchzuführen, indem sie als semantisch strukturierte Objekte in einer Datenbank abgelegt werden.



DARSTELLUNG DER FÜR DAS PROJEKT RELEVANTEN EINGANGSDATEN, AUS WELCHEN DIE LANDBEDECKUNG ZU UNTERSCHIEDLICHEN ZEITPUNKTEN AUTOMATISIERT ABGELEITET WERDEN SOLL.

HOHE EHRUNGEN FÜR CHRISTIAN HEIPKE

Die Universität Stuttgart hat Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke am 17.11.2023 die Würde eines Ehrendoktors verliehen. Sie würdigt damit Heipkes Verdienste auf den Forschungsgebieten der Photogrammetrie und Fernerkundung, seinen außergewöhnlich hohen ehrenamtlichen Einsatz für die Weiterentwicklung wissenschaftlicher Organisationen im nationalen und internationalen Rahmen sowie seine enge Verbundenheit mit der Universität Stuttgart.

Heipke leitet seit 1998 das Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI), eines der vier Institute, die den Studiengang Geodäsie und Geoinformatik in Hannover tragen. „Diese unerwartete Ehrung ist eine hohe Auszeichnung für die Forschung, die wir am IPI betreiben. Daneben dokumentiert sie die schon lange andauernde und sehr erfolgreiche Verbindung der beiden Universitäten in Photogrammetrie und Fernerkundung, was mich sehr freut“, sagt Christian Heipke.

Darüber hinaus wurde Christian Heipke im Februar für seine hervorragenden Erfolge in der Fernerkundung zum *Honorary Fellow* der Indischen Gesellschaft für Fernerkundung ISRS ernannt. Ein *Honorary Fellowship* wird von der ISRS insbesondere an Ausländer nur sehr selten vergeben, derzeit gibt es nur 5 *Honorary Fellows*, die nicht Inder sind, zu denen neben Christian Heipke auch sein Vorgänger am IPI, Prof. Gottfried Konecny, gehört.



LINKS: ÜBERREICHUNG DER EHRENDOKTORWÜRDE DER UNIVERSITÄT STUTTGART AN CHRISTIAN HEIPKE (V.L.N.R): PROF. WOLFRAM RESSEL (REKTOR, UNIVERSITÄT STUTTGART), CHRISTIAN HEIPKE, PROF. UWE SÖRGEL (UNIVERSITÄT STUTTGART, PHOTOGRAMMETRIE)

VENING MEINESZ-MEDAILLE DER EGU AN PROF. JÜRGEN MÜLLER VERLIEHEN

Die Europäische Geowissenschaftliche Union (European Geosciences Union, EGU) verleiht seit 1998 die Vening Meinesz-Medaille für herausragende Forschungsleistungen auf dem Gebiet der Geodäsie.

2023 ging die Auszeichnung an Prof. Jürgen Müller vom Institut für Erdmessung, Leibniz Universität Hannover. Benannt ist die Medaille nach dem niederländischen Geophysiker und Geodäten Felix Andries Vening-Meinesz. Die EGU würdigt damit Jürgen Müllers wissenschaftliche Vorreiterrolle auf dem Gebiet des Lunar Laser Ranging und dem Test der allgemeinen Relativitätstheorie sowie seine Beiträge zur Weiterentwicklung der Geodäsie, insbesondere in der Nutzung der Quantentechnologie für neuartige Anwendungen und Messkonzepte.

Professor Harald Schuh vom Deutschen Geoforschungszentrum in Potsdam formuliert es in seiner Laudatio so: „Jürgen Müller gelingt es auf besondere Weise, eine Brücke zwischen Physik und Geodäsie zu schlagen, indem er bahnbrechende Entwicklungen in geodätische Anwendungen überführt. Aktuell beschäftigt er sich unter anderem damit, jüngste Fortschritte in der Quantentechnologie und bei optischen Uhren zu nutzen, um die Messungen des Schwerefelds der Erde und seiner Veränderungen in Raum und Zeit zu verbessern. Ein Projekt mit dem Potenzial, unser Verständnis des zeitvariablen Schwerefelds der Erde zu revolutionieren.“



PROF. ANNETTE EICKER (HCU HAMBURG), PRÄSIDENTIN DER EGU-DIVISION GEODÄSIE, ÜBERREICHT DIE AUSZEICHNUNG AN PROF. JÜRGEN MÜLLER

NEUE PROFESSUR: SATELLITENGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE MODELLIERUNG FÜR PROF. DR. MATTHIAS WEIGELT

Im November 2023 hat Prof. Matthias Weigelt die Professur für Satellitengeodäsie und geodätische Modellierung übernommen. Er leitet gleichzeitig die gleichnamige Abteilung des Instituts für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR e.V.).



PROF. DR. MATTHIAS WEIGELT (BILD: © SÖREN)

Matthias Weigelt ist sowohl in der Forschung und im Wissenschaftsmanagement erfahren. Als Geschäftsführer koordinierte er von 2016 bis 2019 den Sonderforschungsbereich 1128 - geoQ und ab 2019 das Exzellenzcluster EXC2123 - QuantumFrontiers an der Leibniz Universität Hannover. Seine wissenschaftliche Karriere führte Matthias Weigelt zuvor an die Universität Stuttgart, die Faculté des Sciences, de la

Technologie et de la Communication der Universität Luxemburg sowie an das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.

"Ein zentraler Aspekt meiner Forschungstätigkeiten ist die Entwicklung von Modellierungsmethoden zur Bestimmung globaler und regionaler Massenveränderungen aus terrestrischen und satellitengestützten Beobachtungen, speziell den Satellitenmissionen CHAMP, GRACE, GOCE und anderen LEO-Satelliten mit dem Ziel das Schwerefeld der Erde auf allen räumlichen und zeitlichen Skalen zu messen und dessen Anwendungspotential zu erschließen", erklärt Weigelt. "Besonderes Augenmerk legte ich dabei in den letzten Jahren auf die konsistente Kombination von Daten verschiedener Satellitenmission inklusive der iterativen Schätzung von Fehlerspektren aus den Residuen, da sich die bereitgestellte Fehlerinformation durch Vernachlässigung der Korrelation als unvollständig herausstellte."

Weigelts zukünftige Arbeiten am DLR werden sich im Bereich der Nutzung der Quantentechnologie und darauf basierender Messmethoden für geodätische Anwendungen fokussieren. In der Abteilung "Satellitengeodäsie und geodätische Modellierung" werden wesentliche Anwendungsszenarien für die neuartigen Quantensensoren sowie neue Messmethoden, auch in Kombination mit klassischen Verfahren, erforscht. Das Spektrum der Arbeiten reicht von der Bestimmung des Massentransportes der Erde als Folge des Klimawandels und geophysikalischer Prozesse bis hin zu Tests der Einstein'schen Relativitätstheorie im Erde-Mond System. Schwerpunkte sind die Entwicklung von Konzepten zur gravimetrische Erdbeobachtung unter Verwendung von Quantensensoren, wie etwa Beschleunigungsmessern und Gradiometern, die Analyse von räumlichen und zeitlichen Variationen des Erdschwerefeldes im Kontext zukünftiger Schwerefeldsatellitenmissionen und die Integration von hochgenauen Uhren und Quanteninertialsensoren in der Lösung von Navigationsaufgaben im Nutzersegment.

PROF. PHILIPP OTTO ERHÄLT RUF NACH GLASGOW

Philipp Otto, der seit 2018 die Juniorprofessur für Big Geospatial Data am Institut für Kartographie und Geoinformatik bekleidet hat, hat zum 1. September 2023 den Ruf als Lecturer an die Universität Glasgow, School of Mathematics & Statistics angenommen. An der LUH hat er



verschiedene neue Lehrveranstaltungen im Rahmen seines Lehrgebiets entwickelt und gehalten, u.a. Big Geospatial Data, Statistical Modelling in Data Science, Modelling Spatio-temporal and Network Data. Er hat zwei DFG-Projekt eingeworben, wobei er eines, in dem zwei Mitarbeiter beschäftigt sind, mit nach Schottland transferieren konnte. Zwei weitere Mitarbeiter haben ihre Dissertationen bereits an der LUH eingereicht.

Herr Otto hat das Institut und die Fachrichtung mit seiner Expertise bereichert und neue Impulse in Richtung Statistik gesetzt. Wir verlieren ihn nur ungern als Kollegen – freuen uns aber über diesen neuen Karrieresprung und wünschen ihm alles Gute für die Zukunft.

PROF. DR.-ING. WINRICH VOß IN DEN RUHESTAND VERABSCHIEDET

Am 24. Oktober 2023 wurde Winrich Voß im Rahmen eines feierlichen Geodätischen Kolloquiums in den verdienten Ruhestand verabschiedet. Seit August 2006 hat er den Bereich des Flächen- und Immobilienmanagements an der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover immer mit vollem Einsatz vertreten. Mit seinem offiziellen Ausscheiden zum 01.10.2023 war er somit insgesamt gut 17 Jahre in Lehre und Forschung am Geodätischen Institut tätig. In dieser Zeit hat er ganz wesentlich die Geschicke des Flächen- und Immobilienmanagements in Deutschland und auch international geprägt. So war er bspw. ordentliches Mitglied des Ausschusses Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK), Mitglied der Europäischen Akademie für Bodenordnung, Mitglied der Niedersächsischen Akademie Ländlicher Raum e. V. (ALR), ehrenamtlicher Gutachter des Oberen Gutachterausschusses für Grundstückswerte in Niedersachsen und des Gutachterausschusses Hameln-Hannover sowie Mitglied im Arbeitskreis Immobilienbewertung des DVW und im Editorial Board der Zeitschrift ZfV (Bereich Landmanagement).

An der Leibniz Universität war bzw. ist Winrich Voß Sprecher des Forschungszentrums TRUST (Räumliche Transformation - Zukunft für Stadt und Land) sowie Mitglied im Kuratorium der Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL), um nur ein paar Aufgabenfelder aufzuzählen. Darüber hinaus hat er jeweils über mehrere Jahre als Dekan der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie vorgestanden und war ebenfalls über einige Jahre Leiter des Geodätischen Institutes.

Durch sein leidenschaftliches Engagement konnte er den Kompetenzbereich des Flächen- und Immobilienmanagements auch im Bereich

der Lehre insb. in der Geodäsie aber auch im Lehrexport in das Bauingenieurwesen hervorragend abbilden. So hatte er durch seine positive Art bei den Studierenden stets einen großen Zuspruch, was sich z. B. durch die immense Anzahl von betreuten Abschlussarbeiten zeigt.

Im Rahmen der feierlichen Verabschiedung am 24. Oktober 2023 haben Prof. Dr. rer. hort. Christina von Haaren (Stellvertretende Sprecherin von Trust und Vizepräsidentin für Internationales und Nachhaltigkeit) sowie Prof. Dr.-Ing. Udo Nackenhorst (Dekan der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie) die Grußworte ausgerichtet. Darüber hinaus gab es vier Vorträge aus relevanten Forschungsthemen von langjährigen beruflichen und privaten Kollegen und Freunden von Winrich Voß:

- Herr Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke (TU Darmstadt): „Anforderungen an eine nachhaltige infrastrukturelle Stadtentwicklung“
- Herr Christopher Toben (Niedersächsische Landgesellschaft mbH): „Landgesellschaften als Instrumente des Flächen- und Immobilienmanagements“
- Herr Maximilian Karl (Gutachterausschuss Landshut): „Neue Regelungen bei Gemeinbedarfsflächen?“
- Frau Susanne Klinke (Landeshauptstadt Hannover): „Müssen wir uns (auch) von der Baulandumlegung verabschieden?“

Die ZfV 6/2023 hat zur Würdigung der Arbeiten von Winrich Voß eine Themenheft „Landmanagement“ mit relevanten Forschungsinhalten und einigen persönlichen Worten herausgegeben.

Wir sind für die langjährige sehr positive Zusammenarbeit sowie seine wertvollen Beiträge sehr dankbar und wünschen Winrich Voß und seiner Frau Barbara Frobenius-Voß alles Gute und vor allem Gesundheit für den neuen Lebensabschnitt.



WINRICH VOß ZUSAMMEN MIT DEN REFERENTEN UND SPRECHERN DER GRÜßWORTE BEIM GEODÄTISCHEN KOLLOQUIUM

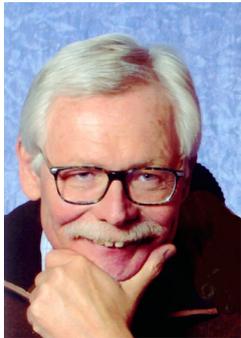
FESTKOLLOQUIUM 60 JAHRE INSTITUT FÜR ERDMESSUNG AM 25. MAI 2023

Anlässlich des 60jährigen Bestehens des Instituts für Erdmessung (IfE) fand am 25. Mai 2023 ein Festkolloquium im Königlichen Pferdestall der Leibniz Universität Hannover (LUH) statt, an dem viele ehemalige und aktuelle IfE-Mitarbeiter sowie Kooperationspartner, Universitätskollegen und Freunde des Instituts teilnahmen. Nach einer Begrüßung durch Prof. Dr. Jürgen Müller gab es zunächst eine Postersession zu aktuellen Forschungsprojekten des IfE. Im Anschluss daran hielt Prof. Dr. Roland Pail von der TU München den Hauptvortrag zum Thema "Perspektiven der Erdmessung". Danach folgten weitere Kurzvorträge von ehemaligen Mitarbeitern über deren Erfahrungen in der Berufswelt; dies waren im Einzelnen Dr. Ludger Timmen mit dem Thema "Vermessung seit 1986", Dr. Ullrich Weinbach über "GNSS Korrekturdatendienste" und Prof. Dr. Erich Kanngieser mit dem Titel "HCU Hamburg – Ein interessantes Leben im Spannungsfeld zwischen Forschung und Hochschulentwicklung". Abschließend gab es noch Gelegenheit zur Besichtigung der IfE-Labore im HITec (Hannover Institute of Technology) der LUH sowie einen regen Austausch der Teilnehmer bei Snacks und Getränken.



GRUPPENBILD DER AKTUELLEN IfE-MITARBEITER BEIM FESTKOLLOQUIUM 60 JAHRE INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

DR.-ING. PETER LOHMANN (13.04.1948 – 07.06.2023)



Das IPI trauert um Dr.-Ing. Peter Lohmann, der über Jahrzehnte am Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) tätig war und im Sommer nach kurzer schwerer Krankheit verstarb.

Peter Lohmann, der bis 1974 an der Universität Hannover Vermessungswesen studierte, hat die Umwälzungen von der analytischen zur digitalen Photogrammetrie national und international nachhaltig geprägt. Direkt nach dem Studium wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPI im SFB 149 „Vermessungs- und Fernerkundungsverfahren an Küsten und Meeren“. Aus dem Gebiet stammt auch seine 1983 erschienene Promotion mit dem Titel „Untersuchungen zur digitalen Auswertung und Korrektur von thermalen Abtastdaten von küstennahen Wasseroberflächen.“

Danach war er als Leiter der Gruppe Bildverarbeitung verantwortlich für die Entwicklung der weltweit ersten zivilen digitalen photogrammetrischen Arbeitsstation, die am IPI in Kooperation mit der Firma Context Vision entwickelt wurde und 1987 auf der Hannover Messe zu sehen war. Zwei Jahre später wurde er für diese Arbeiten mit dem renommierten Carl Pulfrich Preis geehrt. Bald im Anschluss ging er einige Jahre in die Industrie, kam aber 1998 ans IPI zurück und baute eine Gruppe auf, die sich mit luftgestütztem Laserscanning befasste. Ein wichtiges Projekt dieser Zeit waren Untersuchungen zur Nutzung der damals neuen Technik für den Küstenschutz.

In der Lehre verantwortete Peter Lohmann die Bildverarbeitung und die optische Fernerkundung und betreute eine große Anzahl Abschlussarbeiten in dem Bereich. Auch nach seinem Ruhestand 2011 blieb er dem IPI verbunden und war u.a. gern gesehener Gast bei Betriebsausflügen und Weihnachtsfeiern.

Wir erinnern uns sehr gerne an die offene und herzliche Art von Peter Lohmann und werden sein Andenken in Ehren halten. Unsere Gedanken sind bei seiner Frau und seiner Familie.

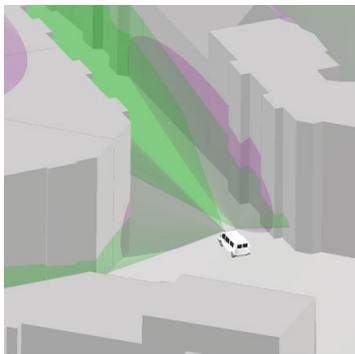
FORSCHUNGSARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT (GIH)

ENTWICKLUNG EINES ROBUSTEN POSITIONIERUNGSSYSTEMS FÜR AUTONOME FAHRZEUGE AUF DER GRUNDLAGE ERFASSTER UMGEBUNGSMFORMATIONEN UND GNSS/IMU-DATEN (AUTOMAP) (MOHAMAD WAHBAH, ROZHIN MOFTIZADEH, SÖREN VOGEL, HAMZA ALKHATIB)

Die genaue Bestimmung der Position von Fahrzeugen ist nicht nur für autonomes Fahren, sondern auch für viele andere Anwendungen von entscheidender Bedeutung. Die bisherigen Technologien, wie globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) oder inertielle Messeinheit (IMU), stoßen jedoch aufgrund von Störungen und Ungenauigkeiten, insbesondere in innerstädtischen Gebieten, an ihre Grenzen.

Zusammen mit der Quality Match GmbH als Projektpartner ist das Vorhabenziel die Entwicklung eines hochgenauen (< 10 cm) Positionierungssystems, das autonomen Fahrzeugen eine präzise Positionsbestimmung in ihrer Umgebung ermöglicht. Modernste Sensoren sammeln Umgebungsinformationen, die dann mit hochauflösenden 3D-Stadtmodellen abgeglichen werden. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung einer echtzeitfähigen Datenanalyse zur automatisierten Objekterkennung. Das System soll flächendeckend und in verschiedenen Verkehrsszenarien und Umgebungen einsetzbar sein.



VISUALISIERUNG DER GEPLANTEN SENSOR-KONFIGURATION AUS LIDARS UND KAMERAS

Die Laserscan-Daten eines Fahrzeuges werden verarbeitet und Methoden zur Verbesserung der Datenqualität angewandt. Ein auf maschinellem Lernen basierender Algorithmus wird verwendet, um eine Teilmenge der Sensordaten auszuwählen, und hiernach die Qualität durch menschliche Auswertung zu überprüfen. Durch die menschliche Interaktion (Human-in-the-loop) wird eine wesentliche Verbesserung der Methodik erwartet. Die verarbeiteten Daten werden dann dem 3D-Stadtmodell zugeordnet, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Durch den Einsatz eines speziellen Filters werden Messabweichungen reduziert.

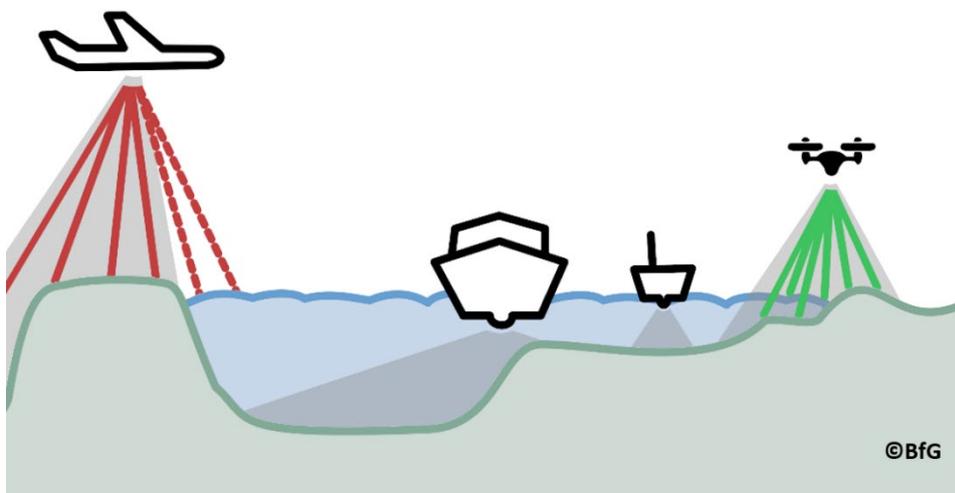
MESSSYSTEMANALYSE UND MODELLBASIERTE SENSORFUSION FÜR DAS HYDROGRAPHISCHE WASSERWECHSELZONENMONITORING MITTELS UNBEMANNTER TRÄGERSYSTEME (WAMUT) (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE, BAHAREH MOHAMMADIVOJDAN, FREDERIC HAKE, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

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 modelling 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 modelling 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.

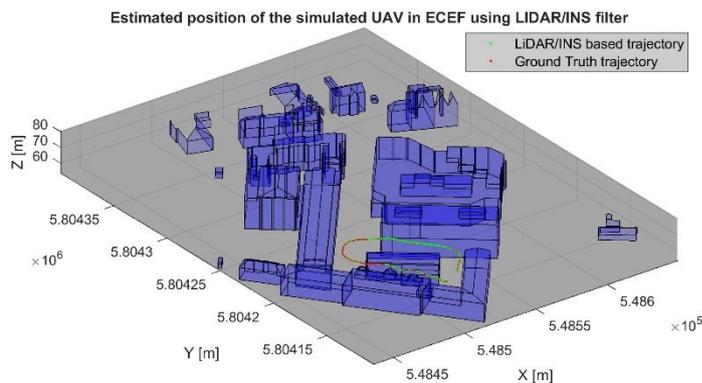


DIFFERENT MBES AND BATHYMETRIC LIDAR SYSTEMS

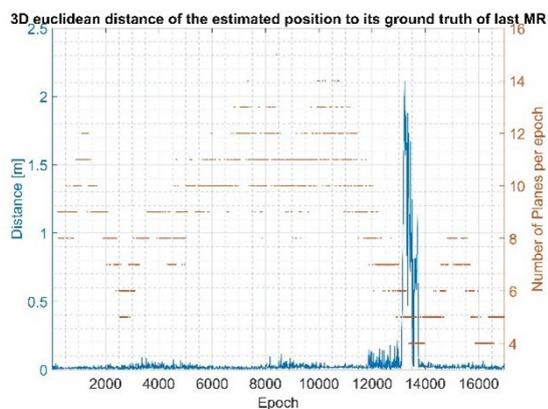
GEOLOKALISIERUNG VON UAVS MIT KAMERA-LIDAR-AIDED INERTIALNAVIGATIONS-SYSTEM (ARMAN KHAMI, SÖREN VOGEL, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

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

Der Hauptbeitrag dieser Forschung liegt in der Fusion von LiDAR- und Kameradaten mit der Inertiale Messeinheit (IMU) des UAV, wodurch eine voneinander abhängige Sensoreinheit entsteht, die genaue und präzise Positionsschätzungen liefern kann. Um die Effektivität unserer Lösung zu überprüfen, wurde eine Simulationsumgebung auf der Basis des Robot Operating System (ROS) implementiert. Diese Simulation bewertet die Leistung des vorgeschlagenen Systems in verschiedenen Szenarien und gibt Aufschluss über seine Robustheit und Zuverlässigkeit.



GROUND TRUTH TRAJEKTORIE (ROT) VS. FILTERBASIERTE TRAJEKTORIE(GRÜN).



GENAUIGKEIT DER POSITION IN BEZUG ZUR ANZAHL DER BEOBACHTETEN EBENEN DES 3D-STADTMODELLS.

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

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

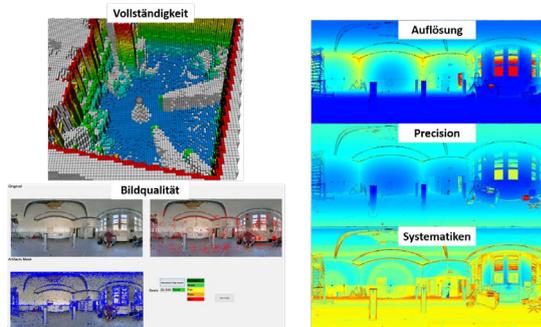
Im Projekt sollen Möglichkeiten der strengen Fusion von freien GNSS- und Radar-Daten sowie 3D-Stadtmodellen und Verkehrswegeplänen zum Zweck der besseren Beurteilung von Deformationen an Bauwerken in Kombination mit lokal installierter Sensorik untersucht werden, insb. an Infrastrukturen wie Bahntrassen,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



UNTERSUCHUNGSOBJEKT WASSERSTRABENKREUZ MINDEN, LIZENZRECHTE: CREATIVE COMMONS — ATTRIBUTION-SHAREALIKE 3.0 UNPORTED — CC BY-SA 3.0

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

Im Projekt QViZO sollen ortsbezogene Erfassungs-, Verwaltungs- und Geschäftsprozesse von der Örtlichkeit in den virtuellen Raum verlagert werden. Bauwerke und Objekte werden mit Multi-Sensor Systemen erfasst und als kolorierte 3D Punktwolken für den Anwender als authentischer digitaler Zwilling für die Analyse bereitgestellt.



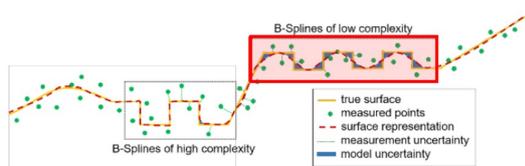
UNSIKERHEITSMODELLIERUNG EINER PUNKTWOLKE

zu entwickelnde Lösung sollen Vor-Ort-Termine signifikant reduziert werden. Es wurde ein Konzept für die Beurteilung der Qualität und Objektauthentizität in naher Echtzeit entwickelt. Es berücksichtigt Qualitätsparameter wie Vollständigkeit, Farbgebung, Auflösung, Präzision der 3D Punkte sowie mögliche systematische Abweichungen in der Distanzmessung.

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 zur qualitätsgerechten Virtualisierung von zeitvariablen Objekträumen entwickelt werden. Durch die

DEFORMATION ANALYSIS BASED ON TERRESTRIAL LASER SCANNER MEASUREMENTS (TLS-DEFO) – SURFACE APPROXIMATION UNCERTAINTY (DFG, JAN HARTMANN, MOHAMMAD OMIDALIZARANDI, INGO NEUMANN)

In geodetic deformation analyses, we use congruency investigations to statistically test the geometric changes between two or more object states. It's crucial to rigorously assess significance to distinguish real geometric changes from uncertainties caused by measurement procedures and data processing methods. This project addresses the challenge at the intersection of measurement procedures, data processing methods, and their quality assurance, specifically within engineering geodesy. The project „surface approximation uncertainty“ delves into the intricate interplay between



MEASUREMENT AND MODEL UNCERTAINTY

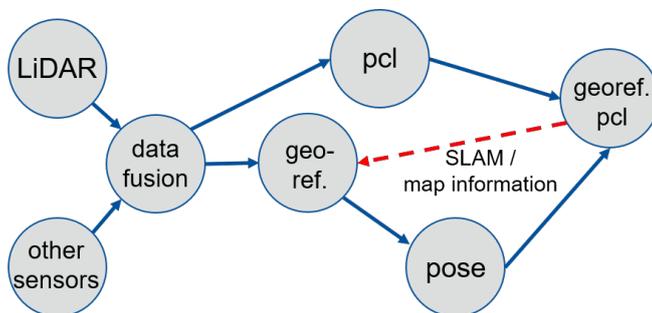
measurement and model uncertainty in the context of surface approximation. The relationship between these elements is crucial, as the level of model uncertainty is directly influenced by the geometric intricacies of the measured object (e.g., roughness, sharp edges) and the spatial density of measurement points. To effectively address this, the project breaks down the current state of the art into three key sub-topics: TLS uncertainty budget model uncertainty, and the application of fractal geometry as a methodological tool to achieve the primary project goal.

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

Light detection and ranging-Sensoren (LiDAR) werden weit verbreitet eingesetzt, da sie durch die direkte Erfassung von 3D Informationen eine Ergänzung zu anderen Sensoren, wie etwa Kameras, bieten. Die aufgezeichneten Punktwolken können für die Fusion mit Bildinformationen, Lokalisierung und Objekterkennung eingesetzt werden. Diese Anwendungen verbindet die Notwendigkeit von qualitätsgesicherten Informationen, die durch entsprechende Unsicherheitsinformationen unterstützt werden. Erst durch diese zusätzlichen Informationen können Algorithmen, die die gelieferten Daten prozessieren, optimale Ergebnisse liefern.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wird Unsicherheitsmodellierung von LiDAR-basierten Multi-Sensor-Systemen untersucht. Zielstellung ist dabei, die Datenfusion von Punktwolken mit anderen Sensoren eines Systems so zu gestalten, dass die Ergebnisse konsistent sind. Das heißt, die angegebenen Unsicherheiten sollen die tatsächlichen Genauigkeiten korrekt repräsentieren. Im Einzelnen gliedern sich die Schritte in die konsistente Schätzung der notwendigen Kalibrierparameter, das Aufstellen einer Prozessierungskette und die Schätzung verbleibender systematischer Abweichungen.

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

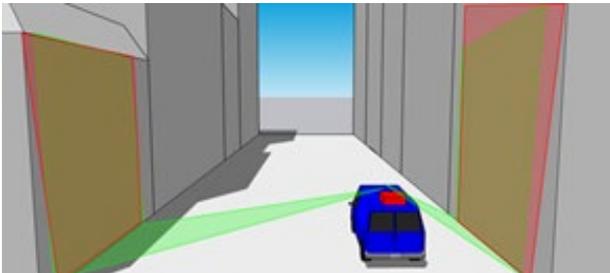


ABLAUFKETTE DER DATENFUSION VON LiDAR-DATEN MIT ANDEREN SENSOREN

FAHRZEUGLOKALISIERUNG FÜR AUTONOMES FAHREN: ENTWICKLUNG EINES ROBUSTEN, KOLLABORATIVEN PARTIKELFILTERS (DFG; MARVIN SCHERFF, HAMZA ALKHATIB)

Die präzise Lokalisierung eines Fahrzeuges gewinnt im Hinblick auf die Realisierung des autonomen Fahrens zunehmend an Bedeutung. Zukünftig müssen Verkehrsteilnehmer insbesondere in innerstädtischer Umgebung in der Lage sein, sich mit genauer als 10 cm zu verorten, um u. a. den Sicherheitsansprüchen gerecht zu werden. Klassische Positionierungssensoren, wie globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) oder inertielle Messeinheiten (IMU), stoßen dabei an ihre Grenzen. Daher müssen in diesem Projekt alternative Positionierungsmethoden genutzt werden. Diese basieren auf Stereokamera- und LiDAR-basierten relativen Abstandsmessungen zu anderen Verkehrsteilnehmern sowie zur Umgebung, einschließlich umliegender Gebäude und anderer statischer Objekte. Die Koordinaten der angemessenen Punkte werden aus einem hochaufgelöstem 3D-Stadtmodell gewonnen. Für die Implementierung wird ein Partikelfilter-Framework verwendet, das aus einigen Dutzend Kandidaten die optimale Schätzung von Position und Orientierung aus den zugehörigen Beobachtungen auswählt und gleichzeitig die Unsicherheiten modelliert. Neben regelbasierten Verfahren, wie Verschneidungsoperationen oder photogrammetrischen Methoden, werden auch KI-basierte Ansätze, z. B. zur Segmentierung der gemessenen Punktwolken, in der Verarbeitung eingesetzt.

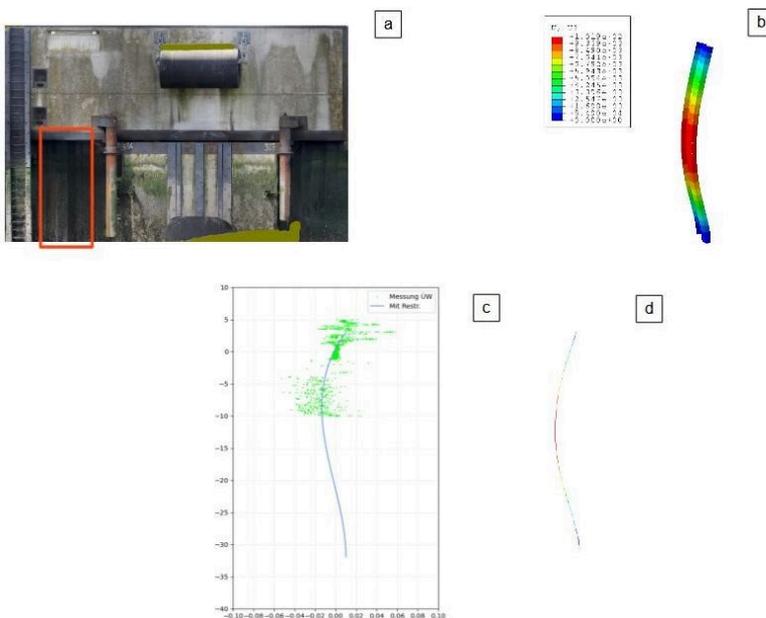
Diese Forschung wird von der DFG im Graduiertenkolleg i.c.sens (RTG 2159) unterstützt.



SCHEMATISCHE AUFNAHME DER STÄDTISCHEN UMGEBUNG MIT MOBILEM LIDAR SENSOR ZUR PRÄZISEN LOKALISIERUNG

PORT_AI: EIN VOLLDIGITALER ZWILLING FÜR HAFENBAUWERKE UNTER NUTZUNG VON IoT, 5G, BIM, AR- UND KI-VERFAHREN ZUM AUFBAU EINES SMARTEN BUILDING-LIFECYCLE-MANAGEMENTS (PAUL WALDSTEIN, FREDERIC HAKE, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

Structural Health Monitoring (SHM), Sicherheitsanforderungen und Kostenreduzierung im Bereich der experimentellen Bauwerksprüfung gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die Schadensdetektion an Hafengebäuden erfolgt in der Regel manuell durch Inspektionsteams. Aufgrund des hohen Personal- und Arbeitsaufwandes können Bauwerksprüfungen nicht flächendeckend durchgeführt werden. In der Regel werden nur einzelne Vertikalprofile evaluiert. Durch eine Kombination von Testmessungen, physikalischer Modellbetrachtung und numerischer Simulation soll eine Optimierung der zulässigen Belastungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit ermöglicht werden. Im Projekt port_AI (Förderprogramm für Innovative Hafentechnologien unterstützt durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)) arbeitet das GIH mit Partnern aus Hochschulen und Ingenieurbüros zusammen, um den Zustand von Hafengebäuden, insb. von Spundwänden und Stahlbeton, in Echtzeit auszuwerten. Als Eingangsdaten dienen das physikalische Modell mit der Entwurfsgeometrie, sowie geotechnische, hydraulische und meteorologische Daten. Zur Kalibrierung des physikalischen Modells werden geodätische Daten wie z.B. UAV- oder Echolotmessungen erfasst. Durch Approximation der daraus resultierenden Punktwolken (c) wird ein Finite-Element (FE)-Modell erstellt. Mit Hilfe des FE-Modells und Anwendung von Lasten aus Wasserdruck und Boden wird das Randwertproblem gelöst (b, d). Im weiteren Verlauf werden die Abweichungen zwischen FE-Modell und Approximation mit Neuronalen Netzen analysiert und zur Vorhersage des Weiteren Verformungsverlaufs verwendet.



MODELLIERUNG DER VERFORMUNG: KALIBRIERUNG DES PHYSIKALISCHEN MODELLS MITTELS B-SPLINE UND FINITE-ELEMENTE

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE)

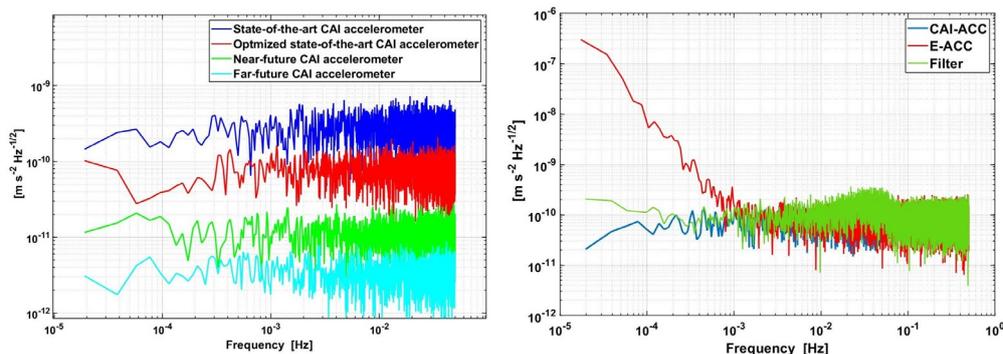
ADVANCES IN ATOM INTERFEROMETRY AND THEIR IMPCATS ON THE PERFORMANCE OF QUANTUM ACCELEROMETERS ON-BOARD FUTURE SATELLITE GRAVITY MISSIONS (DLR-SI, ALIREZA HOSSEINIARANI, MANUEL SCHILLING, JÜRGEN MÜLLER)

In this project, a comprehensive in-orbit model is developed for a Mach-Zehnder-type cold-atom accelerometer. Performance tests are realized under different assumptions, and the impact of various sources of errors on instrument stability is evaluated. Then, current and future advances for space-based atom interferometry are discussed, and their impact on the performance of quantum sensors on-board satellite gravity missions is investigated in four different scenarios: state-of-the-art scenario, optimized set-up (<5 years), near-future (between 5 and 10 years) and far-future scenarios (between 10 to 20 years).

We show that one can achieve a sensitivity level close to 10^{-10} m/s² with the current state-of-the-art technology. We also show that the near and far-future atom interferometry in space is expected to achieve sensitivity levels of 10^{-11} m/s² and 10^{-12} m/s², respectively.

A roadmap for improvements in atom interferometry is provided that would maximize the performance of future CAI accelerometers, considering their technical capabilities. We also study the possibility and challenges of having ultra-sensitive atom interferometry in space for future space missions.

Finally, we demonstrate a Kalman-filter based hybridization of quantum and classic accelerometers adopted for a space-based GRACE-like gravimetry mission, in which the classic accelerometer resolves the high-frequency non-gravitational accelerations, while the precision of the calculated hybrid solution benefits from the superior accuracy of the quantum accelerometer.

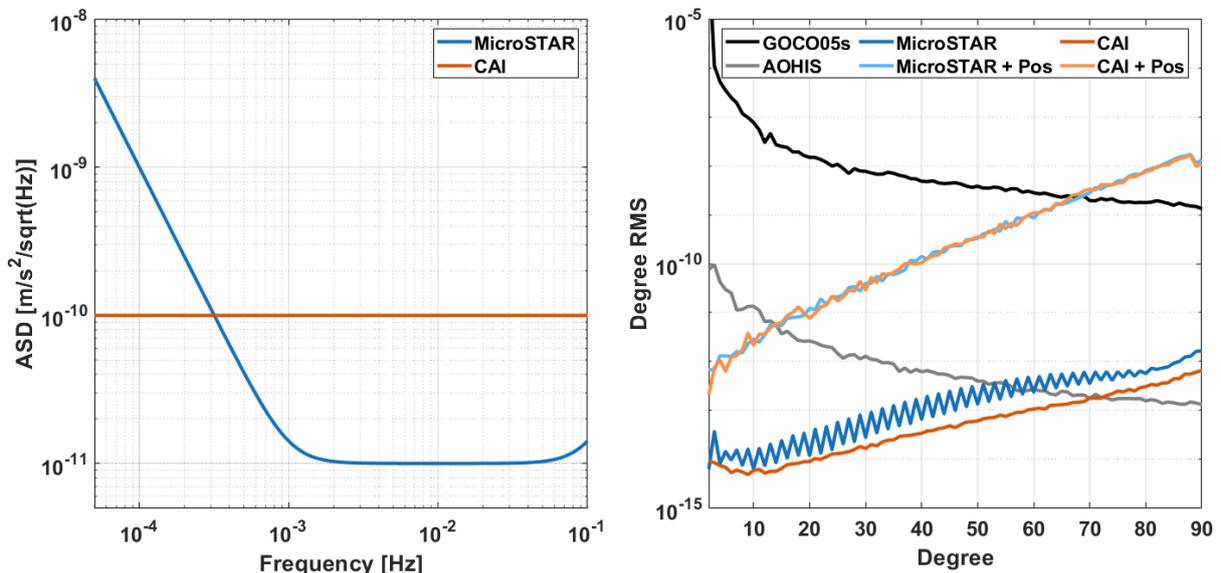


RIGHT: COMPARISON OF THE AMPLITUDE SPECTRAL DENSITIES FOR THE CAI ACCELEROMETER MEASUREMENT NOISES IN THE STATE-OF-THE-ART, OPTIMIZED SET-UP (IN LESS THAN 5~YEARS), NEAR FUTURE (IN 5-10 YEARS) AND FAR-FUTURE (IN 10-20 YEARS) SCENARIOS; FOR ALL SCENARIOS ACTIVE COUNTER-ROTATING RAMAN MIRRORS ARE ASSUMED AND THE CAI ACCELEROMETER IS POSITIONED ON THE CROSS-TRACK AXIS OF THE SATELLITE; LEFT: HYBRIDIZATION OF A STATE-OF-THE-ART CAI ACCELEROMETER WITH THE GRACE-FO E-ACC; SPECTRAL REPRESENTATION OF THE SOLUTIONS IN TERMS OF AMPLITUDE SPECTRAL DENSITY FOR CAI ACCELEROMETER (BLUE) AND E-ACC MEASUREMENTS (RED), AND THE KALMAN FILTER (GREEN); THE IMPACT OF ROTATION IS CONSIDERED ON ALL MEASUREMENTS

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)

Beschleunigungsmesser sind ein wesentlicher Bestandteil von Satellitenmissionen zur Schwerfeldbestimmung, um die nicht-gravitativen Beschleunigungen zu messen. Jedoch stellen die aktuell verwendeten einen genauigkeitslimitierenden Faktor dar. Daher werden neue Konzepte entwickelt, die eine höhere Empfindlichkeit aufweisen, wodurch die Genauigkeit der Beobachtung der auf den Satelliten wirkenden Beschleunigungen sowie der Modellierung des Erdschwerfeldes gesteigert werden kann. Ein vielversprechender Kandidat hierfür sind Beschleunigungsmesser auf Grundlage von Quanten und Atominterferometrie.

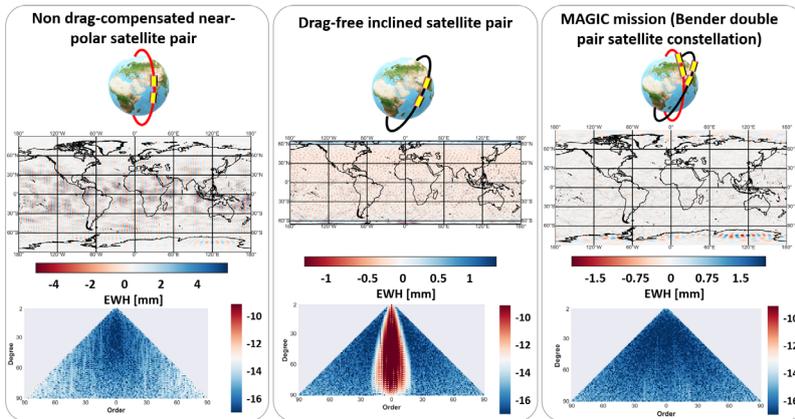
Bevor ein Instrument in Satellitenmissionen eingesetzt werden kann, muss seine Funktionsfähigkeit zunächst demonstriert werden. Daher wird im Zuge des Projektes CARIOQA-PMP, gefördert von der Europäischen Union, ein Quantenbeschleunigungsmesser entwickelt und eine Pathfinder-Mission geplant. Das Institut für Erdmessung ist daran beteiligt, die Pathfinder-Mission zu designen und den Einsatz von Quanten-technologien in zukünftigen Schwerfeldmissionen auch über die Pathfinder-Mission hinaus zu untersuchen. Dafür werden Simulationstools entwickelt, mithilfe derer getestet wird, inwiefern sich Instrumente mit unterschiedlichen Rauschverhalten sowie verschiedene Konfigurationen von Orbits und Satellitenkonstellationen auf die Bestimmung des Schwerfeldes auswirken.



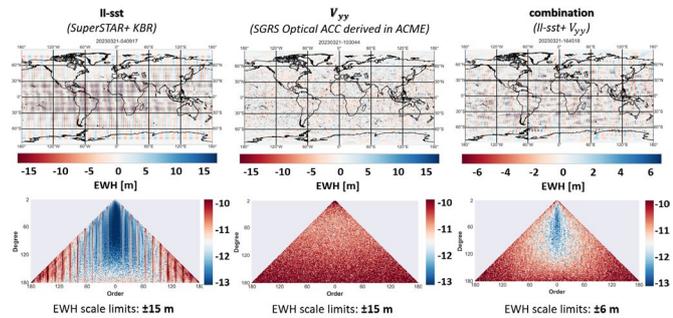
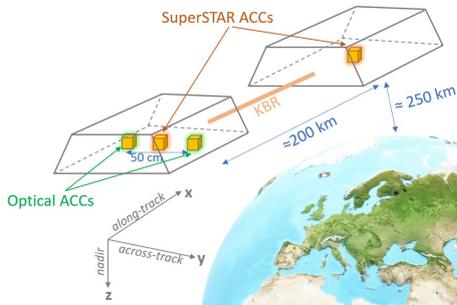
VERGLEICH EINES ELEKTROSTATISCHEN MICROSTAR AKZELEROMETERS UND EINES QUANTENBASIERTEN COLD ATOM INTERFEROMETERS (CAI) MIT EXEMPLARISCHEM RAUSCHVERHALTEN. LINKS: AMPLITUDE SPECTRAL DENSITY BEIDER INSTRUMENTE. RECHTS: SIMULIERTE SCHWEREFELDLÖSUNGEN FÜR EINEN SATELLITEN UNTER AUSSCHLIEßLICHER BERÜCKSICHTIGUNG DES INSTRUMENTENRAUSCHENS UND EINES POSITIONSFEHLERS VON 1 CM IM FEHLERBUDGET, ANGEGEBEN IN RMS PRO GRAD DER KUGELFUNKTIONSKOEFFIZIENTEN UND DARGESTELLT IM VERHÄLTNIS ZUM STATISCHEN UND ZEITVARIABLEN REFERENZSCHWEREFELD.

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

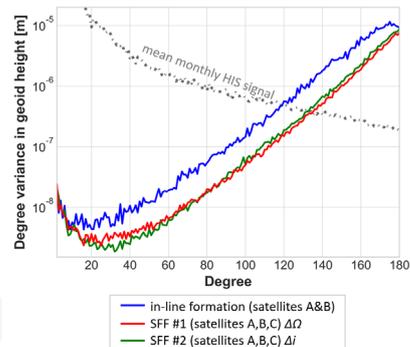
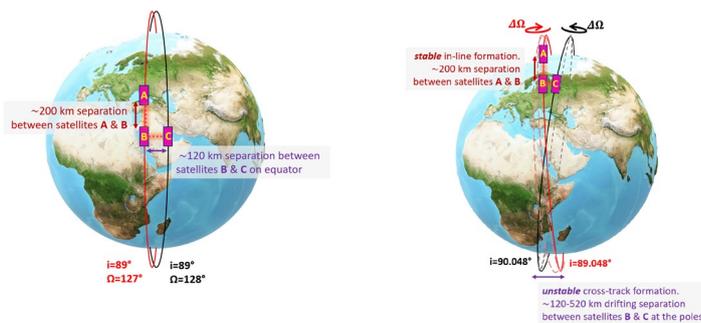
This project studies the benefit of enhanced electrostatic and novel optical accelerometers and gradiometers and compare their performance with instruments that utilize other measurement principles, e.g. Cold Atom Interferometry (CAI) and hybridized sensors (CAI + electrostatic). The combination of different measurement techniques, e.g. low-low Satellite-to-Satellite (ll-SST) with the cross-track gradiometry, is also evaluated in order to quantify possible improvements. Moreover, gravity field recovery from novel tripple satellite formations are evaluated and compared w.r.t. a single polar satellite pair and the well-known Bender (double satellite pair) constellations.



RECOVERED GRAVITY FIELDS FROM A BENDER DOUBLE PAIR CONSTELLATION. LEFT: ONLY POLAR SATELLITE PAIR; MIDDLE: ONLY INCLINED ORBIT; RIGHT: COMBINATION OF BOTH SATELLITE PAIRS W.R.T. EIGEN-6c4



LEFT: SCHEME OF THE COMBINATION OF LL-SST AND CROSS-TRACK GRADIOMETRY; RIGHT: AVERAGED ERROR DEGREE PER SPECIFIC DEGREE IN TERMS OF GEOID HEIGHT W.R.T. EIGEN-6c4, AGAIN FOR POLAR PAIR, GRADIOMETRY AND COMBINED SCENARIO

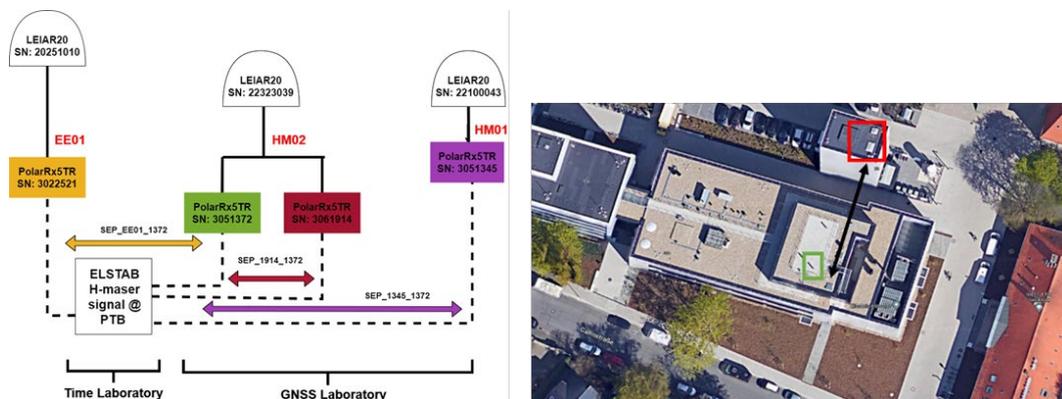


LEFT: SCHEME OF SATELLITE FORMATION (SF) #1 WHERE THE ORBITS DIFFER BY RIGHT ASCENSION OF THE ASCENDING NODE; MIDDLE: SCHEME OF SF #2 WHERE THE ORBITS DIFFER BY INCLINATION; RIGHT: AVERAGED ERROR DEGREE VARIANCE PER SPECIFIC DEGREE IN TERMS OF GEOID HEIGHT OF THE IN-LINE PAIR ALONE (BLUE) AND FROM COMBINED SF #1 (RED) AND SF #2 GREEN)

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

This project, project aims for exploring the highest achievable stability for GNSS-based frequency transfer (FT). The main goal is to improve the accuracy and precision of the compared frequencies achieving instability levels at $5e-17$. This shall enhance the ability of GNSS FT to be used for relativistic geodesy, where a precision in the range of $1e-18$ is required. We adopted the concept of a common clock experiment in order to evaluate the link stability without being limited by the stability of the frequency source. In our case, the frequency source could be an H-Maser or an optical clock. For this purpose, we continued this year testing our concept by carrying out two experiments.

Both experiments were based mainly on comparing the GNSS FT stability with the stability known for the ELSTAB (electronically stabilized) fiber-optic frequency and time transfer system. We receive the signal transferred through fiber links from PTB in Braunschweig. This signal is generated by an H-maser, and converted to be sent in the well-established infrastructure to Hannover where the other end of the link lies in HITec at the time laboratory. The first experiment has taken place in April 2023 and lasted for one week. We tested the stability of the fiber link by forming various baseline lengths when we setup three antennas connecting four receivers as shown in the figure below. We studied the environmental effects on the used hardware e.g. antennas and cables.



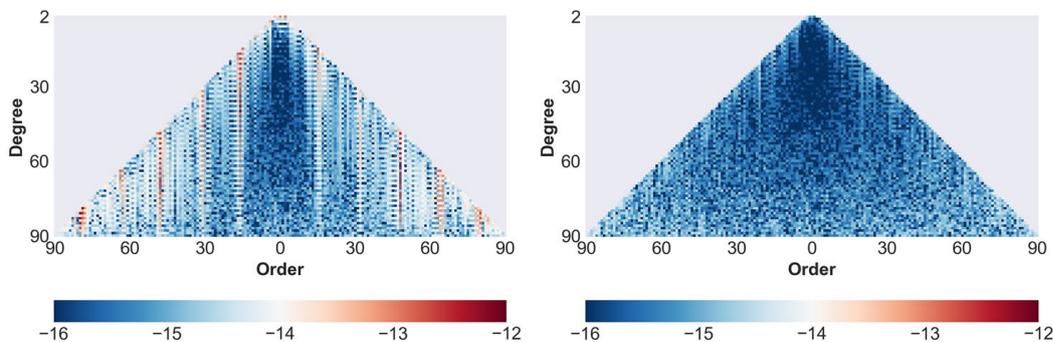
FIRST EXPERIMENT AT HITec TESTING THE H-MASER SIGNAL SENT FROM PTB, BRAUNSCHWEIG VIA FIBER LINK TO HITec, HANNOVER. LEFT: GNSS SETUP AT HITec; RIGHT: BIRDEYE VIEW OF EINSTEIN-ELEVATOR TOWER AND HITec ROOFTOP WHERE ANTENNAS WERE LOCATED

In the second experiment, we setup a long baseline between PTB and HITec. The GNSS FT stability is computed using PPP and a single differences common view approach. We used the available stability of the ELSTAB system as ground truth for our results. The stability of ELSTAB has been computed in two ways. The first during a real measurements on one day for a round-trip starting at PTB through a remote unit at IQO, Hannover arriving at the other remote unit at HITec then the signal is send back. The comparison between the sent and received signal is used to evaluate the stability of the fiber link between HITec, Hannover and PTB, Braunschweig.

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

The development of accelerometers and gradiometers applying atom interferometry is considered to have great potential for increasing the accuracy of future gravity field satellite missions. Thus, the integration of such concepts for future missions in the planning of space agencies, like ESA and NASA, becomes more and more important. Starting point of our work were previous studies, in which quantum sensors were mostly used as a "black box". This is now approached in a fundamentally different way.

Our collaborative project aims at the further development of simulation tools that allow a more realistic modeling of quantum sensor-assisted gravity field satellite missions. We develop a quantum sensor simulator that synthesizes realistic measurements based on the modeling of the physical processes of an atom interferometer (e.g., influence of laser wavefronts, atomic source, temperature, velocity) on a satellite platform (with consideration of, e.g., vibrations, rotations, orbit and attitude control). The quantum sensor simulator is integrated into the gravity field simulation process, taking into account the interactions between the satellite platform and the sensor. Based on simulations, gravity field mission concepts are investigated and timely feasible quantum sensor concepts, e.g. for the development of a prototype, are elaborated. Various mission scenarios are studied to determine the specific added value of quantum sensors for future gravity field missions. These simulations move away from the "black box" principle with many model assumptions and are now based on current developments, e.g., compact laser and vacuum systems for use in space.



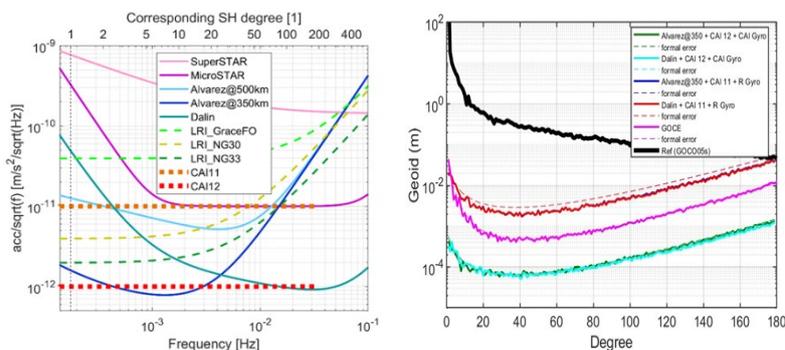
COEFFICIENT DIFFERENCES BETWEEN REFERENCE AND RECOVERED GRAVITY FIELD AS PYRAMID REPRESENTATION IN LOGARITHMIC SCALE; LEFT: CLOSED-LOOP SIMULATION RESULT (LL-SST) USING A CLASSICAL ELECTROSTATIC ACCELEROMETER; RIGHT: COMBINATION OF ELECTROSTATIC AND QUANTUM SENSOR

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

Accelerometers play a crucial role when observing gravity from space since they allow to separate gravitational from non-gravitational forces (e.g., atmospheric drag, solar pressure, etc.). Observing the Earth's gravity field from space imposes particularly high requirements on the accelerometers due to Earth's comparatively dense atmosphere which basically introduces two complications: on the one hand, the minimum altitude of satellites is practically limited to about 250 km. On such altitudes, the gravitational signal energy of smaller features on Earth is already significantly damped. On the other hand, atmospheric drag is very prominent there. Eventually, this implies that accelerometers suitable for satellite gravity missions need to measure strong non-conservative forces (i.e., they need a wide measurement range) with very high accuracy.

In current satellite gravimetry missions, electrostatic accelerometers (EAs) have commonly be utilized due to their minimal noise at high frequencies. However, they come with drawbacks, such as a drift at low frequencies and challenges in estimating biases and scale factors. Considering these deficiencies, novel quantum sensors, specifically accelerometers based on cold atom-interferometry (CAI), may further benefit satellite gravimetry: besides their high precision and sensitivity, quantum sensors exhibit a complementary spectral behavior for improved gravity field observation.

The aim of the project was to conduct a scientific investigation to identify the application potential of quantum sensors for determining mass changes on Earth from space and to define corresponding requirements for the sensor technology and for a possible satellite mission. Different scenarios of a pure quantum gravimetry mission or a mission using quantum and classical sensors in hybrid fashion were investigated. Considering the given requirements, possible quantum gravimetry mission scenarios are defined, which allow an improved spatial and temporal detection of mass variations in the Earth system. Suitable quantum sensors for observing the Earth's gravitational field were identified and the corresponding error characteristics were described. They are compared with classical observation techniques to quantify their added value. Sensor systems identified in this way, together with selcted mission scenarios have then been analyzed by appropriate numerical simulations and the achievable results quantified in terms of both spatial and temporal resolution.

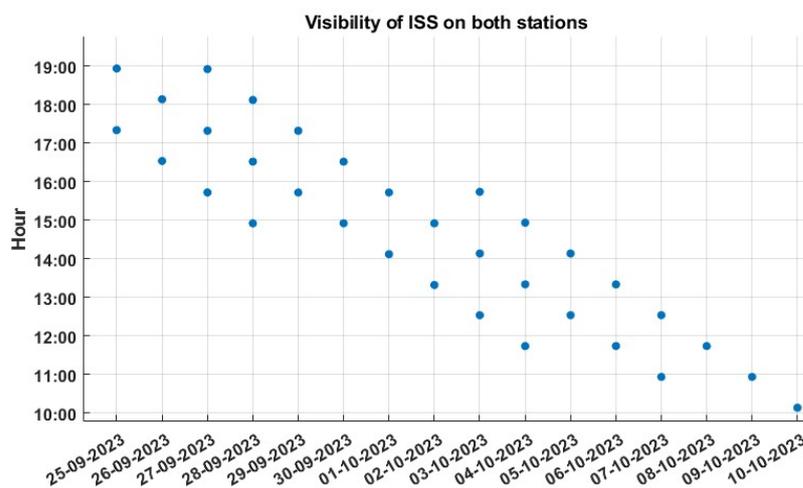


LEFT: AMPLITUDE SPECTRAL DENSITIES (ASDs) IN TERMS OF ACCELERATIONS FOR DIFFERENT ACCELEROMETERS. RIGHT: COMPARISON BETWEEN REALISTIC AND FUTURE GRADIOMETERS IN TERMS OF GEOID DETERMINATION

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

In diesem Projekt wird das Schwerepotential bzw. der physikalische Höhenunterschied durch das Vergleichen von optischen Uhren an zwei unterschiedlichen Standorten mithilfe von optischer Zeitübertragung bestimmt. Um dies zu erreichen, wird eine Strontium-Gitteruhr an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig betrieben. Ihre Daten werden über eine spezielle, verzögerungskompensierte Glasfaser mit dem GeoForschungsZentrum in Potsdam ausgetauscht. Die beiden geodätischen Observatorien Potsdam und Wettzell werden durch optische Zeitübertragung über ein spezielles Modul auf der Internationalen Raumstation ISS, das Atomic Clock Ensemble in Space (ACES), miteinander verbunden. Das Zeitsystem in Wettzell wird von der optischen Uhr SOC2 gesteuert. Die zentrale Beobachtung dieses Projekts ist daher die Verwendung von Zeit-Messungen, anstelle von Frequenzen und die Nutzung von optischen Freiraumverbindungen, anstatt ausschließlicher Verwendung von terrestrischen Glasfasern. Die Beobachtungen erfolgen über einen längeren Zeitraum, um eine ausreichend hohe Genauigkeit zu erreichen. Dies stellt nicht nur einige Herausforderungen an die beteiligten Uhren und Verbindungen, sondern auch an die Datenanalyse dar. Fehlerquellen resultieren aus atmosphärischen Effekten, Sichtbarkeitsbeschränkungen, Datenlücken sowie Modellunsicherheiten, etwa bei den Gezeiteneffekten.

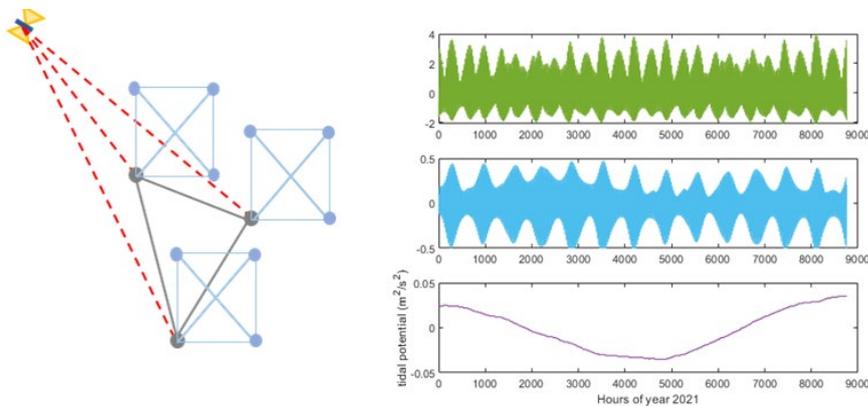
Darüber hinaus wird der Mehrwert der optischen Zeitübertragung für die Integration von geometrischen und physikalischen Höhen für zukünftige Höhensysteme im Allgemeinen und insbesondere für Kernstationen des Global Geodetic Observing System (GGOS), wie das geodätische Observatorium Wettzell, untersucht.



GLEICHZEITIGE SICHTBARKEIT DER ISS AN BEIDEN GEODÄTISCHEN OBSERVATORIEN WETTZELL UND POTSDAM FÜR EINEN ZEITRAUM VON ZWEI WOCHEN, MIT EINER ELEVATIONSMASKE VON 30°

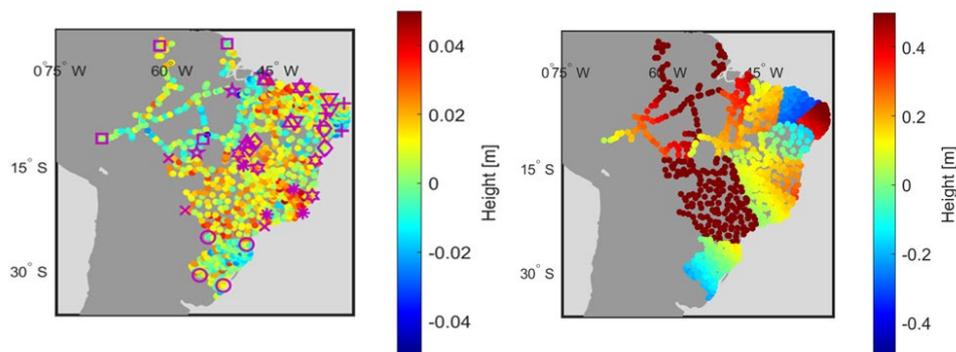
TERRESTRIL CLOCK NETWORKS: FUNDAMENTAL PHYSICS AND APPLICATIONS (DFG, SFB 1464 TERRAQ, ASHA VINCENT, JÜRGEN MÜLLER)

Using clock networks, a global height system can be realized by unifying the local height systems worldwide. To study the procedure for such a unification, a closed-loop simulation with the classical leveling and gravimetric data along with simulated clock observations has been run. Brazillian leveling data was taken as the a priori height system with the geopotential number as the vertical coordinate. The network was then subdivided into ten local systems with specific properties and errors each, and the reunification was carried out. The number of clocks and their spatial distribution in each local height system was varied to achieve a good estimation of the biases and tilts between the sub-systems. By comparing the estimated heights with the a priori heights and dedicated tests, the accuracy of this re-unification and the best constellation of the clock networks could be determined.



LEFT: SPACE- AND FIBER-LINK CONFIGURATION FOR CLOCK OBSERVATIONS IN THE NETWORK; RIGHT: TIDAL EFFECTS (SOLID-EARTH TIDE (GREEN), OCEAN LOAD TIDE (BLUE), POLE TIDE (PURPLE)) IN TERMS OF POTENTIAL VARIATION AT THE MASTER CLOCK SITE OF THE FIRST LOCAL SYSTEM

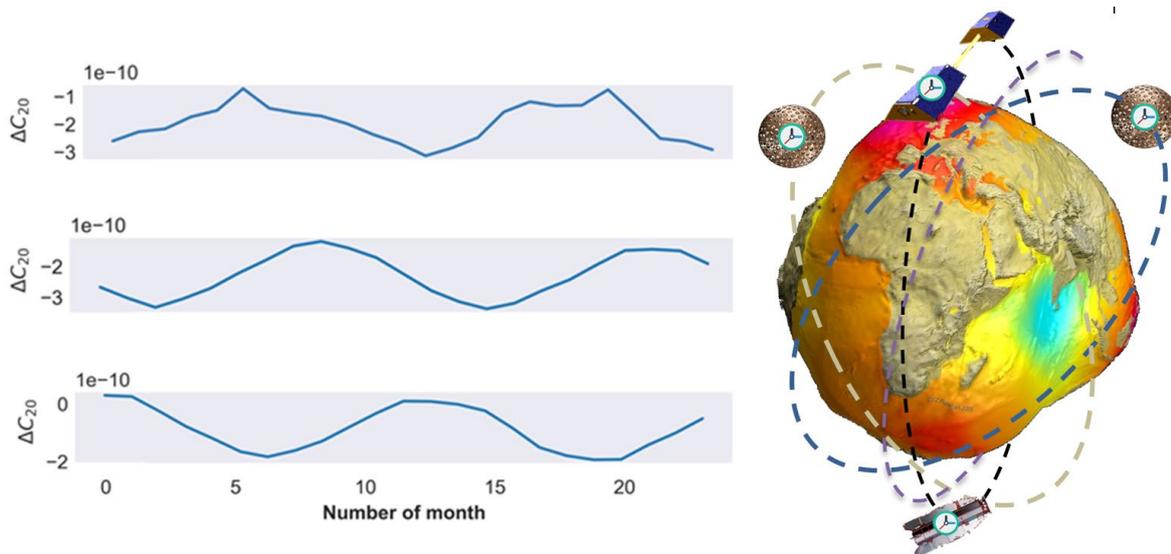
For a more realistic scenario, external effects such as tidal effects (solid Earth tide, ocean load tide, pole tide), link uncertainties (for free-space and fiber), random noise, and the presence of outliers were considered in the unification process. We assumed a master clock in each local system which is only connected to all other master clocks while the local clocks are connected among each other in a local system. An accuracy of 1 cm can be achieved by a proper selection of the sites for the highly accurate clocks in each local system.



LEFT: ADJUSTED ERRORS OF THE SUBSYSTEMS AFTER REUNIFICATION AND THE LOCATION OF SELECTED CLOCKS SITES INDICATED BY THE SYMBOLS; RIGHT: TRUE ERRORS ASSUMED FOR THE VARIOUS LOCAL HEIGHT SYSTEMS BEFORE UNIFICATION

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

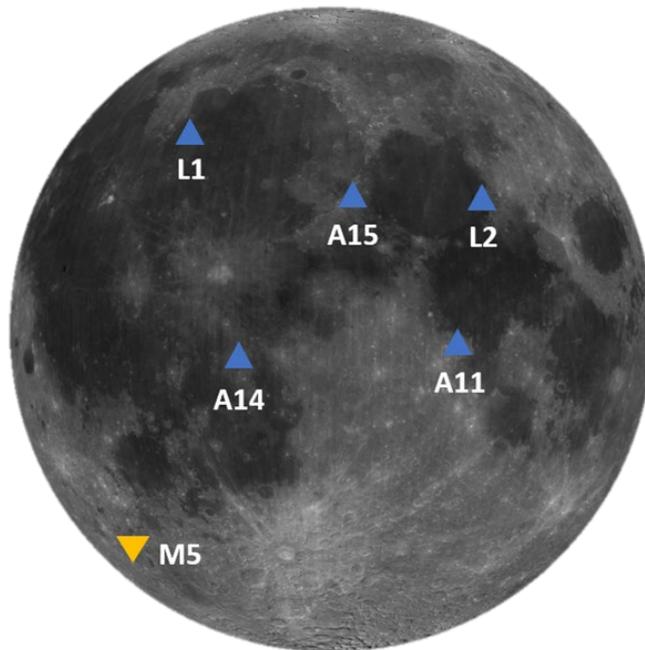
The current generation of optical clocks has reached a fractional frequency uncertainty of 10^{-18} (and beyond) which corresponds to a geopotential difference of $0.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Those gravitational potential differences can be observed as gravitational redshift when comparing the frequencies of optical clocks. Even temporal potential variations might be determined with precise novel optical atomic clocks onboard of low-orbiting satellites such as SLR-like (e.g. LAGEOS-1/2), GRACE-FO and GOCE missions. In this project, the potential of precise space-borne optical clocks for the determination of temporal variations of low-degree Earth's gravity field coefficients are investigated. Different configurations of satellite orbits, i.e. at different altitudes (between 250 and 6000 km) and inclinations are selected as well as certain assumptions on the optical clock performance are made. A particular focus is put on how well degree-2 coefficients can be estimated from those optical clock measurements and how it compares to results from SLR. This study shows that the optical clocks with instabilities of 10^{-19} in 60 minutes can reach the SLR accuracy in the future. Assuming some progress in the development of optical atomic clocks in the future, the precise determination of temporal long-wavelength variations of the Earth's gravity field from space is possible. The figure shows an example of the seasonal variations of the Earth flattening expressed by the parameter ΔC_{20} . For this simulation, the LAGEOS-1/2, GRACE-FO and GOCE orbits were taken and an uncertainty of 10^{-19} with a sampling rate of one hour for the clock measurement has been assumed.



LEFT: THE FLATTENING OF THE EARTH IS CHANGING OVER THE COURSE OF TWO YEARS, EXPRESSED BY THE PARAMETER ΔC_{20} , ESTIMATED BY OPTICAL CLOCK MEASUREMENTS IN SPACE. RIGHT: THE OPTICAL CLOCK MEASUREMENTS ARE CARRIED OUT BY AN ASSUMED VERY PRECISE OPTICAL CLOCK OF 10^{-19} ON-BOARD OF LAGEOS-1/2, GRACE-FO AND GOCE MISSIONS.

BENEFITS OF COMBINING LUNAR LASER RANGING AND DIFFERENTIAL LUNAR LASER RANGING (DFG SFB 1464 TERRAQ, DFG EXC 2123 QF, MINGYUE ZHANG, JÜRGEN MÜLLER, LILIANE BISKUPEK)

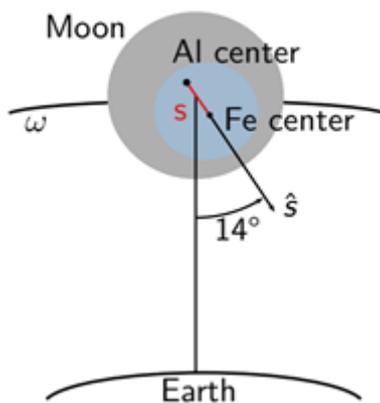
The project involves the combination of Lunar Laser Ranging (LLR) and Differential Lunar Laser Ranging (DLLR) techniques. DLLR is a planned advanced technique at Table Mountain Observatory of JPL, implemented as switching a station to track different lunar reflectors within a short time interval. It is expected to achieve an accuracy of about 30 μm and significantly enhance our understanding of the lunar orientation, rotation and interior. LLR, measuring the travel time of laser pulses between Earth stations and lunar reflectors for more than 54 years, has contributed significantly to accurately determine various parameters of the Earth-Moon system, including the lunar orbit. This project focuses on combining the short timespan (e.g. 5 years) of DLLR data with the long timespan (more than 50 years) of LLR data, in order to address the limitation of DLLR's short data span in lunar orbit determination, thereby retaining its advantages. Various scenarios of data combination have been explored to investigate their effects on estimating parameters related to the orientation, rotation, and interior of the Moon. Reflector baselines with larger length and crossing shape are most beneficial. Extending the data time span is more helpful than adding more stations over a shorter time period. An optimal location for a new assumed reflector has been determined. Additionally, all scenarios yield better results than using LLR data alone.



CURRENT 5 REAL REFLECTORS A11, A14, A15, L1 AND L2 AS WELL AS A PREFERRED POSITION OF A "NEW" REFLECTOR M5

EQUIVALENCE OF ACTIVE AND PASSIVE GRAVITATIONAL MASS TESTED WITH LUNAR LASER RANGING (DFG, QF, TERRAQ; VISHWA VIJAY SINGH, JÜRGEN MÜLLER, LILIANE BISKUPEK)

In a non-relativistic framework each body has three masses: the inertial mass, the passive gravitational mass (weight) reacting on a given gravitational field, and the active gravitational mass creating a gravitational field. In standard physics all three masses are assumed to be the same and one can assume the equivalence of active and passive gravitational mass. However, if they are different, this would lead, for example, to a change in the Moon's orbital period and the Earth-Moon distance, which can be measured very precisely using Lunar Laser Ranging (LLR). In the last years, the Earth-Moon distance was measured very precisely, benefitting from technical improvements of the LLR observatories. With this new data and the longer time span of measurements, a new limit on a possible violation of the equivalence of passive and active gravitational mass for aluminium and iron (of which the Moon is mainly composed) was determined. Different versions of the LLR analysis software were used to obtain two final solutions. Using the worse of the two values, we determined a new limit of 3.9×10^{-14} on the possible violation of the equivalence of active and passive mass which is about 100 times better than the value of a previous study from 1986. The results are published in Physical Review Letters 131, 021401 (2023) where the paper was selected as highlight paper.



TWO-COMPONENT MODEL OF THE MOON WITH THE CENTRE OF ALUMINIUM AND IRON MASS AS BASIS FOR THE INVESTIGATION OF A POSSIBLE VIOLATION OF THE EQUIVALENCE OF ACTIVE AND PASSIVE GRAVITATIONAL MASS

5GAPS: NETZWERKUNABHÄNGIGE MOBILFUNKGESTÜTZTE POSITIONIERUNG (BMDV, FKZ: 45FGU121_F, KAI-NIKLAS BAASCH, STEFFEN SCHÖN)

In einem Verbundvorhaben erforscht das IfE gemeinsam mit verschiedenen Partnern öffentlicher und privater Einrichtungen die Schaffung eines digitalen Zwillings der Stadt Hannover. Möglich machen soll das der neuste Mobilfunkstandard 5G New Radio (NR). Das Ziel ist es, Hannovers öffentliche Räume in einem mehrdimensionalen raum-zeitlichen Koordinatensystem digital und in Echtzeit abzubilden. Im Rahmen des Projektes untersucht das IfE dabei die netzwerkunabhängigen Positionierungsmöglichkeiten des terrestrischen Mobilfunknetzes. Der Bedarf an schneller und datenintensiver Kommunikation führt zu einer zunehmend flächendeckenden Installation des 5G NR Netzes. Daher kann 5G NR eine Alternative oder Ergänzung für die absolute Positionsbestimmung sein, wenn GNSS-Signale nicht verfügbar sind oder ihre Genauigkeit durch die Umgebung eingeschränkt ist. Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf der Analyse der Positionierungsmöglichkeiten in Innenräumen, sowie der Entwicklung einer Receiveralgorithmik zur Bestimmung von Navigationsbeobachtungen. Um die Positionierungsmöglichkeiten zu untersuchen und die Genauigkeit der verfügbaren Signalstrukturen und Netzwerkbedingungen zu analysieren, wird zunächst eine Simulationsumgebung geschaffen. Basierend auf den Erkenntnissen sollen die Ergebnisse unter Verwendung des zu entwickelnden Receiverprototypen in realen Experimenten validiert werden.

ABSOLUTGRAVIMETRIE (IFE, LUDGER TIMMEN)

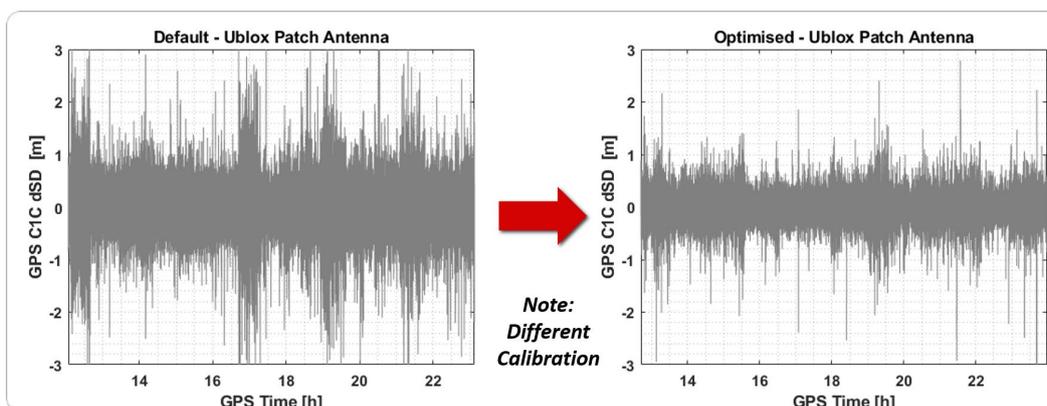
Station	Datum	Bemerkung
Hannover, HITec	05.-06.01.2023 09.-13.06.2023 24.07.2023	Grav.lab. Pfeiler FU01, Gravimeterüberprüfung
PTB Braunschweig, „Alte Gleiswaage“	28.06.2023	Deutsches Schweregrundnetz, Gauß-Bau, Geodynamik Norddeutschland
PTB Braunschweig, „Planck-Waage“	29.06.2023	Unterstützung der Metrologie

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 diese Erkenntnisse verwenden, um die Verbesserungen durch Anbringen der neuen CPV zu analysieren, die bei Anwendungen in der Luftfahrt, bei der Zeitübertragung und bei PPP entstehen und allgemeine Empfehlungen für die Antenneninstallation ableiten.

Die Herausforderung besteht darin das große Rauschen der Codephasen Beobachtungen signifikant zu reduzieren ohne dabei Patterninformation zu eliminieren. Dazu sind Analysen des Mehrwegeeinflusses vom DLR auf Grundlage eines, im Rahmen dieses Projektes erstellten, digitalen Messdachmodells durchgeführt wurden. Aus diesen Analysen sind Mehrwegekarten verschiedener Antennentypen erstellt worden, welche im Kalibrieralgorithmus genutzt werden können, um mehrwegebehaftete Signale vor der Schätzung zu eliminieren oder herunterzugewichten. Außerdem sind diverse Analysen durchgeführt wurden, die zu einem vertieften und besseren Verständnis über den Einfluss von Tracking-Loops der GNSS Empfänger auf die Beobachtung während der Roboterkalibrierung und der daraus resultieren Antennenkorrekturen führten. Die folgende Abbildung zeigt, dass die gewonnen Erfahrungen signifikant dazu beigetragen haben, das Rauschen der Kalibrierbeobachtungen (dSD) der Codephase deutlich zu reduzieren.

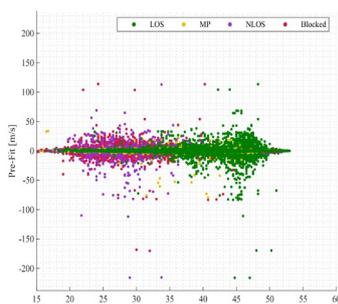


INTEGRITY FOR GNSS VELOCITY AND TIME (GRK 2159 I.C.SENS, DENNIS KULEMANN)

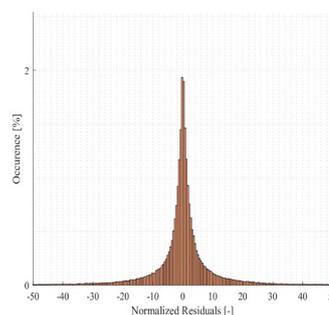
Precise and reliable velocity estimation is mandatory for many autonomous navigation applications like path prediction, sensor fusion or collision avoidance in traffic light free cities. The Global Navigation Satellite System (GNSS) is the only system, which is able to provide an absolute velocity, which can be obtained either by a so called instantaneous velocity or average velocity, where the latter method needs observations of at least two consecutive epochs. An instantaneous velocity can only be estimated by the GNSS Doppler observation, whereas an average velocity can be estimated by different observation types. The focus in this work will be on Doppler and time-differenced carrier phase observations (TDCP), where Doppler observations deliver a velocity accuracy on the cm/s level and the TDCP observations can achieve an accuracy on the mm/s level, both in good visibility conditions.

The overall goal of this work is to define an integrity measure for GNSS (and maybe also INS) velocity and time. Furthermore, the benefits of the defined measures on the position domain should be examined, i.e. it should be analyzed if a velocity integrity measure has an impact on the position domain and its integrity. Therefore, the error budget will be classified for different scenarios and an alert-limit (AL) will be defined by investigating the noise magnitude for different signal categories, i.e. line-of-sight (LOS), non line-of-sight (NLOS), multipath (MP) and blocked signals.

In GNSS observations the assumption is made, that the observations are normal distributed. This is valid for most of the cases and a relatively easy case, as the distribution can be described by a mean (usually zero-mean) and a standard deviation, depending on the observation type. However in multipath environments, this assumption is not always valid. In this work the behavior and distributions of the observations errors will be analyzed. Based on the results, a filter solution will be implemented, considering the respective distributions and developing integrity measures for GNSS velocity and time.



**PRE-FIT RESIDUALS OF GD1C OBSERVATIONS
CLASSIFIED BY RAY TRACER**

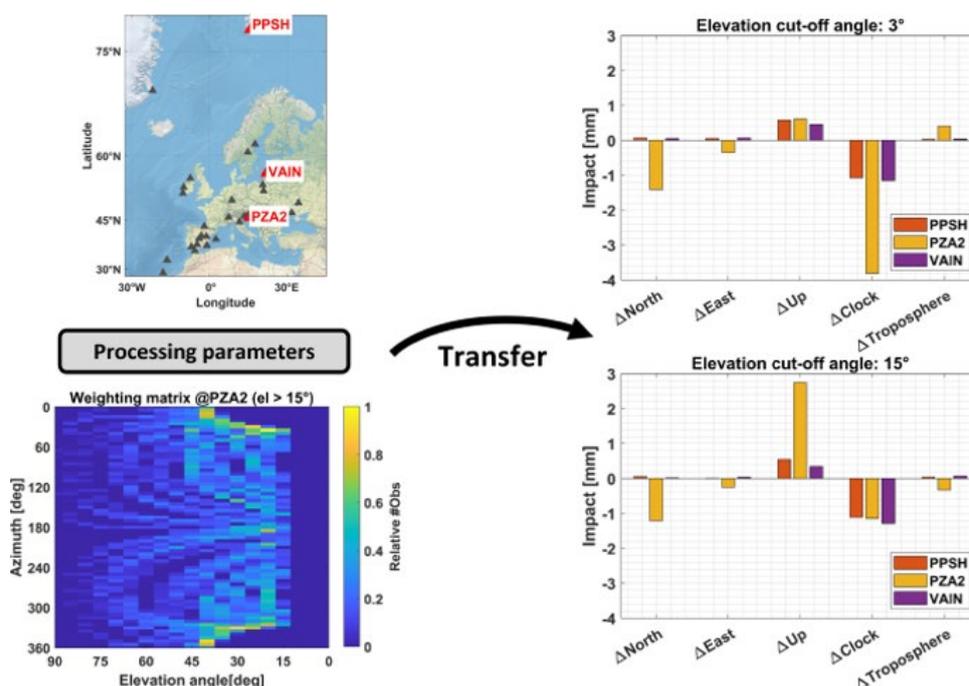


**DISTRIBUTION OF GD1C NORMALIZED
PRE-FIT RESIDUALS**

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

Für präzise und genaue GNSS-Anwendungen ist es notwendig, Phasenzentrumskorrekturen (PCC) zu berücksichtigen. Diese Korrekturen setzen sich aus einem Phasenzentrumsoffset (PCO) und Phasenzentrumsvariationen (PCV) zusammen, die sich in Bezug auf Azimut und Elevation des jeweiligen Satelliten verändern und in der Prozessierung angebracht werden müssen. Das Institut für Erdmessung ist eine vom IGS anerkannte Kalibriereinrichtung und nutzt das Konzept der absoluten Roboterkalibrierung, um PCC für unterschiedliche Antennen, Frequenzen und System zu bestimmen.

Neben der Optimierung des Schätzalgorithmus wird auch an innovativen Konzepten gearbeitet, um PCC verschiedener Kalibrierinstitutionen vergleichen zu können. Ein weiterer Schwerpunkt bildet die Untersuchung der Auswirkungen verschiedener PCC-Sets auf geodätische Parameter und Zeitreihen. Dazu gehören Stationskoordinaten, Troposphärenparameter und Empfängeruhrfehler. Da der Einfluss der PCC maßgeblich von der Struktur der PCC, der Abtastung durch die lokale Satellitengeometrie und weiteren Prozessierungsparameter abhängt, wurde eine Simulationsumgebung entwickelt. Dessen Lösungen werden mit denen von PPP-Prozessierungen unter der Verwendung von realen Daten verglichen. Es zeigen sich sehr hohe Übereinstimmungen ($\Delta < 0,5 \text{ mm}$) zwischen diesen Ansätzen. Die untenstehende Abbildung zeigt den Übergang einer Patterndifferenz auf geodätische Parameter an drei unterschiedlichen Referenzstationen. Es kann erkannt werden, dass sowohl die geographische Lage der Station, als auch der gewählte Elevations cut-off Winkel eine entscheidende Rolle für die Magnitude des Einflusses spielen. Diese Effekte werden weiterhin auch für längere Zeiträume als auch mit unterschiedlichen Systemen und Linearkombinationen analysiert.

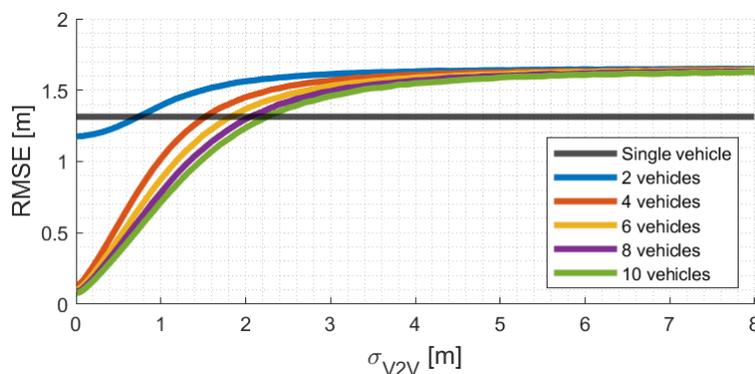


KOLLABORATIVE NAVIGATION IN URBANEN GEBIETEN (DFG GRK 2159 I.C.SENS, ANAT SCHAPER)

In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach genauer und zuverlässiger Positionsbestimmung gestiegen. Insbesondere im Hinblick auf das autonome Fahren werden hochpräzise Positionsdaten benötigt. Während herkömmliche GNSS-Lösungen in offenen Bereichen wie Autobahnen zuverlässige Ergebnisse liefern, führen Hindernisse wie Gebäude in urbanen Gebieten zu großen Messfehlern. Eine reine GNSS-Positionslösung für das autonome Fahren ist hier daher ungeeignet. Um die Herausforderungen zu bewältigen, denen GNSS in stark urbanisierten Gebieten begegnet, werden häufig Multisensorsysteme eingesetzt, doch auch diese können an ihre Grenzen stoßen, z. B. aufgrund des begrenzten Sichtfelds. Kollaborative Ansätze gehen dieses Problem an, indem sie Agenten in der Umgebung zur Unterstützung der Position des Ego-Fahrzeugs heranziehen: Verschiedene Agenten kommunizieren miteinander und tauschen Informationen über drahtlose Kommunikationstechnologien oder durch Messungen untereinander aus. Fahrzeuge, die sich in herausfordernden Umgebungen befinden, können so von Fahrzeugen in optimalen Bedingungen profitieren.

In diesem Projekt wird die Sensorfusion auf ein Multi-Fahrzeug-Netzwerk angewendet, um Aussagen über die Möglichkeiten und Grenzen der kollaborativen Navigation auf die Genauigkeit und Robustheit der Positionsbestimmung zu treffen. Es wird ein Multi-Fahrzeug-Netzwerk betrachtet, das mit GNSS-Sensoren, IMUs, Kameras und Laserscannern ausgestattet ist. Der Kern des kollaborativen Ansatzes ist die Vehicle-to-Everything (V2X) Kommunikation, hauptsächlich in Form von Vehicle-to-Infrastructure (V2I) und Vehicle-to-Vehicle (V2V) Kommunikation, um die GNSS (+ IMU) Positionslösung zu unterstützen und somit genaue und zuverlässige Positionsschätzungen der Fahrzeuge zu erreichen. Die abgeleiteten Algorithmen der kollaborativen Positionierung werden mit realen Daten getestet, die während des i.c.sens Mapathons im August 2023 aufgezeichnet wurden.

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



SIMULATIONSSTUDIE ZUR KOLLABORATIVEN POSITIONIERUNG. ABHÄNGIG VON DER UNSICHERHEIT DER V2V-MESSUNG (HIER: DISTANZMESSUNG ZWISCHEN DEN FAHRZEUGEN) UND DER NETZGRÖÖRE (2-10 FAHRZEUGE) FÜHRT DER KOLLABORATIVE ANSATZ ZU EINER GENAUIGKEITSSTEIGERUNG IM VERGLEICH ZUR EINZELFAHRZEUGLÖSUNG OHNE KOLLABORATION (SCHWARZE LINIE).

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

GNSS integrity monitoring methods, including Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM) and Advanced RAIM (ARAIM) are using residual-based (RB) approaches or solution separation (SS) for fault detection and exclusion. While being widely implemented in aviation, integrity concepts have not yet achieved a similar level of maturity for land navigation. To fill this gap, detectors and estimators utilizing different strategies have been investigated in recent years.

In this project, we aim to demonstrate the feasibility and efficiency of the interval-based fault detection approach. In the basic positioning model, measurement-level intervals are constructed based on the investigated error models and propagated in a linear manner using interval mathematics and set theory. In the presence of sample measurement errors, interval solutions provide a measure of observation consistency formulated as a constraint satisfaction problem. Geometrical constraints formed by interval bounds result in a convex polytope solution set: this inconsistency area serves as a basis for fault detection through set operations. Choosing set-emptiness as the detection criterion can alleviate the need for multiple test statistics.

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

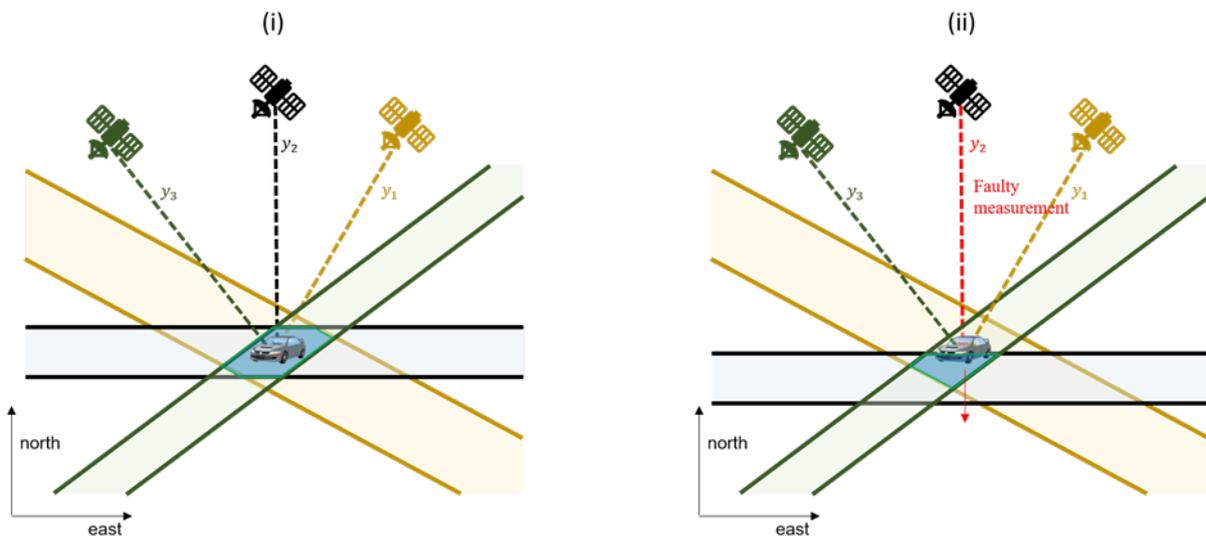
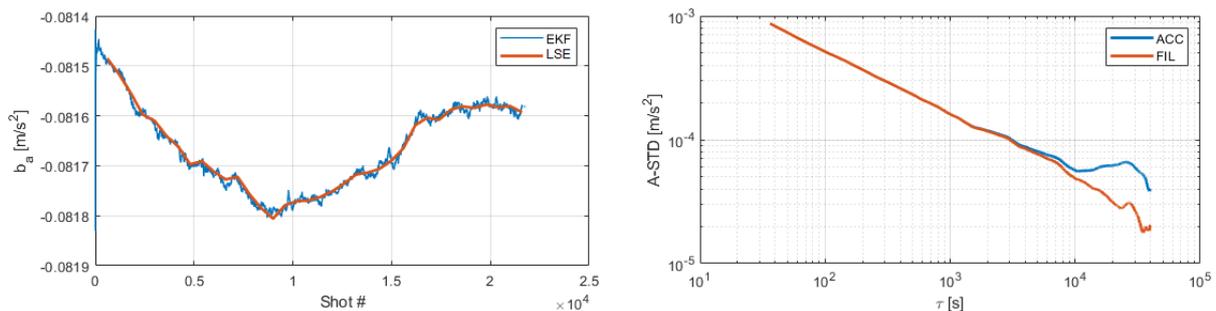


FIGURE: CONCEPTUAL SKETCH OF THE TWO-DIMENSIONAL SLABS AND THEIR INTERSECTED POLYTOPE, WITH (i) IN AN IDEAL NOISE-FREE AND BIAS-FREE CASE, THE INTERSECTION IS A ZONOTOPE. (ii) THE INTERSECTION OF SLABS IS DEFORMED AND SHIFTED IN PRESENCE OF BIAS IN THE RED LINE-OF-SIGHT.

QGYRO+: QUANTUM OPTICS INERTIAL SENSOR RESEARCH (BMW/DLR, 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 die Anforderungen von Navigationsanwendungen für die technische Realisierung von Quantensensoren aus einer Vielzahl an kinematischen Datensätzen zu Boden, Luft und Wasser abgeleitet. Weiterhin sind Methoden zur Kopplung von konventionellen und quantenbasierten Inertialsensoren entwickelt worden die derzeit erprobt und ausgewertet werden. Wie Simulationen und erste Auswertungen von statischen Prototyp-Daten unter Laborbedingungen zeigen, kann ein auf dieser Hybridisierung basierendes Quanten-Inertialnavigationssystem (QINS) von verschiedenen Synergieeffekten profitieren. So verfügen sie über die hohe Datenrate und Bandbreite klassischer Systeme bei zeitgleich stark verbesserter Langzeitstabilität. Auch eine Verbesserung der Sensitivität des QINS gegenüber Drehraten und Beschleunigungen verglichen mit dem klassischen System kann unter bestimmten Bedingungen erzielt werden. Experimente unter dynamischen Bedingungen sind im Laufe von 2024 geplant.



HYBRIDISIERUNG VON BESCHLEUNIGUNGSDATEN KLASSISCHER SENSORIK UND EINEM 1-ACHS ATOMINTERFEROMETER IN LABORUMGEBUNG. LINKS: DER DURCH SYSTEMATISCHE EFFEKTE UND LANGPERIODISCHE DRIFT DER SIGNALE EINES KLASSISCHEN SEISMOMETERS VERURSACHTE BIAS ZWISCHEN DEN SENSORSYSTEMEN KANN DURCH ENTSPRECHENDE METHODIK ERMITTELT UND KOMPENSIERT WERDEN. RECHTS: DIE AUSGABEGRÖßEN DES QINS (FIL) ZEICHNEN SICH DURCH VERBESSERTE LANGZEITSTABILITÄT GEGENÜBER DES KLASSISCHEN SENSORS ALLEIN (ACC) AUS.

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

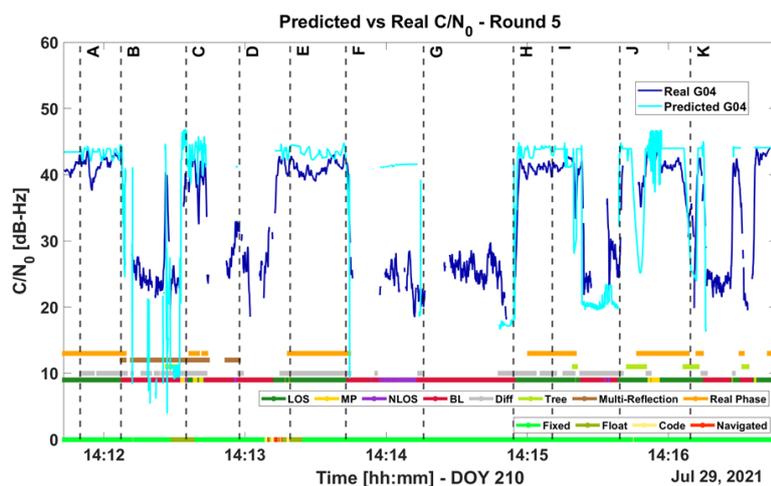
The navigation of autonomous vehicles is becoming more and more important. Among all sensors used in navigation, GNSS is the only one that provides absolute positioning information. To fulfill the required accuracy in road positioning, using Real Time Kinematic (RTK) is indispensable. In the network method of RTK, the distance dependent GNSS errors mainly ionospheric, tropospheric and satellite orbit errors can be modelled by a network of reference stations. But station dependent errors e.g. multipath and non-line-of-sight (NLOS) errors remain in the observations.

For safety critical applications such as autonomous driving, integrity monitoring is of great importance. Stanford diagram is a useful tool to evaluate the integrity of the performance of the navigation results, which employs Position Error (PE), Protection Level (PL) and Alert Limit (AL).

A dataset is provided through a static and kinematic campaign where different commercial survey grade RTK receivers were measuring data and providing RTK solutions based on Network RTK corrections. The reference trajectory is calculated using precise IMU + GNSS tightly coupled solution.

In this research, it is intended to predict the integrity performance in NRTK systems. The 3-D building models and the known positions of GNSS satellites give us information about signals of which satellites will be blocked, reflected or diffracted, for a specific point on the ground.

Based on this information, the satellite visibility and corresponding C/N0 can be simulated. In a further step, assuming the errors are mainly due to multipath and NLOS situations, and considering the quality of observation regarding C/N0, we can establish a Linearized Kalman Filter to predict the positioning solution.



Prediction and real values of C/N0 for GPS PRN 04. Different cases of LOS, NLOS, Multipath, blocked, diffraction, tree interference, multireflection possibility and available real phase observations are illustrated with corresponding color codes. Different phases of RTK solution namely fixed, float, code and navigated are also color coded.

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

Die Realisierung eines hochpräzisen geodätischen Raumbezug basiert auf einem gründlichen Verständnis der gerätespezifischen Fehlerquellen an GNSS-Empfängerantennen. Die GNSS-Stationsbetreiber und Netzwerkauswerter sind ständig mit der Frage nach konsistenten und verlässlichen Antennenkalibrierparametern konfrontiert. Bereits geringe Variationen (Millimeter) in den Kalibrierwerten können die Positionsgenauigkeit, die Troposphärenmodellierung und die GNSS-Zeit- und Frequenzübertragung erheblich beeinträchtigen. Ein allgemeiner und leicht zugänglicher Maßstab für die Bewertung der Qualität der GNSS-Empfangsantennen ist nach wie vor sehr herausfordernd. Es mangelt an leicht anwendbaren und einheitlich verfügbaren Qualitätsmaßstäben.

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen initiierte die Antenna Working Group (AWG) des Internationalen GNSS Service (IGS) Ende 2022 den Aufruf zu einer internationalen Vergleichsanalyse. Diesem Aufruf sind neun Gruppen gefolgt: Australien (Canberra), China (Wuhan), Italien (Concordia sulla Secchia), Deutschland (Hannover, Garbsen, Bonn, Oberpfaffenhofen) und der Schweiz (Zürich). In dieser Ringkampagne werden die Allgemeingültigkeit der Kalibrierwerte über die Institutionen erhoben und gleichzeitig die Potentiale der verschiedenen Methoden (echolose Messkammer und Feldroboter) analysiert. Derzeit werden insgesamt sechs baulich unterschiedliche Antennen orchestriert ausgetauscht.

Wesentliche Ergebnisse in 2023 waren der Austausch und Bereitstellung der ersten Kalibrierergebnisse zwischen den leitenden Institutionen und die Planungs- und Entwurfsphase eines offen zu entwickelnden Analyse- und Auswertungstoolings.

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



ETH-Zürich, CH



NGS, Virginia, US



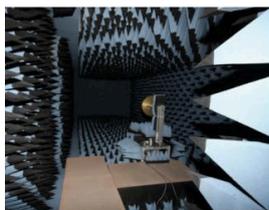
Geo++, Garbsen, DE



GSA, Canberra, AU



GNSS-RC, Wuhan, CN



Uni Bonn, DE



DLR-IKN, Oberpfaffenhofen, DE



LUH-IfE, Hannover, DE



Topcon, IT

TEILNEHMENDE INSTITUTIONEN UND DEREN KALIBRIEREINRICHTUNG IM RAHMEN DER IGS-RINGKAMPAGNE

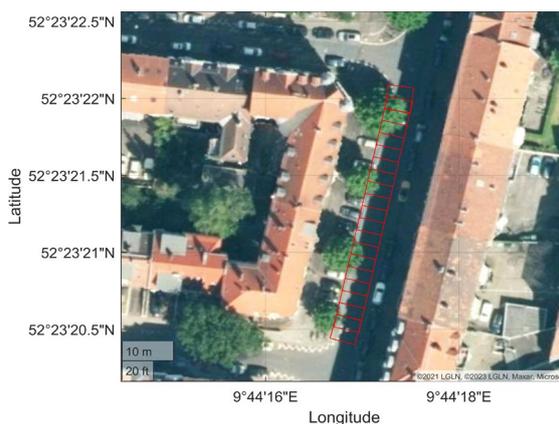
KOMET: KORREKTUR VON GNSS-MEHRWEGEEFFEKTEN FÜR DIE ZUVERLÄSSIGE EIGENLOKALISIERUNG VON HOCHAUTOMATISIERTEN FAHRZEUGEN IN INNERSTÄDTISCHEN BEREICHEN (BMWK/TÜV-RHEINLAND, FKZ: 19A20002C, FABIAN RUWISCH, TOBIAS KERSTEN, STEFFEN SCHÖN)

Das Verbundvorhaben KOMET wird zusammen mit den Partnern Bosch (Hildesheim) und Geo++ (Garbsen) durchgeführt. Ziel ist die Entwicklung eines robusten Korrekturverfahrens zur optimalen satellitengesteuerten (GPS/GNSS) Fahrzeugortung in urbanen Umgebungen.

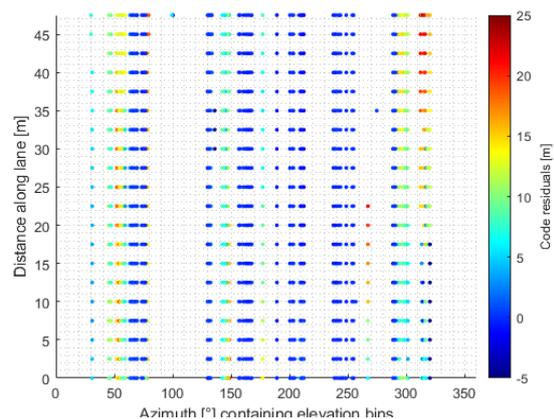
Das IfE trug mit der Bereitstellung der Referenztrajektorien, der Modellierung und Charakterisierung der innerstädtischen GNSS-Beobachtungen, dem Bereitstellen eines Toolings einer umfangreichen Datenbank und der Entwicklung der Datenbankstruktur wesentlich zum Erfolg des Vorhabens bei. Wiederholt konnte das DFG-Großgerät (Inertialmesseinheit iMAR iNAT-RQT-4003) eingesetzt werden, um hochgenaue Drehraten- und Beschleunigungsmessungen zu erheben. Diese sind wesentlich für die Bereitstellung hochgenauer Trajektorien (tightly-coupled GNSS+IMU Lösung).

Die anhand der Trajektorien erzeugten Multi-GNSS Beobachtungsresiduen wurden zusammen mit weiteren Metainformationen in einer umfassenden Datenbank für einen Abschnitt der Nordstadt abgespeichert und in einem dreidimensionalen Raster (Box auf Straßenebene, Azimut und Elevation des Satelliten) aggregiert. Die räumlich-zeitlichen Charakteristiken der GNSS-Beobachtungen können durch ein solches Raster rein auf ihre räumliche Komponente reduziert werden und damit für zeitlich unabhängige Positionierungsanwendungen nutzbar gemacht werden. Die Eigenschaften der Signale im innerstädtischen Bereich wurden hinsichtlich ihrer Wiederholbarkeit und Stabilität charakterisiert und den Partnern für ihre entwickelte Software bereitgestellt, um bestimmte Signale korrigieren, gewichten oder ausschließen zu können.

Das Vorhaben konnte im Oktober 2023 erfolgreich abgeschlossen werden.



RASTER ENTLANG EINER STRASSE IN HANNOVER ZUR DATENAGGREGATION.



GESPEICHERTE GNSS CODE-RESIDUEN FÜR DASSELBE RASTER IN FORM EINER GNSS FEATURE MAP.

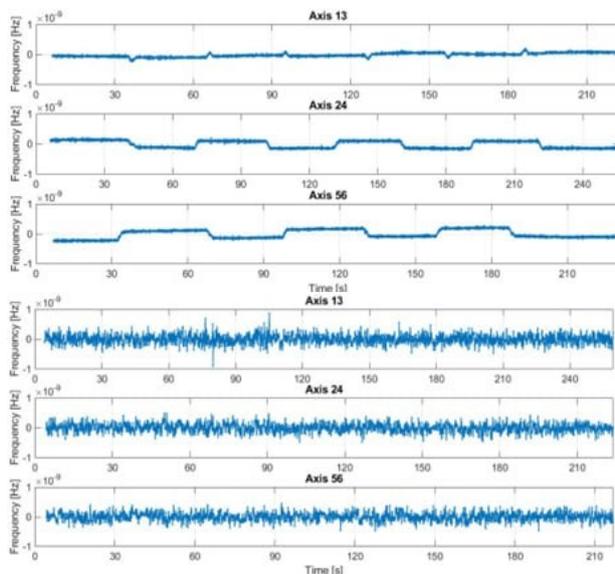
FIRST: FINGERPRINTING, INTEGRITY MONITORING AND RECEIVER SIGNAL PROCESSING USING MINIATURE ATOMIC CLOCK TECHNOLOGY (BMWK/DLR, FKZ: 50NA2101, QIANWEN LIN, STEFFEN SCHÖN)

This work, funded by BMWK, focuses on GNSS augmentation by utilizing high-stable Chip-Scale Atomic Clocks (CSAC) in GNSS receiver fingerprinting, and the development of integrity measures for GNSS-based time transfer. Until now, it has been demonstrated that the external time signal fed by CSACs is helpful in realizing the GNSS receiver fingerprinting in static scenarios. Its feasibility in kinematic environments is however more complicated as the oscillators are easily affected by environmental factors such as temperature, acceleration and magnetic field. This leads to frequency errors in GNSS data. A 2g tip-over test was executed to investigate the gravity sensitivity of both quartz and atomic clocks. It is shown that the frequency of the quartz oscillators changes obviously along with the rotations, for all three axes. The calculated g-sensitivity of this oscillator is about $2E-10/g/axis$. In the contrast, the CSAC does not exhibit gravity sensitivity clearly but noisy fluctuations at all times.

Additionally, the vibration effects on oscillator instability have been studied by experimenting with a fitness vibration plate. Results show that the frequency stability transferred from the time domain by FFT is better than the manufacturer data for Microsemi MAC and worse for SRS SC10 (a OCXO). Besides, the oscillator SRS SC10 behaves worse than the Microsemi MAC during the vibration, with larger Allan Deviations (ADEV) at long-term averaging time.

The demand of integrity measures for timing applications is nowadays emerging as the requirements of the time synchronization become more and more stringent.

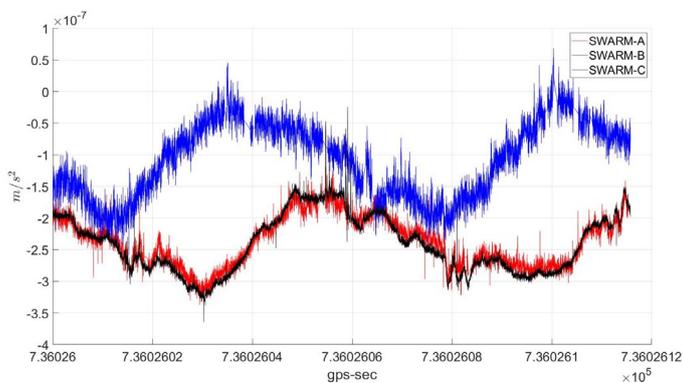
We developed an integrity concept for GNSS timing services. The time alert limit (TAL) of the high frequency financial transactions is defined as 100 microseconds, while the time synchronization is required to reach nanosecond level for 5G communication sectors. For the uncertainty estimation, not only error sources from the satellite and transmission parts were considered, but also hardware delays at the receiver end were particularly investigated. This leads to a microsecond time protection level (TPL) based on our own experiments executed at PTB, using a professional GNSS receiver with external UTC(PTB) time signal. The timing error (TE) needs to be addressed to make up a Stanford diagram for GNSS timing applications.



2G TIP-OVER TEST FOR G-SENSITIVITY OF OSCILLATORS: FREQUENCY VARIATIONS OF JACKSON LABS OCXO (LEFT) AND MICROSEMI CSAC (RIGHT) DUE TO THE ROTATIONS OF THREE AXES

SWARM AKZELEROMETER KALIBRIERUNG (ESA-ESL, MATHIAS DUWE, IGOR KOCH, JAKOB FLURY)

ESA SWARM Satellitenmission bestehend aus 3 Satelliten (SWARM A/B/C) ist eine dedizierte Satellitenmission zur Erforschung des Erdmagnetfeldes. Ein wichtiges Messinstrument dabei ist das Akzelerometer. Auf keinem der SWARM Satelliten operiert das Akzelerometer wie erwartet – die Gründe dafür sind bis heute noch unbekannt. Die Messungen sind stark verrauscht, durch spontane Unstetigkeiten (steps) verzerrt und beinhalten große stachelförmige Muster (spikes). Am IfE produzieren wir kalibrierte Akzelerometerdaten. Diese sind frei von Unstetigkeiten, stachelförmigen Mustern und haben ein geringeres Rauschniveau. Mithilfe dieser Daten werden in verschiedenen Analysezentren die Thermosphäre erforscht. Anfänglich hat das IfE nur die Akzelerometerdaten des SWARM C Satelliten kalibriert, mittlerweile sind aber auch kalibrierte Daten für SWARM A und B verfügbar. Da die Störungen in allen Satelliten in unterschiedlicher Weise auftreten, muss jeder Satellit gesondert betrachtet werden. Durch unsere weiterentwickelte Prozessierungskette sind wir sehr effizient in der Verarbeitung der Daten geworden. Die Ursachenforschung für die Störungen sowie die Verbesserung des Kalibrierungsprozesses schreitet stetig voran. Nach einer Unterbrechung im Jahr 2022 wurden die Arbeiten im Jahr 2023 wieder aufgenommen und weitergeführt. Die Dissemination läuft über das PDGS-System der ESA. Die aktuellen Ergebnisse wurden im Oktober am jährlichen ESA Swarm Data Quality Workshop in Frascati präsentiert.

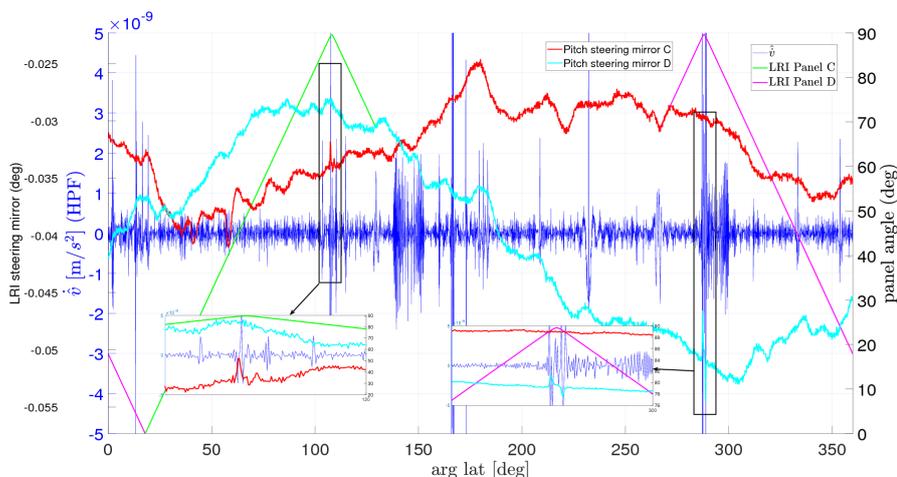


SWARM KALIBRIERTE AKZELEROMETERDATEN

GRACE(-FO)-PROZESSIERUNG, COST-G, RESIDUENANALYSE (MATHIAS DUWE, IGOR KOCH, JAKOB FLURY)

Die Schwerefeldsatellitenmission GRACE Follow-On ist seit über fünf Jahren im Orbit. Trotz Problemen mit einem Akzelerometer auf einem der beiden Satelliten, können monatliche Schwerefeldprodukte von guter Qualität berechnet werden. Die Zeitreihe der Schwerefelder - zusammen mit den Produkten der Vorgängermission GRACE - umfasst nun einen Zeitraum von über zwei Jahrzehnten. Das Institut für Erdmessung mit seinem mehrjährigen Knowhow in der Prozessierung von Schwerefeldsatellitendaten beteiligt sich als offizielles Analysezentrum am Combination Service for Time-variable Gravity fields (COST-G). COST-G ist ein Dienst der Internationalen Gesellschaft für Geodäsie (IAG), welcher monatliche Schwerefelder beteiligter Analysezentren kombiniert, um den Nutzern konsolidierte Schwerefeldprodukte höherer Qualität bereitzustellen. Im Jahr 2023 wurde die COST-G-Gewichtsberechnungsmethode aktualisiert. Neue kombinierte GRACE-FO-Produkte werden nun als Release-2 auf der Webseite des International Centre for Global Earth Models (ICGEM) bereitgestellt.

Neben der Berechnung und Bereitstellung von Schwerefeldprodukten, beschäftigt sich das Institut intensiv mit der Charakterisierung und Analyse von Residuen der Hauptinstrumente (K-Band und Laser Interferometer), die als Nebenprodukt der Schwerefeldbestimmung erhalten werden. In einer Studie der Residuen des Laserinstruments wurden Systematiken identifiziert, die sowohl instrumentellen Ursprungs sind als auch auf eine Interaktion mit der Bahriorientierung und -dynamik hinweisen. In einer weiteren Studie wurden K-Band-Residuen auf Ozeangezeitensignal untersucht. In den Residuen konnte Restsignal von Haupttiden, zusammengesetzten Gezeiten, sowie einem neuen Effekt - den sogenannten Grad-3-Gezeiten - identifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Analysen wurden beim GRACE FO Science Team Meeting sowie beim ESA MAGIC Workshop präsentiert und werden 2024 in Fachzeitschriften veröffentlicht werden.



LASER INTERFEROMETER ALONG-TRACK POST-FIT RANGE RATE RESIDUEN

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK (ikg)

URBANE LOGISTIK IM PROJEKT 5GAPS (BMDV (45FGU121E); OSKAR WAGE, UDO FEUERHAKE, MONIKA SESTER)

Das Im Projekt 5GAPS wird eine Plattform zur Erstellung eines dynamischen digitalen Zwillings auf Voxelbasis entwickelt und erprobt. Als eines der drei im Projekt angesiedelten Teilpakete des ikg wird sich in diesem mit Anwendungsfällen für die urbane Logistik beschäftigt. Neben der Befragung von Expertinnen und Experten zum Herausarbeiten neu ermöglichter Logistikkonzepte, wird in Simulationsstudien konkret das Konzept dynamisch ausgewiesener Logistikaltebuchten untersucht. Entsprechend für den Lieferverkehr reservierte Parkbuchten werden in statischer Form bereits in Linden-Nord erprobt, um das Halten in zweiter Reihe zu reduzieren. Eine flexiblere und dadurch bedarfsgerechtere Ausweisung könnte den Nutzen für die Branche erhöhen und die Konflikte mit anderen Parkwilligen reduzieren. Darüber hinaus eröffnet der Einstieg in ein dynamisches Flächenmanagement weitere Nutzungsmöglichkeiten für innovative Konzepte, wie beispielsweise Micro-Hubs, mobile Paketabholstationen oder Zonen für UAV.

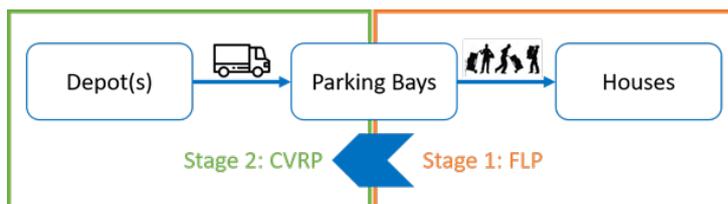


ABBILDUNG 1: ZWEISTUFIGER MODELLIERUNGSANSATZ

Für die Simulationsstudien wurde zunächst ein Basisfall der Paketzustellung auf der letzten Meile in städtischen Gebieten modelliert und kalibriert (vgl. Wage et al. 2023), welcher zum Abgleich mit Alternativszenarien genutzt wird. Formuliert ist dieser

als zweistufiger mixed-integer Optimierungsansatz. In der ersten Stufe werden anhand der Paketnachfrage bedarfsgerechte Haltepunkte als Facility Location Problem identifiziert. In der zweiten Stufe werden diese durch Fahrzeugtouren bedient, indem ein Capacitated Vehicle Routing Problem gelöst wird. Im Gegensatz zu einem Traveling Salesman Problem müssen nicht alle Stops durch eine einzelne Route abgedeckt werden,

sondern mittels mehrerer Touren limitierter Kapazität. Die Parametrisierung und Kalibrierung basiert auf realen Daten für den Stadtteil Linden-Nord, mit entsprechendem Straßennetz, Paketbedarf und aus realen Lieferfahrzeug-Trajektorien abgeleiteten Halteabständen.

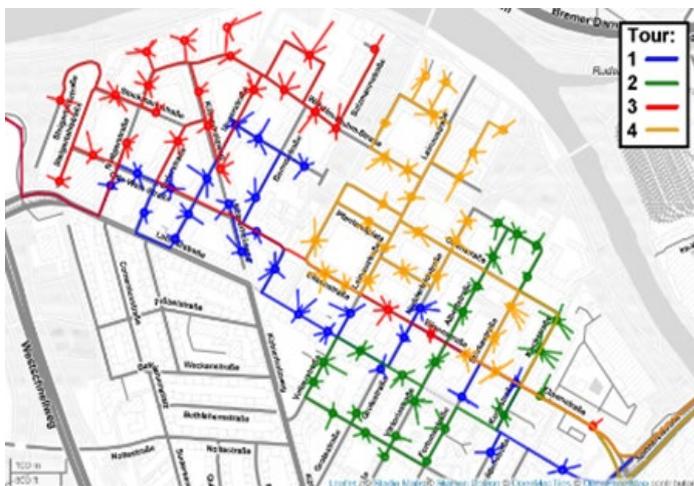


ABBILDUNG 2: BEISPIELHAFTE TOURENPLANUNG FÜR DEN BASISFALL

LOKALISIERUNG VON VGI-DATEN MIT BEZUG ZU EXTREMWETTEREREIGNISSEN (ZDIN; TIM SCHIMANSKY, MONIKA SESTER)

Das Zukunftslabor Wasser (ZLW) des Zentrums für Digitale Innovationen Niedersachsen (ZDIN) will neue Methoden für den Umgang mit der kostbaren Ressource Wasser entwickeln. Sowohl Dürren als auch Hochwasser treten als Extremereignisse immer häufiger auf. Um dennoch eine zuverlässige Versorgung oder Abwehr gewährleisten zu können, bedarf es intelligenter Anpassungen unseres Umgangs mit der Ressource Wasser. Ziel ist die konsequente Digitalisierung aller bekannten wasserrelevanten Parameter, die Aufschluss über das Vorhandensein oder Fehlen von Wasser geben. Darüber hinaus können auf diese Daten Automatismen aufgebaut werden, die auf Basis von Data Science und künstlicher Intelligenz selbstständig Entscheidungen im Wassermanagement treffen können. Das Verbundprojekt mit Partnern aus ganz Niedersachsen gliedert sich grundsätzlich in vier Arbeitspakete, die jeweils in Teilpakete untergliedert sind. An der LUH sind insgesamt 7 Partner beteiligt.

Das Arbeitspaket des Instituts für Kartographie und Geoinformatik (ikg) beschäftigt sich mit der Nutzung von sogenannten "Voluntary Geographic Information" (VGI) Daten, um bei Extremereignissen wie Hochwasser und Dürre eine Informationsverdichtung in relevanten Bereichen zu erhalten. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Lokalisierung von Bildern aus z.B. Social Media, die z.B. überschwemmte oder ausgetrocknete Gewässer zeigen. Die Lokalisierung ist essentiell, um relevante Informationen wie Wasserstand, Verschmutzungsgrad, Fließgeschwindigkeit und andere Parameter aus dem Bildmaterial extrahieren zu können. Für die Lokalisierung wird eine Referenz benötigt, die durch ein fahrzeuggestütztes mobiles Kartierungssystem erzeugt werden soll. Dieses ist mit Laserscannern, einer hochgenauen Positionierungslösung und Kameras ausgestattet, um eine hochauflösende Karte zu erstellen.



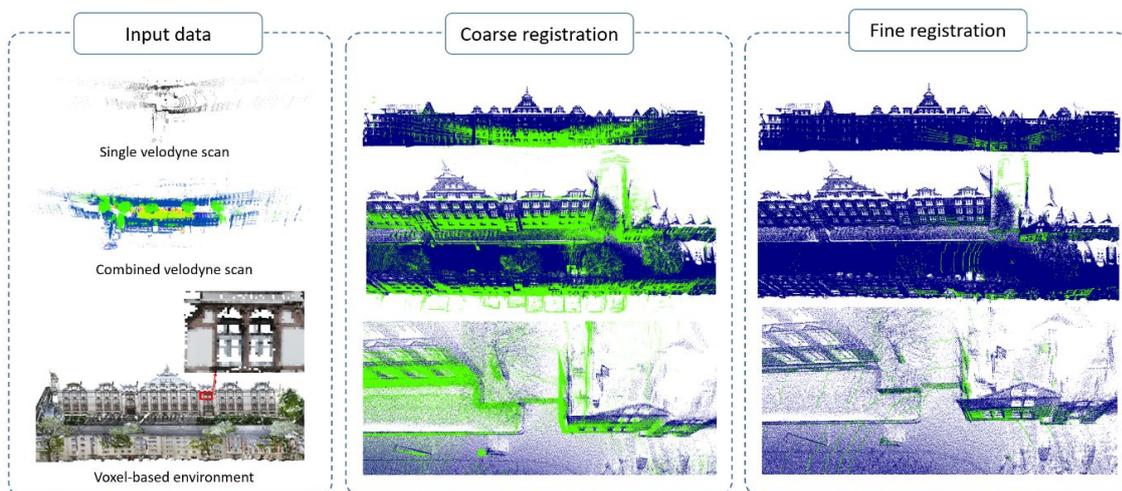
ABBILDUNG 2: EIN SOLCHES BILD VON EINEM ABENDSPAZIERGANG KÖNNTE NEBENBEI HELFEN Z.B. DEN WASSERPEGEL ZU DIESER ZEIT ZU BESTIMMEN. DAFÜR IST JEDOCH EINE PRÄZISE BESTIMMUNG DER AUFNAHMEPOSITION NOTWENDIG.

LOCALIZATION OF MOBILE OBJECTS IN 3D RASTER DATA IM PROJEKT 5GAPS (BMDV (45FGU121E); FAEZEH MORTAZAVI, MONIKA SESTER)

The objective of this work is to present an approach for localizing Velodyne scans on a voxel based environment. The central idea is capturing the three dimensions of the environment using different sensor systems and breaking it down into billions of cubes named voxels, systematically addressing and updating them utilizing identification numbers. The mobile mapping point cloud using Riegl VMX-250 serves as the reference map, and Velodyne scans are used for localization purposes.

Some traditional techniques like ICP are limited by its reliance on an initial value for alignment. Unfortunately, accessing the initial value is not always feasible. On the other hand, lacking enough features in sparse point clouds is another challenge. One of the solutions for point cloud registration in this case is to use coarse to fine registration methods. Therefore, a three-step method is proposed in this research work to overcome this limitation. This approach does not rely on an initial value and offers a more robust localization solution. The three consecutive steps of the localization process in this article are: 1) applying voxelization, 2) applying RANSAC to coarse registration for a block of scans, using the Fast Point Feature Histogram, based on a coarse grid resolution, and 3) applying a Point-to-Plane ICP to fine registration for each single scan, based on the original voxel size.

At the end of this process, each raw Velodyne scan is successfully localized to our reference map. The results indicate that the voxel-based approach is capable of accurately estimating the position of the sensor platform, which are applicable for various use cases.



ALIGNMENT RESULT OF VELODYNE POINT CLOUD (GREEN COLOR) TO THE MOBILE MAPPING POINT CLOUD (BLUE COLOR)

VISUALIZATION AND INTERACTION OF 3D/4D RASTER DATA IM PROJEKT 5GAPS (BMDV (45FGU121E); OLGA SHKEDOVA, MONIKA SESTER)

The progress achieved over the past few decades in the tools and techniques employed for collecting, transmitting, analyzing, and representing three-dimensional (3D) geodata has created numerous opportunities for diverse applications, including crisis and disaster management, environmental simulations, facility management, urban planning, and more. As a result, there is an increasing demand for effective visualization of 3D/4D geodata and interactive features customized to meet particular use case specifications.

In the context of the 5G Access to Public Spaces (5GAPS) project, two scenarios—Special Operations Forces and Parking Space Management—are being explored through diverse visualization approaches and interaction possibilities. An Urban Digital Twin forms the cornerstone, developed using 3D geodata obtained from a Mobile Mapping system and integrated into a voxel grid, allowing for precise and efficient real-time updates that reflect changes in the urban environment. The Urban Digital Twin operates within a web application created using the cross-browser JavaScript library Three.js. In this implemented application, users can upload an Urban Digital Twin based on the provided geolocation. The data is presented at two levels of detail (LODs), using 10 cm and 50 cm voxels. Visualization of the data incorporates RGB colors of the urban environment captured by cameras integrated into the Mobile Mapping System, complemented by simulated colors of classified data. Interaction possibilities with the geodata are implemented using gamification techniques, including diverse locomotion abilities, occupancy space visualization, distance and height measurements, information guidance for objects of interest, and an extension for virtual reality (VR) to observe the urban environment with VR devices.



ABBILDUNG 1: THE WEB APPLICATION OVERVIEW WITH DIFFERENT INTERACTION POSSIBILITIES FOR SPECIAL OPERATIONS FORCES (FIREFIGHTERS) USE CASE. THE URBAN DIGITAL TWIN IS REPRESENTED WITH SIMULATED COLORS ACCORDING TO THE CLASSIFIED DATA



ABBILDUNG 2: THE URBAN DIGITAL TWIN VISUALIZATION WITH COLORS DERIVED FROM CAMERAS, WITH INTERACTION POSSIBILITIES FOR PARKING SPACE MANAGEMENT USE CASE. THE GREEN BOX INDICATES THE VACANT PARKING SPACE, WHILE THE RED BOXES REPRESENT THE OCCUPIED PARKING SPACES.

STATISTICAL NETWORK MODELLING WITH STRUCTURAL BREAKS (DFG, ANNA MALINOVSKAYA, PHILIPP OTTO, CLAUS BRENNER)

In finance, economics, and various fields, data in matrix form is commonly gathered over time. Multiple observations at each time point are condensed into vectors, such as the annual reporting of key economic indicators like Foreign Direct Investment (FDI) financial flows to Germany in different countries. Addressing the sparsity and correlation of financial interactions among countries, we depart from conventional statistical network modeling. Instead, we transform initial time series datasets into networks for a more profound analysis, using a Binary Attributed Stochastic Block Model (BA-SBM) based on a Bernoulli distribution. Model parameter estimation employs a variational Expectation-Maximization (EM) algorithm. Additionally, a monitoring statistic, grounded in the Fisher information of BA-SBM model parameters, identifies structural breaks in single-layer networks.

Validation through a case study on FDI financial flows inward the network of country members from Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) confirms the model's efficacy. Thus, it can be shown that the process of identifying and rectifying structural breaks significantly enhances the accuracy of model estimates.

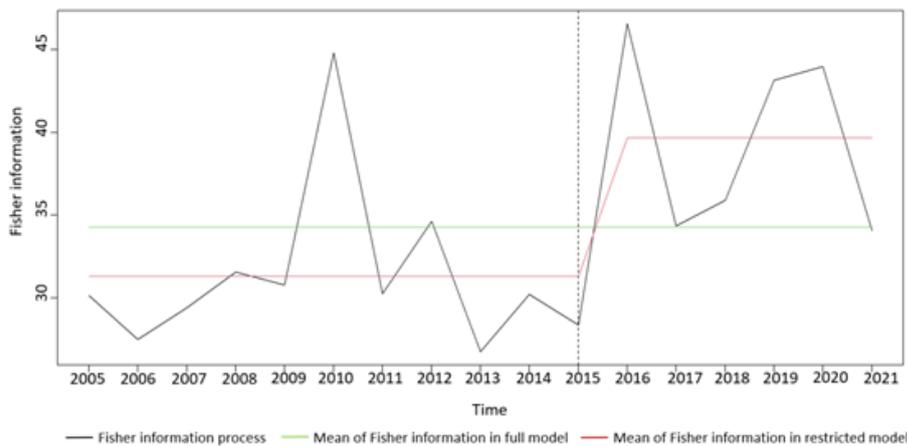


FIGURE TITLE: REGRESSION OF THE FULL MODEL AND RESTRICTED MODEL ASSUMING THERE IS ONE BREAKPOINT.

Hier wurde nur eine kleine Auswahl an Projekten des ikg vorgestellt – alle Projekte finden sich auf den Webseiten des Instituts unter www.ikg.uni-hannover.de

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION (IPI)

SAR4INFRA (BMDV, KOOPERATION MIT LVERMGEO.SH, LBV.SH, GFZ POTSDAM, ANDREAS PITER)

Die Überwachung von Verkehrsinfrastrukturen während ihrer Lebensdauer ist eine der Schlüsselaufgaben der Geodäsie. Durch dieses Forschungsprojekt wird das traditionelle Monitoring am Boden um die Erfassung von Bodenbewegungen mittels Radarinterferometrie erweitert. Im Rahmen des Projekts wurde eine Prozesskette zur automatisierten Ableitung der Bodenbewegungen basierend auf Sentinel-1 Aufnahmen entwickelt. Diese wurde zur effizienten Verarbeitung in die Cloud-Umgebung CODE-DE integriert, welche sowohl Sentinel-1-Daten als auch Rechenkapazitäten vorhält. Das 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. Ziel ist es,



AGGREGIERTE BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEITEN AN DER VERKEHRSINFRASTRUKTUR

Umgebung CODE-DE integriert, welche sowohl Sentinel-1-Daten als auch Rechenkapazitäten vorhält. 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. Ziel ist es, einen on-demand Service aufzubauen, mit dem für Brücken in Schleswig-Holstein eine Gefährdungsanalyse durchgeführt werden kann und welcher somit die Entscheidungsträger in Behörden unterstützt.

dem für Brücken in Schleswig-Holstein eine Gefährdungsanalyse durchgeführt werden kann und welcher somit die Entscheidungsträger in Behörden unterstützt.

SARKI4TAGEBAUFOLGEN (BMDV, KOOPERATION MIT DEM KREIS DÜREN UND DEM GFZ POTSDAM, ANDREAS PITER)

Großflächige Kohletagebaue haben erhebliche Auswirkungen auf die Instabilität der Infrastruktur in den umliegenden Gebieten. Dies liegt an der Absenkung des Grundwasserspiegels, die für die Förderung der Braunkohle notwendig ist. Diese Veränderung des Porenwasserdrucks und der Spannungsverhältnisse kann zu einer Reaktivierung von Verwerfungsrisse führen, die wiederum zu Schäden an Infrastrukturen führen können. In diesem Projekt untersuchen wir exemplarisch die Schäden an Infrastrukturen im Rheinischen Revier in NRW und deren Zusammenhang mit den aus der Radarinterferometrie mit Sentinel-1 Bildern ermittelten Bodenbewegungen im Gebiet. Im Rahmen einer ein-wöchigen Feldarbeit konnten bereits die räumlichen Geschwindigkeitsgradienten mit den Verwerfungsrisse korreliert werden.



SCHÄDEN AN EINER GARAGENWAND IN DÜREN, NRW

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

Die Aktualisierung topographischer Datenbestände ist eine wichtige Aufgabe der Landesvermessung, da diese Daten als Grundlage für viele weiterführende Aufgaben dienen, beispielsweise in der Stadtplanung oder Navigation. Das Ziel dieses Projektes ist die automatische Aktualisierung dieser topographischen Datenbestände der Landesvermessung unter Nutzung frei verfügbarer Bilder der Sentinel-Satelliten. Hierfür sollen die Bilder mithilfe künstlicher Intelligenz verarbeitet werden, sodass jedem Pixel die aktuelle Landbedeckung zugewiesen wird. Die Landbedeckung beschreibt das physikalische Material auf der Erdoberfläche, wie bspw.



SATELLITENBILD (LINKS) UND ERGEBNIS DER LANDBEDECKUNGSKLASSIFIKATION (RECHTS)

Wasser oder Wald. Genutzt wird ein überwachter Klassifikator, der mithilfe von Trainingsdaten erlernt, welche spektralen Eigenschaften die unterschiedlichen Klassen auszeichnen. Die Trainingsdaten für dieses Projekt werden aus vorhandenen Geodaten des LGLN gewonnen. Ein Vorteil der Satellitendaten ist ihre hohe temporale Auflösung, die es ermöglicht, neben räumlichen

Merkmale auch temporale Zusammenhänge zu nutzen, um eine möglichst gute Klassifikation zu erzielen. Hierfür wurde das vorhandene Modell, das auf einer Transformer Architektur basiert, so erweitert, dass auch multitemporale Bilddaten verarbeitet werden können. In verschiedenen Blöcken des Modells werden anschließend temporale und räumliche Merkmale parallel berechnet um letztendlich eine multitemporale Ausgabe zu erzeugen. Innerhalb des weiteren Projektfortlaufs soll nun die Erkennung von Veränderungen der Landbedeckung in den Fokus rücken. Hierzu wurde bereits ein naiver Ansatz getestet, der die Klassifikationsergebnisse mit der aktuellen Datenbank vergleicht und auf Basis bestimmter Heuristiken filtert. Dieser Ansatz soll erweitert werden, sodass auftretende Änderungen schon im Modell selber erkannt werden.

DETECTION AND RECONSTRUCTION OF VEHICLES CONSIDERING UAV BASED AERIAL IMAGES (DFG; SARA EL AMRANI ABOUELASSAD)

This project investigates the potential contribution of aerial images captured by a UAV for the collaborative positioning of vehicles. A UAV takes aerial images of a traffic area, e.g. a crossroads. The images show vehicles which are assumed to be able to communicate with each other and with the UAV. The vehicles are equipped with stereo cameras and can therefore position themselves relative to each other. These relative poses can increase the relative accuracy of the positioning, but an unfavorable configuration of the block obtained in this way is to be expected due to visual restrictions. The aerial images can support the block geometry due to a better overview and less occlusions.

For this purpose, vehicles visible in a UAV image are detected automatically with a neural network. The method is extended to estimate the pose, shape, and type of the detected vehicles. On the one hand, the vertices of the



reconstructed vehicle models can serve as tie points for positioning vehicle models in object space; on the other hand, in this way the parameters of the vehicle model can be estimated consistently from the entire available information (stereo images from the vehicles, UAV images). Compared to the vehicle reconstruction method already developed as part of i.c.sense, the challenge lies in the lack of stereo information

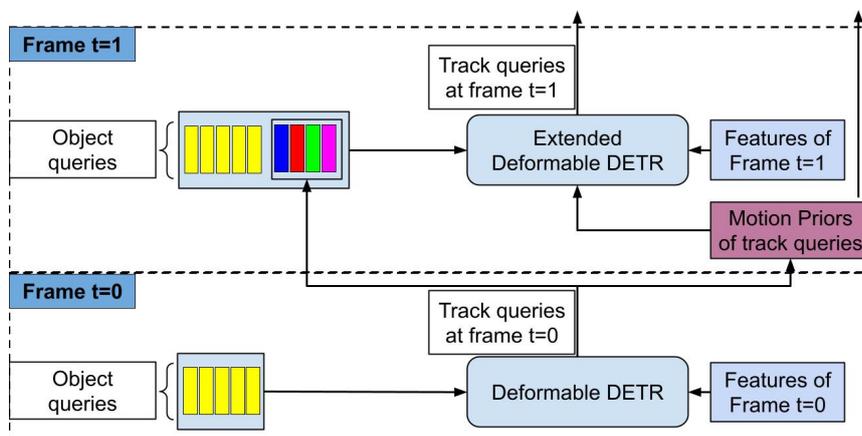
and the unfavorable viewing direction from above for the use of pre-trained classifiers. For evaluation purposes, real data is recorded in the context of the central experimentation facility, using a UAV and several vehicles equipped with stereo cameras at road crossings.

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

INTEGRATING MOTION PRIORS INTO END-TO-END ATTENTION-BASED MULTI-OBJECT TRACKING (DFG; RASHO ALI)

Visual multi-object tracking is a crucial task in various real-world applications such as autonomous driving, surveillance, and human-robot interaction. Recent advancements in multi-object tracking have heavily relied on object detection models, with attention-based models demonstrating state-of-the-art capabilities. However, the utilization of attention-based detection models in tracking poses a limitation due to their large parameter count, thus limiting the length of the image sequence that the model can be trained on. This necessitates substantial training data and powerful hardware for parameter estimation. Ignoring this limitation can lead to a loss of valuable temporal information, resulting in decreased tracking performance and increased identity (ID) switches. To address this challenge, the project proposed a novel framework that directly incorporates motion priors into the tracking attention layer, aiding the model at re-identifying tracked object in the image sequence. The motion prior is realized by using a Kalman filter with a constant velocity assumption. Experiments were conducted using the MOT challenge dataset, and the results demonstrated an enhancement in the model's association capabilities. In the next stages of this project, tracking will be done in the 3D object space where the depth information will be calculated using a stereo camera setup. In the next stages of this project, tracking will be done in the 3D object space where the depth information will be calculated using a stereo camera setup.

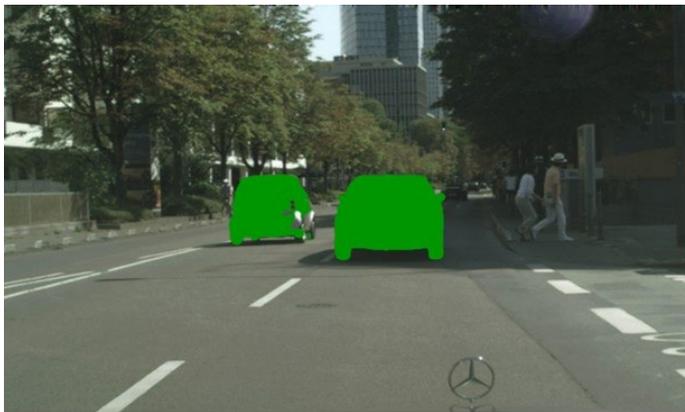
This work is supported by the DFG as part of the Research Training Group i.c.sens (RTG 2159).



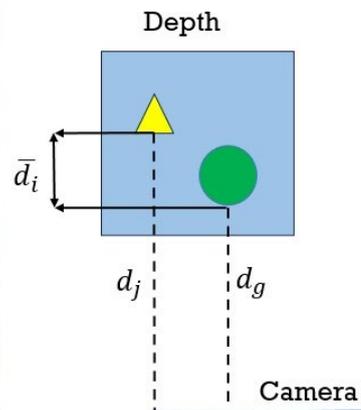
AN OVERVIEW OF THE PROPOSED METHOD: IN ALL FRAMES ($T > 0$), THE DETECTIONS OF FRAME $T-1$ ARE USED AS INPUT FOR THE TRACKING MODEL IN FRAME T . THE MOTION PRIORS OF THE TRACK QUERIES ARE USED AS ADDITIONAL INPUT TO THE TRACKING MODEL.

DEPTH-AWARE DICE LOSS FOR RGB-D PANOPTIC SEGMENTATION (DFG; TUAN NGUYEN)

Kernel-based panoptic segmentation methods are recently outperforming the box-based and box-free methods on several datasets, with both panoptic quality and efficiency. Beside, RGB-D segmentation related tasks are researched for a long time, the RGB-D method usually achieve better results on accuracy compare with color only method. In this work, we attempt to integrate depth information into the fully convolution network (FCN) panoptic segmentation, to help improving the panoptic quality and proposing the first RGB-D FCN panoptic segmentation method. Furthermore, we find that, current state-of-the-art methods have an amount of false positive (FP) segmentation, which can merge two instances far away into one mask. As result, we propose a novel loss function, namely Depth-aware Dice Loss, which use depth information to tackle the FP cases in panoptic results. With the combination of color depth fusion and the novel loss function, our method outperforms the original method with 2.2% improvement on Panoptic quality.



a)



b)

AMBIGUITY BETWEEN PIXELS HAVING SIMILAR APPEARANCE. A) A EXAMPLE SHOWS TWO DIFFERENT CARS MERGED INTO A SINGLE INSTANCE, THE MASK IS PREDICTED BY THE BASELINE B) WE EXPLOIT THE DIFFERENT DEPTH BETWEEN PIXELS OF THE TRIANGLE AND THE CIRCLE INSTANCE TO MITIGATE THE CHALLENGE.

THIS WORK IS SUPPORTED BY THE DFG AS PART OF THE RESEARCH TRAINING GROUP I.C.SENS (RTG 2159).

LARGE-SCALE FLOOD MAPPING WITH SENTINEL-1 DATA ON GOOGLE EARTH ENGINE CLOUD-BASED PLATFORM (INSTITUTE PROJECT, MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

In the face of increasing climate variability and the growing frequency of extreme weather events, there is a critical need for efficient and accessible tools to monitor and respond to floods. This project aims to address this challenge by developing a user-friendly system for large-scale flood mapping utilizing Sentinel-1 satellite data on the Google Earth Engine cloud-based platform. Sentinel-1, with its synthetic aperture radar (SAR) capabilities, offers a unique ability to penetrate cloud cover and capture medium-resolution imagery irrespective of weather conditions. Leveraging this data on the Google Earth Engine platform ensures scalability and accessibility, allowing users to process and analyze vast amounts of information efficiently. To enhance the interpretability of the satellite images and improve the accuracy of automatically generated flood maps, the project incorporates a radiometric terrain correction process. This correction mitigates distortions caused by terrain variations, resulting in clearer and more accurate flood maps, and helps individuals without extensive remote sensing expertise to interpret the data conveniently. The system's capabilities extend beyond mere visualization, offering the ability to delineate inundated areas, estimate flood frequency, and calculate flood depth maps. Real-time updates and historical data comparisons further enhance the utility of the tool, enabling users to track the evolution of flood events over time.

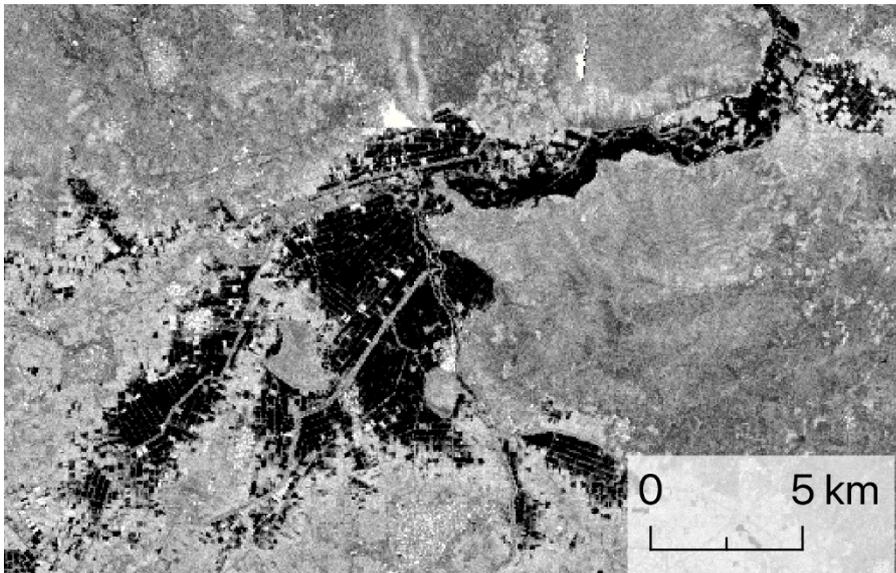
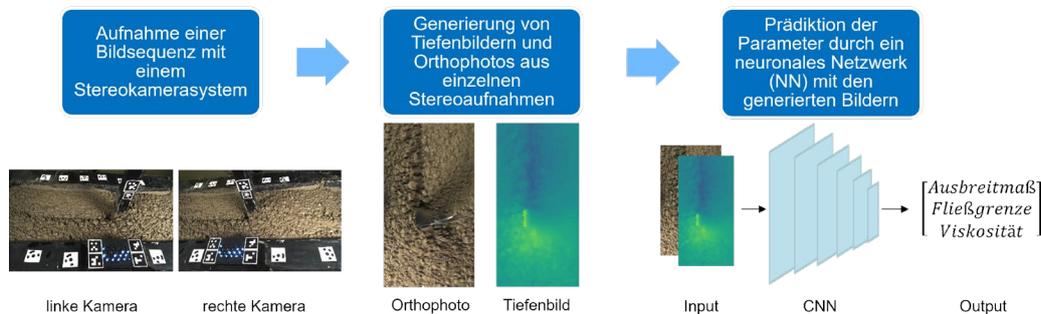


FIG: SENTINEL-1 IMAGE WITH RADIOMETRIC TERRAIN CORRECTION CAPTURING THE FLOOD AFTERMATH ON 2023-09-12 IN THESSALY, GREECE. DARK AREAS REPRESENT FLOODED REGIONS

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

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 unbekanntes 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. Um in den Versuchen den Mischvorgang in einem Betonmischer zu simulieren, wurden Betone mit unterschiedlichen Konsistenzen 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), unterstützt durch Informationen aus dem Mischungsentwurf, zur Vorhersage der Frischbetoneigenschaften verwendet. Da sich die Eigenschaften des Frischbetons stark über die Zeit verändern, wird diese zeitliche Abhängigkeit bei der Vorhersage berücksichtigt. Eine Regression wird von einem Convolutional Neural Network (CNN) durchgeführt, welches das Ausbreitmaß, die Fließgrenze und die plastische Viskosität prädiziert. Es konnte gezeigt werden, dass die Möglichkeit besteht, die Eigenschaften des Betons aus Bildern zu extrahieren. Die nächsten Schritte umfassen u.a. den Test der Methodik in einer Industriemischanlage.

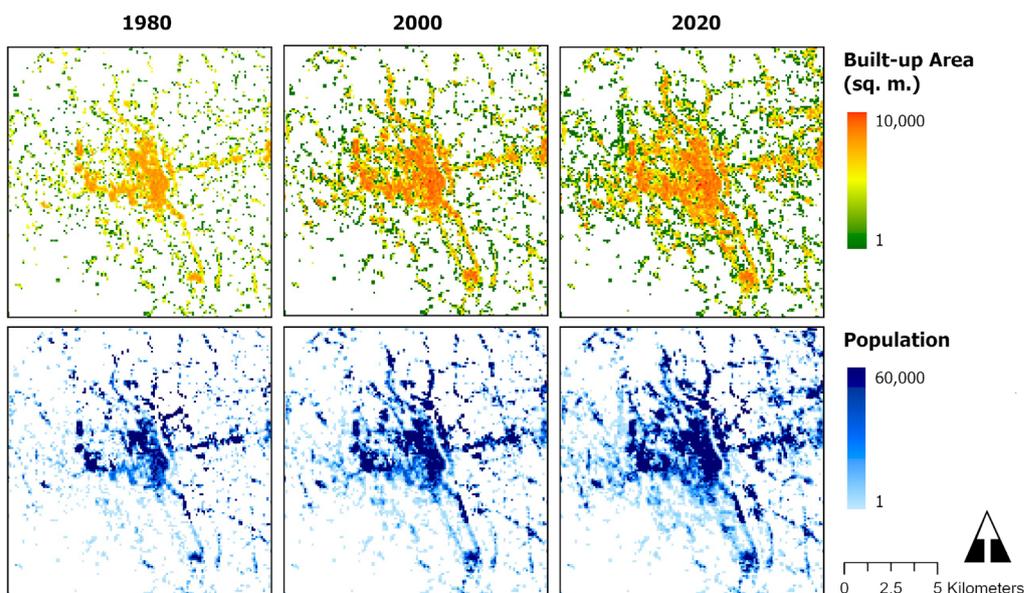


GRAPHISCHE DARSTELLUNG DES ABLAUF DER METHODIK

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

Urbanization is a global trend, often leading to challenges like inefficient land use, especially when the growth of built-up areas outpaces population increase. The UN's Sustainable Development Goal (SDG) 11 emphasizes the importance of monitoring land-use efficiency (LUE) through the "LCRPGR" indicator. This metric compares land consumption rates (LCR) with population growth rates (PGR) over specified time frames, offering insights into the balance between urban growth and land utilization. While recent studies have leveraged earth observation (EO) data to map urban areas and assess LUE, there are notable gaps. These include the need for incorporating accuracy assessments of EO datasets and addressing uncertainties in LCRPGR calculations, and integrating the spatial and economic dimensions of land use for LUE monitoring. Additionally, the untapped potential of machine learning (ML) and deep learning (DL) techniques presents opportunities for more robust LUE predictions.

In this context, our research project, centered on the Philippines and other selected countries, seeks to advance current methodologies on urban area mapping and LUE monitoring. We aim to quantify the impacts of urban and settlement area evolution on LUE, explore the capabilities of time-series 3D EO data for enhanced understanding of LUE dynamics, and develop predictive models of LUE using satellite data combined with ML/DL methods. Through this research, we aim to provide policymakers and urban planners with enhanced tools and insights, leading the way for more informed and sustainable urban development strategies. *(This work is supported by the Philippines' Department of Science and Technology – Science Education Institute (DOST-SEI) and Caraga State University.)*



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

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

CROP CLASSIFICATION USING 3D-CNN FROM THE FUSION OF SENTINEL-1 AND SENTINEL-2 TIME SERIES AND GENERATING VIRTUAL TRAINING LABELS (MARYAM TEIMOURI)

Agriculture is one of the major sources of food production, playing a crucial role in meeting the nutritional needs of the human population. On the other hand, mapping and monitoring crops are necessary, leading to the acquisition of up-to-date information about the crop types. This information plays a significant role in agricultural management.

On the algorithmic side, convolutional neural networks (CNNs) are currently regarded as the most effective methods in image classification. These networks have demonstrated superior performance compared to traditional methods in various fields, such as the crop classification of crops from satellite images. However, CNNs require a vast amount of training data for effective network training. The collection and labeling of such data using traditional methods are both time-consuming and expensive.

To overcome this challenge and improve classification accuracy, we propose a method involving the generation of virtual training labels from real training labels. This research applies virtual labels alongside real labels for training 3D-CNNs, leading to an improvement in the classification accuracy of crops using the fusion of Sentinel 1 and Sentinel 2 time series.

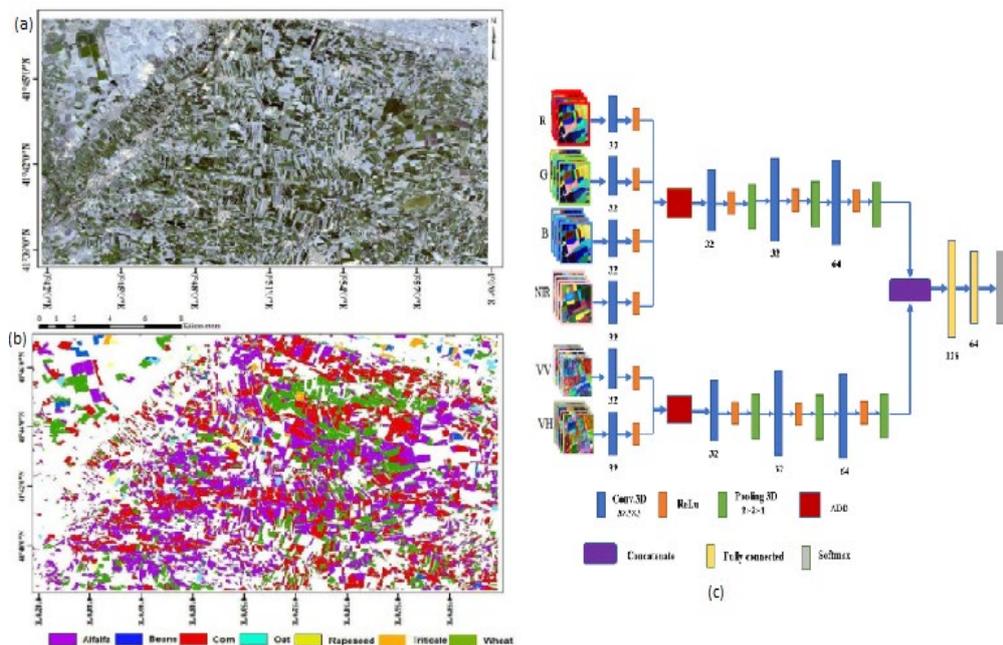


FIG: A) THE STUDY AREA B) GROUND TRUTH C) THE NETWORK STRUCTURE FOR FUSION OF SENTINEL 1 AND SENTINEL 2

A MULTI-SCALE AND MULTI-SENSOR REMOTE SENSING APPROACH FOR LANDSLIDE ANALYSIS (PART OF MULTISAT4SLOWS PROJECT, MAGDALENA VASSILEVA)

Anthropogenic activities and extreme climatic events are increasing landslide hazards and related risks to human life, settlements and infrastructures worldwide. Investigating landslide kinematics and driving external factors and identifying potential precursors to landslide-failure is crucial for an effective hazard assessment and risk reduction. In-situ monitoring systems over landslide-prone slopes are often unavailable, making landslides challenging to detect and monitor in time and space. In this regard, global satellite missions with systematic acquisitions plans, such as Sentinel-1 and -2, provide a huge amount of data which allows performing both, retrospective and near real-time analysis.

In this work, we combine results from Envisat, Sentinel-1, PlanetScope and Landsat in a multi-variable satellite remote sensing approach analysed with advanced statistical methods to characterise the whole deformation field of the Hoseynabad-e Kalpush landslide in Semnan province, Iran, and investigate the role of meteorological and human factors that led to the catastrophic failure in March-April 2019. The landslide failure occurred following an exceptional precipitation period on the adjacent slope of a nearby reservoir built in early 2013. Influenced by the impoundment of the reservoir, a previously relict landslide was reactivated following a retrogressive destabilisation mechanism. The almost five years of landslide creep degraded the slope's geomechanical properties. The exceptional precipitation in spring 2019 increased in a short time the pore-water pressure within the slope, triggering a deep-seated landslide rupture. The outcomes of this study is relevant also for other settings where artificial reservoirs have been built adjacent to relict landslide-prone slopes and where no or only limited in-situ monitoring data are available.

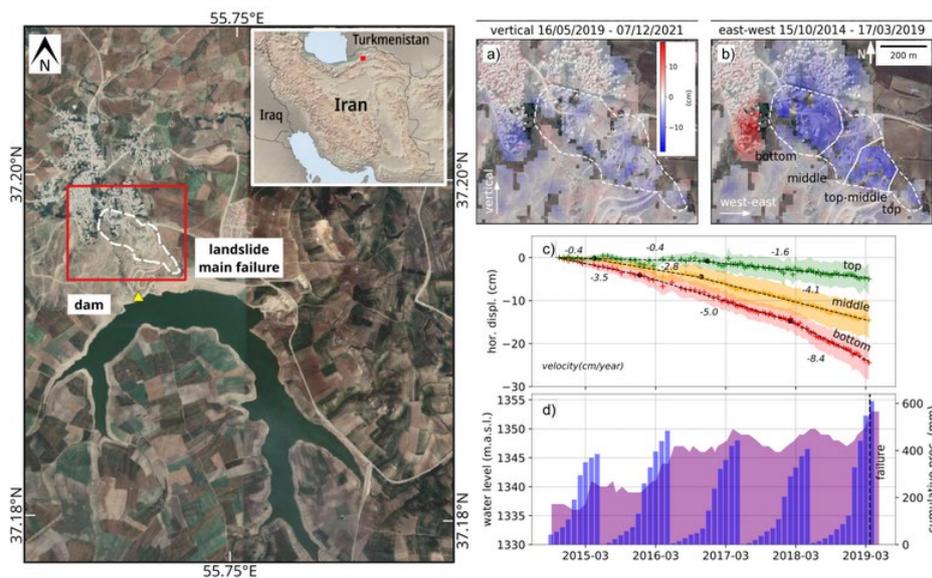
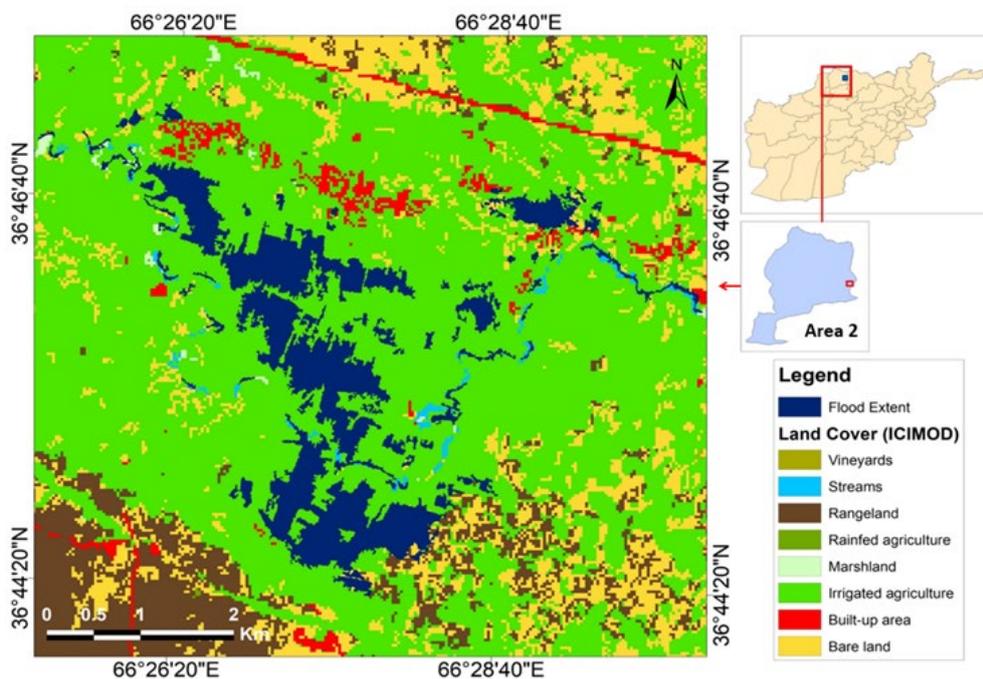


FIG. HOSEYNABAD-E KALPUSH LANDSLIDE AREA AND PRE-FAILURE SENTINEL-1 INSAR ANALYSIS

LARGE-SCALE FLOOD MONITORING: A COMPREHENSIVE APPROACH USING MULTI-SENSOR SATELLITE DATA AND GOOGLE EARTH ENGINE (DAAD, M. SULAIMAN FAYEZ HOTAKI)

Monitoring floods on a large scale or nationwide is a challenge due to the different landscapes and large amounts of data. Conversely, economic and security instabilities in certain regions hinder the availability of observational data, which complicates our understanding of the hydrological characteristics of flood events. This project aims to address these challenges by assessing and mapping the extent and duration of large-scale flooding in data-poor regions using multitemporal remotely sensed data, especially Sentinel-1 data via the Google Earth Engine (GEE) and Planet imagery for validation. Our method includes the normalization of Synthetic Aperture Radar (SAR) data, identification of inundation pixels using image segmentation techniques, and visual confirmation of inundation candidates using image composition of pre- and post-inundation images.

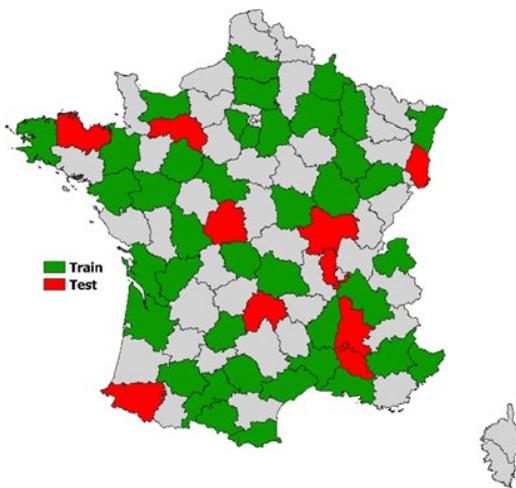
Our Sentinel-1 survey identified over 15 floods in different Afghanistan provinces between 2015 and 2023. In addition, ICIMOD's land cover data from 2018 is used to assess potential hazards and settlements affected by flooding. The analysis shows numerous flooding events across the country and underlines the value of remote sensing technology for monitoring large-scale floods in near real-time.



JOWZJAN PROVINCE'S FLOOD EXTENT WAS MAPPED USING SENTINEL-1 DATA ON MARCH 29, 2019, UTILIZING SENTINEL-1 VV BAND DATA. THE MAP HIGHLIGHTS LAND COVER TYPES AND INCLUDES A FLOOD HAZARD MAP.

LAND COVER CLASSIFICATION BASED ON MULTISCALE TIME SERIES OF SATELLITE AND AERIAL IMAGES (HUBERT KANYAMAHANGA)

Recent advances in remote sensing technology have increased the availability of high-quality image data, enabling the monitoring and understanding of Earth's physical processes. Depending on the sensors' characteristics, the collected data can provide complementary information with different characteristics for the same observed region. For example, aerial imagery can deliver textural information about the surface with a resolution in the range of decimetres, but usually with high revisit times. On the other hand, satellite systems allow for short revisit times, so that the resultant images can capture temporal changes and patterns, but usually at a coarser spatial resolution, e.g. with a ground sampling distance (GSD) of 10 m or more.



TRAINING DATASET FOR FLAIR #2 IN FRANCE: THE DATA COVERS 50 SPATIAL REGIONS, GREEN: 40 REGIONS USED FOR TRAINING AND RED: 10 REGIONS USED FOR TESTING

The goal of this research project is to jointly use aerial images and multi-temporal information from satellite image time series (SITS) to improve land cover classification. This opens up challenges of how to effectively combine these complementary sources of information to leverage their potential.

We extend existing approaches based on convolutional neural networks by introducing approaches based on Transformer networks for processing SITS. In our approaches, features extracted from SITS data are fused with features learned by a U-Net from aerial images, and the combined features are used to predict the land cover at the

geometrical resolution of the aerial images. To assess the effectiveness of transformer models, we perform extensive comparative experiments on the French Land cover from Aerospace ImageRy (FLAIR) #2 Challenge datasets and evaluate the contribution of satellite images and compare with the results of aerial images. We show that using SITS data from Sentinel-2, the classification of land cover is improved by +1.8% in the mean intersection over union (mIoU) and +0.8% in the overall accuracy (OA) when using the transformer-based models compared to fully convolutional networks where only aerial images are used. This shows the advantage of using transformer-based models for land cover classification.

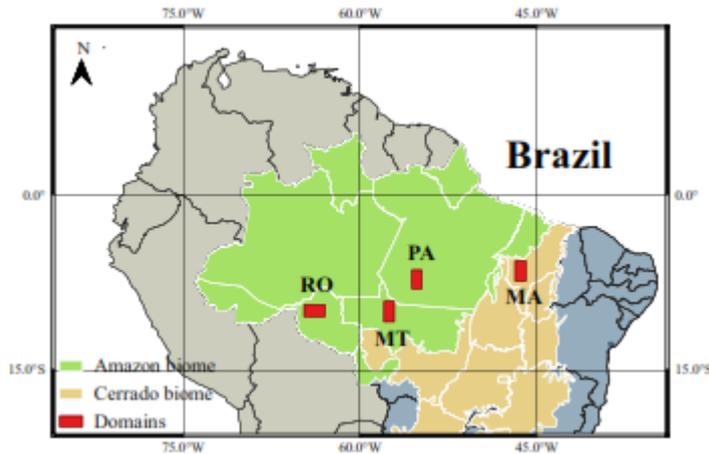
DEBIASED UNSUPERVISED DOMAIN ADAPTATION FOR DEFORESTATION MAPPING IN TROPICAL RAINFOREST (DAAD, MABEL ORTEGA)

Domain adaptation is an emerging technique focused on addressing the challenge of insufficient or absent annotations by using the knowledge from a labeled source domain. While existing methods primarily focus on practical knowledge transfer through domain alignment, they neglect the fairness issue arising from extreme imbalances in auxiliary sources across categories. This oversight results in significant under-representation of knowledge adaptation within minority source sets.

These conditions frequently lead to the creation of biased systems, impacting the classification performance negatively. In this regard, designing unbiased systems has been an active area of research, and with

the recent developments in DL-based techniques promising results have been achieved.

In this project, we propose a debiasing unsupervised domain adaptation by computing sampling probabilities for images considering their distribution across the training dataset. The goal is to prioritize higher sampling probabilities for underrepresented images in the training data while assigning lower probabilities to those already well-represented. Our experiments are focused on identifying



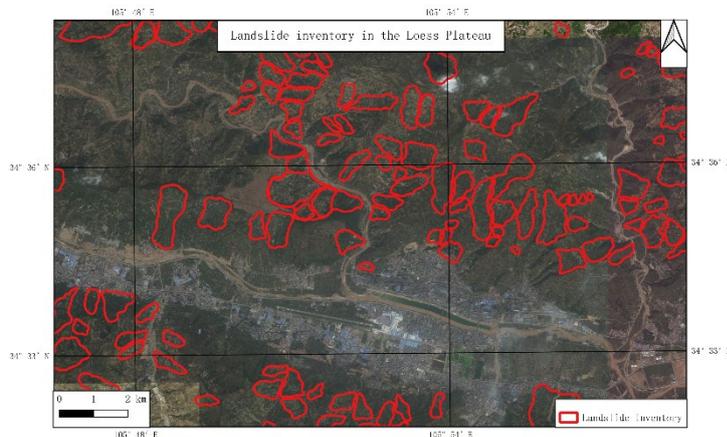
GEOGRAPHICAL LOCATIONS OF THE DOMAINS, PARÁ (PA), MATO GROSSO (MT), RONDÔNIA (RO), AND MARANHÃO (MA).

deforestation across four distinct domains within the Amazon rainforest, each characterized by different geographical locations, vegetation types, and deforestation patterns. The experimental findings demonstrated an improvement in classification performance upon integrating the debiasing algorithm into the Domain Adaptation (DA) method.

LANDSLIDE MONITORING IN THE LOESS PLATEAU, CHINA, USING SENTINEL-1 SMALL BASELINE SUBSET INSAR (CHINA SCHOLARSHIP COUNCIL, YAN YANG)

Landslide is a geological disaster with extremely destructive effects, resulting in huge casualties and economic losses in China. The Loess Plateau in China is widely covered by several to tens of meters of loess, and the underlying bedrock with good water barrier properties. Due to the frequent rains, the soil body is easy to flow or slide along weak structural surfaces. There are lots of typical loess landslides in the Loess Plateau and they seriously affect the lives of residents, so studying landslide deformation in Loess Plateau is of great significance for both society and geological expert. Interferometric Synthetic aperture radar (InSAR), with the advantages of wide monitoring range, high density, high accuracy, and not affected by weather conditions, has become the most effective technical means for regional surface deformation monitoring and landslide identification.

This project performs landslide deformation survey based on the small baseline Subset InSAR (SBAS-InSAR) method in Tianshui, which is located on the Loess Plateau, using interferograms from the Sentinel-1 satellite in the past five years. The InSAR velocity maps are then used to identify slow-moving landslides in the Loess Plateau. To verify the results, the identified landslides are compared with inventories from National Geological Disaster Survey Database provided by China Geological Survey. The comparison confirms that sentinel-1 InSAR can effectively identify landslides in most areas except for the areas covered by forest.



**LANDSLIDE INVENTORY IN THE LOESS PLATEAU, CHINA
PROVIDEDED BY CHINA GEOLOGICAL SURVEY**

DISSERTATIONEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

Dipl.-Ing. Jens Hartmann: Hochgenaue 3D-Erfassung von Großstrukturen durch kinematisches terrestrisches Laserscanning, 28.02.2023.

Referent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön (LUH), Prof. Dr. Alexander Reiterer (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)

Die 3D-Objekterfassung ist eine der Kernaufgaben der Ingenieurgeodäsie bzw. der Industrievermessung. Insbesondere Objekte mit einer Ausdehnung von > 100 m (Großstrukturen) sind eine Herausforderung. Zu nennen sind insbesondere örtliche Gegebenheiten, welche sich aus der Produktionsumgebung ergeben. Hierzu gehören z. B. Störeinflüsse (Vibrationen) und beengte Platzverhältnisse. Hinzu kommen Forderungen aus der Fertigung, hierzu zählen eine effiziente Erfassung und Überprüfung der Daten. Hieraus resultieren erhöhte Anforderungen an Messtechnik und Datenprozessierung. Beispielhaft sind eine beschleunigte Erfassung und die Qualitätssicherung zu nennen.

Zur Erfassung von Großstrukturen hat sich das Terrestrisches Laserscanning (TLS) als eines der Standardverfahren etabliert. Aufgrund seiner höheren Effizienz gegenüber dem statisches terrestrisches Laserscanning (s-TLS) ist speziell das kinematisches terrestrisches Laserscanning (k-TLS) geeignet. Für die Qualitätsbewertung stellt die Genauigkeit ein wesentliches Maß dar. Um auch kleinste Produktionsabweichungen zu detektieren wird für die Arbeit eine Messgenauigkeit mit $\sigma_3 \leq 1$ mm, spezifiziert als Helmertscher 3D-Punktfehler, festgelegt. Hieraus ist ersichtlich, dass eine k-TLS-basierte 3D-Objekterfassung eine besondere Herausforderung darstellt. Die wesentlichsten Teilschritte sind die 3D-Objekterfassung durch den Laserscanner, die Systemkalibrierung und Synchronisierung sowie die Georeferenzierung. Um die Anforderung an die Gesamtgenauigkeit zu erreichen, müssen die Genauigkeiten der Teilschritte entsprechend gering sein. Das verwendete k-TLS-basiertes Multi-Sensor-System (MSS) besteht aus einem Laserscanner (Zoller+Fröhlich (Z+F) IMAGER 5010) an welchem eine Leica T-Probe montiert ist. Hieraus resultiert, dass die 6 Degree of Freedom (DoF) zwischen dem Laserscanner und der T-Probe zu bestimmen sind. Dies erfolgt durch eine Systemkalibrierung. Zur Anwendung kommt ein Referenzgeometrien (RG)-basierter Ansatz. Da die Anordnung der RG für die Bestimmung der 6 DoF eine wichtige Rolle spielt, werden die RG im Rahmen einer Monte-Carlo-Simulation (MCS) optimiert. Als RG kommen Referenzebenen (RE) und Zylinder zum Einsatz. Basierend auf der MCS wird je eine optimierte Konstellation mit RE und Zylinder vorgestellt. Zur Vereinfachung bzw. Automatisierung der Suche nach der optimalen Konstellation kommt ein Genetischer Algorithmus (GA) zum Einsatz. Als praktische Realisierung wird eine Kalibrierumgebung auf Basis von elf RE installiert. Hierauf werden Messungen mit einem Z+F IMAGER 5010 und 5016 durchgeführt.

Die Objekterfassung mit dem Laserscanner erfolgt im Profilmodus. Für die Synchronisierung wird bei jedem Nulldurchgang des Profils ein

Triggersignal erzeugt und per Kabel an den Lasertracker (Leica AT960) übertragen. Nach Eingang führt dieser eine Georeferenzierungsmessung zur T-Probe aus. Hierdurch werden die 6 DoF zwischen Lasertracker und T-Probe direkt bestimmt. Die 6 DoF gelten nur für den ersten Punkt im Profil. Da dieses jedoch aus mehreren Punkten besteht, ist die Bewegung innerhalb eines Profils auf alle folgenden Punkte zu übertragen. Die Prädiktion erfolgt im Rahmen eines implementierten Extended Kalman Filter (EKF). Um eine mögliche höhere Dynamik der Plattform zu berücksichtigen, werden neben den 6 DoF und den jeweiligen Geschwindigkeiten auch Beschleunigungen in den Zustandsvektor aufgenommen.

Zur Bewertung der Qualität der Objekterfassung mit dem k-TLS-basierten MSS wird die Gesamtunsicherheit im Rahmen einer Vorwärtsmodellierung bestimmt. Diese erfolgt durch eine MCS. Grundlage hierfür bilden die Unsicherheiten der beschriebenen Einzelschritte. Die Unsicherheiten werden entsprechend vorab bestimmt und spezifiziert. Zur Validierung der modellierten Gesamtunsicherheiten und gefilterten Punktwolken aus der Georeferenzierung wird eine Rückwärtsmodellierung durchgeführt. Hierfür werden hochgenaue Referenzdaten verwendet, welche mit einer Leica T-Scan erfasst wurden. Abschließend ist festzuhalten, dass die geforderte Genauigkeit für eine 3D-Objekterfassung mit dem verwendeten k-TLS-basierte MSS eingehalten werden kann. Hierfür sollten jedoch die ermittelten Einzelunsicherheiten nicht überschritten werden. Die Entfernung zwischen Objekt und Laserscanner sollte unter 10 m liegen.

Dipl.-Ing. Dirk Dennig: Entwicklung eines kinematischen Profilvermessungssystems am Beispiel Kranbahnvermessung, 10.07.2023.

Referent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Uni-Prof. Dr.-Ing. Otto Heunecke (Universität Bundeswehr München), Prof. Dr. rer.pol. Philipp Otto

Die hochgenaue, geometrische Erfassung von Objekten und deren Umfeld mit geodätischen Messsystemen wie Lasertrackern und 3D Laserscannern wird bereits seit einigen Jahren durchgeführt. Bei langgezogenen Profilen, z. B. Führungs-, Fahr-, und Leitschienen, mit Längen von bis zu mehreren hundert Metern, wie sie bei Kranbahnen oder Hochregallagern vorkommen, ist bisher eine punktuelle, linienhafte Erfassung üblich. Aus den Messdaten werden Zustandsgrößen abgeleitet, die in Richtlinien, wie z. B. der VDI 3576 beschrieben sind. Zur Reduzierung der Absturzgefahr beim Signalisieren hochliegender Schienenprofile und zur Beschleunigung des Messprozesses, können motorisierte Plattformen für den Transport von Reflektoren eingesetzt werden.

Die Bewertung des Zustands der übrigen Bereiche erfolgt bei einer Krananlage jährlich durch einen Sachverständigen. Hierin eingeschlossen sind die Abnutzung des Profils sowie der Zustand der Schienenbefestigung und ggf. der Schweißnähte. Die Abhängigkeit von Erfahrung und Ausbildungsstand des Sachverständigen sowie des zu prüfenden Umfangs bedeuten eine gewisse Subjektivität der Prüfergebnisse.

Um langgestreckte Profile unterschiedlicher Geometrie und deren direktes Umfeld hochgenau kinematisch erfassen zu können, wird im Rahmen

dieser Arbeit ein modulares Messsystem entwickelt, das mit Linienlaserscannern und Kameras ausgestattet ist. Die Modularität ergibt sich daraus, dass die Pose des Fahrzeugs durch einen externen Sensor referenziert, dass das Fahrzeug mit unterschiedlicher Sensorik ausgestattet und dass es auch ohne extern referenzierenden Sensor eingesetzt werden kann. Das System kann einen entscheidenden Beitrag für Transparenz, Echtzeitfähigkeit, Reproduzierbarkeit und Dokumentierbarkeit bei der Zustandsbeurteilung von Führungs-, Leit-, und Fahrschienen leisten. Bisherige subjektive Beurteilungen werden ersetzt oder bestätigt.

Es wird ein Bewegungs- und Auswertemodell für ein mit hoher Abtastrate messendes kinematisches System erarbeitet, so dass die tatsächliche Lage von Führungs-, Fahr-, und Leitschienen mit einer Unsicherheit im Submillimeterbereich bestimmt werden kann. Damit die Messung für die Praxis relevant wird, können die Ergebnisse unmittelbar ausgewertet werden. Aus den Messdaten lassen sich für eine objektive Beurteilung des Zustands von Profilen und Befestigungen folgende Zustandsparameter ableiten: Lage, Höhe, Neigung und Zustand der Schiene und deren Befestigung. Die Qualität der Messungen und Zustandsparameter lässt sich qualitätsgesichert durch Auflösung und Standardabweichung nachweisen.

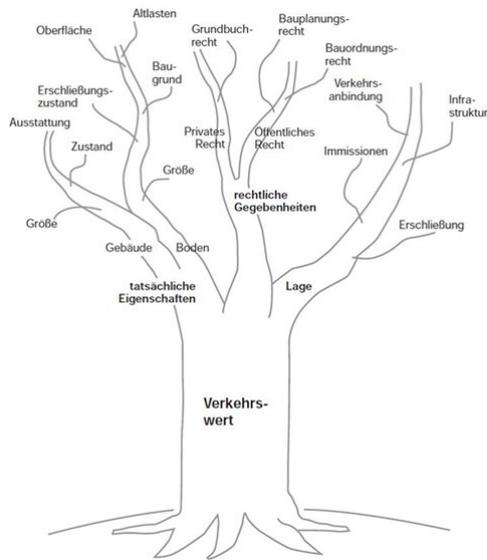
Sensoren auf der Multisensorplattform liefern eine Vielzahl an Messwerten, die in Echtzeit zusammengeführt werden. An das System werden hohe Anforderungen an die Messqualität gestellt, die im unteren Submillimeterbereich liegen. Gleichzeitig erfolgt die Erfassung der Daten bei einer Geschwindigkeit von ca. 1m/s. Aus diesen Anforderungen ergibt sich die Notwendigkeit eines mathematisch stochastisch begründeten, nichtlinearen Filtermodells, das die Kinematik ausreichend genau beschreibt. Für ausgewählte Zustandsparameter der VDI 3576 erfolgt alternativ eine Bestimmung durch einen auf Freiformkurven basierenden Glättungsalgorithmus. Zur Gewährleistung der richtigen Zuordnung aller Messergebnisse ist ein geeignetes Kalibriermodell entwickelt worden, das alle Sensoren einschließt. Anhand zweier Testmessungen wurden die Hardware und die Auswertealgorithmen validiert. Für die Überprüfung der Reproduzierbarkeit wurden bei der zweiten Messung die Messergebnisse des Multisensorsystems den Ergebnissen einer hochgenauen Referenzmessung gegenübergestellt.

Das aus der Hardware und den Auswertealgorithmen bestehende Multisensorsystem zur geometrischen Erfassung von Profilen konnte seine Mehrwerte gegenüber bekannten Systemen zeigen. Ein bedeutsamer Mehrwert ist die Unterscheidung zwischen der theoretischen und praktischen Schienenachse. Die durch diese Arbeit identifizierten und bestimmbaren Zustandsgrößen werden in der neuen Fassung der VDI 3576 berücksichtigt.

Jörn Bannert, M.Sc.: Der Einfluss von Straßenverkehrslärm und Umgehungsstraßen auf Grundstückswerte in Ortslagen – Bestimmung mittels Expertenbefragung nach der Delphi-Methode, 22.09.2023.

Referent: Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß, Korreferenten: PD Dr.-Ing. Andreas Hendricks (Universität d. Bundeswehr, München), Prof. Dr. Philipp Otto

Der Verkehrswert eines bebauten oder unbebauten Grundstücks wird von vielen wertbestimmenden Faktoren beeinflusst.



WERTBEEINFLUSSENDE FAKTOREN AUF VERKEHRSWERTE

Mit Hilfe von Gesetzen (Baugesetzbuch) und Verordnungen (Immobilienwertermittlungsverordnung) sorgt der Gesetzgeber für eine bundeseinheitliche Vorgehensweise bei der Ermittlung von Verkehrswerten von Grundstücken für die Fachpraxis. Darüber hinaus steht der Fachpraxis eine von Standardwerken zur Verkehrswertermittlung von Grundstücken (Fachliteratur) zur Verfügung.

Bei der Betrachtung der wertbestimmenden Einflussfaktoren von Grundstückswerten hebt die Fachliteratur die Lage als den wichtigsten Einflussfaktor hervor. Der Einflussfaktor Lage wird wiederum durch viele weitere Faktoren beschrieben. Die Lage beschreibenden Faktoren können in klein- und großräumig

(Mikro- und Makrolage) unterschieden werden. Die Fachliteratur bezeichnet die Verkehrs-, Nachbarschafts-, Wohn- und Umweltlage als wertbildende Einflüsse der Mikrolage.

In der Forschungsarbeit wird der Einfluss von Straßenverkehrslärm und Ortsumgehungsstraßen auf Grundstückswerte in Ortslagen untersucht und quantifiziert. Die Ergebnisse werden der Fachpraxis einem eigens aufgestellten Modell für die Bestimmung des Verkehrswertes eines Grundstücks bereitgestellt.

Kern der Forschungsarbeit bildet eine Expert*innen-Befragung nach der Delphi-Methode. Die Delphi-Methode hat ihre Ursprünge in den Sozialwissenschaften und benutzt die „Schwarmintelligenz“ von zuvor ausgewählten Expert*innen für die Quantifizierung oder Qualifizierung von Parametern wie beispielsweise dem Einfluss von Straßenverkehrslärm oder Ortsumgehungsstraßen auf Grundstückswerte in Ortslagen.

Die Ergebnisse aus der Expert*innen-Befragung werden im Anschluss durch Bodenrichtwertuntersuchungen in verschiedenen Untersuchungsgebieten in Niedersachsen sowie ergänzend durch zwei Ansätze aus der nationalen Fachliteratur validiert.

Die Anwendung der Delphi-Methode im Themenfeld der Verkehrswertermittlung und somit in den Ingenieurwissenschaften hat zu sehr guten Untersuchungsergebnissen geführt. Die Delphi-Methode stellt daher für die Aufgabenfelder der (Oberen) Gutachterausschüsse für Grundstückswerte eine gute Alternative zu statistischen Verfahren wie beispielsweise die multiple (lineare) Regressionsanalyse dar. Insbesondere in sogenannten kaufpreisarmen Lagen (räumlich begrenzte Gebiete mit wenig oder keinen Grundstückstransaktionen) kann eine Expert*innen-Befragung nach der Delphi-Methode eine gute Alternative zu einer klassischen Regressionsanalyse anbieten.

Marco Brockmeyer, M.Sc.: Modellierung von Bodenbewegungen anhand heterogener Messverfahren am Beispiel der niedersächsischen Landesfläche, 25.09.2023.

Referent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Korreferenten: PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib, Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Müller, Prof. Dr.-Ing. habil. Hansjörg Kutterer (KIT)

Bodenbewegungen sind definiert als Form- und Positionsänderungen an der Tagesoberfläche, die durch bergbauliche, geologische und hydrologische Prozesse verursacht werden (Deutsches Institut für Normung e.V., 1999). Sie können die Infrastruktur beschädigen und stellen somit ein gewisses Risiko für die Bevölkerung dar. Außerdem führen Veränderungen der Erdoberfläche zu einer stetigen Verringerung der Aktualität des amtlichen Raumbezugs, da dieser die Stabilität von Festpunkten voraussetzt. Vertikale Landbewegungen im Küstenbereich beeinflussen zudem Pegelmessungen und sind bei der Beobachtung von Veränderungen des Meeresspiegels zu berücksichtigen. Die Kenntnisse über Bodenbewegungen sind also aus wirtschaftlicher, öffentlicher und wissenschaftlicher Sicht von hohem Interesse. Um den wachsenden Informationsbedarf zu decken, werden in Deutschland verschiedene Bodenbewegungsdienste betrieben. Sie stellen punktuelle Bewegungsinformationen frei zur Verfügung, wobei dem Nutzer die weiterführende Analyse und Interpretation überlassen wird.

In dieser Arbeit wird eine ganzheitliche Prozesskette zur flächenhaften Modellierung von Bodenbewegungen entwickelt und am Beispiel der niedersächsischen Landesfläche erprobt. Unter Verwendung von GNSS, Nivellement und der satellitengestützten Radarinterferometrie werden zunächst Bewegungen von Objektpunkten an der Erdoberfläche bestimmt. Um die heterogenen Beobachtungen der unterschiedlichen Messverfahren verarbeiten zu können, erfolgt die kinematische Modellierung in separaten Datenanalysen. Die resultierenden Geschwindigkeiten der Objektpunkte bilden die Grundlage zur flächenhaften Approximation von Bodenbewegungen, wobei die Vorzüge der jeweiligen Beobachtungsverfahren miteinander kombiniert werden.

Die satellitengestützte Radarinterferometrie ermöglicht als Fernerkundungsverfahren die hochauflösende Modellierung von Bodenbewegungen. Zur flächenhaften Approximation von Bewegungsprozessen werden die folgenden Modellansätze untersucht und verglichen: (1) Multilevel B-Spline Approximation, (2) Ordinary Kriging und (3) Regressions-Kriging. Dabei wird in dieser Arbeit der Ansatz des Regressions-Krigings weiterentwickelt, sodass diese Methode optimale Eigenschaften zur Bewegungsmodellierung aufweist. Um vorhandene Systematiken in den Radardaten zu reduzieren und ein konsistentes Geschwindigkeitsdatum sicherzustellen, werden die unabhängigen Bewegungsdaten aus GNSS und Nivellement verwendet. Im Sinne einer geodätischen Kalibrierung wird das flächenhafte Modell aus Radardaten an die präzisen Referenzgeschwindigkeiten der Höhenfestpunkte und GNSS-Referenzstationen angepasst.

Ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit ist das neue hochaufgelöste und konsistent referenzierte Bodenbewegungsmodell für Niedersachsen. Neben Vertikalbewegungen werden erstmalig auch horizontale Verschiebungen in Ost-West-Richtung modelliert, womit sich neue Einblicke in

das Bewegungsverhalten der niedersächsischen Landesfläche eröffnen. Um die Genauigkeit beurteilen zu können, werden flächenhafte Modellunsicherheiten bestimmt. Dabei ergeben sich für die geschätzten Höhenänderungen und Horizontalbewegungen mittlere Standardabweichungen von $\bar{\sigma}_{\dot{\varphi},h} = 0,21\text{mm/Jahr}$ bzw. $\bar{\sigma}_{\dot{\varphi},East} = 0,26\text{mm/Jahr}$.

Das Bodenbewegungsmodell zeigt systematische Höhenänderungen in Küstennähe und im Bereich von Flussmündungen, die mit der regionalen Bodenbeschaffenheit in Zusammenhang stehen. Zudem lassen sich in Bergbaugebieten sowohl Vertikalbewegungen als auch horizontale Verschiebungen der Tagesoberfläche nachweisen. Im Vergleich zu den natürlichen Senkungen im Küstenbereich nehmen die anthropogenen Deformationen häufig größere Geschwindigkeitsbeträge an. Die entwickelte Prozesskette liefert also ein plausibles Bodenbewegungsmodell, sodass sie sich grundsätzlich auf beliebige Gebiete übertragen lässt.

Rozhin Moftizadeh, M.Sc.: Advanced Particle Filtering for Vehicle Navigation based on Collaborative Information, 06.11.2023.

Referent: PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner, Prof. Allison Kealy (RMIT Universität)

In recent years, Multi Sensor Systems (MSSs) have become increasingly important in various engineering fields due to their capability in data acquisition. Georeferencing of such MSSs in a global coordinate system is essential for an effective data analysis. While the Global Navigation Satellite System (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU) are generally well-suited for georeferencing in rural areas, their reliability and accuracy diminish in urban environments due to issues such as the multipath effect. Moreover, using the IMU data leads to drifted results over time, which makes the use of this sensor less accurate across all environments. To address these challenges, filtering frameworks are commonly used in applications such as localization. These frameworks are favored because they allow for the recursive estimation of states, leading to a more efficient usage of memory.

To effectively address the challenges of MSS georeferencing in urban areas, the current thesis harnesses environmental information. Specifically, geometric data from existing urban infrastructure serve as additional inputs to enhance the localization process. The work emphasizes two key requirements. Firstly, there must be a mathematically defined information source representing the urban environment. Secondly, additional detailed environmental data are needed to effectively relate the MSS to this information source. For this purpose, the MSS is equipped with advanced sensors such as LiDARs and cameras to gather a high volume of observational data. Given the variety of these sensors, it becomes vital to develop a versatile filtering framework. By incorporating uncertainty information for the sensors and the observed environment, both explicit and implicit observation models must be dealt with. Furthermore, due to the inherent and unavoidable uncertainties, the framework is designed to operate without reliance on preliminary assumptions.

This dissertation aims to enhance the accuracy of MSS georeferencing in urban areas by leveraging environmental information. A key contribution of this work is the development of a particle filtering framework capable of handling both explicit and implicit observation models under uncertainty. Such a feature accommodates a range of sensors, including LiDAR and cameras. To further improve computational efficiency, the framework is integrated with the Kalman filter.

The developed framework is used to georeference an MSS in both in a real-world application and a simulated case study. The minimum and maximum accuracy of the obtained georeferenced positions are confirmed to be in decimeter and centimeter-level, respectively. Additionally, the methodology is applied on a parameter estimation example to realize its performance in applications other than georeferencing. The final results validate that the developed framework meets its stated objectives, providing a promising solution not only for MSS georeferencing in urban environments; but also, for other applications involving a large number of observations.

MITBERICHTE GIH

Aiham Hassan, M.Sc., Universität Stuttgart: Entwicklung eines tachymeter-basierten Zielsystems, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

Annike Knabe, M.Sc.: New Concepts for Gravity Field Recovery using Satellites, 25.07.2023

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Müller, Korreferenten: Prof. Dr. techn. Wolf-Dieter Schuh, PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib

Das Erdschwerefeld und seine zeitliche Variation liefern wichtige Informationen für verschiedene Disziplinen, vor allem für die Geowissenschaften. Durch Satellitenmissionen, wie GOCE, GRACE und GRACE-FO, können globale Schwerefeldmodelle bestimmt werden. Allerdings sind die räumliche und zeitliche Auflösung dieser Modelle zu verbessern, um die Nutzeranforderungen zu erfüllen. Deshalb werden neue Konzepte für zukünftige Schwerefeldmissionen umfassend simuliert. Diese Dissertation konzentriert sich auf die Beschleunigungsmesser, da sie eine limitierende Komponente, bezogen auf die Sensoren der bisherigen Missionen, sind. Beschleunigungsmesser, basierend auf dem Prinzip der Kaltatominterferometrie (CAI), sind erfolgversprechende Kandidaten für zukünftige Schwerefeldmissionen, insbesondere aufgrund ihrer Langzeitstabilität.

Nicht-gravitative Beschleunigungen werden für Orbithöhen zwischen 250 km und 470 km untersucht, da deren Größe für den Einfluss des Skalierungsfaktors auf die elektrostatischen Messungen entscheidend ist. Die Beschleunigungsmessungen in aktuellen Missionen werden durch eine unzureichende Bestimmung ihres Skalierungsfaktors beeinträchtigt. Der Skalierungsfaktor der CAI-Messungen ist dagegen sehr genau bekannt, wodurch diese Problematik gelöst wird. Für die Gradiometrie ist der differentielle Skalierungsfaktor entscheidend, da dieser eine nicht perfekte Common-Mode Rejection hervorrufen kann. Auch in diesem Fall ist seine

Bestimmung eine kritische Komponente. Ein Drag-free System ist erforderlich, um diesen Fehlereinfluss zu reduzieren. Trotz der vorteilhaften Langzeitstabilität und der guten Kenntnis des Skalierungsfaktors der CAI-Messungen birgt dieses Konzept Herausforderungen. Die CAI-Zykluslänge von 12 s ermöglicht zwar eine hohe Sensitivität, ruft jedoch einen Aliasing-Effekt hervor. Dieser kann ebenfalls durch Drag-Kompensation reduziert werden.

Außerdem werden Closed-loop-Simulationen für die Konzepte low-low Satellite-to-Satellite Tracking (ll-SST) und Satellitengradiometrie durchgeführt, um die Auswirkung unterschiedlicher Komponenten auf die Schwerefeldbestimmung zu quantifizieren. Hybride Beschleunigungsmesser (elektrostatistisch und CAI) bewirken eine Reduktion der Streifenefekte in Nord-Süd-Richtung in der ll-SST Schwerefeldlösung. Außerdem wird der kumulative Geoidfehler für eine Auflösung von 200 km um 90% reduziert, wenn ein Laser-Ranging-Instrument genutzt wird und die Hintergrundmodellfehler vernachlässigt werden. Weiterhin wird das Hinzufügen eines Cross-Track-Gradiometers zu einer ll-SST Mission simuliert. Ein CAI-Gradiometer in Cross-Track-Richtung mit weißem Rauschen von 1 mE verbessert die Schwerefeldlösung in den kurzen Wellenlängen signifikant und sorgt für ein isotropes Fehlermuster. Der kumulative Geoidfehler für eine Auflösung von 100 km wird darüber hinaus um ca. 70% reduziert im Vergleich zu der ll-SST Einzellösung mit GRACE-ähnlichen Instrumenten.

Vishwa Vijay Singh, M.Sc.: Lunar Laser Ranging – Improved Modelling and Parameter Estimation, 31.05.2023

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Müller, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Prof. Dr. hc Harald Schuh

Lunar Laser Ranging (LLR) measures the distance between observatories on Earth and retro-reflectors on Moon since 1969. The LLR analysis is split in various steps: (1) The calculation of lunar and planetary ephemeris, (2) calculating the travel times of the laser pulses and examining its differences to the observed travel times of the pulses based on sophisticated models, and (3) fitting a set of parameters of the Earth-Moon system by a least-squares adjustment based on the Gauss-Markov Model (GMM). In this thesis, all three steps were investigated, and new results are given. Two articles on this work have been published in *Advances in Space Research* Singh et al. (2021, 2022) and one has been published in *Physical Review Letters* Singh et al. (2023).

The starting point for the numerical integration of the ephemeris calculation in the LLR analysis software ('LUNAR') of the Institute of Geodesy (IfE) was changed from June 24, 1969 to January 1, 2000. This change improves the uncertainty of the lunar orbit by about 35 %. The uncertainties of the parameters other than the lunar orbit also change, showing a small systematic improvement. The ephemeris calculation was updated based on the DE440 ephemeris. This change leads to a small improvement in the results, and keeps the dynamical model up to date. The non-tidal loading effect causes deformations of the Earth surface up to the centimetre level. Its addition in LUNAR improves the uncertainties of the station coordinates by about 1 % and also the LLR residuals by up to 9 %. Similarly, the

additional modelling of tidal atmospheric loading (TAL) from the IERS 2010 conventions in LUNAR also improves the uncertainty of the station coordinates by up to 7 % and the LLR residuals by up to 24 %. The changed TAL modelling is with respect to an older model in which the atmospheric pressure loading from the IERS 1996 conventions was used.

A sensitivity analysis and a validation by resampling was performed by creating various solutions of LUNAR with different conditions to test the need for a scaling factor for the GMM-obtained standard deviation (1σ) values. An up-scaling to provide realistic uncertainties is neither necessary for the standard set of parameters, nor for the polar motion coordinates (x_p and y_p). For $\Delta UT1$ values, however, the uncertainty of recent estimates must be given as 2σ values. The current best uncertainty from their individual estimation are 9.77 ms for $\Delta UT1$, 0.35 mas for x_p , and 0.64 mas for y_p . A possible violation of the equivalence of passive and active gravitational mass, for Aluminium and Iron, using LLR data is also discussed in this thesis. For the test, the method of Bartlett and van Buren (1986) is used. A new limit of the validity of that equivalence of 3.9×10^{-14} is given. This is about 100 times better than the previous one.

Mingyue Zhang, M.Sc.: Characteristics and Benefits of Differential Lunar Laser Ranging, 27.06.2023

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Müller, Korreferenten: apl.Prof. Dr.rer.nat. Dr.-Ing. habil. Karl Ulrich Schreiber, Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann

In the future, an advanced lunar-tracking technique will be implemented at the Table Mountain Observatory (TMO) of Jet Propulsion Laboratory (JPL), called Differential Lunar Laser Ranging (DLLR). A new type of lunar observable, i.e., differential lunar ranges will be obtained by differencing successive ranges measured from one station to different lunar reflectors within a short time interval. DLLR is expected to reach a remarkably high accuracy level of $\sim 30 \mu\text{m}$.

Research in this thesis focuses on exploring the impact of DLLR for a better understanding of the Earth-Moon system, including the investigation of the DLLR characteristics and DLLR benefits for the estimation of various Earth-Moon parameters.

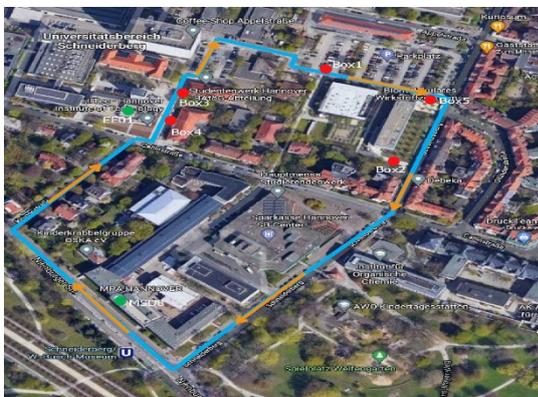
Simulated DLLR data with a long time span of more than 50 years (the same as real LLR data) are used for studying the DLLR characteristics. The specific parameter sensitivities are analyzed using the DLLR and LLR partial derivatives with respect to the parameters. Moreover, the accuracies of the estimated parameters from DLLR are evaluated and also compared to LLR. For some parameters, e.g., those related to the lunar orientation, rotation and interior, DLLR – by keeping the same sensitivity as LLR – is very advantageous to improve their accuracies (if it can really reach the expected extremely high observation accuracy). However, DLLR does not provide major benefit for the estimation of some other parameters, e.g., the lunar orbit elements (position and velocity of the Moon), mainly due to its less sensitivity, and the reflector coordinates for which DLLR has almost the same sensitivity but increases their correlations. DLLR will be beneficial for testing the Equivalence Principle (EP). The accuracies of the EP tests can be improved by about 2 and 3 times using DLLR. The effect of different

kinds of switching time intervals and reflector baselines on parameter sensitivity are investigated.

In the beginning of DLLR, only data over a short time span will be available, which is not enough to well determine the lunar orbit, also resulting in negative effects on other parameters. Thus, combining DLLR with classical LLR, which can provide an accurate lunar orbit with its long time span, is a practicable way to benefit from DLLR in the near future. Then, DLLR with a rather short time span of, e.g., 5 years is already useful for improving the parameter accuracy of the lunar orientation, rotation and interior. Also, the effects of the reflector baselines needed for DLLR, stations, time spans and “new” reflectors on the parameter estimations have been investigated. The length of the baselines and the way of their combination are relevant factors. A combination of two crossing baselines with larger length is more beneficial. Assuming the same data amount, extending the time span is more helpful for the parameter estimation than adding more stations in a shorter time span. A good position of a “new” reflector is also studied and identified for a better parameter determination.

Zahra Bani Mostafavi, M.Sc.: Reliable GNSS-based Monitoring in Dense Urban Areas: Developing New Analysis Concepts for Low-Cost GNSS Receivers Installed on Lamp Posts Using 3D City Models. Referent: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön, DAAD scholarship holder

Although positioning with Global Navigation Satellite Systems (GNSS) can achieve centimeter accuracy in different applications, urban areas are still challenging places. Surrounding buildings in urban areas cause signal reflection and blockage. The main source of error is due to Non-Line-Of-Sight (NLOS) reception and multipath phenomena. Besides, in a kinematic application, e.g., pedestrian navigation and autonomous driving, these errors have complex spatiotemporal behavior, i.e. their occurrence and magnitude depend on the satellite ray direction, the user antenna location and properties as well as the buildings in the surrounding area. As a result, the usual GNSS approaches cannot solve this problem. Although filtered or carrier-smoothed positioning algorithms can perform better, they require an accurate position solution for initialization, and cannot be effective in urban areas with lots of multipath errors which additionally cause many cycle slips.



In addition, although geodetic receivers meet the quality criteria for precise positioning and hardware robustness, in cases like urban areas, where a higher risk of receiver damage is expected because of wind, temperature, etc., these receivers may be considered too expensive to be used. As an alternative, low-cost GNSS receivers can be a good substitution, which are cheap, light, and prove to be of adequate quality over short baselines. Therefore, this work aims to improve the accuracy of low-cost GNSS signals based on

modeling LOS/NLOS with 3D models in harsh urban areas with the available 3D city model of Hannover. My work is continuing two master theses at the Institut für Erdmessung (IfE), and I am trying to analyze the

efficiency of low-cost GNSS receivers on lamp posts. I will mainly focus on data of the installed GNSS receiver sets, which are based on 5 different lamp posts on the campus of Leibniz University Hannover. The position of lamp posts are shown in the picture below.

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

Stefania Zourlidou, M.Sc.: Traffic Regulation Recognition from GPS Data, 23.3.2023. Referent: M. Sester, Korreferent: Jörg P. Müller, Clausthal-Zellerfeld, Korreferent: Christian Heipke,

Diese Dissertation zeigt die Bedeutung der Nutzung von kostengünstigen Crowd-Sourced Informationen für die Erkennung von Verkehrsregulatoren (Ampeln, Stoppschilder, Vorfahrtsschilder, unregelmäßige Kreuzungen) auf, deren Kosten in Form von Zeit und Geld viel höher sind, wenn Standardtechnologie für die Vermessung verwendet wird. GPS-Trajektorien können die Bewegungsmuster von Verkehrsteilnehmenden aufzeigen, und die anfängliche Hypothese wurde bestätigt, dass Verkehrsregulatoren durch die Auswertung von Bewegungsmustern, die durch Verkehrsregeln vorgegeben sind, ermittelt werden können. Die Vorhersagefähigkeit des Klassifikators wird genauer, wenn statische Informationen aus offenen Karten (OSM) mit dynamischen Merkmalen aus GPS-Trajektorien kombiniert werden. Eine umfassende Bewertung der vorgeschlagenen Methodiken am Beispiel von drei Datensätzen ergab eine Klassifizierungsgenauigkeit zwischen 95% und 97%. Um falsch klassifizierte Regulatoren zu korrigieren, wird eine zusätzliche Konsistenzprüfung der vorhergesagten Bezeichnungen auf der Grundlage von Regeln auf Basis des Domänenwissens vorgeschlagen, die die Klassifizierungsgenauigkeit um 1%-3% erhöht. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die niedrige Samplingrate von GPS-Tracks die Klassifizierungsleistung negativ beeinflussen kann und die Klassifizierungsgenauigkeit um 1%-2% sinkt, wenn das Samplingintervall von 2 auf 4 Sekunden verdoppelt wird. Außerdem wurde festgestellt, dass der Ausschluss von gekrümmten Trajektorien aus der Analyse einen positiven Effekt auf die Klassifizierungsleistung hat. Zusätzlich wurde festgestellt, dass die optimale Anzahl von Trajektorien pro Kreuzungsarm im Hinblick auf die Berechnung von Klassifizierungsmerkmalen fünf gerade Trajektorien sind. Die Problematik des Fehlens gelabelten Daten wurde untersucht, indem verschiedene Szenarien der Verfügbarkeit von gelabelten Daten erforscht wurden. Hierbei wurden sowohl unüberwachtes Lernen als auch Semi-überwachte Techniken wie clustering, self-training, cluster-then-label sowie active learning untersucht. Die Idee der Übertragbarkeit des Lernens zwischen verschiedenen Städten (Training eines Klassifizierers in einer Stadt A und Vorhersage von Regulatoren in einer Stadt B) wurde ebenfalls getestet. Dabei wurden sowohl die Bedingungen der Machbarkeit, als auch die Grenzen aufgedeckt. Die genauesten Vorhersagen der oben getesteten Lernmethoden wurden durch active learning erreicht, welches die Anzahl der für das Training erforderlichen gelabelten Daten in den beiden getesteten Datensätzen auf 66.7% reduziert. Abschließend wird ein hypothetisches Szenario beschrieben, das nach Kenntnis der Autorin zum ersten Mal im Bereich der Erkennung von Verkehrsregulatoren anhand von GPS-Daten auftritt.

Hierbei treffen die Informationen in Form von Datenströmen ein, was weitere Möglichkeiten eröffnet, das Problem der Erkennung von Verkehrsregelungen auf inkrementelle und dynamischere Weise anzugehen.

MITBERICHTE IKG

Azelle Courtial, M.Sc.: Exploring the potential of deep learning for map generalization, University Gustave Eiffel, Januar 2023, Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Hekmat Dabbas, M.Sc.: A Data-Driven Approach for Multimodal Traffic Demand Modelling, TU Braunschweig, Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Noel Scott Gorelick, M.Sc.: Planetary Scale Computing for Environmental Monitoring, Universität Zürich, Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Dipl.-Ing. Martin Schorcht, Spatial analysis, quantification and evaluation of developments in settlement structure based on topographic geodata, TU Dresden, IÖR, Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Raul Pieperit, M.Sc.: Automatisierte Geometriaufbereitung digitaler 3D-Stadtmodelle für die Strömungssimulation, November 2023, TU Berlin, Korreferentin: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

Artuom Sledz, M.Sc.: Thermal anomaly detection based on information fusion from optical and infrared images, 11.04.2023

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke. Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Markus Gerke (TU Braunschweig), Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Der Prozess der Analyse physikalischer Merkmale einer Region durch die Erfassung ihrer reflektierten und emittierten Strahlung aus der Ferne wird als Fernerkundung bezeichnet. Der Einsatz der thermischen Infrarot-Fernerkundung (TIR) ist eine effiziente Methode zur Bestimmung von Oberflächentemperaturen. Eine thermische Anomalie kann als eine Region mit einer abnormalen Temperatur im Vergleich zu ihrer Umgebung charakterisiert werden. In dieser Studie werden thermische Anomalien als unbekannte Wärmequelle unter der Oberfläche bezeichnet. Eines der am häufigsten verwendeten Werkzeuge zur zerstörungsfreien Erkennung thermischer Anomalien, insbesondere im Rahmen der Fernerkundung, ist eine TIR-Kamera. Um thermische Anomalien zu erkennen, schlägt diese Studie die gemeinsame Verarbeitung von TIR- und optischen Bildern vor, die von einem unbemannten Luftfahrzeug (UAV) aufgenommen wurden. Bei jedem Verfahren zur Erkennung von Anomalien besteht die größte Herausforderung darin, echte Anomalien nicht zu übersehen und gleichzeitig die Fehlalarmrate zu minimieren. Diese Arbeit konzentriert sich auf die schlechte Isolierung von Gebäudedächern und die Wärmestrahlung von verteilten Heizsystemen unter der Bodenoberfläche als Anwendungsbeispiele. Der Hauptbeitrag dieser Studie besteht darin, wie die Verwendung optischer Bilder zur Erreichung dieses Ziels beiträgt.

Obwohl TIR-Kameras schon seit vielen Jahren im Einsatz sind, bereitet die Verarbeitung von TIR-Bildern im Vergleich zur Verarbeitung optischer Bilder immer noch eine Reihe von Schwierigkeiten. Um von der Informationsfusion von optischen und TIR-Bildern mit dem Ziel zu profitieren, thermische Anomalien zu erkennen, muss derselbe Bereich der untersuchten Szene in beiden Bildern gleich dargestellt sein. Diese Studie schlägt vor, eine radiometrische Szenendarstellung mit Hilfe von Orthomosaiken beider Bildmodalitäten zu verwenden. Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein multimodaler Bildabgleich zwischen optischen und TIR-Bildern vorgeschlagen. Die Verwendung multimodaler Verknüpfungspunkte ermöglicht es, die äußere Orientierung beider Kameratypen mit Hilfe von Bundle Adjustment (BA) zu schätzen. Das Ergebnis ist, dass TIR-Bilddaten auf das 3D-Modell projiziert werden können, das vor der Orthomosaikbildung nur aus optischen Bildern rekonstruiert wurde. Im Vergleich zu 3D-Modellen, die nur aus TIR-Bildern erstellt wurden, hat die Verwendung eines optischen 3D-Modells den Vorteil, dass es ein hohes Maß an geometrischer Korrektheit aufweist. Im experimentellen Teil dieser Arbeit werden die Vorteile des empfohlenen Ansatzes erläutert, die auf der Fehlerbewertung von Bodenkontrollpunkten (GCPs) in der vermessenen Szene beruhen.

Die Erkennung thermischer Anomalien wird in dieser Studie als Erkennung auffälliger Regionen formuliert und ist dadurch motiviert, dass in TIR-Bildern eine heiße Region oft die Aufmerksamkeit des menschlichen Auges auf sich zieht. Die Arbeitshypothese in dieser Studie ist folgendermaßen definiert: Eine heiße Region, die nur im TIR-Bild als auffällige Region erscheint, nicht aber im optischen Bild, ist eine thermische Anomalie. In dieser Studie wird ein zweistufiger Ansatz zur Erkennung thermischer Anomalien vorgeschlagen, der auf der Informationsfusion der aus TIR- und optischen Bildern gewonnenen Salienzkarten basiert. Im Lokalisierungsschritt wird die Informationsfusion auf der Grundlage der Dempster-Shafer-Evidenztheorie verwendet, um Regionen zu lokalisieren, die als thermische Anomalien vermutet werden. Das Klassifizierungsproblem in diesem Schritt ist als Mehrklassenproblem formuliert und wird auf Pixelebene auf unüberwachte Weise durchgeführt. Im zweiten Schritt wird die Klassifizierung als binäres Problem formuliert, um zwischen normalen Temperaturschwankungen und thermischen Anomalien zu unterscheiden, wobei Random Forest (RF) als Klassifikator gewählt wird. Die Ergebnisse der Lokisierungsphase werden in diesem Schritt zusammen mit Temperatur- und Höhendaten, die aus einem digitalen Oberflächenmodell (DSM) gewonnen werden, als Merkmale verwendet. Trotz einiger Einschränkungen, die im experimentellen Teil beschrieben werden, erreicht der vorgestellte neue Ansatz zur Erkennung thermischer Anomalien eine Gesamtgenauigkeit von 97 Prozent.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 385 erschienen.

Dennis Wittich, M.Sc.: Deep domain adaptation for the pixel-wise classification of aerial and satellite images, 23.05.2023

Referent: apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner, Korreferenten: Prof. Konrad Schindler, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, apl. Prof. Dr. Ing. Claus Brenner.

Die vorliegende Dissertation befasst sich mit der Domänenadaption für die pixelweise Klassifikation von Fernerkundungsdaten unter Verwendung von tiefen neuronalen Netzen (DNN) als Strategie zur Verringerung der Anforderungen von DNNs in Bezug auf die Verfügbarkeit von Trainingsdaten. Der Schwerpunkt liegt auf dem Szenario, in dem gelabelte Daten nur in einer Quelldomäne DS, aber nicht in einer Zieldomäne DT verfügbar sind, was in der Computer Vision als unüberwachte Domänenanpassung (UDA) bekannt ist. Hier wird davon ausgegangen, dass die beiden Domänen unterschiedlich, aber verwandt sind. Es wird eine neue Methode vorgeschlagen, in der ein Netzwerk zur Anpassung der Erscheinungsform (AAN) trainiert wird, welches Bilder aus DS so anpasst, dass sie wie Bilder aus DT aussehen. Zusammen mit den ursprünglichen Labels aus DS werden die adaptierten Bilder verwendet, um ein DNN an DT anzupassen. Das AAN muss das Aussehen von Objekten einer bestimmten Klasse so verändern, dass sie Objekten der gleichen Klasse in DT ähneln, d.h. die Anpassung muss semantisch konsistent sein. Viele Ansätze versuchen, dieses Ziel zu erreichen, indem sie die sogenannte cycle consistency in den Anpassungsprozess einbeziehen, aber solche Ansätze neigen dazu, Strukturen zu halluzinieren, die in der Zieldomäne häufiger vorkommen. Im Gegensatz dazu wird in dieser Arbeit eine gemeinsame Trainingsstrategie für das AAN und den Klassifikator vorgeschlagen, die das AAN dazu bringt, die Bilder so anzupassen, dass diese korrekt klassifiziert werden. Um das AAN in Bezug auf die semantische Konsistenz weiter zu verbessern, werden zwei Erweiterungen der Methode vorgeschlagen. Außerdem wird das Problem der optimalen Wahl der Parameter der trainierten Netzwerke adressiert. Hierzu wird ein neues unüberwachtes Kriterium zur Auswahl der Parameter basierend auf der Entropie in DT vorgeschlagen, das die Tatsache kompensiert, dass es in DT keinen Validierungsdatensatz gibt, der zur Parameterwahl genutzt werden könnte. In einer weiteren Variante wird die neue Methode mit einer bestehenden Methode für UDA aus der Literatur kombiniert, die als adaptive batch normalisation bekannt ist. Verschiedene Varianten der Methode werden in 20 Adaptionsszenarien für die Aufgabe der Landbedeckungsklassifikation mit Luftbildern umfassend evaluiert, wobei Datensätze aus 5 Städten verwendet werden, die alle aus hochauflösenden digitalen Orthophotos und Höhendaten bestehen. Die Methode wird außerdem in 6 Adaptionsszenarien für die Detektion von Rodungen auf der Grundlage von Satellitenbildpaaren bewertet. Die Methode erzielt in den meisten Fällen eine Verbesserung der Klassifikationsgüte. Bei der Klassifizierung der Bodenbedeckung kann die anfängliche Lücke in der Klassifikationsgüte von 10,7 % auf 7,5 % im mittleren F1-Maß und bei der bi-temporalen Entwaldungserkennung von 35,8 % auf 11,3 % im F1-Maß der Vordergrundklasse reduziert werden. In einigen Fällen erreicht die Methode sogar Qualitätsmaße, die vergleichbar mit jenen sind, die ein Klassifikator erreicht, der in DT trainiert wurde. Bei der Adaption zwischen den Datensätzen der ISPRS-Benchmark aus Vaihingen und Potsdam übertrifft

die vorgeschlagene Methode Verfahren aus neueren Veröffentlichungen um ca. 5 –20 % im mittleren F1-Maß.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 386 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 901 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Mareike Marianne Dorozynski, M.Sc.: Image Classification and Retrieval in the Context of Silk Heritage using Deep Learning, 07.06.2023

Referent: apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester, Prof. Dr.-Ing. Jan-Dirk Wegner (Universität Zürich)

Das Sammeln von Wissen über die vergangenen Jahrhunderte ist ein grundlegender Bestandteil der Bewahrung des kulturellen Erbes. Dabei muss das Wissen leicht zugänglich gespeichert werden, was eine Standardisierung der Informationen über historische Artefakte erforderlich macht. Darüber hinaus wird mit der wachsenden Zahl digital verfügbarer Sammlungen der Bedarf an geeigneten Techniken zur automatisierten Informationsbeschaffung immer wichtiger. In diesem Zusammenhang können Bilder mit bekannten Informationen über die abgebildeten Artefakte als Informationsquelle für automatisierte Methoden dienen. Sammlungen können zum einen mittels Prädiktionen eines auf solchen Bildern trainierten Bildklassifikators semantisch angereichert werden. Zum anderen können diese Bilder zum Lernen von Bilddeskriptoren dienen, welche als Index für Datenbanken mit historischen Objekten fungieren können. Eine Herausforderung dabei besteht im Training solcher Methoden unter Berücksichtigung der gegebenen Datengrundlage: Die Annotationen sind oftmals nicht standardisiert, unvollständig und variieren stark in Hinblick auf die Anzahl an entsprechenden Beispielen. Eine Referenz zum Lernen von Bilddeskriptoren, welche ähnliche und unähnliche Bildpaare definiert, existiert dabei in Onlinesammlungen nicht.

Im Rahmen dieser Dissertation wird diesen Herausforderungen begegnet, indem tiefe neuronale Netze ausgehend von Bildern mit Annotationen für verschiedene semantische Variablen, wie z. B. Objekteigenschaften, trainiert werden.

Das erste neuronale Netz ist für die Klassifikation von Bildern konzipiert. Durch das Nutzen von Methoden des Transferlernens kann solch ein Netz auch auf einem Datensatz von verhältnismäßig geringer Größe trainiert werden. Zudem wird ein Ansatz des Multitask-Lernens entwickelt, welcher mit unvollständigen Trainingsbeispielen umgehen kann. Somit können Zusammenhänge zwischen den zu lernenden Eigenschaften implizit berücksichtigt werden, ohne dass die Trainingsdaten auf Beispiele reduziert werden müssen, für die alle Annotationen verfügbar sind. Erweiterungen des Trainingsansatzes mit einem Fokus auf komplizierten Beispielen während des Trainings sowie dem Heranziehen eines zusätzlichen Clusterings von Bildmerkmalen werden eingesetzt, um Problemen mit nicht ausbalancierten Klassenverteilungen entgegenzuwirken. Ein neuronales

Netz zum Lernen von Deskriptoren für eine bildbasierte Suche wird ebenfalls vorgeschlagen, einschließlich einer Methode zum Training. Die dafür notwendigen Trainingsdaten können mittels in dieser Arbeit entwickelter Konzepte von Ähnlichkeit automatisch aus den vorhandenen Daten generiert werden: Es werden Konzepte für visuelle Ähnlichkeit sowie ein Konzept für semantische Ähnlichkeit entwickelt. Letzteres Konzept nutzt die für die Bilder vorhandenen Annotationen, um unterschiedliche Grade von Ähnlichkeit in Abhängigkeit von der Ähnlichkeit der Annotationen zu bestimmen. Das zusätzliche Minimieren eines Klassifikationslosses im Training soll das Lernen von semantischer Ähnlichkeit unterstützen.

Die Evaluation der entwickelten Methoden erfolgt auf Basis eines Datensatzes bestehend aus Bildern von historischen Seidenstoffen mit Annotationen für bis zu fünf semantische Variablen (Seiden-eigenschaften). Im Rahmen der Klassifikation werden die Annotationen einer Variablen als Klassenlabels einer Klassifikationsaufgabe interpretiert, und im Rahmen der Bildsuche werden sie genutzt, um semantische Ähnlichkeit von Seidenstoffen zu definieren. Während für unterschiedliche Varianten des entwickelten Klassifikators die prädizierten Klassenlabels mit den Referenzlabels verglichen werden, wird im Rahmen der Bildsuche eine Klassifikation auf Grundlage der k nächsten Nachbarn im Deskriptorraum durchgeführt, um eine Evaluation ohne eine manuelle Referenz, die ähnliche und unähnliche Bilder definiert, zu ermöglichen. Entsprechend werden für beide Arten von Methoden Standardmetriken für die Klassifikationsgüte zur Evaluation herangezogen. Die Klassifikationsergebnisse zeigen, dass Multitask-Lernen selbst auf Basis von unvollständigen Beispielen dem unabhängigen Training eines Netzwerks für jede der Klassifikationsaufgaben in Bezug auf die Gesamtgenauigkeit vorzuziehen ist (bis zu +13,6 % Verbesserung). Darüber hinaus kann der gelernte Multi-Task-Klassifikator durch die vorgeschlagenen Erweiterungen für das Training verbessert werden, was zu einem bis zu +5,0 % höheren mittleren F1-score führt, wobei die größten Verbesserungen bei unterrepräsentierten Klassen einer Aufgabe auftreten (bis zu +14,3 % Verbesserung). So werden mittlere F1-Scores von bis zu 33,6 % und Gesamtgenauigkeiten von bis zu 66,2 % erreicht. Die Ergebnisse der Bildsuche zeigen, dass die Suchergebnisse in einem Großteil der evaluierten Fälle überwiegend ähnliche semantische Eigenschaften wie die jeweiligen Suchbilder aufweisen. Während das zusätzliche Lernen der visuellen Ähnlichkeit keinen großen Einfluss auf die Fähigkeit der Deskriptoren hat, semantische Ähnlichkeit widerzuspiegeln, kann die Berücksichtigung des zusätzlichen Klassifikationslosses diese Fähigkeit leicht verbessern. Im Allgemeinen werden bei der Klassifikation auf Grundlage der nächsten Nachbarn mittlere F1-Scores von bis zu 30,0 % und Gesamtgenauigkeiten von bis zu 62,0 % erzielt. Diese Genauigkeiten sind in der gleichen Größenordnung wie jene der Klassifikation, was den Erfolg des Lernens der semantischen Ähnlichkeit verdeutlicht.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 390 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 909 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Dipl.-Geogr. Andre Kalia: Landslide activity detection based on nationwide Sentinel-1 PSI datasets, 04.07.2023

Referent: Prof. Dr.-Ing. Mahdi Motagh. Korreferenten: Prof. Dr. Federico Raspini (Universität Florenz), Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann

Langsame Deformationen der Erde werden durch natürliche und anthropogene Prozesse verursacht und können z. B. zu Schäden an Gebäuden und Infrastruktur führen. Fortgeschrittene differentielle interferometrische SAR-Verfahren (A-DInSAR) (z.B. Persistent Scatterer Interferometrie - PSI, Small Baseline Subset - SBAS) sind in der Lage, diese langsamen Verformungen mit Millimetergenauigkeit über große Gebiete zu messen. Aktuell kann keine andere Messtechnik eine solche Menge an räumlichen und zeitlichen Messungen bzgl. Oberflächenverformungen liefern. Diese Messungen sind von Interesse, um z. B. Gefahrenabschätzungen für verschiedene Anwendungen zu verbessern (z. B. Erdbeben, Subsidenz, Bodenverdichtung, Flüssigkeitsinjektion). Obwohl die Zuverlässigkeit und Reife der A-DInSAR-Techniken von der wissenschaftlichen Gemeinschaft nachgewiesen wurde, wird sie in der täglichen Arbeit der zuständigen Behörden kaum eingesetzt.

Um die Nutzung von A-DInSAR-Produkten zu unterstützen, wird der BodenBewegungsdienst Deutschland (BBD) betrieben. Vor der Realisierung des BBD wurde ein Dienste-Konzept erstellt, das die Eigenschaften des GMS auf der Basis von bundesweiten Sentinel-1 PSI-Datensätzen spezifiziert. Die Hauptbeiträge dieser Arbeit sind i) das Service-Konzept und ii) die (semi-) automatische Informationsextraktion für Erdbeben-Anwendungen durch anschließendes post-processing.

Zur Erstellung des Dienste-Konzeptes wurde eine Fallstudie auf Basis von ERS-1/2 SAR-Daten durchgeführt. Die Fallstudie deckt ein Gebiet von ca. 30.000 km² im Nordwesten Deutschlands ab, in dem Deformationsprozesse im Zusammenhang mit Bodenverdichtung und Erdgasförderung auftreten. Um das Gebiet vollständig abzudecken, wurden sechs benachbarte ERS-1/2-Datenstapel verwendet. Jeder Stapel wurde unabhängig voneinander mit dem PSI-Verfahren verarbeitet. Anschließend wurden diese Ergebnisse mosaikiert und GNSS-kalibriert, um einen konsistenten und interoperablen PSI-Datensatz zu erzeugen. Das Konzept und die Fallstudie wurden von den Endnutzern akzeptiert, so dass der Ansatz auf das gesamte Gebiet Deutschlands (ca. 360.000 km²) ausgeweitet wurde. Dazu wurden fünf Sentinel-1 Tracks im auf- und absteigenden Orbit mit der PSI-Technik verarbeitet. Die bundesweiten PSI-Datensätze bestehen aus Zehnermillionen von Messpunkten, die jeweils aus einer Deformationszeitreihe mit Hunderten von Messungen bestehen. Die Verifizierungsergebnisse auf der Grundlage von GNSS- und Nivellement-Zeitreihen zeigten eine Genauigkeit von ~2-3 mm a⁻¹ für die LoS-Geschwindigkeit und ~12 m für die PS-Geokodierung. Diese PSI Datensätze werden in jährlichen Abständen aktualisiert und in einem WebGIS veröffentlicht, das in der Lage ist, die große Datenmenge zu verarbeiten. Trotz des hohen Informationsgehalts solcher landesweiten PSI-Datensätze erfolgt die Nutzung im Allgemeinen

durch visuelle Interpretation. Dies ist zeitaufwendig, subjektiv und aufgrund von Ausreißern fehleranfällig.

Um die Nutzung von landesweiten PSI-Datensätzen zu verbessern, wird ein Post-Prozessierungs Ansatz vorgeschlagen. Der Ansatz wurde für die Erkennung von sich langsam bewegenden Erdrutschen auf regionaler Ebene (1.500 km²) implementiert und getestet. Der lokale Moran-Index wird vorgeschlagen, um räumliche Cluster von sich bewegenden Persistent Scatterers (PS) in a-priori kartierten Erdrutschgebieten zu erkennen. Der Grundgedanke ist, dass räumliche Cluster mit einem konsistenten Deformationssignal zuverlässiger sind als einzelne PS. Diese halbautomatisch detektierten Deformationscluster können dann verwendet werden, um i) die Aufmerksamkeit eines Endnutzers auf eine bestimmte geografische Region zu lenken und ii) die Attribute der Deformationscluster mit einer thematischen Ebene (z. B. der 4 a-priori kartierten Erdrutschausdehnung) zu verknüpfen. Neben den räumlichen Merkmalen enthalten die PSI-Datensätze auch zeitliche Informationen. Daher wird ein Post-Prozessierungs Ansatz mit Schwerpunkt auf den Deformationszeitreihen implementiert und getestet. So werden Erdrutsche im Hinblick auf eine plötzliche Beschleunigung und saisonale periodische Deformationssignale analysiert. Die Zeitreihenanalyse wurde in Kombination mit einem potenziellen Auslösefaktor durchgeführt, um die zeitliche Verzögerung zwischen Deformation und potenziellem Auslösefaktor abzuschätzen.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 392 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 917 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Zhugue Xia, M.Sc.: Characterizing slope instability kinematics by integrating multi-sensor satellite remote sensing observations, 06.07.2023

Referent: Prof. Dr.-Ing. Mahdi Motagh. Korreferenten: Prof. Dr. Roberte Thomás Jover (Universität Alicante), Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann

In den letzten Jahrzehnten hat das Auftreten und die Intensität geologischer Gefahren wie Erdrutsche aufgrund verschiedener Faktoren erheblich zugenommen. Dazu zählen unter anderem der globale Klimawandel, seismische Ereignisse, die schnelle Urbanisierung und andere menschliche Aktivitäten. Erdrutsche stellen sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten ein erhebliches Risiko dar, da sie zu Todesfällen, Schäden an der Infrastruktur und wirtschaftlichen Verlusten führen können. Herkömmliche bodengestützte Überwachungsverfahren sind oft kostspielig, zeitaufwändig und erfordern beträchtliche Ressourcen. Darüber hinaus treten einige Erdrutsche an abgelegenen oder gefährlichen Orten auf, wo eine bodengestützte Überwachung und Untersuchung vor Ort schwierig oder sogar unmöglich ist.

Glücklicherweise haben Fortschritte in der weltraumgestützten Fernerkundungstechnologie dazu geführt, dass großflächige und qualitativ hochwertige Bilder zur Verfügung stehen, die für verschiedene

Anwendungen im Zusammenhang mit Erdbeben genutzt werden können, wie z.B. Identifizierung, Überwachung, Analyse und Vorhersage. Diese effiziente und kostengünstige Technologie ermöglicht die Fernüberwachung und -bewertung des Erdbebenrisikos und kann einen wichtigen Beitrag zum Katastrophenmanagement und zur Schadensbegrenzung leisten. Weltraumgestützte Fernerkundungstechniken sind daher in vielen Ländern unerlässlich geworden, um das Risiko von Erdbeben zu managen und durch Bereitstellung von zuverlässigen nachgelagerten Diensten der Gesellschaft zugute zu kommen. Allerdings erfordert die Erbringung dieser Dienste erhebliche Anstrengungen, um sicherzustellen, dass sie zuverlässig sind.

Für die Einrichtung von langfristigen Datenarchiven und zuverlässigen Analysen sind konsequente und kontinuierliche Multisensor-Fernerkundungstechniken unerlässlich. Dies wird zu einem besseren Verständnis der physikalischen Mechanismen führen, die zur Hanginstabilität beitragen und zu besseren Entscheidungen und effektiven Sanierungsrichtlinien führen. Letztendlich könnte dies die Auswirkungen von Erdbeben auf die Öffentlichkeit verringern. Die vorliegende Dissertation trägt in folgender Weise zu diesen Arbeiten bei: (1) Um ein umfassendes Verständnis der weltraumgestützten Fernerkundungstechniken zur Überwachung von Erdbeben zu erlangen, haben wir Multisensormethoden integriert, um den gesamten Prozess der Erdbebedynamik zu überwachen. Unser Ziel war es, die Entwicklung von Erdbeben bei komplexen Kaskadenereignissen durch den Einsatz verschiedener weltraumgestützter Fernerkundungstechniken zu verstehen, zum Beispiel die Vorverformung vor dem katastrophalen Ausfall, die Vorgänge bei einem Mitausfall und die Entwicklung der Hanginstabilität nach einem Ausfall. (2) Um die Diskrepanzen zwischen optischen und radarbasierten Fernerkundungstechniken im Weltraum zu überwinden, stellen wir eine Methode vor, die die vierdimensionale (4D) Kinematik von Erdbeben nach dem Ausfall mithilfe eines abklingenden mathematischen Modells beschreibt. Dieser Ansatz ermöglicht es uns, die Spannungsrelaxation für die Dynamik des Erdbebenkörpers nach dem Bruch darzustellen. Durch den Einsatz dieser Methode können wir die Schwächen der einzelnen Sensoren bei der optischen und radargestützten Bildgebung im Weltraum überwinden. (3) Wir bewerteten die Wirksamkeit eines neu entwickelten kleinen dihedralen Cornerreflektors für die Überwachung von Erdbeben. Der Reflektor ist mit auf- und absteigenden Satellitenumlaufbahnen kompatibel und eignet sich für Anwendungen mit hoch- und mittelauflösenden Satellitenbildern. Außerdem sind seine Echos zwar nicht so stark wie die herkömmlicher Reflektoren, aber die Kosten für die neu entwickelten Reflektoren sind geringer und ihre Installation und Wartung ist einfacher. Um diese Einschränkung zu überwinden, schlagen wir eine spezielle Auswahlstrategie vor, die auf einem Wahrscheinlichkeitsmodell zur Identifizierung der Reflektoren in Satellitenbildern basiert.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 389 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 907 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

MITBERICHTE IPI

Iris de Gélis, M.Sc.: Deep learning for change detection in 3D point clouds. L'Université Bretagne Sud, Vannes, 13.04.2023, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke

Dr. Loïc Landrieu: Structured learning of geospatial data. Université Gustave Eiffel, Paris, 09.05.2023 (Habilitation), Korreferent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke

Bin Zhang, M. Sc.: Quantifying Earth Surface Change with Multi-sensor SAR Imagery, University of Twente (Doctor of Philosophy), Korreferent: Prof. Dr. Mahdi Motagh

Anurag Kulshrestha, M. Sc.: InSAR Time Series Analysis for Sinkhole Detection using Deep Learning, University of Twente (Doctor of Philosophy), Korreferent: Prof. Dr. Mahdi Motagh

Jianming Kuang, M. Sc.: Multi-source Satellite Remote Sensing Techniques for Landslide Monitoring and Characterization, UNSW Sydney, Australia (Doctor of Philosophy), Korreferent: Prof. Dr. Mahdi Motagh

Pius Kipng'etich Kirui, M. Sc.: Determination of Present-Day Crustal Deformation Along the Kenyan Rift System Using InSAR with Improved Tropo-spheric Delay Correction, University of Braunschweig, Korreferent: Prof. Dr. Mahdi Motagh

Corinna Stucker, M. Sc.: Refining earth observation products with deep machine learning, ETH Zürich, Korreferent: apl. Prof. Dr. Franz Rottensteiner

Fabian Schenkel: Domain Adaptation für die semantische Segmentierung unter Einbezug von biophysikalisch-spektralen Eigenschaften, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Korreferent: apl. Prof. Dr. Franz Rottensteiner

ORGANISATION VON WORKSHOPS UND SYMPOSIEN

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

SUMOB 2023: 1ST ACM SIGSPATIAL INTERNATIONAL WORKSHOP ON SUSTAINABLE MOBILITY, 13. NOVEMBER 2023, HAMBURG. LEITUNG: MONIKA SESTER, STEPHAN WINTER (MELBOURNE), ALEXANDRA MILLONIG (ÖSTERREICH), FRANCISCO CAMARA PEREIRA (DÄNEMARK)

Im Rahmen der ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems wurde dieser halbtägige Workshop über nachhaltige Mobilität veranstaltet. Dieser Workshop war der erste seiner Art und unterscheidet sich von anderen Mobilitäts-Workshops auf der Konferenz: Er konzentriert sich explizit auf die urbane Mobilität als offenes, komplexes System und damit auf ein "wicked problem": Wir wissen, dass jede Intervention, wie z.B. Effizienzverbesserungen auf der Mobilitätsangebotsseite, unbeabsichtigte Folgen auf der Nachfrageseite haben würde. Während wir solche Zusammenhänge in der Regel als "zu schwierig" ignorieren, will dieser Workshop erkunden, was die Spatial Computing Community dazu beitragen kann. Die Arbeiten sind in ACM Digital Library publiziert (<https://dl.acm.org/conference/sumob>).

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

SEMANTICS3D: ISPRS WORKSHOP ON SEMANTIC SCENE ANALYSIS AND 3D RECONSTRUCTION FROM IMAGES AND IMAGE SEQUENCES, 6. SEPTEMBER 2023, KAIRO (ÄGYPTEN). LEITUNG: FRANZ ROTTENSTEINER, NORBERT HAALA (STUTT GART), MICHAEL YING YANG (NIEDERLANDE)

Im Rahmen der Geospatial Week der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS) fand dieser eintägige Workshop statt. Die Palette der Themen reichte von Verfahren zur 3D Rekonstruktion aus Bildern über Methoden des Deep Learning für die semantische Analyse von 3D Szenen und Verfahren zum Tracking von Objekten in terrestrischen Bildfolgen bis zur multitemporalen Klassifikation von Zeitreihen von Satellitenbildern. Es gab vier gut besuchte Sessions mit insgesamt 16 Vorträgen, die zu intensiven Diskussionen anregten. Die Arbeiten wurden in den Konferenzbänden der ISPRS (Annals bzw. Archives) publiziert.

MESSEN UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

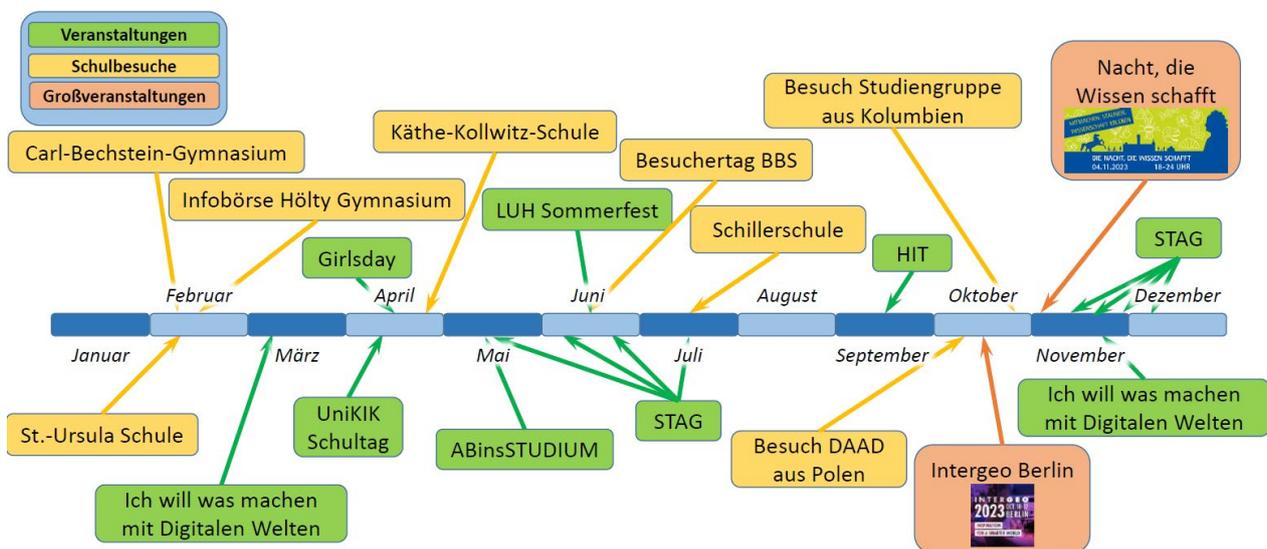
BERICHT DER KOMMISSION FÜR ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Kommission für Öffentlichkeitsarbeit der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik arbeitet seit nun mehr als 22 Jahren (Mai 2001 gebildet) daran, den Studiengang Geodäsie und Geoinformatik öffentlich bekannter zu machen und die Zahl der Studienanfänger:innen zu erhöhen.

Die Kommission setzte sich größtenteils aus den Mitglieder des Vorjahres zusammen. Allerdings gab es eine personelle Änderungen. Anne Ponick wurde von Rasho Ali abgelöst. Die PR-Kommission bedankt sich an dieser Stelle bei Anne für die Arbeit und ihr Engagement.

Im Jahr 2023 setzte sich die Kommission aus folgenden Mitgliedern zusammen:

- Rasho Ali (IPI, Vorsitz)
- Yannick Breva (IfE)
- Jens Golze (ikg)
- Tanja Grönefeld (Studiendekanat)
- Frederic Hake (GIH)
- Kamiel Heidberg (Fachschaft)
- Leon Henning (Fachschaft)
- Eva Mentzel (Fakultät)
- Jürgen Rüffer (Förderergesellschaft)



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

Präsenz an den Universitätsevents wie z.B. den Hochschulinformationstagen, dem Sommerfest der Universität und der Veranstaltung ABinsStudium sowie „Ich will was machen mit Digitalen Welten“.

Erneut hat sich die Fachrichtung Geodäsie & Geoinformatik in diesem Jahr zusammen mit der Technischen Universität Clausthal auf der Intergeo 2023 vom 10. bis 12. Oktober in Berlin mit einem Messestand präsentiert. Dort konnten sich die Besucher:innen sich zum einen über aktuelle Forschungsprojekte sowie Möglichkeiten zum Studium informieren. An den ersten beiden Tagen kamen jeweils etwa 30-40 Interessierte zu dem Stand in Halle A3.

Ebenfalls in diesem Jahr fand erstmalig seit 2018 wieder eine „Nacht, die Wissen schafft“ am 4. November statt. Die Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie hat sich am Campus Marienwerder sowie am Campusbereich Nienburger Straße mit Führungen, Experimenten und Mitmach-Angeboten beteiligt. Die Fachschaft Geodäsie hat die Veranstaltung mit einem Grill- und Glühweinstand vor dem Geodätischen Institut kulinarisch unterstützt. Insgesamt haben ca. 250 Besucher:innen Einblicke in die Forschungsarbeiten und Studienangebote bekommen.

Im Jahr 2024 wird wieder eine IdeenExpo stattfinden. Die Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie beteiligt sich mit Exponaten und Inhalten zum Thema Windkraft. Im Jahr 2025 findet dann die nächste „Nacht, die Wissen schafft“ statt.

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

STAG - SCHÜLERTALENTAKADEMIE GEODÄSIE WIEDER IM ANGEBOT

2023 hat die Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover sowohl im Sommer als auch im Winter wieder die SchülerTalentAkademie Geodäsie (STAG) veranstaltet, bei der Schülerinnen und Schüler der 10. und 11. Klasse an jeweils 4 Terminen anhand praktischer Projekte in Geodäsie und Geoinformation eingeführt werden. Im Sommer stand die STAG unter dem Motto „3D Welten – wie kommt Hannover in den Rechner?“, im Winter wurde das Thema „Klimawandel verstehen und messen“ behandelt.

Die STAG wird seit 2013 durchgeführt und dient der Nachwuchswerbung. insgesamt haben in den letzten Jahren über 150 Schülerinnen und Schüler an der Veranstaltung teilgenommen.

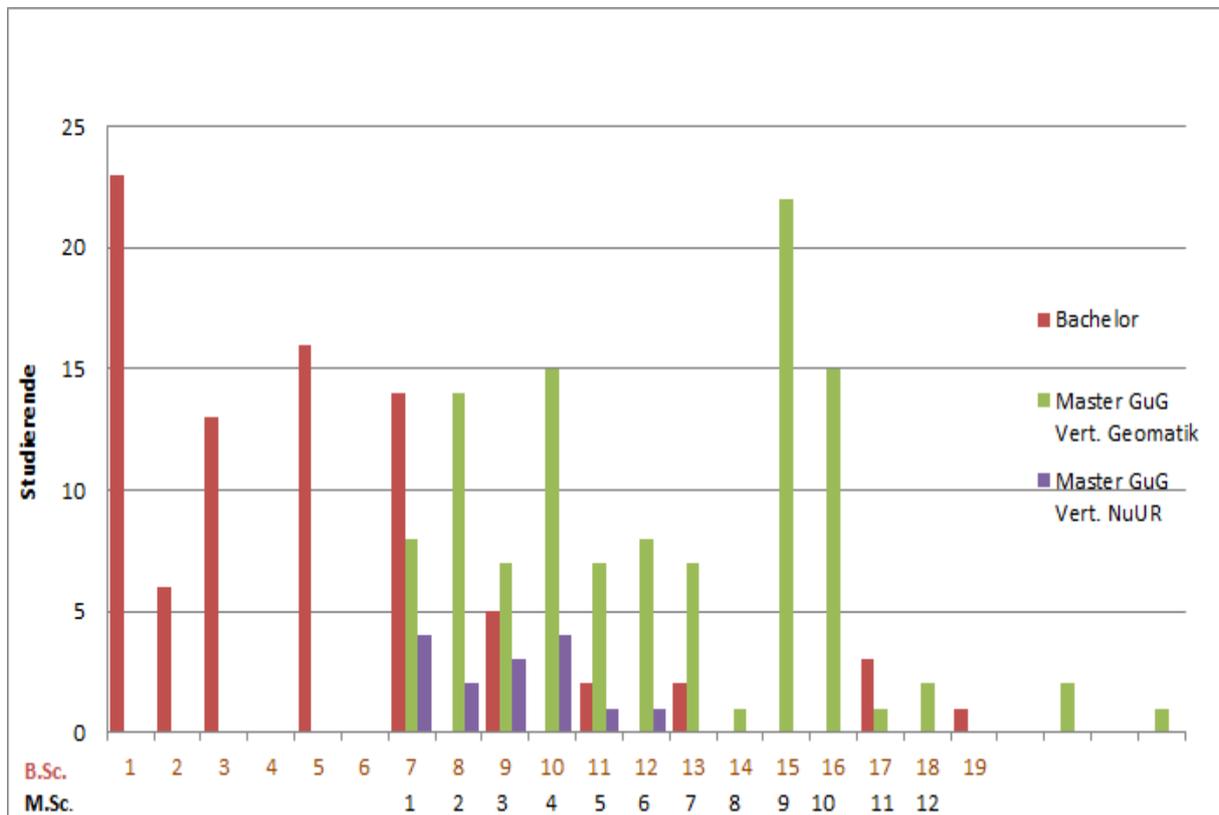
AUS DEM LEHRBETRIEB

BERICHT DES STUDIENDEKANATS

Frau Dr. Nadja Pierau hat Mitte September 2023 zum Studiendekanat der Naturwissenschaftlichen Fakultät gewechselt. Die Fachrichtung bedankt sich für das große Engagement und die wichtigen Anregungen und Beiträge zur Weiterentwicklung des Masterstudiengangs. Seit 15. Dezember 2023 teilt sich Frau Franka Gindel, M.A., die Studiengangskoordination mit Frau Dipl.-Ing. Tanja Grönefeld.

STUDIERENDENSTATISTIK WS 2023/24

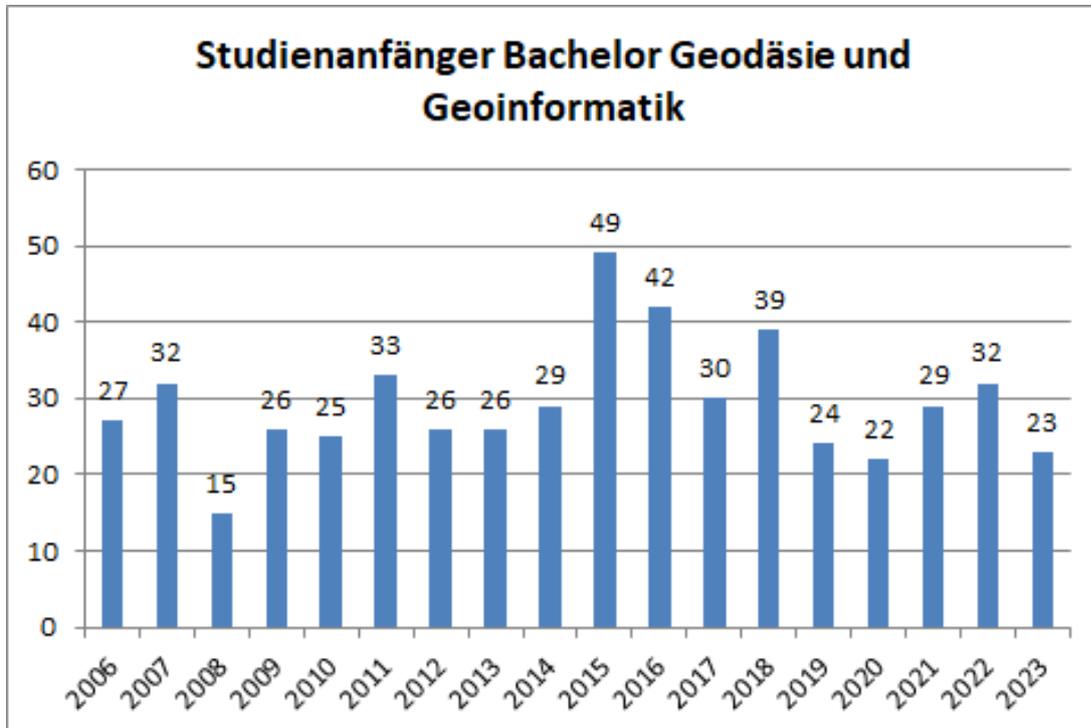
Im Wintersemester 2023/24 sind in den Studiengängen der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik 210 Studierende eingeschrieben. Im Bachelorstudium Geodäsie und Geoinformatik sind davon 85 immatrikuliert, im Masterstudium Geodäsie und Geoinformatik, Vertiefung Geomatik, 125 Studierende. In der Vertiefung Navigation und Umweltrobotik (NuUR) befinden sich 15 Studierende. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht die Verteilung der Studierenden je Studiengang und Semester. Die Fachsemester der Studierenden in den konsekutiven Masterstudiengängen werden dabei laufend gezählt.



Verteilung der Studierenden je Studiengang und Semester

Mit einem Frauenanteil von etwa 23 % im Bachelorstudiengang und ebenfalls 23 % im Masterstudiengang GuG ist der Anteil der Studentinnen für Ingenieurstudiengänge wie gewohnt sehr gut.

Zum Wintersemester 2023/24 haben 23 Studierende das Bachelorstudium aufgenommen. Die genaue Entwicklung ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen. Im zweiten Studienjahr sind 19 Studierende eingeschrieben, in das dritte Studienjahr sind 16 Studierende gewechselt. In höheren Semestern befinden sich 27 Studierende.



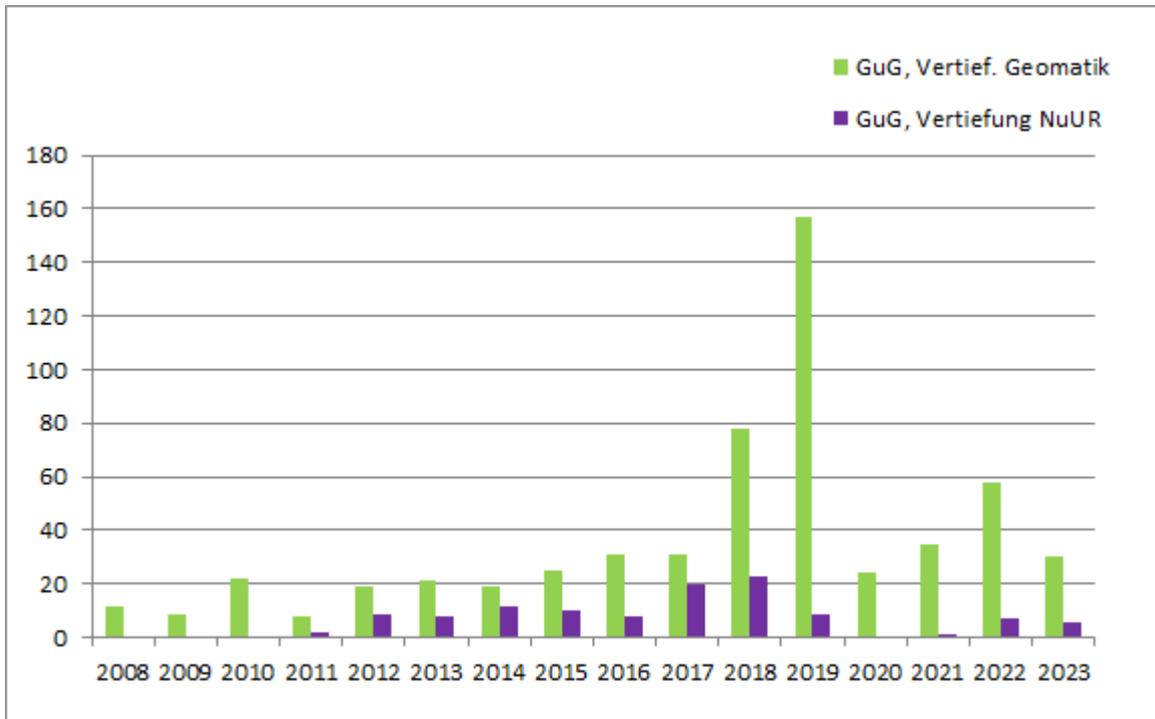
STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG BACHELOR GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2007 - 2023

Im gleichen Zeitraum haben im Master Geodäsie und Geoinformatik 36 Studierende (30 Geomatik/6 NuUR) das Studium aufgenommen, von denen ca. über 90% ihren Bachelorabschluss an einer ausländischen Universität abgelegt haben. Das zeigt wiederum das große Interesse an englischsprachigen Studienangeboten im Bereich der Geodäsie und Geoinformatik.

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 2008 - 2023

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

Absolventenfeier der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie

2023 fand keine Absolventenfeier statt. Die Fakultät veranstaltete am Samstag, 13.01.2024, eine Absolventenfeier für die Abschlussjahrgänge 2022 und 2023. Dort wurden auch die silbernen Abschlüsse von 1997 und 1998 sowie die goldenen Diplome von 1972 und 1973 geehrt.

Als einer der besten Bachelorabsolventen 2022 wird Max Josef van der Linde ausgezeichnet. Einen der besten Masterabschlüsse 2022 erreichte Timo Kaminski. Den Buchpreis für den besten Bachelorabschluss 2023 erhält Moritz Jüngling. Den besten Masterabschluss 2023 teilen sich Klarissa Emma Lachmann und Aswin Lal.

In den Jahren 2022 bzw. 2023 erreichten 33/17 Absolventen aus der Geodäsie ihren Abschluss. Vor 25 Jahren machten 27/48 Geodäten ihr Diplom. Vor 50 Jahren waren es 29/33 Geodäten.

Die Anzahl der Promotionen 2022/2023 lauten: 3/14, 1997/1998: 4/4, 1972/1973:0/2.

ABSOLVENTEN

Im Kalenderjahr 2023 haben insgesamt 8 Studierende erfolgreich ihr Bachelorstudium beendet. Im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik gab es 9 Absolvent:innen. Sie sind in der folgenden Auflistung zu finden:

BACHELOR

Geffert	Gädje Benedikt	Khanal	Suman
Hahn	Stefanie	Liske	Konstantin
Hehs	Nathanael	Oppermann	Mark
Jüngling	Moritz	Schäfer	Laura

MASTER GUG, VERTIEFUNG GEOMATIK

Beening	Thido Anton	Lachmann	Klarissa
Chikkamavathur	Arpetha	Lal	Aswin
Efosa	Osasunmwun	Mußnug	Dennis
Eissele	Julia Sophie	Singh	Gurpreet

MASTER GUG, VERTIEFUNG NUUR

Wu	Fan
-----------	-----

Im Jahr 2023 sind 14 Promotionen abgeschlossen worden (s. Dissertationen, S. 62ff.). Darunter waren fünf weibliche Promovierende.

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

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

INTERNATIONALES

AUSLÄNDISCHE AUSTAUSCHSTUDIERENDE IN DER FACHRICHTUNG

Kavichelvan	GK	WS 23/24, Indian Institute of Technology, Bombay
Raj	Rahul	WS 23/24, Indian Institute of Technology, Roorkee
Bochorishvili	Eketerine	SS 23, Università degli Studi di Roma „La Sapienza“
Goel	Rangoli	WS 22/23, Indian Institute of Technology, Roorkee

AUSLANDSAUFENTHALTE VON STUDIERENDEN DER FACHRICHTUNG

Brekenkamp	Mareike	SS 2023, Universitat Politecnica de Valencia, Spanien
-------------------	---------	---

MASTER -, BACHELOR- UND STUDIENARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

BACHELORARBEITEN

LANGZEITUNTERSUCHUNG DER INTRINSISCHEN KALIBRIERPARAMETER EINES VELODYNE VLP-16 (MORITZ JÜNGLING, BETREUER: SÖREN VOGEL, DOMINIK ERNST)

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. Die intrinsische Kalibrierung dient zur Korrektur der Messungen. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der intrinsischen Kalibrierung eines Velodyne VLP-16. Dabei sollen die Kalibrierparameter mehrmals über einen längeren Zeitraum bestimmt werden, um die Stabilität zu analysieren. Dazu soll ein effizientes Konzept zur Kalibrierung entwickelt und erprobt werden. Die Analyse der Ergebnisse soll neben den Veränderungen der Parameter auch deren Auswirkungen im Einsatz betrachten.

MASTERARBEITEN

ABLEITUNG VON BODENWERTEN AUS KAUFPREISEN BEBAUTER GRUNDSTÜCKE (NILS TALLE, BETREUER: JÖRN BANNERT, HAMZA ALKHATIB)

Bodenrichtwerte müssen mindestens alle zwei Jahre (in Niedersachsen jährlich) flächendeckend von den Gutachterausschüssen für Grundstückspreise ermittelt und bereitgestellt werden. Bodenpreise sind gemäß Immobilienwertermittlungsverordnung bevorzugt im Vergleichsverfahren zu bestimmen.

In Gebieten mit geringem Kaufpreiseschehen von unbebauten Grundstücken, sogenannten kaufpreisarmen Lagen, ist dies nicht möglich. Die Gutachterausschüsse müssen in solchen Gebieten andere Verfahren zur Ableitung von Bodenpreisen heranziehen.

Zwei Lösungsansätze werden in der Masterarbeit vorgestellt und auf das Untersuchungsgebiet der Region und Stadt Hannover mit den sachlichen Teilmärkten der Einfamilienhäuser und Doppelhaushälften angewendet.

Beide Verfahren leiten Informationen des Bodens anhand von Transaktionen bebauter Grundstücke ab.

Es wird das Lagewertverfahren des Gutachterausschusses Lüneburg und das Verfahren aus der Dissertation von Dr.-Ing. Reinhard Mundt zur Ermittlung von Bodenrichtwerten herangezogen.

Zur Validierung werden in Hannover Bodenrichtwertzonen mit vielen Kauffällen von unbebauten und bebauten Grundstücken der sachlichen Teilmärkte genutzt. Anhand dieser werden die Verfahren validiert und deren Anwendbarkeit zur Bodenrichtwertermittlung in Hannover bewertet.

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

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

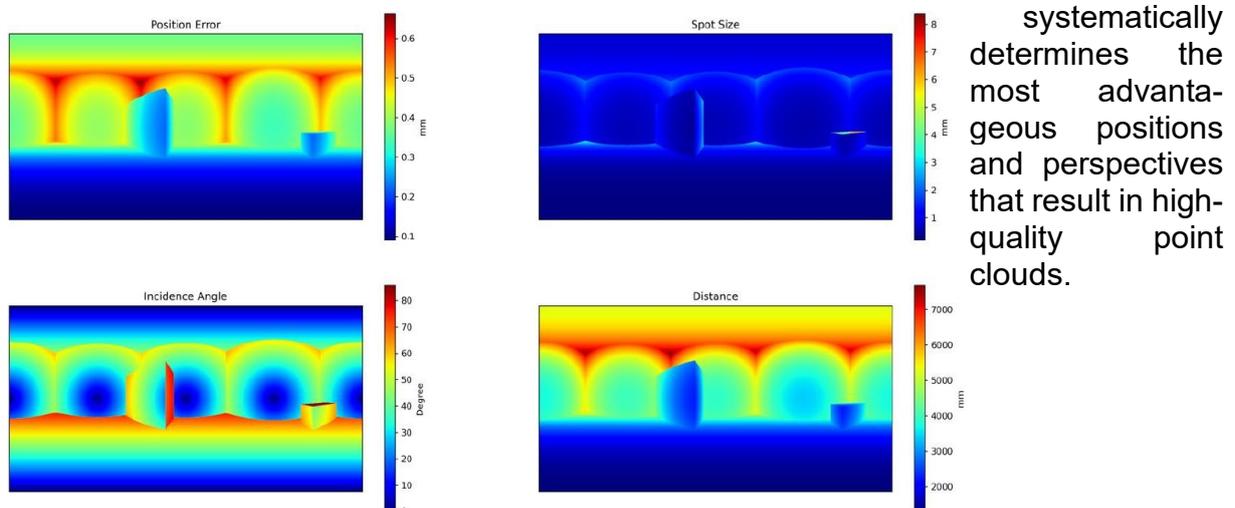


FIG.: PANORAMIC IMAGE OF MESH FOR THE PARAMETER SCORES BASED ON OPTIMAL TLS STAND POINT.

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

The completeness of an object survey by terrestrial laser scanners (TLS) is of decisive importance for the quality assessment. Due to possible occlusions, parts of the object cannot be recorded, which can lead to a loss of information. This can be solved by recording from multiple TLS viewpoints. Since a TLS measurement can take several minutes with high accuracy and resolution requirements, the number of possible viewpoints should be minimized as much as possible while maintaining a high level of completeness of the object recording. In this master thesis, a methodology for 3D viewpoint selection is developed and implemented, which automatically minimizes the occlusion of point clouds in different scenarios. In order to introduce a score to assess the degree of occlusion, different parameters are set to simulate the real scanning process. Two optimal viewpoint selection methodologies based on greedy algorithms are used so as to calculate the optimal TLS position arrangement. Finally, the best combination of parameters applicable to the automated simulation process is found. The degree of occlusion and efficiency are compared for different scenarios.

STUDIENARBEITEN

AUTOMATISIERUNG DER SYSTEMKALIBRIERUNG FÜR LiDAR-BASIERTE MULTISENSOR-PLATTFORMEN (STEFAN KAMPMANN, BETREUER: SÖREN VOGEL, DOMINIK ERNST)

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. Häufig werden dabei low-cost Laserscanner (LiDAR) eingesetzt. Um die bestmöglichen Ergebnisse mit diesen Sensoren zu erreichen, sind Kalibrierungen notwendig. Diese Kalibrierungen können in einer separaten Kalibrierumgebung oder in-situ vor der Messung erfolgen.

Nachteil bei diesen Kalibrierungen ist der Zeitaufwand bei der Erfassung und der Prozessierung. Der Aspekt des Zeitaufwandes wird in dieser Studienarbeit thematisiert. Dazu soll der Ablauf der Prozessierung einer extrinsischen Kalibrierung eines Fächerlaserscanners (Velodyne VLP-16) in Bezug auf ein Plattformkoordinatensystem automatisiert werden. Dazu sind besonders die Segmentierung der Punktwolke und das Ausschließen von Ausreißern von Bedeutung.

PUNKTWOLKEN-SEGMENTIERUNG ZUR EFFIZIENTEN LOKALISIERUNG VON MULTI-SENSOR-SYSTEMEN (AHMAD HASSAN, BETREUER: SÖREN VOGEL, DOMINIK ERNST)

Bei der Multi-Sensor-Fusion werden die Daten verschiedener Sensoren kombiniert, um die unterschiedlichen Schwächen der verschiedenen Sensoren auszugleichen und die Stärken zu nutzen. Neben IMUs und GNSS-Empfängern werden auch LiDAR-Sensoren (light detection and ranging) verbreitet eingesetzt, um die Positionierung und Umgebungswahrnehmung von Systemen zu realisieren und unterstützen. Als aktive Sensoren sind LiDARs geeignet, bei unterschiedlichen Beleuchtungsbedingungen Daten aufzuzeichnen.

Die Vorteile bei der Aufzeichnung von Punktwolken in der Bewegung führen aber bei der Datenverarbeitung zu Herausforderungen. Die kinematisch aufgezeichneten Punktwolken sind unstrukturiert und führen durch die hohe Aufnahmezeit schnell zu großen Datenmengen.

Ziel dieser Studienarbeit ist die Untersuchung von verschiedenen Segmentierungsverfahren, um die Verarbeitung von kinematisch erfassten Punktwolken in Lokalisierungslösungen (bspw. Filtern) zu beschleunigen und ggf. auch zu erleichtern.

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

BACHELORARBEITEN

SIMULATIONSSTUDIE ZUR GNSS-BASIERTEN NAVIGATION ZUM MOND (BENEDIKT GEFERT, BETREUER: KAI-NIKLAS BAASCH, STEFFEN SCHÖN)

Die bestehenden GNSS könnten sich als eine kostengünstige und energieeffiziente Positionierungsalternative auf dem Weg zum Mond anbieten. Zur Analyse der Verfügbarkeit GNSS-basierter Navigation oberhalb des Spase-Service Volumes, ist eine Simulationsumgebung in MATLAB implementiert, welche die empfangbaren Signalstärken der GPS- und Galileo-Konstellationen während eines Mondorbits modelliert. Ob ein Satellit verwendet werden kann, wird anhand eines realistisch gewählten Grenzwertes für die empfangene Signalstärke entschieden. Dabei werden die Anzahl der empfangbarer Satelliten, die Beobachtungsdauern und die erreichbaren DOP-Werten zu verschiedenen Zeitpunkten betrachtet. Dies geschieht zuerst systematisch in einem Raster in der Bahnebene des Mondes, und dann detailliert für zwei beispielhafte Erde-Mond-Trajektorien. Es wird unter anderem gezeigt, dass für die kontinuierliche Navigation auf Mondorbithöhe mindestens zwei Satellitensysteme notwendig sind. Außerdem wird eine Antennen-Empfänger-Kombination benötigt, welche in der Lage ist, die sehr schwachen Sidelobe-Signale zu erfassen und zu tracken.

EINFLUSS STATISCHER OBJEKTE AUF DIE GNSS-SIGNALQUALITÄT (SUMAN KHANAL, BETREUER: YANNICK BREVA, STEFFEN SCHÖN)

Das Institut für Erdmessung nutzt für die Kalibrierung von GNSS-Antennen einen Roboter, der auf dem Messdach des geodätischen Instituts installiert ist. Aus Sicherheitsgründen ist um den Roboter ein Zaun montiert, der den Zugang für unbefugtes Personal sperrt. Der Zaun sowie die generelle Stationsumgebung des Roboters können dabei einen negativen Einfluss auf die GNSS-Beobachtungen in Form von Mehrwegeeffekten haben, die die Kalibrierergebnisse verfälschen könnten.

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Einfluss des Zauns auf die GNSS-Beobachtungen analysiert werden. Dazu wurden statische Messungen von einer auf dem Roboter montierten GNSS-Antenne aufgezeichnet. Die Messungen erfolgten dabei mit einer horizontal ausgerichteten sowie einer in Richtung Zaun gekippten Antenne. Die gleichen Messungen wurden anschließend erneut durchgeführt, jedoch wurde hier der Zaun demontiert. Analysen der Beobachtungen auf Doppeldifferenzebene (DD) ausgewählter Satelliten zeigen, dass sich das Rauschen der DD durch den montierten Zaun erhöht hat. Des Weiteren treten langperiodische Variationen auf, die auf Mehrwegeeffekte hinweisen könnten. Ob diese Effekte, verursacht durch den Zaun, Einfluss auf die Antennenkalibrierung hat, gilt noch zu untersuchen.

EINFLUSS DER LOKALEN EMPFANGSBEDINGUNGEN AUF RTK-POSITIONSLÖSUNGEN (LAURA SCHÄFER, BETREUER: JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

RTK-Systeme werden heutzutage für zahlreiche Vermessungsarbeiten mittels GNSS verwendet. Durch die Nutzung von Korrekturdaten, die per Mobilfunk übertragen werden, lässt sich die Nutzerposition in Echtzeit auf 1–3 cm genau bestimmen. Allerdings kann die jeweilige Messumgebung einen signifikanten Einfluss auf die zu bestimmende Position haben. So



DURCHGEFÜHRTE MESSUNG UNTER
HERAUSFORDERNDEN BEDINGUNGEN IN EINEM
BAUGEBIET.

beeinflussen beispielsweise Vegetation oder große Objekte, die für Abschattung sorgen, die GNSS-Empfangsqualität und somit auch die Nutzerkoordinate.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, inwiefern sich die RTK-Positionslösungen unter wechselnden Empfangsbedingungen verhalten. Dazu wurden statische und kinematische Messungen selbstständig durchgeführt und detailliert analysiert. Die Messung im Baugelände mit viel Abschattung zeigt, dass die Signalstärke durch Baukräne und Baufahrzeuge stark beeinflusst wird. Gleiches zeigt sich im kinematischen Fall in beliebiger Umgebung. Einen direkten Einfluss auf die Positionslösung konnte anhand der Abtastrate

und kurzen Beobachtungsdauern nicht zweifelsfrei festgestellt werden.

MASTERARBEITEN

MAXIMUM ALLOWED NON-GRAVITATIONAL ACCELERATIONS FOR COLD ATOM INTERFEROMETRY (CAI) ACCELEROMETERS ONBOARD FUTURE SATELLITE GRAVITY MISSIONS (ARPETHA CHIKKAMAVATHUR SREEKANTAIHAH, BETREUER: ALIREZA HOSSEINIARANI, ANNIKE KNABE, JÜRGEN MÜLLER)

Measurements of Cold Atom Interferometry (CAI) accelerometers onboard a satellite gravity mission are simulated. Non-gravitational accelerations for a GRACE-like mission are computed using XHPS software (Wöske et al., 2016, developed by DLR/ZARM) for altitudes between 300 km and 600 km as well as the corresponding CAI accelerometer measurements. The CAI accelerometer's stand-alone scenario is examined under varying conditions in order to reach CAI stand-alone requirement which is to obtain phase shift measurements between a constant fringe range of $\pm\pi/2$ of the first interference cycle. With the help of a drag compensation system having optimised thrusters and an interrogation duration of 6 s, the CAI accelerometer was able to obtain phase shift measurements between a constant fringe range of $\pm\pi/2$ at an altitude of 500 km and 450 km. In addition, the hybrid scenario (combination of an electrostatic and a CAI accelerometer) is investigated to determine the compatibility of the extended Kalman filter at various altitudes. With the consideration of rotational impact on the satellite, the estimated bias is correctly recovered for all altitudes.

GNSS-QUALITÄTSANALYSE IM VERMESSUNGSTECHNISCHEN ARBEITSBEREICH DER DB NETZ AG (JULIA EISSELE, BETREUER: THOMAS KRAWINKEL)

Aufgrund zahlreicher Infrastrukturprojekte der Deutschen Bahn und vielfältigen Baumaßnahmen, kann es zur Zerstörung von Referenzpunkten kommen. Ebenso kann es notwendig sein, das bestehende Referenznetz (DB_REF) zu erweitern, wodurch eine Ersatz- oder Neuvermarkung notwendig wird, die mittels GNSS-Verfahren in das DB_REF eingebunden wird. Eine systematische Qualitätsanalyse ist daher von Bedeutung, um eine möglichst hohe Qualität der Neupunkte sicherzustellen. Da die Qualitätsanforderungen an die geodätischen Grundnetzpunkte PS0 am höchsten sind, werden diese priorisiert betrachtet. Es konnte anhand der durchgeführten Experimente und Analysen die Erkenntnisse aus der Voranalyse von Bestandsdaten bestätigt werden. Zusätzlich konnten relevante Effekte, insbesondere durch vorbeifahrende Züge, nachgewiesen werden. Insbesondere die Nichterfüllung der Qualitätsanforderungen von zwei PS0-Punkten unter verschiedenen Betrachtungsweisen, zeigte, dass dies zu deutlichen qualitativen Einschränkungen bei weiterer Verwendung dieser Punkte führen kann. Um dies zu verhindern müssen entsprechende Gegenmaßnahmen, wie ein Grünschnitt oder eine längere Beobachtungsdauer ergriffen werden. Vor diesem Hintergrund ist es, auch aus wirtschaftlicher Sicht, sinnvoll, insbesondere PS0-Punkte des DB_REF regelmäßig auf die Erfüllung der geforderten Qualitätskriterien zu überprüfen.

ROBUST GNSS POSITION-VELOCITY_TIME ESTIMATION IN DENSE URBAN ENVIRONMENTS (DENNIS MURGNUG, BETREUER: FABIAN RUWISCH)

Accuracy, precision and availability requirements are very stringent in urban navigation, advanced driver assistance systems (ADAS) and autonomous driving. Thus, a robust position-velocity-time (PVT) navigation algorithm is essential. The Global Navigation Satellite System (GNSS) sensor is the only one providing absolute positioning, hence, it is inevitable to explore the limits and the best possible navigation solution using GNSS in dense urban environments. The main error source for GNSS positioning in urban areas is signal reflection and blockage due to high buildings in the vicinity of the antenna leading to numerous multipath and non-line-of-sight (NLOS) signal receptions. In terms of navigation, it is important to detect, down-weight or exclude these erroneous observations.

In this thesis, a PVT algorithm is implemented based on observed-minus-computed (OMC) pseudorange and Doppler values. The navigation algorithm utilizes single-frequency multi-GNSS measurements in order to determine the position and velocity in an epoch-wise weighted least-squares adjustment (WLSA). The results of a kinematic data set in the city of Hannover show that it is inevitable to reduce the influence of multipath and NLOS signal receptions, e.g. by robust weighting models or by excluding erroneous satellites using a ray tracing approach. Additionally, in narrow streets with a highly reduced satellite availability, a trade-off between a continuous or an accurate solution has to be made. Moreover, the implemented solution separation method shows that a balance between a good satellite geometry and faulty observations on the other hand can further yield to an improvement of the accuracy of the solution.

KOMBINATION DER RAUMVERFAHREN LLR UND VLBI AUF NORMALGLEICHUNGSBASIS (KLARISSA EMMA LACHMANN, BETREUER: LILIANE BISKUPEK, JÜRGEN MÜLLER)

In der Geodäsie werden klassisch Parameter verschiedener Beobachtungsverfahren über die Kombination der jeweiligen Normalgleichungssysteme zusammengefügt. Da das Genauigkeitsniveau für die Erdorientierungsparameter aus LLR über die Jahre eine kontinuierliche Verbesserung aufweist, ist es von Interesse das Potential des Messverfahrens bei der Bestimmung der Parameter zu definieren. Eine Kombination von LLR in Bezug auf die EOP hat in der Vergangenheit noch nicht stattgefunden. Es werden in dieser Studie erste Grundlagen und Herausforderungen für diese Aufgabe definiert. Dazu findet eine Kombination von LLR mit VLBI statt. Als überlappende Parameter werden die EOP verwendet. Als zusätzliche Parameter der jeweiligen Systeme werden ausgewählte Stationskoordinaten hinzugefügt. Die benötigten Methoden und Formeln werden erörtert und als Software bereitgestellt. Zunächst finden zeitliche Transformationen der Stationskoordinaten auf eine Referenzepoche statt. Weiter werden eine erste LLR-interne Kombination durchgeführt und Restriktionen zum Erhalt der Netzgeometrie angebracht. Die Parameter werden abschließend auf die benötigten Größen reduziert und dann kombiniert. Für die Auswertung gibt es zwei Szenarien: Es wird eine Kombination mit gleicher Gewichtung und eine Gewichtung nach den Varianzfaktoren der Ausgleichungssysteme durchgeführt. Eine Gewichtung der Verfahren trägt zu einer Verbesserung der Lösung bei, sodass die Vorteile aus beiden Methoden vereinigt werden. Eine Genauigkeitssteigerung kann für mehrere Datenpunkte erreicht werden und erfolgt seitens LLR durchgehend.

STUDIENARBEITEN

BEURTEILUNG DER PERFORMANCE EINES INVARIANTEN EXTENDED KALMAN FILTER MODELLS MIT HILFE EINES GNSS-IMU SENSORFUSIONSANSATZES (XIAOLI WEI, BETREUER: NICOLAI BEN WEDDIG)

Wenn eine konventionelle Filterlösung berechnet wird, können die geschätzten (Fehler)-Zustände von den initial gewählten Varianzen, und dem linearisierten Systemmodell, bzw. deren Linearisierungsfehlern, abhängen. Auch die direkte Abhängigkeit des Systemmodells vom geschätzten Zustand kann im Falle des Extended Kalman Filters, insofern ungünstige Systemzustände auftreten, leicht zur Divergenz führen. Alternative Systembeschreibungen des Filters können hierbei solche Linearisierungsfehler vermeiden. Der invariante Extended Kalman Filter (iEKF), welcher durch eine alternative, im Lie-Raum gebildete Fehlerdefinition des Zustandes, ein System sowie Beobachtungsmodell definiert, beschreibt ein solches von den Zuständen unabhängiges (invariantes) Modell. Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde eine GNSS-IMU-Sensorfusion auf Basis eines iEKF implementiert. Hierbei wurden sowohl die rechtsseitige sowie linksseitige Variante des iEKF implementiert (Linksseitig und rechtsseitig bezieht sich hierbei auf die Position des invertierten Zustands in der Fehlerdefinition des Filters), und die Performance relativ zueinander, und mit einer konventionellen ESEKF-Lösung verglichen. Eine Schätzung einiger Bias-Zustände der IMU des Systems konnte in beiden Fällen demonstriert werden. Als Beobachtungen standen GNSS-basierte Positionen und Geschwindigkeiten zur Verfügung.

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

MASTERARBEITEN

USAGE DATA DRIVEN ANALYSIS OF CITY DYNAMICS FROM MOBILITY RENTALS (XIANJUN MENG, BETREUER: CHRISTIAN KOETSIER, OSKAR WAGE, MONIKA SESTER)

In this work, two weeks of shared e-scooter data from TIER, one of the most widespread operators, will be used to investigate common patterns of city dynamics and deviations. According to energy consumption, distance, duration, and energy consumption ratio, the movement of e-scooters is classified as normal trips, reallocation trips, swapping battery trips, and abnormal trips. After that, normal, reallocation, and swapping battery trips are analyzed statistically. In addition, spatial, temporal, spatio-temporal clustering analysis is applied for normal trips to study common patterns or deviations of city dynamics. Finally, the group movement method is proposed and used for normal trips to infer city dynamics. The statistical results of this work suggest that e-scooters are useful for people who want to travel short distances and for longer-distance trips when public transportation is out of service. In addition, there is no essential correlation between reallocation trips, swapping battery trips, and normal trips. The method of cluster analysis can detect matches and mismatches of clusters in spatial or temporal dimension on different scales, which allows for inferring city dynamics. The group movement result also indicates the city's movement pattern during the two weeks, i.e., the city dynamics.

BEWERTUNG DER UNTERGRUNDBESCHAFFENHEIT ZUR OPTIMIERUNG VON INLINESKATE-ROUTEN (GERRIT JAN BÖSE, BETREUER: OSKAR WAGE, MONIKA SESTER, UDO FEUERHAKE)

Die Rauheit des Untergrunds hat einen signifikanten Einfluss auf den Fahrkomfort mit Inlineskates. Daher wird in dieser Arbeit untersucht, ob es möglich ist, die Untergrundrauheit mit Inlineskates valide zu messen und darauf aufbauend eine komfortbasierte Routenplanung zu entwickeln. Im ersten Schritt wird untersucht, ob die Bewertung der Untergrundrauheit mit Inlineskates während der normalen Fahrt möglich ist. Dazu werden gewöhnliche Beschleunigungssensoren eines Smartphones genutzt, welches am Inlineskate befestigt wird. Aufgrund der höheren Nutzerzahl wird im zweiten Schritt untersucht, ob die Bewertung der Untergrundrauheit ebenso mit dem Fahrrad durchgeführt und auf den Fahrkomfort mit Inlineskates umgerechnet werden kann.

Zur Generierung valider Daten werden zuerst Szenarioanalysen durchgeführt, um die Sensitivität der Messmethode und den Einfluss des besonderen Fahrstils mit Inlineskates zu analysieren. Anschließend wird ein Testgebiet von ca. 33 km Länge parallel mit Inlineskates und Fahrrad befahren. Alle Streckenabschnitte werden auf Grundlage der Beschleunigungssensordaten hinsichtlich der Rauheit bewertet. Darauf aufbauend kann die komfortbasierte Routenplanung umgesetzt werden. Außerdem liegen dadurch vergleichbare Messdaten der Inlineskates und des Fahrrads vor, um diese auf einen Zusammenhang zu untersuchen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Beschleunigungssensoren sehr sensitiv auf die Rauheit der Oberfläche reagieren und nur geringfügig durch den dynamischen Fahrstil beeinflusst werden. Die Rauheit lässt sich sehr gut über den gleitenden Mittelwert der Beschleunigungen abbilden, da so bereits der Einfluss des Anhebens des Inlineskates geglättet wird. Die Berechnung des International Roughness Index (IRI) bildet die Rauheit ebenfalls gut ab, ist jedoch fehleranfälliger bei variablen Fahrgeschwindigkeiten und Untergrundtypen. Die verwendete, statistische Messmethode ist auf eine große Stichprobe angewiesen, weshalb eine geografisch niedrige, aber ausreichende Genauigkeit von etwa 35 m erreicht wird. Es wurde außerdem ein starker linearer Zusammenhang ($r = 0,72$) zwischen den Messergebnissen der Inlineskates und des Fahrrads ermittelt, sodass die Bewertungen der Rauheit auch durch Fahrraddaten substituiert werden können.

FUTURE TRAJECTORY VISUALISATION AND MOTION GUIDANCE WITH MIXED REALITY (AHMED AL-TAAN; BETREUER: VINU KAMALASANAN, MONIKA SESTER)

In this thesis, the possible directions of walking in the future for people around an AR device (HoloLens 2) was indicated in real time and its effectiveness was then tested in a web based study. The Microsoft HoloLens 2 is a head-worn mobile mixed reality (MR) device that not only renders virtual objects in 3D but also captures the surrounding motion using RGBD sensors. This sensor data was used in this work to detection walking people around the HoloLens. Once there position is detected, their future-walking path was shown using a direction indicator.

To detect people walking , the work used the HoloLens RGBD data and the



Frustum pointnet running in real time at 6 fps. The detections from the 3D network were then filtered using a particle filter. The output from the filter was then passed onto the HoloLens Unity layer via WIFI connectivity and visualised in MR. Following the implementation, a web based study was conducted as a

FIG: LEFT SHOWS THE BLOCK ARCHITECTURE TO FOR DETECTION PIPELINE IN REAL TIME . THE FIGURE ON THE RIGHT IS

follow up to test the effectiveness of the future walking direction predictions from the indicator. The study revealed that the visualisation of the future only helped marginally to better estimate walking directions in a future point of time.

EXPLORING HIGH-DEFINITION MAP INFORMATION FOR SCENE-CONSISTENT TRAJECTORY PREDICTION (MENGMENG LIU; BETREUER: HAO CHENG, 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.

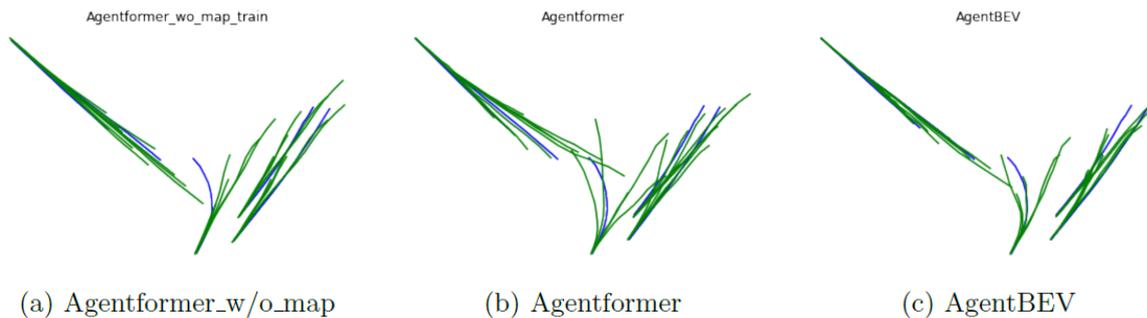
This thesis evaluates LAformer using the widely utilized nuScenes and Argoverse benchmarks for the evaluation of trajectory prediction methods in autonomous driving. Both nuScenes and Argoverse provide a realistic and challenging leaderboard for evaluating the performance of trajectory prediction algorithms. 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.



FIG: VISUALIZATION OF PERFORMANCE OF APPROACH TO PREDICT TRAJECTORIES

A MULTI-AGENT TRAJECTORY PREDICTION METHOD WITH MULTI-MODAL DATA (WENFENG WANG; BETREUER: HAO CHENG, MONIKA SESTER)

This thesis explores a multimodal input trajectory prediction method using multi-view images as environmental context. We convert multi-view images to BEV features on the BEV plane. This feature is then combined with the trajectory to predict future trajectories in a CVAE manner. We studied existing BEV segmentation methods and selected suitable methods as BEV extractors. It was proved conclusively that multi-view images can be used as a supplement to trajectory prediction environmental information in the absence of HD maps.



TRAJECTORY PREDICTION QUALITATIVE RESULTS. THE BLUE LINE REPRESENTS THE GROUND TRUE FUTURE TRAJECTORY. THE MODEL WAS TRAINED ON THE nuSCENES-MINI DATASET, AND THE SAMPLE WAS TAKEN FROM THE TRAINING SET. THE GREEN LINE REPRESENTS THE PROJECTED FUTURE TRAJECTORY. FIGURE 7.2A SHOWS THE RESULTS OF AGENTFORMER W/O MAP. FIGURE 7.2B SHOWS THE AGENTFORMER RESULTS. FIGURE 7.2C SHOWS THE RESULTS OF OUR AGENTBEV. IT CAN BE SEEN THAT AGENTBEV HAS BETTER PREDICTION RESULTS WHEN THE AGENT IS TURNING.

UNCERTAINTY-AWARE LOCALIZATION IN URBAN ENVIRONMENT USING LIDAR POINT CLOUDS (ZHAO ZISEN; BETREUER: HAO CHENG, CLAUS BRENNER, MONIKA SESTER)

Localization using point cloud data is a crucial component of autonomous systems. However, this process is often susceptible to measurement noises, system errors and other uncertainties. In this thesis, we develop a robust, accurate and efficient localization algorithm based on Monte Carlo Markov Chain (MCMC) and with the consideration of the map uncertainty provided by Gaussian Process map, we generate the uncertainty-aware localization results. In the experiments, the proposed localization algorithm is applied to real datasets and compared with other methods, e.g., Normal Distribution Transform (NDT). The results of the proposed method show better performance in robustness and accuracy. In the end, we have investigated the impacts of the map uncertainty on localization, which reveals the advantages of uncertain-aware localization.

STUDIENARBEITEN

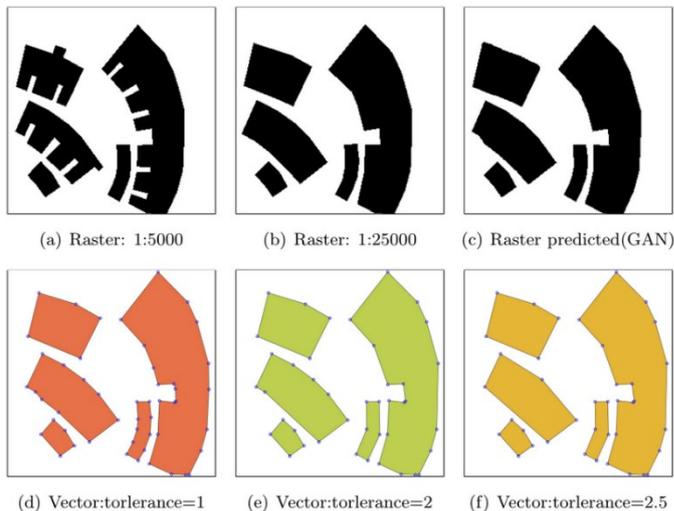
MIXED REALITY FRAMEWORK FOR INFLUENCING WALKING BEHAVIOUR (HAN GUO, BETREUER: VINU KAMALASANAN, MELANIE KRÜGER, MONIKA SESTER)

To study pedestrian behavior in interaction scenarios with cyclists in a safe traffic environment, introducing virtual cyclist agents in mixed reality to interact with real pedestrians becomes a viable solution. Most existing Unity cycling game objects are based on pre-set animations and designed to run on computers. These applications cannot be operated in a mixed reality

environment without a computer and lack the ability to control parameters such as the speed of the cyclist through external input. Additionally, their motion design is not based on real cyclist data. In this work, a mixed reality framework was developed using Unity. To enhance the realism of the virtual cyclist's behavior, their cycling trajectories were designed based on real cyclist motion data. Additionally, the cycling speed of the virtual cyclist can be controlled externally during the cycling process. This mixed reality framework will be deployed on the HoloLens head-mounted display, allowing pedestrians to interact with the virtual cyclist in a hybrid augmented reality environment that simulates real-world traffic scenarios.

RECOGNITION AND SIMPLIFICATION OF BUILDING VECTORS WITH CONDITIONAL VARIATIONAL AUTOENCODER (QIAN NING, BETREUER: YU FENG, MONIKA SESTER)

The automation of cartographic generalization has attracted lots of researchers' interest. Deep neural networks have made great achievements in this field, such as U-net, residual U-net and GAN. However, the raster-based deep learning model cannot preserve the right-angle corners and straight-line edges of the building in the output results, which makes the predicted building shape less realistic. We first try to use a Conditional Variational Autoencoder to directly generate vector generalization results. Unfortunately, the result was not as good as expected. Therefore, we designed a second method. Deep Convolutional neural networks (DCNNs) can only provide output in raster form. The idea of this thesis is to divide the cartographic generalization process into two steps: first, generate the generalization outputs of a certain map scale with DCNNs, and then generate vectors of the building segments via frame field learning. In this way, vector outputs with better linearity and right angles can be obtained. In



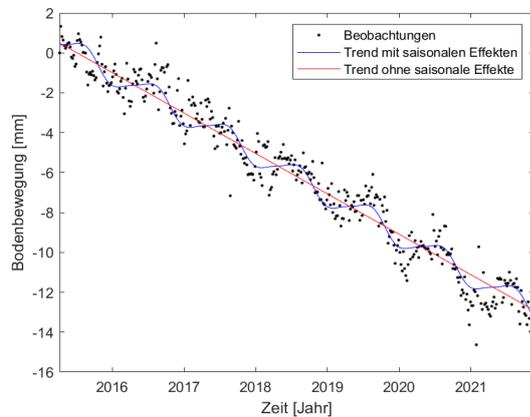
RESULT OF COMPLETE PIPELINE WITH DIFFERENT TOLERANCE VALUES

this study, two models were used, and different preparation strategies for training datasets were used to improve their performance. Different models and strategies are compared based on their performance on this task at target map scales 1:10000, 1:15000 and 1:25000. GAN outperforms residual U-net and achieved best generalization results based on the measures calculated based on raster outputs. While the vector outputs after applying frame field learning, the outputs preserve more straight lines and reduce the 'wabby wall' significantly.

BACHELORARBEITEN

ANALYSE DER SIGNALBESTANDTEILE VON BODENBEWEGUNGSZEITREIHEN (MARC OPPERMANN, BETREUER: ANDREAS PITER)

Mit der Radarinterferometrie können Bewegungen der Erdoberfläche großflächig mit hoher Genauigkeit gemessen werden. Zur Erkennung von Anomalien in Bewegungszeitreihen wird das bekannte zeitliche Verhalten analysiert und in die Signalbestandteile zerlegt. Es ist üblich die Zeitreihen mit einem linearen Bewegungsmodell zu beschreiben und diese als Geschwindigkeitskarte darzustellen. Jedoch ist für viele Bewegungs-



BEISPIEL ZUR ZERLEGUNG DER ZEITREIHE IN TREND UND SAISONALE EFFEKTE

zeitreihen das lineare Modell unzureichend da auch saisonale Schwankungen und andere nicht-lineare Bewegungen auftreten können. In dieser Arbeit wurde der für GPS-Zeitreihen entwickelte Greedy Automatic Signal Decomposition Algorithmus hinsichtlich der Nutzbarkeit für Bodenbewegungszeitreihen aus der Radarinterferometrie untersucht. Eine Vorfilterung der Zeitreihen wurde vorgenommen, da das Rauschverhältnis bei der Radarinterferometrie höher als bei GPS-Zeitreihen sein kann. Zudem wurden Kartendarstellungen als alternative zur Geschwindigkeitskarte erarbeitet, die die

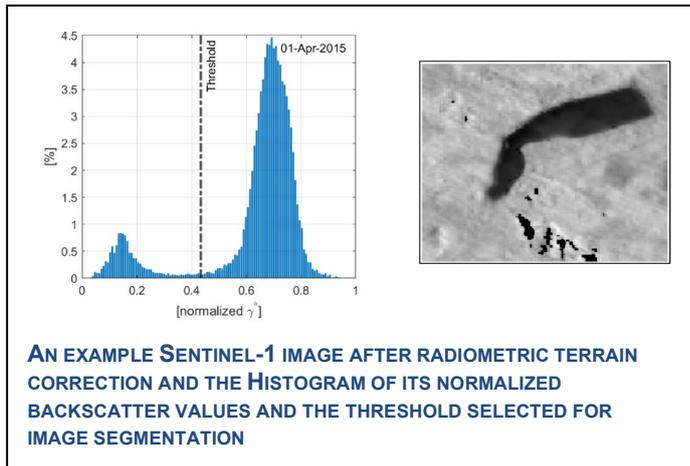
Signalbestandteile visualisieren. Als Anwendungsbeispiel wurden Ergebnisse des Deutschen Bodenbewegungsdienstes für das Senkungsgebiet bei Bokeloh in der Nähe von Hannover genutzt.

MULTITEMPORALE LANDEBEDECKUNGSKLASSIFIKATION VON RADAR- UND OPTISCHEN FERNERKUNDUNGSDATEN MIT CNNs (NATHANAEL HEHS, BETREUERIN: MIRJANA VOELSEN)

Die Bestimmung der Landbedeckung ist eine wichtige Grundlage für weiterführende Aufgaben in der Stadtplanung oder Navigation. Liegen genügend Trainingsbilder vor, für die die Landbedeckung bekannt ist, können überwachte Methoden wie bspw. Fully Convolutional Neural Networks (FCN) genutzt werden um nach einem Trainingsprozess auch neue Bilder zu klassifizieren. Für die Landbedeckung, die das physikalische Material der Erdoberfläche darstellt, soll dabei jedem Bildpixel eine Klasse zugewiesen werden. In dieser Arbeit werden dazu Satellitenbilder genutzt, und die vorhandene Methodik die auf optischen Bildern des Sentinel-2 Satelliten beruht, um Radarbilder des Sentinel-1 Satelliten erweitert. Hierfür wurden verschiedene Kombinationen getestet, bspw. verschiedene Netzwerkarchitekturen, die die S-1 und S-2 Daten separat oder gemeinsam analysieren. Insgesamt ergaben die verschiedenen Ansätze sehr ähnliche Ergebnisse aber die Kombination von S-1 und S-2 Daten ergab eine erkennbare Verbesserung der Genauigkeit im Vergleich zur den Ergebnissen des Referenzexperiments (nur optische Bildern).

BEWERTUNG DER RADIOMETRISCHEN GELÄNDENORMALISIERUNG VON SENTINEL-1 BILDER FÜR DIE DETEKTION VON SEEN (KONSTANTIN LISKE, BETREUER: MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

This study makes use of Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) data to measure water area time series in three lakes situated in the Harz Mountains, Germany. The challenge with SAR images is their inhomogeneity, which is caused by topographic variations and side-looking geometry, making it difficult to



select an appropriate image threshold. In order to address this challenge, this study evaluates the impact of radiometric terrain correction using a digital elevation model on SAR data. The study aims to determine how this correction affects automatic threshold selection and the resulting estimation of water areas. The results indicate that radiometric terrain correction enhances image homogeneity,

making segmentation more accurate using methods such as OTSU thresholding. This approach enables a more accurate assessment of water areas in the studied lakes, overcoming the challenges associated with the complexities of SAR imagery in regions with varying topography.

UNTERSUCHUNG VON FAKTOREN, DIE GENAUIGKEIT UND WIRTSCHAFTLICHKEIT MULTIKOPTERGESTÜTZTER VERMESSUNG BEEINFLUSSEN (STEFANIE HAHN, BETREUER: AMADEUS LANGER)

Unbemannte Flugzeugsysteme (Unmanned Aerial Systems; UAS) haben sich bei der Durchführung photogrammetrischer Projekte unterschiedlicher Problemstellungen bewährt. Geforderte Produktarten wie Punktkoordinaten, Orthophoto, Höhenmodell, und unter anderem deren Detailgrad und Genauigkeit, beeinflussen die nötige Aufnahmekonfiguration. Die Planung geeigneter Befliegungen bei gegebenen Zielen erfordert eine möglichst gute Abschätzung der erreichbaren Produktqualität. Eine pessimistische Abschätzung führt zu höheren Aufwänden als nötig; eine zu optimistische zum Verfehlen der Ziele.

In dieser Arbeit werden Faktoren die Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit multikoptergestützter Vermessungsergebnisse beeinflussen anhand von zwei bereits vorhandenen Befliegungsprojekten untersucht. Als Stellschrauben wurden insbesondere die Anzahl genutzter Flughöhen, Bildüberlappungen längs und quer zur Flugrichtung und die Anzahl benötigter Passpunkte untersucht.

MASTERARBEITEN

BESTIMMUNG DES ZEITLICHEN VERLAUFS DER LANDBEDECKUNG DURCH KLASSEIFIKATION MULTITEMPORALER SENTINEL-2 AUFNAHMEN MIT TRANSFORMER-Netzwerken (SIMON LAUBLE, BETREUERIN: MIRJANA VOELSEN)

Für die semantische Segmentierung von Bildern waren Convolutional Neural Networks (CNNs) lange Zeit die Methodik, die die besten Ergebnisse erzielte. Transformer Modelle haben zunächst in der Sprachverarbeitung CNNs übertroffen, insbesondere durch ihre Eigenschaft globalen Kontext zu extrahieren. Ihre Anwendung auf Bildverarbeitungsaufgaben wie Klassifikation und Segmentierung zeigt vielversprechende Ergebnisse im Vergleich zu CNNs.

In dieser Arbeit werden verschiedene Transformer Modelle auf die semantische Segmentierung von Satellitenbildern übertragen. Die Anwendung konzentriert sich dabei auf die Klassifikation der Landbedeckung (LB). Zunächst werden verschiedene Transformer Modelle für die mono-temporale LB Klassifikation miteinander verglichen, bevor die vielversprechendste Architektur auf multi-temporale Satellitenbilder erweitert wird. Die Experimente zeigen, dass der Swin Transformer die besten Ergebnisse liefert. In diesem Modell werden die Bilder in Patches eingeteilt, die dann als Eingabe in das Modell dienen. Dies ist notwendig, da die Rechenzeit quadratisch mit der Größe (Pixel) der Bilder steigt. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Transformer auch in der Bildklassifikation mit CNNs mithalten können. In der Erweiterung auf multi-temporale Daten zeigt sich, dass die Landbedeckung über alle Zeitpunkte sehr ähnlich klassifiziert wird. Hier sind weitere Anpassungen der Architektur notwendig um auch Änderungen der LB in einer Zeitreihe erkennen zu können.

SMART POSE ESTIMATION OF VR-GLASSES IN DRIVING VEHICLE (MOOTEZ CHEIKH ZAOUALI, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

Virtual Reality (VR) applications are expanding and are now also of interest to car manufacturers for a multitude of purposes, such as entertainment, work and education of passengers. In this context, tracking of a head-mounted VR device in real-time is necessary to assure the comfort of users, e.g., by addressing the causes of motion sickness. In this work, tracking the pose, i.e., the position and orientation, of the VR device is addressed via camera re-localisation, using only the images captured by the VR device, i.e., no additional sensor data is used. For this purpose, a deep learning-based method is developed which is based on PoseLSTM, combining the concepts of convolutional neural networks and long-short-term memory. By further integrating Monte-Carlo-Dropout, the developed method is capable of estimating the uncertainty associated to the predicted poses. This allows for a deeper analysis of the reliability of the predictions and can be used downstream tasks, when further processing the predicted information. The developed method is evaluated on two datasets, the publicly available King's College dataset and a novel dataset collected in the context of this work. Latter consists of seven image sequences captured with the internal camera of an "HTC Vive flow", for which reference data for the pose is obtained per frame with an external pose tracker. While the results on the

King's College dataset are convincing, the results on the new dataset show a high uncertainty and a low accuracy of the predictions. Latter demonstrates the need for further investigations in future work to assess the general suitability of a re-localisation approach for estimating the pose of head-mounted devices in the challenging environment of a car cockpit.

3D PEDESTRIAN TRACKING USING STEREO IMAGES (ASWIN LAL, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

Pedestrian tracking finds several applications, for example, in the context of surveillance and autonomous driving. While monocular tracking is a widely discussed and researched area with various algorithms and frameworks in existence, the combination of information from multiple viewing angles to retrieve 3D information of the tracked pedestrians still remains a challenging task. In view of this, this thesis aims at tackling the task of tracking pedestrians in 3D using stereo image sequences. Pedestrians are detected in every frame of a sequence using Mask-RCNN, which represents a detected pedestrian as a segmentation mask. The 3D position of these detections is estimated using per pixel depth information obtained via dense stereo matching. Drawing inspiration from the popular "tracking-by-matching" paradigm, each detection in a frame is matched to a correspondence in the subsequent frame to form a track using the concept of optical flow. The issue of identifying ID switches among the tracked pedestrians, is dealt with applying a re-identification algorithm. The developed tracking algorithm is tested on the publicly available KITTI dataset using the metrics commonly applied in the literature, i.e., MOTA, MOTP and IDF1. While the results are generally promising, the obtained tracks still suffer from issues like identity switches and, in some cases, the separation of one long track into multiple shorter tracks. Despite these limitations, the proposed methodology fulfils the desired objective, by producing accurate 3D trajectories for the majority of observed pedestrians.

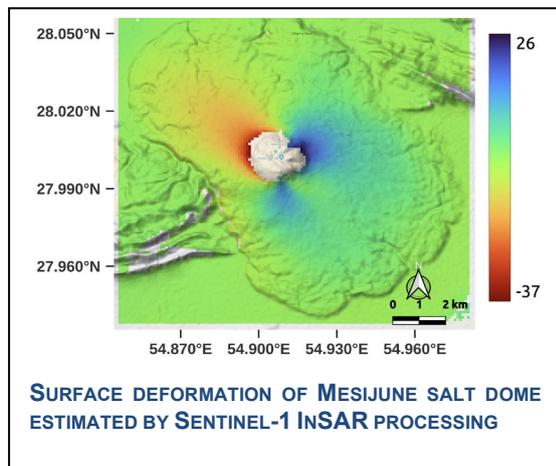
UNCERTAINTY ESTIMATION FOR SEMANTIC SEGMENTATION VIA BAYESIAN DEEP LEARNING (FAN WU, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

In recent years, deep learning-based methods have demonstrated convincing results for semantic segmentation. However, as such results are commonly not free of errors, a measure of the uncertainty associated to a prediction is needed. Investigations in the literature addressing this need mainly focus on stochastic network-based methods, such as ensemble learning and Monte Carlo dropout. In contrast, Bayesian approaches are often neglected due to their higher complexity. However, Bayesian deep learning in general and Bayesian neural networks in particular, allow to explicitly consider prior information on the observations as well as on the model parameters in form of particular types of probability distributions. Thus, Bayesian approaches have the potential to lead to uncertainty estimates of higher quality compared to non-Bayesian ones. In this thesis, a Bayesian Neural Network trained with variational inference is presented for the task of epistemic uncertainty estimation in the context of semantic segmentation. More specifically, a modified U-Net architecture is used as baseline, which is transformed into a Bayesian neural network, allowing for the estimation of the epistemic uncertainty associated to the predicted

semantic labels. To evaluate the performance of the proposed method and to investigate its strengths and limitations, experiments are carried out on the publicly available Cityscapes dataset. The results of these experiments demonstrate that the usage of a Bayesian Neural Network instead of a deterministic variant not only allows for epistemic uncertainty estimation, but also supports the semantic segmentation itself, reducing the amount of incorrect estimates contained in the predicted segmentation masks.

RESOLVING SALT DOME ACTIVITIES USING SMALL BASELINE INSAR (SAI KRISHNA MERGU, BETREUER: MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

Salt domes have unique geophysical characteristics and are valuable as reservoirs for hydrocarbons and potential subsurface storage solutions. Studying ground deformation associated with the dynamic activities of salt domes can reveal useful information about them. This study focuses on the



surface deformation of the Mesijune salt dome located in the Zagros Mountains of Iran. It utilizes advanced Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) and the Small Baseline Subset approach to estimate the spatial and temporal patterns of surface deformation from 2014 to 2023. It utilizes both ascending and descending tracks from cloud-based platforms, namely LiCSAR and HyP3. Analysis of the Mesijune salt dome reveals distinct trends of deformation away from and towards the satellite in different parts of the salt dome. Furthermore, it shows seasonal patterns of deformation consistent with meteorological parameters. The

decomposition of results from different tracks into vertical and east-west suggests significant areas of subsidence on the summit of the salt dome and opposite horizontal movements on the eastern and western sides.

INVESTIGATING LAND SUBSIDENCE IN MEGACITIES AROUND THE WORLD USING INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR (INSAR) (SWAPNIL SINGH, BETREUER: MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

This work addresses the critical issue of land subsidence resulting from excessive groundwater extraction, posing significant threats to ecosystems, human life, property, and regional economies' sustainable development. Focusing on ten global metropolitan areas, including New Delhi, Mexico City, Tokyo, and, Bangkok, the study utilizes Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) technology to measure ground deformation and identify high-risk subsidence zones. Utilizing Sentinel-1 Interferogram data spanning from 2014 to 2022, sourced from the LiCSAR platform, a Small Baseline InSAR analysis is conducted, achieving a spatial resolution of 100 meters to estimate land subsidence. To assess the risk to the population, this work calculates angular distortion from subsidence rates and establishes a risk matrix by categorizing angular distortion and population datasets. Based on this matrix, areas are classified into different risk zones. The findings of this research indicated that land subsidence is a widespread

problem in various metropolitan areas across the world, posing different levels of risk to the population. The results provide important insights for policymakers, enabling them to formulate informed strategies to mitigate the impacts of land subsidence on both water availability and public safety.

OIL SPILL DETECTION USING SENTINEL-1 SAR REMOTE SENSING (THIDO BEENING, BETREUER: MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

Oil spills have a significant impact on marine ecosystems and coastal communities. However, monitoring vast oceans for oil spills is a challenging task. Remote sensing, particularly the capabilities of Synthetic Aperture Radar (SAR), is an essential asset for oil spill detection with day-and-night, all-weather observation capabilities. The main challenge in this regard is distinguishing oil spills from their look-alikes, which both appear as dark spots in SAR images. To overcome this challenge, different features related to geometry, physical behavior, or the context of the dark spots are extracted and classified. This thesis analyzes over 50 instances of oil spills worldwide, utilizing Sentinel-1 SAR data to find an optimal set of features to distinguish between actual oil spills and their lookalikes. After preprocessing the SAR data, adaptive thresholding is used to identify dark areas in the image, followed by a feature extraction. Finally, an optimal set of features that can distinguish oil spills from look-alikes is determined. The outcomes have potential implications for automated detection through large-scale SAR data analysis, contributing to more efficient and timely response to oil spills.

IMPROVING THE PIXEL-WISE CLASSIFICATION OF VITALITY LOSS OF FORESTS USING SENTINEL-2 DATA (EKATERINE BOCHORISHVILI, BETREUER: DENNIS WITTICH, SÖNKE MÜLLER, EFTAS FERNERKUNDUNG TECHNOLOGIETRANSFER GMBH)

Monitoring the vitality of forests has become an important topic in the context of limiting the effects of climate change, and it is also relevant from an economic viewpoint. Local authorities in many countries have a need for monitoring forest degradation, for example by detecting early signs of damage, dead trees or clear-cuts. One approach to monitor forests for arbitrarily large areas is to make use of satellite imagery and to develop an automated system to predict information related to the forest vitality status, e.g. in the form of a pixel-wise classification of Sentinel-2 images. Today, Convolutional Neural Networks (CNNs) are considered to be the state-of-the-art for pixel-wise classification tasks. However, the success of training such classifiers depends on various aspects, such as the amount and quality of the training data, the choice of the CNN architecture and the selection of the hyperparameters of the training process.

Consequently, in this thesis the goal is to investigate the impact of these aspects on the performance of CNNs for the pixel-wise classification of Sentinel-2 images.

In particular, it is being investigated how the performance of CNNs is affected by the amount of the training data using various class structures, considering the application of predicting the vitality loss of forests. In the same application context, different CNN architectures are compared and the impact of the hyperparameters of the training process is investigated. Lastly for this application, a post-processing step is implemented in which the output of the CNN for various dates is improved by considering the temporal and spatial agreement of the predictions followed by a retraining to improve the CNN outputs.

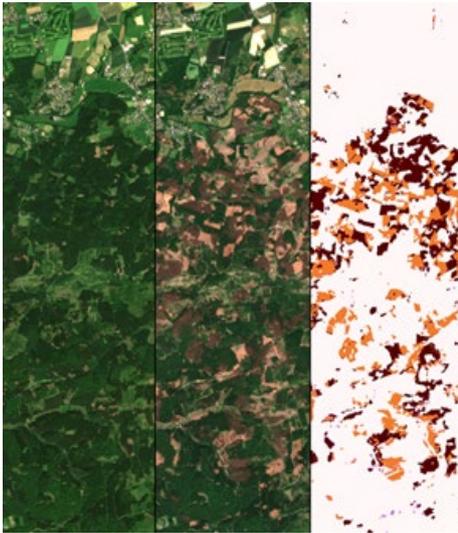


ABBILDUNG 3: EXAMPLE OF FOREST DEGRADATION IN NORTH-RHINE WESTFALIA, DIFFERENT RECORDING TIMES, DEGRADATION REFERENCE DATA.

To predict early damage signs of conifers investigations were carried out how a changeover of the input site of a regression CNN from a single image to a pair of images effects the results.

The thesis includes the implementation of different classification networks, the training of the networks under various conditions, and a detailed evaluation of the performance of the networks on data that was not used for training. The basis was an existing code base for the training of CNNs for pixel-wise classification

tasks, which is available at the Institute of Photogrammetry and GeoInformation (IPI). Access to an existing dataset of Sentinel-2 images and reference data for the vitality loss of forests in North-Rhine Westphalia was provided by EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH.

STUDIENARBEITEN

IMAGE-BASED 3D RECONSTRUCTION OF DYNAMIC OBJECTS USING NeRF (SAMER M.R. ABUALHANUD, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

The representation of dynamic objects using Neural Radiance Fields (NeRF) plays a vital role in various applications, including scene editing, 3D simulation, and as an intermediate step towards the overall reconstruction of a scene, encompassing both static and dynamic elements. In this study, we propose an automated segmentation pipeline that utilizes a pre-trained model to perform object segmentation. Furthermore, we account for object motion to emulate a static scenario in NeRF. This thesis presents a novel approach for reconstructing dynamic objects in challenging scenarios, particularly addressing the sparsity of the training input views and variations in lighting conditions. We place particular emphasis on the geometric aspects rather than solely focusing on radiance by utilizing geometric cues such as surface normals and dense depth maps generated from existing off-the-shelf pre-trained models. The experimental evaluation of the developed method is carried on the publicly available NuScenes dataset, assessing both the appearance-based quality as well as the accuracy of the estimated geometry. Former is accomplished by comparing the colour values of an image which has not been seen during training to a rendering of the estimated NeRF into the same image coordinate system. The quality of the geometry is assessed by using reference data for the depth and surface normals. Our approach demonstrates satisfactory results in

reconstructing rigidly moving vehicles, while also exhibiting efficiency in training and rendering, thanks to the utilization of Instant-NGP as the base NeRF model for our network.

ON ESTIMATING EPISTEMIC UNCERTAINTY FOR DENSE STEREO MATCHING – A REVIEW
(WENHAO CAI, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

The research area of dense stereo matching is regularly addressed by various works in the literature, mainly focusing on improving the overall accuracy of the estimated depth values. On the other hand, the reliability of dense stereo matching methods and thus the estimation of the uncertainty associated to depth estimates has received much less attention. However, information on the uncertainty of individual estimates is of significant importance to avoid propagating erroneous information to downstream tasks unknowingly. Thus, this work focuses on the estimation of epistemic uncertainty, aiming on analysing and understanding the characteristics of different uncertainty estimation approaches in the context of dense stereo matching. For this purpose, several non-Bayesian methods are analysed and compared, including Monte Carlo Dropout (MCD) and different types of ensemble methods. The evaluation is carried out on the KITTI and the Middlebury stereo datasets, both being publicly available. A particular focus is placed on investigating the effects of different parametrisations, for example, varying the dropout rate, the number of samples used to compute the uncertainty during inference and the number of dropout layers. Besides the overall quality of the results, also specific image regions are investigated that are particularly challenging in the context of dense stereo matching, such as occlusions and textureless areas. The quality of the estimated uncertainty is assessed in a statistical manner, comparing the expected error distribution, i.e., the estimated uncertainty, against the observed error distribution.

MAPPING OF PROSOPIS JULIFLORA INVASION IN SOMALILAND WITH MULTITEMPORAL
REMOTE SENSING (PETRA STAMER, BETREUER: MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

This project addresses the invasive spread of *Prosopis juliflora* in Somaliland. This drought-tolerant tree species was introduced in the 1980s for desert greening but has since become invasive. The study utilizes biannual Sentinel-2 satellite images from 2016 to 2022 to map *Prosopis juliflora* across the region using supervised random forest classification. The approach uses dry season images for species detection and wet season images for land cover mapping, providing insights into *Prosopis juliflora* habitats and their dynamics. The results are validated with high-resolution drone imagery acquired in the field. A change detection reveals the current invasion status in recent years, pinpointing areas of *Prosopis* dominance on natural vegetation and croplands. The project's findings provide valuable insights for evaluating the effectiveness and sustainability of clearing and control programs in addressing the *Prosopis juliflora* invasion.

EXKURSIONEN

GROBE GEODÄTISCHE EXKURSION - SCHWEIZ

Die Reise wurde dieses Jahr hauptverantwortlich durch das IKG (Jens Golze) geplant.

MONTAG, 03. OKTOBER 2023, LAUSANNE

PIX4D

On Tuesday morning, the first event of the day commenced with a warm welcome from the CEO of PIX4D Mr. Christoph Strecha. Subsequently, a thorough understanding of the company, its intended audience, and the products it provides was presented. A particularly intriguing presentation revolved around the file format developed by PIX4D, OPF (Open Photogrammetry Format), which finds applications in Photogrammetry and remote sensing. What makes OPF so unique is its complete openness and the fact that it is available as a completely free specification. This allows for broad adaptation and improvement within the industry.

The presentation placed a strong emphasis on simplifying the use of photogrammetry. The CEO stressed that the data capture part has already been resolved, with the primary focus being on evaluation. An example showcased the data captured using the mobile application PIX4Dcatch in conjunction with a GNSS antenna to ensure precise registration of the photogrammetrically acquired data.

The presenters demonstrated the ease of using the mobile app with an attached GNSS antenna on the phone for self-mapping. The GNSS antenna was mounted on an iPhone using a special case for better positioning. Various sensors in the mobile device, such as IMU and GNSS receivers, provided essential data. Correction data obtained from NTRIP servers is crucial for accurate results.

After this informative presentation, participants had the opportunity to refresh themselves with drinks and croissants and engage in networking. Subsequently, the workflow after scanning with Pix4D software was presented, with a focus on features related to visualisation and data capture. The company's stated goal is to automate as many processes as possible in photogrammetry to make the work of users more accessible.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRAL DE LAUSANNE (EPFL)

On Tuesday, our second trip led us to EPFL which is the 'École polytechnique fédérale de Lausanne', a university in Lausanne close to the Lake Geneva. As we arrived around lunch time, we had time to discover the campus and the lake on our own. This was the southernmost point of our excursion.

Afterwards, we were received by Jan Skaloud who introduced the university and gave us some figures to get an impression about the institution's importance. Although the university's origins go back to the year 1853, its current status was established in 1969 and it is generally considered young and dynamic. This also means the EPFL supports innovations and startups matching its technical and scientific profile such as the founder of Pix4D. This startup was located on campus until it got too big and had to move. With about 12.000 students, EPFL

is a rather small university but with more than 100 nationalities it is a very cosmopolitan one. The number of students as well as the number of degrees delivered increases every year. Since 2017 Martin Vetterli is President of EPFL.

During our visit we learned something about terrestrial and aerial kinematic laser scanning. If there is noise in the inertial measurements with drones, it propagates to the trajectory solution and combined with the lidar measurements results in a geo-referencing error in the final 3D point cloud. Depending on the application, this error can be acceptable especially when high-quality sensors are used. However, if low-cost MEMS (micro-electro-mechanical system) inertial sensors are used the geo-referencing error may be significantly large. There are multiple methods that attempt to correct this error.

Later on, Jan Skaloud showed us the institute's laboratory presenting their experiments and research projects. We also got a look at some drones that are used during the projects. Afterwards we drove back to our accommodations and spent the evening together.

DIENSTAG, 04. OKTOBER 2023, BASEL

FACHHOCHSCHULE NORDWESTSCHWEIZ (FHNW)

On Wednesday morning we arrived in Muttenz near Basel at the Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW). After being greeted by Dr. Stephan Nebiker we were led into the modern cube shaped building. It was built in 2018 with dimensions of 65m per side and offers room for 3700 students. Crossing the huge open hall and taking the staircases upwards, all participants entered a lecture room where they were welcomed by Dr. Dante Salvini, the current head of the Institut Geomatik (IGEO). While taking a seat in the room, everyone was offered croissants and coffee.

We learnt that the FHNW is organized in nine schools at different locations, one of which is the "Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik" in Muttenz. Counting about 13.000 students in total, the FHNW has about 30 bachelor students and about nine master students in the field of geomatics each year. The general information was followed by a series of presentations giving insights into current and past research projects at IGEO. Dr. Susanne Bleisch mentioned a walkability analysis having been conducted with elderly women, and a project investigating the readability of multidimensional data being visualized by square glyphs. She also introduced us to a project investigating non-verbal interaction in group work scenarios captured by video cameras, in which the institute collaborated with psychologists. Jonas Meyer presented some work on low-cost mobile mapping systems done at IGEO, including topics like on-street parking statistics and the georeferencing of point clouds via pole-like objects. After these presentations, we visited the laboratories of IGEO, including a photogrammetry chamber as well as a multi-sensor object tracking lab. Finally, we enjoyed the beautiful view from the campus building's rooftop on the city of Basel and the neighbouring german areas, before our visit ended with a sponsored lunch at the campus mensa.

FELSLABOR MONT TERRI

At 13:30, following a satisfying lunch at the FH Basel Mensa, we started our journey to the Mont Terri, arriving at 14:00. Our arrival was met with a gracious and hospitable reception by the Mont Terri team. Mont Terri, a fascinating research hub, boasts the collaboration of 22 organizations from 9 different countries, all participating in various research programs conducted within the Mont Terri Rock Laboratory.

Remarkably, the international research programs at Mont Terri are operated by the Federal Office of Topography, swisstopo, which also manages the rock laboratory with its dedicated team of experts. This unique collaborative environment provides a fertile ground for cutting-edge geological research.

During our visit, we had the privilege of delving into a comprehensive presentation by Mr. Martin Ziegler. His illuminating presentation shed light on the multitasked operations within Mont Terri's laboratories. The diverse research objectives pursued at the facility were eloquently outlined. These included the research and development of innovative methods applicable to claystones like Opalinus Clay, with the potential for global application. Additionally, there was an emphasis on characterizing the chemical, biological, and physical properties of the Opalinus Clay, along with a focus on the long-term behavior and construction feasibility for the emplacement of radioactive waste and geological CO₂-sequestration.

Following Mr. Ziegler's enlightening session, we were led into the tunnels of the rock laboratory. Here, we were given the opportunity to witness a selection of ongoing experiments. These included endeavors aimed at understanding the influence of humidity on deformations, exploring the effects of CO₂ injection, simulating and remediating bore well leaks, assessing shale properties for secure geological CO₂ storage, conducting long-term monitoring of emplacement experiments, and imaging the long-term loss of faulted host rock integrity. This hands-on experience provided a deeper appreciation for the intricate and vital research being carried out within the Mont Terri Rock Laboratory.

MITTWOCH, 05. OKTOBER 2023

OBSERVATORIUM ZIMMERWALD

It was our fourth day in Switzerland. We checked out of the hostel after breakfast at 9:00 am and started our trip to Zimmerwald. We arrived there by around 10:00 am and we were divided into three groups during the whole visit there. Zimmerwald Observatory is an astronomical observatory owned and operated by Astronomical Institute of University of Bern. Initially, we were shown the GNSS receivers (GPS, GLONASS and Galileo; Swisstopo) and we also saw the gravimeter there and got informed about how these operate. Then we had a session on what their operations include, about the history of the Observatory etc. Their operations include optical observations, Satellite Laser Ranging (SLR), Satellite receivers, Earth Tide gravimeter and has various microwave instruments for atmospheric research. We were taught about how the Space Debris are detected and how their removal is planned according to the motion of debris. We were also informed about the various telescopes they have and about the functionalities of those. There are mainly 4 telescopes, ZimSMART, ZimTWIN, ZimMAIN, and ZIMLAT. ZimSMART is Zimmerwald Small Aperture Robotic Telescope and this is

used for searching space debris in high altitude orbits (GEO, MEO, GTO) and also for orbit catalogue maintenance. ZimTWIN is Zimmerwald Twin Widefield Instrument, which also is used for the search of the space debris in high altitude. ZimMain is Zimmerwald Multiple Applications Instrument used for space debris characterisation, photometry and spectroscopy (Laser). ZIMLAT is Zimmerwald Laser and Astrometry Telescope for Satellite Laser Ranging (SLR), tracking and characterisation of space debris. Finally, we were taken to see the telescopes and also were taught on how they work. We finished our visit by 13:00 pm and then headed towards St-Gallen.

DONNERSTAG, 06. OKTOBER 2023

LEICA GEOSYSTEMS

We started our journey to Leica Geosystems in Heerbrugg from DJH St. Gallen. We arrived at Leica Geosystems at 08:45. Dr Uwe Becher, the Lead Specialist for Photogrammetry in the Hybrid Sensor systems of the Hexagon Geosystems division, welcomed us. Firstly, he gave us a presentation for 30 minutes on Leica Company and introduced us to Hexagon. The presentation was mainly focused on the Advantages of Hybrid Sensor. The presentation also covered technology for 3D city Modelling and Bathymetry. We understood the core capabilities of mapping from the air by Leica products. Their main aim was to achieve higher mapping efficiency. He also explained the concept of the Digital Twin, which comprises Geodata from the producer and the actions from the user. He also presented the Automatic sea-floor classification using AI Deep learning methods from Hexagon Chiroptera Bathy LiDAR data R-Evolution by Hexagon. One of the most eye-catching parts of the presentation was the Tiger shark mapping by Hexagon in the Bahamas.

The second presentation was on their total station named 'AP20 Auto Pole' by Mr. Hannes Maar. He started his presentation with the advantages of Surveying Poles. He has explained the features of 'AP20 Auto Pole.' The main features were as follows:

- There is no need to hold the pole vertically as it has tilt compensation
- Points can't be measured and stored with wrong target heights due to its Automatic Pole Height update
- The total station won't lock to the wrong height as it is equipped with TargetID

The main applications of 'AP20 Auto Pole' are to measure or stake out any point with a tilted pole; it can also measure hidden points on the ground, wall and ceiling.

The next planned event for the day was a factory tour to show us the following:

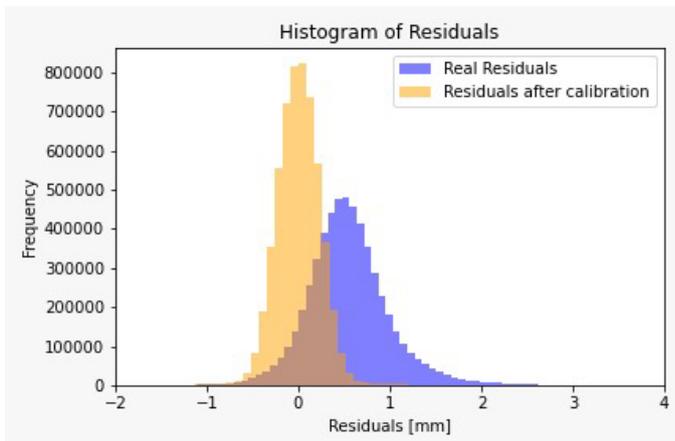
- Exhibition of all their products
- Polymeca, which is the mechanical components manufacturing plant
- Airborne Sensor Assembly
- Central Technical Service
- Geomatics Assembly
- Tracker Assembly
- Anniversary exhibition, which shows their 100 years of Innovation at the plant of Heerbrugg

After the informative and exciting tour, we had lunch at Optik-Haus, an in-built Mensa in their plant. Finally, we started our journey back to Hanover.

PROJEKTSEMINARE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

TERRESTRIAL LASER SCANNING UNCERTAINTY MODELLING USING MACHINE LEARNING (GIH), BETREUER: JAN HARTMANN, HAMZA ALKHATIB

Terrestrial Laser Scanning (TLS) is a powerful technique for capturing detailed 3D information of the Earth's surface. However, TLS data is often accompanied by uncertainties due to various factors, including instrumental errors, surface characteristics, and data processing techniques. Accurate modelling and quantification of these uncertainties are crucial for reliable applications of TLS data in fields such as engineering, and environmental monitoring. This research focuses on developing an approach to uncertainty modelling in TLS data using Machine Learning (ML) techniques. The proposed methodology involves collecting TLS data over a study area and obtaining ground truth reference data for validation purposes. ML models will then be trained on this dataset to learn the complex relationships between the input TLS data and the corresponding uncertainties. To achieve this, a comprehensive set of TLS-derived features like the distance, reflectance values, and scan angles, will be used as input to the ML models. The models will be designed to predict the uncertainties associated with each data point, providing valuable information about the data quality and accuracy. To evaluate the performance of the ML-based uncertainty model,



RESIDUALS BEFORE AND AFTER CALIBRATION

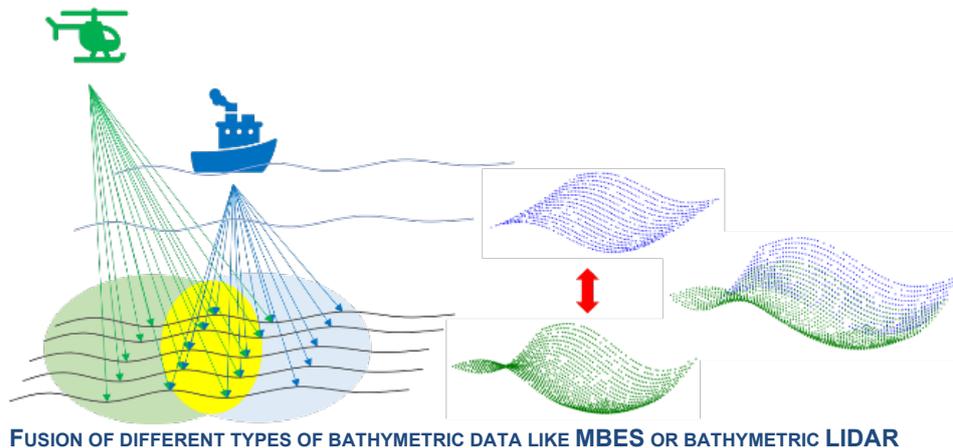
we will compare its predictions with the ground truth reference data. Ultimately, the proposed research aims to contribute to the advancement of TLS data processing and analysis by providing a reliable and automated approach for uncertainty modelling. This will enhance the utilization of TLS data in various geospatial applications, offering more robust and accurate results for decision-making and scientific investigations.

Studierende: Nils Cornelius, Ahmed Elbadawy, Mohit Gyawali, Ahmed Mahmoud, Akash Pattiyil, Rui Shang, Jipson Puthayathu Varghese

SIMULATION AND FUSION OF SHALLOW WATER AREAS (GIH), BETREUER: BAHAREH MOHAMMADIVOJDAN, FREDERIC HAKE

Bathymetry is the study of underwater topography of ocean floors, lakebeds and other water bodies. This data is often represented as bathymetry data which shows trenches, ridges, seamounts. Bathymetry of shallow waters represents the bathymetric data of the water areas with depths less than 50m. This data is collected using sonar and other remote sensing techniques.

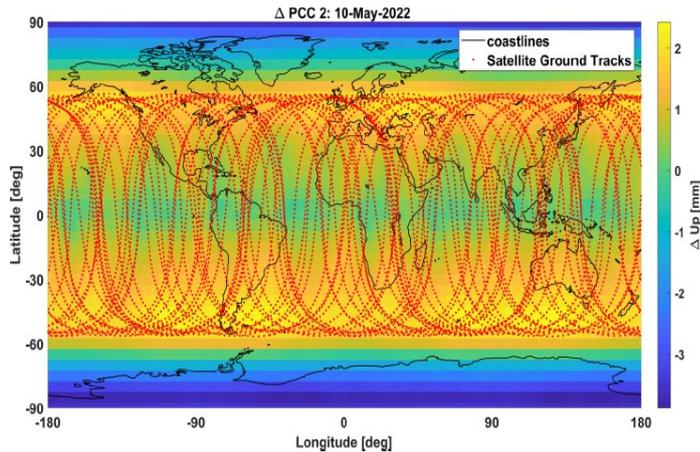
Simulating bathymetric data involves using computer models to create a virtual representation of the underwater topography of an area. This can be useful when actual bathymetric data is not available, or when there is a need to predict how changes to the environment (such as sea level rise or erosion) may impact the underwater landscape. Bathymetric data can be useful in shallow water areas, where traditional methods of measuring depth may be difficult or impractical. These techniques can be used to create detailed maps of underwater topography, which can be useful for a variety of purposes, including coastal engineering, resource management, and environmental monitoring.



Studierende: Rajesh Yadav Palaboina

GNSS PHASE CENTER CORRECTIONS – HOW STRONG DO DIFFERENCES IMPACT THE POSITION SOLUTIONS (IFE, BETREUER: JOHANNES KRÖGER)

Im Projekt wurde die wissenschaftliche Fragestellung untersucht, inwieweit sich Differenzen in GNSS-Phasenzentrumskorrekturen (PCC) auf die Positionslösung auswirken. Dabei wurde eine vorhandene Simulationsumgebung weiterentwickelt und umfangreiche Analysetools implementiert. Es zeigte sich (s. Abbildung), dass die geographische Lage sowie die Satellitenkonfiguration einen großen Einfluss haben. Die Größenordnung ist dabei aber noch von weiteren Parametern (z.B.



Elevations- cut-off Winkel, Gewichtsmodell, ...) abhängig – kann aber mehrere Millimeter betragen. Eine Analyse über einen Zeitraum von 10 Jahren, zusammengefasst in einem Video, lieferte aufschlussreiche Erkenntnisse über die zeitlichen Variationen. Mittels einer Übertragung in den Frequenzraum können hier zukünftig Zusammenhänge mit den Orbitwiederholbarkeiten hergestellt werden.

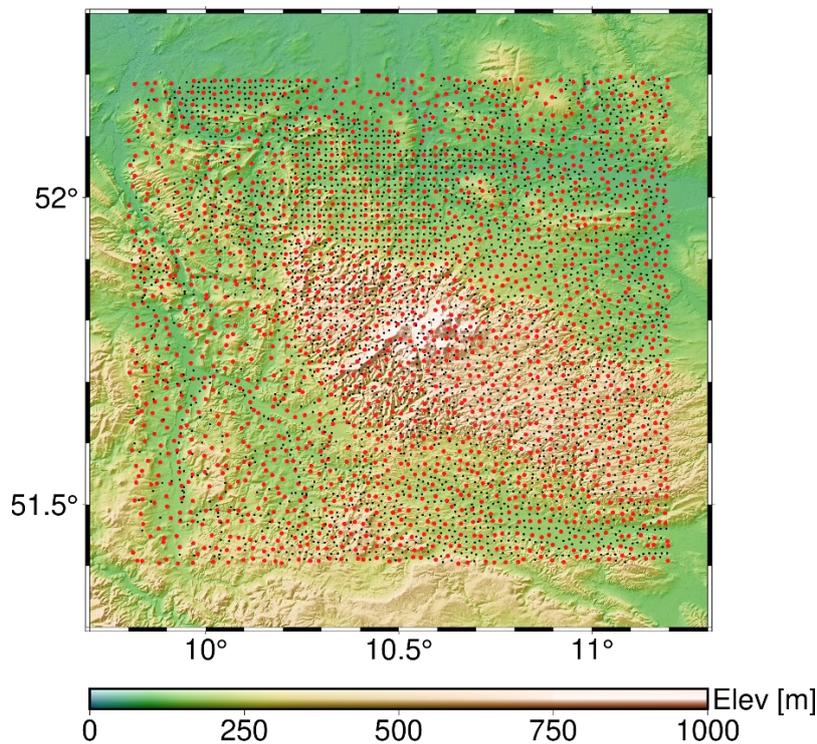
Studierende: Ahmad Alkanj, Jan Ole Böllert, Mareike Brekenkamp, Julia Eissele, Jipson Puthayathu Varghese

INVESTIGATION OF DIGITAL TERRAIN MODELS AND CORRESPONDING REDUCTIONS FOR THE PREDICTION OF GRAVITY VALUES (IFE), BETREUER: HEINER DENKER, ANNIKE KNABE

The main objective of this project was to investigate different digital terrain models and terrain reduction techniques for the prediction of gravity values. Each participant investigated a different terrain data set (e.g., Tandem-X, NASADEM, SRTM, MERIT, AW3D30, ASTER), and finally also a merged model was created. All terrain models were then used to compute topographic reductions based on the topographic, topographic-isostatic and residual terrain model approaches.

The used gravity data were divided into two parts, the first part consisted of 1803 measured gravity values in sample points and the second part included corresponding measurements in 2975 independent control points. The comparison of the predicted and observed gravity values in the control points showed that the standard deviation of the differences improved by about a factor 5 (from 4.3 mGal to 0.8 mGal) when using topographically reduced data instead of unreduced gravity values, while the different terrain models and reductions had only a minor effect on the gravity predictions.

Studierende: Abdul Karim El Halabi, Mohammad Shafi Nikzada, Arnav Sarkar, Shiva Prasad Timilsina, Shrija Voderhobli Moorthi



TOPOGRAPHY IN HARZ MOUNTAINS TEST AREA TOGETHER WITH GRAVITY SAMPLE AND CONTROL POINTS (RED AND SMALL BLACK DOTS, RESPECTIVELY)

„LASERSCANVAS“ (IKG), BETREUER: UDO FEUERHAKE, JENS GOLZE, TIM SCHIMANSKY

The journey of executing this project, aimed at seamlessly integrating mobile mapping data visualization into an interactive web map, has been both enlightening and challenging.

One of the central challenges we encountered was the determination and creation of useful data. Furthermore, the automatization of this data acquisition process presented a complex puzzle.

Converting the rich 3D environment captured by the mobile mapping system into a comprehensible 2D representation for web-based visualization was yet another challenge. This transformation necessitated sophisticated data transformation techniques and inventive visualization strategies. Striking a balance between conveying spatial information and maintaining user-friendly interaction was no small feat, as we seek to ensure that the essence of the captured data remained intact while offering an intuitive interface for users. Overcoming these challenges demanded a profound understanding of both mobile mapping technologies and software development principles.

Among these challenges, our project achieved significant milestones that exemplify the fusion of mobile mapping and interactive web mapping. One notable accomplishment was the automatic generation of tables for visualizing and comparing data. This feature not only organized the data exploration process but also facilitated meaningful insights by enabling users to bring different datasets effortlessly together. Moreover, our project's interactive selection of visualized data on the map, coupled with the retrieval of additional contextual information, provided users with a dynamic and informative experience. This feature empowered users to delve deeper into the geospatial data, fostering a more comprehensive understanding of the captured environment.

In conclusion, through determination and ingenuity, we successfully developed a platform that not only addresses the data visualization but also offers a user-friendly interface for insightful exploration.

Studierende: Amal Antony Paul, Kimia Bayat, Sebastian Heidweiler, Arun Paulose Paul, Wenjing Sun, Ali Tavafi, Jeeva Varghese, Florian von Loh

„POULTRY TRACKING“ (IPI), BETREUER: RASHO ALI, DINH-TUAN NGUYEN

The automated identification and tracking of individual animals play a crucial role in advancing their well-being and deepening our comprehension of their behavioral patterns. Within the realm of poultry management, this task is particularly challenging due to inherent complexities. These challenges stem from factors such as the visual similarities among animals of the same species, which complicates their differentiation, and rapid alterations in body morphology, often triggered by actions like wing spreading within brief time intervals.

In this study, the students introduced an automated poultry tracking algorithm built upon the prevalent tracking-by-detection methodology. Initially, poultry are identified through a detection model employing Convolutional Neural Networks. Subsequently, the algorithm associates the same poultry across different frames using two criteria: appearance and position/motion. The appearance metric is computed using a Siamese re-identification model, while the position/motion metric relies on a Kalman filter-based model.

In this study, the performance of the proposed method is evaluated using a novel dataset comprising seven sequences of images depicting chicks at various stages of growth within a typical pen farm environment.

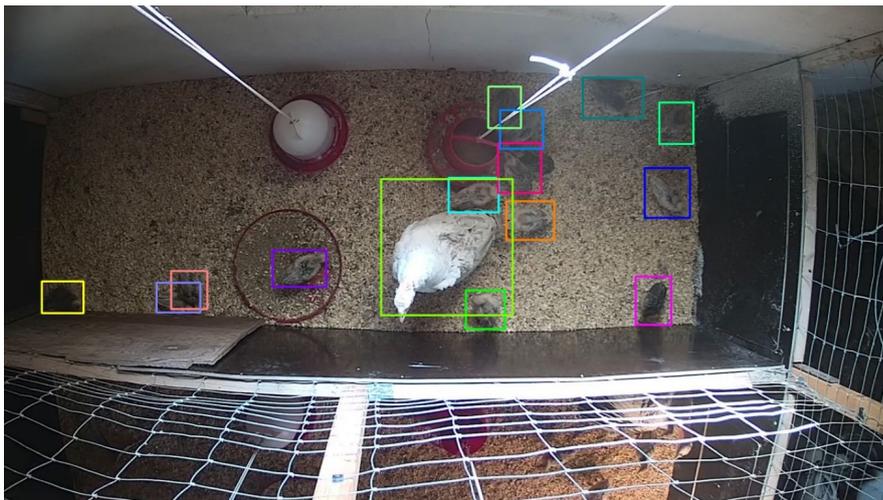


FIGURE DEPICTS THE OUTPUT OF THE TRACKING MODEL. THE COLORED BOUNDING BOXES REPRESENT THE DETECTED CHICKS, WHILE THE COLOR OF THE BOUNDING BOXES INDICATES THE IDENTITY OF EACH SPECIFIC CHICK.

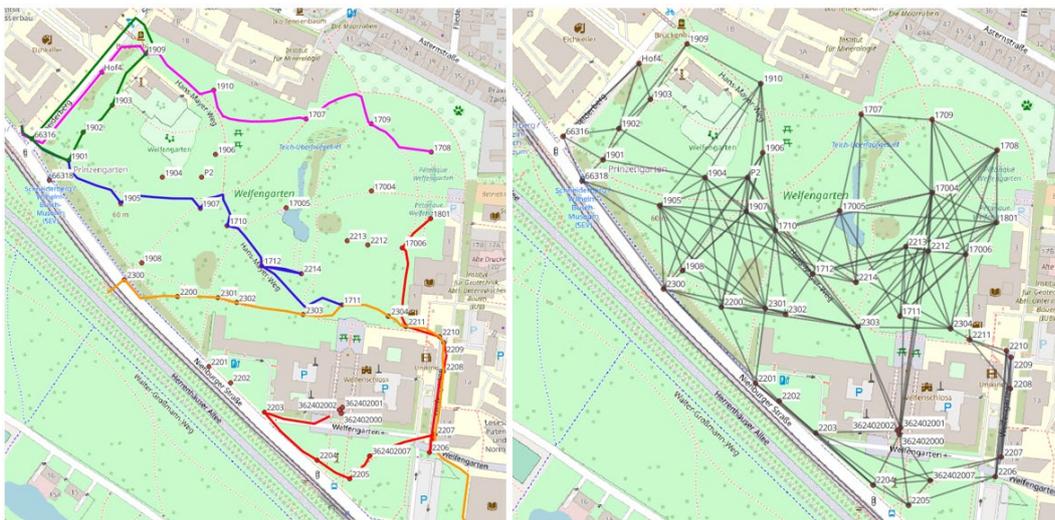
Studierende: Areeb Ahmad, Krunal Dave, Mariya Jose, Matthias Reber, Umer Haider Chattha, Lars Niehsen, Denny Shaji, MohammadReza Heidarianbei

PRAXISPROJEKTE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

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

Am Praxisprojekt „Ingenieurgeodäsie“ in 2023 haben 16 Studierende aus dem 4. Bachelorsemester teilgenommen. Die Messungen und Auswertungen fanden im Zeitraum vom 17. - 28.07.2023 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 Welfenschlosses als 3D-Punktwolke. Die Netzmessung erfolgte durch tachymetrische Messungen sowie Präzisionsnivelements. Im Rahmen einer 3D-Netzausgleichung wurden die Koordinaten der Referenzpunkte berechnet. Die Laserscanaufnahme erfolgte in mehreren statischen Laserscans mit dem Z+F IMAGER 5016. Die Georeferenzierung der Einzelscans erfolgt mit der Software LaserControl von Zoller+Fröhlich. Basierend auf den Koordinaten der Referenzpunkte, weiterer Verknüpfungspunkte sowie den Punktwolken selbst wurde eine Bündelblockausgleichung durchgeführt. 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 praktische Elemente erlernt bzw. vertieft werden.



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

PRAXISPROJEKT LANDESVERMESSUNG (IFE), BETREUENDE: JOHANNES KRÖGER, ANAT SCHAPER

Das diesjährige Praxisprojekt Landesvermessung fand wie in den letzten Jahren in der Leibniz Universität Hannover und dem Prinzenpark statt. 14 Studierende des 6. Bachelorsemesters haben verschiedene Forschungsfragen aus dem Bereich der GNSS-Positionierung untersucht. In der ersten Woche des Projekts wurden die erforderlichen Messungen im Park von den Studierenden selbstständig durchgeführt. In der zweiten Woche wurden die erhobenen Messdaten ausgewertet und detailliert analysiert. Die Ergebnisse sind in einem Abschlussbericht zusammengefasst und am 28.07.2023 vor einem Fachpublikum vorgestellt worden.



Jedem Studierenden wurde eine individuelle Forschungsfrage zugewiesen, die er mit der Software Leica Infinity, sowie den erhobenen Messdaten beantworten sollte. Mithilfe von Matlab konnten die Ergebnisse anschaulich dargestellt werden.

Die praktischen Messaufgaben wurden von jedem Studierenden durchgeführt. Es wurden RTK-Messungen durchgeführt, um die Performance verschiedener RTK-Anlagen zu vergleichen. Die Auswertung zeigte, dass die Leica GS18 deutlich genauer ist, als die Teria Pyx. Dabei wurde mit beiden Antennen ein Punkt unter freier Sicht und ein Punkt mit starker Abschattung durch Bäume bestimmt. Zudem wurden einige Messungen zur relativen Positionierung mit statischen GNSS-Antennen durchgeführt. In einer Aufgabe wurde die Positionierungsunsicherheit bei

freier Sicht und bei Abschattung verglichen. Unter Abschattung ergeben sich deutlich größere Unsicherheiten in der Positionierung, vor allem die Höhenkomponente ist dabei problematisch zu bestimmen. Die Auswirkungen von Antennenwechseln innerhalb einer mehrstündigen Messung wurden ebenfalls untersucht. Die hochwertige Leica-Antenne liefert die besten Ergebnisse, während die Low-Cost Tallysman-Antenne zu den größten Koordinatenabweichungen führt. Zudem wurde die Länge der Messsessions in einer weiteren Aufgabe variiert, um eine geeignete Messdauer zu finden. Das Ergebnis ist, dass Sessions mit einer Länge von über einer Stunde (z.B. 24h) nicht genauer sind als 60-minütige Sessions. Zuletzt wurde auch eine Nullbasislinie ausgewertet. Dabei wird eine Antenne über einen Splitter mit zwei Empfängern verbunden und die Ergebnisse eines high-sensitivity Empfängers mit einem geodätischen Empfänger verglichen.

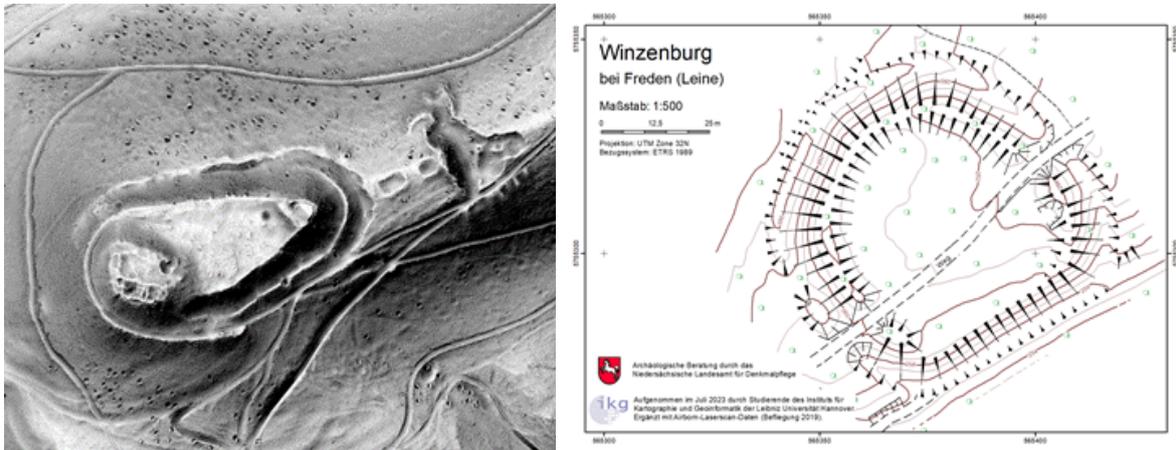
Studierende: Paulina Becker, Finn Brand, Hanna Cordes, Maciej Cwiek, Benedikt Gädje Geffert, Kamiel-Karl Heidberg, Moritz Jüngling, Jonas Körding, Katharina Krafft, Alexander Möllers, Laura Schäfer, Vincent Tassotto, Nils Ullrich, Kevin Wasilewski

PRAXISPROJEKT TOPOGRAPHIE (IKG), "VERMESSUNG DER WINZENBURG BEI FREDEN",
BETREUER: FRANK THIEMANN, MALTE SCHULZE

Das Praxisprojekt Topographie fand vom 17. bis 28. Juli in Winzenburg im Landkreis Hildesheim statt. Untergebracht waren die 18 Studierenden des zweiten Semesters und die Betreuer im Gästehaus des Deutschen Jugendrotkreuzes in Einbeck.

Die Ruine der Winzenburg befindet sich oberhalb des gleichnamigen Dorfes im Sackwald auf 243 bis 273 m ü. NHN. Die Burg wurde 1109 erstmalig erwähnt, 1130 zerstört und im Folgenden wiederaufgebaut. Im 13. Jahrhundert war sie die wichtigste Burg und der größte Amtssitz des Hochstifts Hildesheim. Während der Hildesheimer Stiftsfehde wurde sie im Jahr 1522 endgültig zerstört. Heute sind nur noch die westliche Turmruine und die Wallanlagen erhalten.

Die insgesamt etwa 4 ha große Burg bestand aus einer auf der Bergkuppe liegenden Hauptburg die von 2 Gräben umgeben ist. Die westlich angrenzende Vorburg war durch einen tiefen Graben gesichert. 400 m weiter westlich befindet sich ein weiterer kleiner Ringwall.



DIE WINZENBURG IM AIRBORNE LASERSCAN UND KARTE DES RINGWALLS

Aufgrund der enormen Größe, der Steilheit und des starken Bewuchses der Anlage, konnten nur kleine Teile der Anlage terrestrisch vermessen werden. Die Studierenden haben nach dem Anlegen des Vermessungsnetzes den Ringwall, die Vorburg und die westlichen Burggräben vermessen und kartiert. Die rechnerische und grafische Auswertung erfolgte im Dorfgemeinschaftshaus Winzenburg. Die restlichen Teile der Anlage wurde nach der Übung durch das ikg aus Airborne -Laserscandaten ergänzt.

Studierende: Lars Marek Bärwald, Simon Feldhaus, Bastian Fricke, Nils Fröhling, Jana Heidkamp, Leon Bennet Henning, Bennet Humke, Mirja Lianne Korsawe, Nico Kralisch, Björn Lemke, Dorian Marschall, René Oppermann, Lars Reinköster, Elia Schulz, Fynn Terporten, Adrian Vogel, Mert Yilmaz

BACHELORPROJEKTE

KLIMAGEODÄSIE UND NACHWUCHSGEWINNUNG (IFE), BEARBEITER: LAURA SCHÄFER, ALEXANDER MÖLLERS, VINCENT TASSOTTO, BETREUER: FLURY

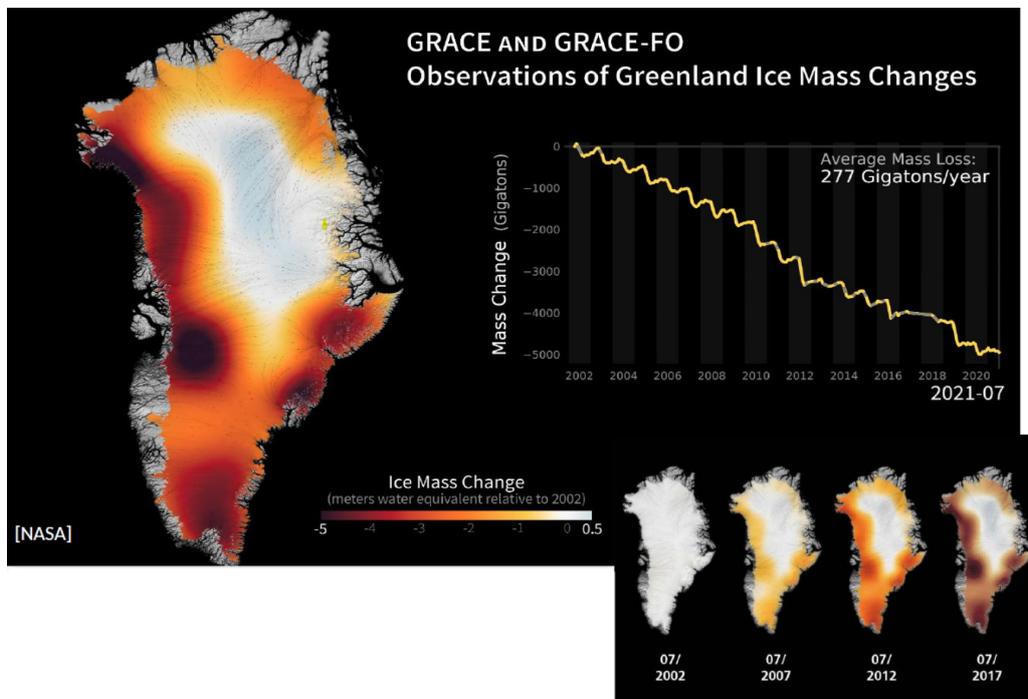
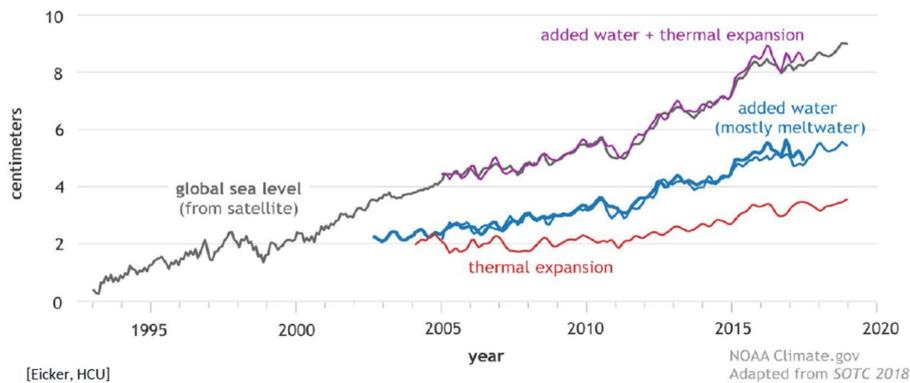
Das Bachelorprojekt zum Thema „Klimageodäsie und Nachwuchsgewinnung“ wurde im Wintersemester 2022/2023 vom Institut für Erdmessung angeboten und von einer Kleingruppe aus Studierenden der Leibniz Universität Hannover bearbeitet. Die Betreuung des Projektes lag bei Prof. Jakob Flury sowie Igor Koch. Außerdem wurde diese Arbeit durch das *NachwuchsGoesForschung* Programm des DVW gefördert, wofür sich hiermit noch einmal herzlich bedankt wird. Das Projektziel lag dabei in der Konzeption und Tests von Schulbesuchen durch die Studierenden mit Gesprächsformaten zur Klimageodäsie sowie der Geodäsieausbildung.

Die Motivation dieser Projektarbeit wurde schnell klar, denn der Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen der heutigen Zeit dar. Es wird immer wärmer und trockener, der Meeresspiegel steigt an und auch die Naturkatastrophen nehmen zu. Um den Klimawandel und seine Folgen einschätzen und in Zukunft gegebenenfalls abmildern zu können, ist eine genaue Ermittlung, Visualisierung sowie Analyse der Auswirkungen notwendig. Dies ist durch die Klimageodäsie, die Vermessung des Klimawandels und seinen Folgen, möglich. Um dieser und natürlich vielen weiteren Herausforderung auch in Zukunft gewachsen zu sein, wird geodätisch ausgebildetes Personal benötigt. Daher soll anhand dieses praxisnahen, aktuellen und global sehr wichtigen Themas den Schülerinnen und Schülern die Arbeit eines Geodäten nähergebracht werden.

Für die Wissensaneignung erfolgten verschiedene Besuche von Fachpersonal, die den Studierenden einen tiefen Einblick in die komplexe Thematik der Klimageodäsie verschafften. Dazu zählte ein Besuch bei Prof. Annette Eicker, der Leiterin des IAG Inter-Commission Committee on "Geodesy for Climate Research" (ICCC) an der HCU Hamburg sowie ein Besuch bei Dr. rer.-nat. Fred Hattermann im Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Des Weiteren erfolgte eine Projektvorstellung auf der Intergeo 2022 in Essen am Stand des DVW.

Der Schulbesuch wurde am Gymnasium Horn in Bremen in einem Erdkundeleistungskurs des Abiturjahrgangs durchgeführt. Zu Beginn wurde direkt deutlich, dass die Geodäsie den Schülern unbekannt war und sie sich auch unter den Tätigkeitsfeldern eines Geodäten nichts vorstellen konnten. Daher erfolgte zunächst eine Vorstellung des Studiengangs „Geodäsie und Geoinformatik“ sowie den vielfältigen Möglichkeiten in der Berufswelt. In diesem Zusammenhang wurde die Arbeit mit einem Tachymeter anhand einer Körpergrößen-Messung praktisch veranschaulicht. Außerdem wurden im Zusammenhang mit der Erläuterung der Tätigkeitsfelder das angeeignete Wissen im Bereich Klimageodäsie anschaulich anhand verschiedener Grafien und Animationen erklärt. Die Schüler zeigten sich sehr interessiert und waren vor allem von dem Thema Klimageodäsie, beziehungsweise der Messung des Klimawandels, sehr beeindruckt. Von der Schule kam eine sehr positive Resonanz zurück sowie der Vorschlag für einem erneuten Besuch.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass es wichtig ist persönliche Kontakte zu Schulen zu pflegen und aktiv für den Studiengang „Geodäsie und Geoinformatik“ zu werben, da die Geodäsie bei Schülerinnen und Schülern unbekannt ist, aber eine Ausbildung von geodätischem Personal auch in Zukunft in vielen Tätigkeitsbereichen unumgänglich ist.

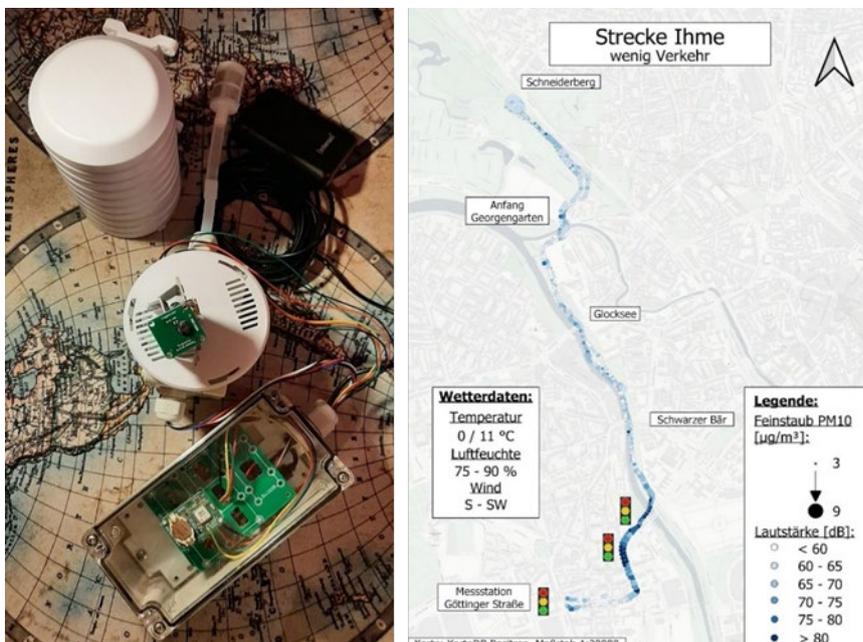


ZENTRALE BEISPIELE AUS DER KLIMAGEODÄSIE: MEERESSPIEGELBILANZ AUS GEODÄTISCHEN DATEN (OBEN), EISMASSENVERLUST IN GRÖNLAND (UNTEN)

„URBAN BREEZE – MOBILE FEINSTAUBMESSUNG“ (IKG), BETREUER: OSKAR WAGE, JENS GOLZE, PHILIP OTTO

Im Projekt wurden von den Studierenden Messung der Lärm- und Feinstaubbelastung auf beispielhaften Routen im städtischen Hannover durchgeführt und kartographisch aufbereitet. Genutzt wurde dazu eine senseBox:home mit programmierbarem Mikrocontroller, GNSS-Empfänger, Real Time Clock, SD-Karte, Feinstaubsensor (PM10 und PM2.5), Schallpegelmesser, Temperatur- und Luftfeuchtesensor. Montiert in einem robusten Gehäuse mit mobiler Stromversorgung konnten so flexibel Messungen durchgeführt und im Anschluss ausgelesen und aufbereitet werden. Gemessen wurde zwei Routen zwischen Schneiderberg und Linden-Süd, entlang von Hauptverkehrswegen sowie Parkwege mit verschiedenen Verkehrsmitteln (Fahrrad und Auto) und zu verschiedenen Tageszeiten und an verschiedenen Wochentagen.

Da es sich um low-cost Sensorik handelt, wurden die ausgegebenen PM10 Werte für einen Tagesverlauf mit der amtlichen Messstation an der Göttinger Straße verglichen und eine deutliche Unterschätzung der Feinstaubkonzentration festgestellt. Für Aussagen zu absoluten Grenzwerten ist das Setup entsprechend nicht geeignet und es wurde im Weiteren auf relative Vergleiche konzentriert. Außerdem konnte ein Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die PM-Werte festgestellt werden, was auf das optische Messverfahren zurück zu führen ist. Als praktische Alltagserkenntnis wurden in einem älteren Auto deutlich erhöhte PM10 Werte im Vergleich zur Außenmessung festgestellt, was eine Wartung des Feinstaubfilters nahelegt.



Studierende: Katharina Krafft, Paulina Becker, Moritz Jüngling, Maciej Cwiek

AUS DER GESELLSCHAFT

BERICHT ÜBER DIE MITGLIEDERVERSAMMLUNG DER GESELLSCHAFT

Der Vorsitzende Jürgen Rüffer eröffnet die Mitgliederversammlung 2023 am 21.11.2023 um 17:00 Uhr und begrüßt die anwesenden Teilnehmer (insg. 49, darunter 6 Gäste) Es wird die ordnungsgemäße Einladung und Beschlussfähigkeit festgestellt.

Die Versammlung gedenkt der verstorbenen Mitglieder des zurückliegenden Geschäftsjahres:

	Eintritt	Verstorben
Dipl.-Ing. Christian Speer	1975	06.01.2023
Dr.-Ing. Wilfried Staufenbiel	1963	19.01.2023
Dipl.-Ing. Jörn-Ulrich Bockwoldt	1970	27.01.2023
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Augath	1963	12.04.2023
Dr. Peter von Berckefeld	1962	02.05.2023
Dr.-Ing. Peter Lohmann	1978	07.06.2023
Dipl.-Ing. Herbert Horst	1982	28.06.2023

BERICHT DER FACHRICHTUNG

Der Bericht aus der Fachrichtung wird in diesem Jahr durch Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön aus dem Institut der Erdmessung 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 nächsten Jahresberichtsheft der Gesellschaft publiziert werden.

Steffen Schön berichtet von der Verabschiedung von Prof. Winrich Voß, der Ende September 2023 in den Vorruhestand gegangen ist. Winrich Voß war seit 2006 am Geodätischen Institut, Professur Flächen- und Immobilienmanagement, tätig und leitete lange Jahre das Institut.

Juniorprofessor Philipp Otto hat das Institut für Kartographie und Geoinformatik im September nach fünf Jahren in Richtung University of Glasgow, School of Mathematics & Statistics verlassen. Im November wurde Dr. Matthias Weigelt auf die Professur Satellitengeodäsie und geodätische Modellierung (Institut für Erdmessung) in Kooperation mit dem DLR berufen.

Die Fachrichtung gratuliert Prof. Christian Heipke zu der Verleihung der Ehrendoktorwürde der Universität Stuttgart für seine Verdienste auf den Forschungsgebieten der Digitalen Photogrammetrie und Fernerkundung. Prof. Jürgen Müller erhielt die Vening-Meinesz Medaille der EGU Sektion Geodäsie. Es gab weitere Preise für wissenschaftliche Mitarbeiter der Fachrichtung.

Herr Schön informierte über zwei neue Projekte in 2023, insbesondere über "Deformation Analysis based on Terrestrial Laser Scanner Measurements" (DFG). Er schließt seinen Vortrag mit einem Bericht über die Durchführung diverser Workshops und Seminare (u.a. in Kairo, Bilbao, Hamburg).

Im Namen der Fachrichtung bedankt sich Steffen Schön ganz herzlich über die Beiträge der Förderergesellschaft und hofft auf die umfangreiche Gewinnung jungen Nachwuchses.

BERICHT DER PR-KOMMISSION

Frederic Hake gibt im Namen der PR-Kommission der Fachrichtung einen Überblick über die Aktivitäten im Jahr 2023.

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

Neben je einem Vertreter der vier Institute, der Studiengangskoordination und der Fachschaft nimmt auch Jürgen Rüffer als Vertreter der Förderergesellschaft regelmäßig an den Treffen der PR-Kommission teil.

2023 beteiligte sich die PR-Kommission u.a. am Girls-Day, dem Sommerfest der LUH, den Hochschulinformationstagen (HIT) sowie an der Nacht, die Wissen schafft, eine Veranstaltung der LUH, die nach einigen Jahren erstmalig wieder stattfand. Ebenfalls vertreten war die PR-Kommission auf der Intergeo, einer Fachmesse für Geodäsie, mit einem Gemeinschaftsstand mit der TU Clausthal.

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

Frederic Hake schließt seinen Vortrag mit einem herzlichen Dank an die Förderer für die Give-aways bei Veranstaltungen sowie für die Unterstützung des jährlichen Helfergrillens.

BERICHT DER FACHSCHAFT

Für die Fachschaft berichtet Fynn Terporten von den Aktivitäten der Fachschaft seit der letzten Mitgliederversammlung 2022. Die Fachschaft besteht aus derzeit 16 Mitglieder, davon sind fünf in 2023 neu dazugekommen.

Neben der allgemeinen Fachschaftsarbeit wie Mitarbeit in Gremien wie Fakultätsrat, Studien-, Prüfungs- und PR-Kommission, Studentischer Rat und Fachschaftskonferenz veranstaltet die Fachschaft verschiedene Veranstaltungen für die Fachrichtung. Hier sind u.a. zu nennen: Erstsemesterparty, Kicker- und Fußballturnier, weitere Fachschaftsevents.

Traditionell organisierte die Fachschaft im Oktober die Erstsemesterwoche (ERSI) für 23 Bachelor- und ca. 40 Masterstudierende. Angeboten wurden Führungen durch die Universität, Einführungen in die digitalen Services der LUH sowie eine Stadtrallye zum Kennenlernen. Dazu kamen ein gemeinsames Frühstück und soziale Angebote wie Spiele- und Barabende. Neu war auch das Angebot an die Erstsemester an der wöchentlich stattfindenden Fachschaftssitzung teilzunehmen, um die Arbeit der Fachschaft kennenzulernen.

Folgende PR-Maßnahmen unterstützte die Fachschaft: **Girls-Day** (April), **ABInsSTUDIUM** – der StudiTalk (Mai), **Hochschulinformationstage** (HIT, September), **Nacht, die Wissen schafft** und „**Ich will was machen mit...**“ (Agentur für Arbeit, November).

Das Studierendennetzwerk Geodäsie hat deutschlandweit und auch international große Bedeutung für die Fachschaft. So nahm sie an zwei Konferenzen der Geodäsiestudierenden (KonGeoS) in Karlsruhe und Oldenburg teil. Im Juli fuhren Vertreter nach Valencia zum IGSM (International Geodetic Student Meeting).

Im Namen der Fachschaft Geodäsie und Geoinformatik bedankt sich Fynn Terporten herzlich für die Unterstützung durch die Gesellschaft. Die Fördermittel wurden für Fahrtkosten zu KonGeos und IGSM sowie einem neuen Grill für Veranstaltungen der Fachrichtung verwendet. Ein Teil des Geldes floss in die Fachschaftskasse, da im Mai in den Fachschaftsraum eingebrochen und die Barkasse entwendet wurde.

BERICHT ÜBER DIE GEODÄTISCHE EXKURSION 2023

Vier Studierende stellten die Geodätische Exkursion in die Schweiz vor, die im Oktober 2023 erstmalig seit Corona wieder stattfand. Organisiert wurde sie vom Institut für Kartographie und Informatik. Es nahmen über 50 Studierende teil. In einem reich bebilderten Vortrag konnten man einen guten Eindruck über den Verlauf der Exkursion bekommen. Ein ausführlicher Exkursionsbericht wird im kommenden Berichtsheft der Förderergesellschaft enthalten sein. Für die Unterstützung wird den Förderern gedankt.

DISKUSSION ZUM SCHWERPUNKTTHEMA „NETZWERKE“

Jürgen Rüffer appelliert an die Mitglieder der Förderergesellschaft, Netzwerke aus ihrem beruflichen Umfeld heraus für die Unterstützung der Studierenden zur Verfügung zu stellen. So können die Mitglieder bspw. bei Anfragen für Praktika sowie für Jobs für Werksstudierende helfen. Auch bei Kontakten ins Ausland wäre ein verstärkter Austausch mit den Förderern hilfreich, um die Studierenden besser zu unterstützen. Die Nutzung dieses Netzwerks sollte in Zukunft ein Schwerpunktthema der Förderer sein. Kontakt dazu sollte über die Geschäftsstelle oder die Vorstandsmitglieder der Gesellschaft aufgenommen werden.

DISKUSSION ZUM VORSCHLAG FÜR EINEN ZUSÄTZLICHEN VORTRAG ZUM FÖRDERERTAG ZU EINEM THEMA AKTUELLER GESELLSCHAFTLICHER RELEVANZ

Jürgen Rüffer schlägt zukünftig einen zusätzlichen Vortrag zu einem Thema aktueller gesellschaftlicher Relevanz am Förderertag vor. Gerne können auch hier Kontakte zu Referenten aus der Mitgliedschaft heraus erfolgen. Die Mitglieder unterstützen diesen Vorschlag.

BERICHT DES VORSTANDES

Jürgen Rüffer berichtet von den Aktivitäten des Vorstandes seit der letzten Mitgliederversammlung 2022:

- 6 Vorstandssitzungen
- 2 Sitzungen des erweiterten Vorstands
- 2. Speed-Dating mit 9 teilnehmenden Firmen und Organisationen am 28.06.2023
- Sommerfest gemeinsam mit dem DVW Niedersachsen/Bremen im Anschluss an das Speed-Dating am 28.06.2023
- Teilnahme an 9 Sitzungen der PR-Kommission seit Herbst 2022

- 4 Newsletter der Förderergesellschaft
- Unterstützung zum Intergeo-Auftritt des Fachbereichs gemeinsam mit der TU Clausthal

Am 21. November 2023 hat die Förderergesellschaft gemeinsam mit der Leibniz Universitätsgesellschaft e.V. Frau **Nina Fletling, M. Sc.**, den mit 3000,- € dotierten Walter-Großmann-Preis 2023 verliehen. Dies ist eine Anerkennung ihrer wissenschaftlichen Arbeit " **Analyse von GRACE(-FO) Post-Fit Range-Rate-Residuen**" und der publizistischen Darstellung „**Wie zwei Satelliten den Klimawandel vermessen**“.

Im selben Rahmen wurde der Bachelorpreis 2022 an Frau **Mareike Brekenkamp, B. Sc** verliehen. Dies ist eine Anerkennung ihrer Leistungen im Bereich der Schlüsselkompetenzen. Die Ausgabe des Preises fand bereits am 6. Juni 2023 statt, aber aufgrund eines Auslandsaufenthaltes von Frau Brekenkamp konnte die Übergabe erst zum Förderertag durchgeführt werden.

MITGLIEDEREHRUNGEN

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

Herr Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Niemeier

Herr Dipl.-Ing. Helmut Weiß

Herr Dipl.-Ing. Wilhelm Zeddies

VORSCHLAG ZUR VERLEIHUNG EINER EHRENMITGLIEDSCHAFT DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Jürgen Ruffer schlägt im Namen des Vorstands der Gesellschaft vor, dem langjährigen Schatzmeister Wilhelm Zeddies die Ehrenmitgliedschaft der Förderergesellschaft zu verleihen. Dieses wird einstimmig beschlossen.

ERGÄNZUNG DER VERLEIHUNGSORDNUNG FÜR WALTER-GROßMANN-PREIS

Die vom Vorstand vorgeschlagene Ergänzung der Verleihungsordnung für den Walter-Großmann-Preis zur Schärfung der allgemeinen Verständlichkeit des Artikels bei der Bewerbung wurde diskutiert und fand in der vorgeschlagenen Form keine Mehrheit durch die Mitglieder. Der Vorschlag wird zurückgezogen und den Studierenden wird eine ergänzende Erläuterung für zukünftige Bewerbungen zur Verfügung gestellt.

VORSCHLAG ZUR ANPASSUNG DER BEITRAGS- UND FÖRDERRICHTLINIE, DISKUSSION UND BESCHLUSS

Der Vorstand schlägt eine Anpassung der Beitrags- und Förderrichtlinie an mehreren Stellen vor (siehe Anlage).

- § 2: Mitgliedsbeiträge: Fördernde passive Mitglieder (Körperschaften, Behörden, Firmen, usw.) sollen einen jährlichen Beitrag ab 120 Euro zahlen. (Ergänzung)
- § 5: Aufnahme von Promovierenden bei der Unterstützung durch die Förderergesellschaft (Ergänzung)
- § 5 (4,5): Erhöhung der maximalen Förderbeiträge für Exkursionen und Studienaufenthalten, dabei keine Unterscheidung mehr zwischen Inlands- und Auslandsexkursionen (Anpassung)

Alle Vorschläge werden einstimmig beschlossen.

KOSTENBEITRAG FÜR EIN GEDRUCKTES FÖRDERERHEFT AB 2024

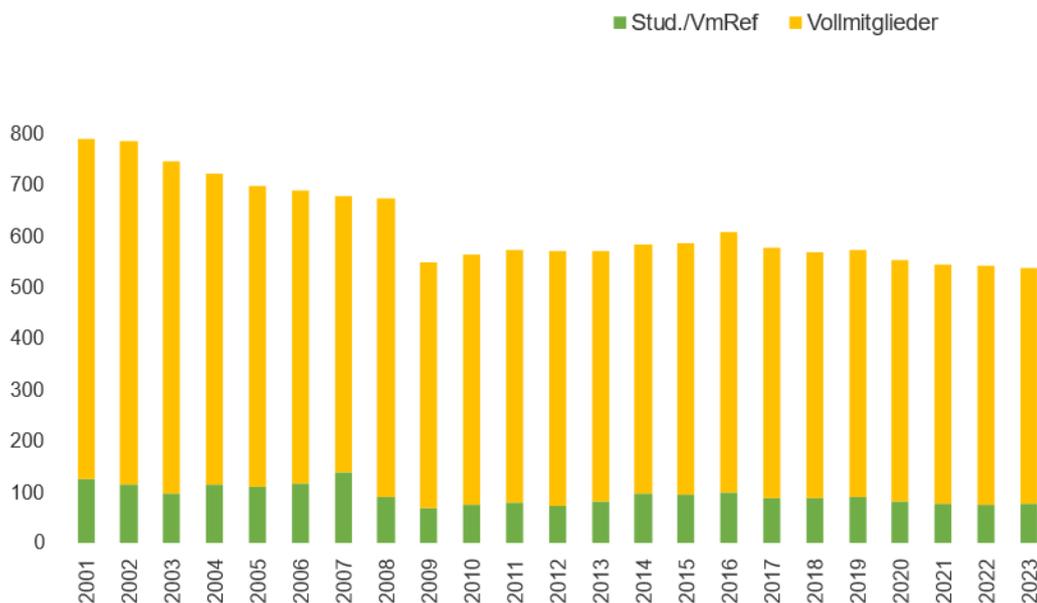
Jürgen Ruffer erläutert, dass nach mehreren Abfragen unter den Mitgliedern zu gedruckten oder digital zur Verfügung gestellten Exemplaren des Fördererhefts ab 2024 nur noch 200 Exemplare gedruckt werden. Ein Großteil davon geht an die Institute, die diese Hefte zu Werbezwecken nutzen. Neue Mitglieder erhalten ein gedrucktes Exemplar nur noch gegen Zahlung eines Preises (aktuell ca. 9 Euro inkl. Versand). Ansonsten steht das Exemplar, wie gewohnt, digital auf der Webseite zur Verfügung. Langjährige Mitglieder erhalten auf Wunsch weiterhin ein gedrucktes Exemplar des Fördererhefts ohne zusätzliche Kosten.

MITGLIEDERENTWICKLUNG

Dieter Stündl, der die Schatzmeisterin Anette Rietdorf, vertritt, gibt einen Überblick über die Mitgliederentwicklung, die sich wie folgt darstellt:

Laut Mitgliederdatenbank der Schatzmeisterin besteht die Gesellschaft zum Stichtag 30.09.2023 aus 538 Mitgliedern, davon 461 Vollmitglieder und 77 Studierende sowie Personen im Referendariat.

Entwicklung der Mitgliederanzahl, Stichtag: 30.09.2023



MITGLIEDERENTWICKLUNG 2001 - 2023

KASSENBERICHT

Dieter Stündl stellt den Kassenbericht für das abgeschlossene Haushaltsjahr 2022 und die Entwicklung des Gesellschaftsvermögens vor.

Jahresabschluss 2022 / 2023 (in Euro)

Bestand Girokonto am 01.10.2022	13.251,48
Summe Einnahmen	34.083,99
Summe Ausgaben	33.910,08
Bestand Girokonto am 30.09.2023	13.425,39
Bestand TopZins-Konto am 01.10.2022	10.300,83
Zinseinkünfte	0,00
Bestand Topzinskonto am 30.09.2023	10.300,83
Gesamtbestand am 30.09.2023	23.726,22€

BERICHT DER KASSENPRÜFER, ENTLASTUNG DES VORSTANDES

Der Jahresabschluss per 30.09.2023 wurde von den Kassenprüfern Herrn Dr.-Ing. Willgalis und Herrn Dr.-Ing. Hoberg am 10.11.2023 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 2023/2024

Bestand am 01.10.2023 (Girokonto, Festgeldkonto)	13.425,39 10.300,83
<hr/>	
Einnahmen	
Mitgliedsbeiträge	12.000,00
Spenden	1.900,00
Zuschuss Leibniz-Universitätsgesellschaft	
Zuwendung Nico Rüpke-Stiftung	23.500,00
Summe Einnahmen (gerundet)	37.400,00
Ausgaben	
Walter-Großmann-Preis	3.000,00
Bachelor-Preis	1.000,00
Sonderpreis-Rizkallah-Stiftung	250,00
Buchpreise beste Absolventen 2022+2023	600,00
Förderung der Geodätischen Exkursion	4.000,00
Förderung der Fachschaft	5.000,00
Förderung der Fachrichtung allgemein (PR-Maßnahmen)	4.500,00
Förderung der 4 Institute	1.600,00
Unterstützung Auslandsaufenthalte	6.000,00
Reisekosten Doktorand*Innen zu fachlichen Veranstaltungen	2.000,00
Reisekosten Studierende zu fachlichen Veranstaltungen	3.000,00
Mitgliedsbeitrag Leibniz- Universitätsgesellschaft 2023/24	1.800,00
Geschäftsstelle	2.500,00
Geschäftsbedarf (Porto, Konto)	500,00
Fördererheft (Druckkosten und Versand)	2.000,00
Speed-Dating und Sommerfest	1.000,00
Entwurf und Umsetzung neue Homepage	5.000,00
Summe Ausgaben	43.750,00
<hr/>	
Voraussichtlicher Bestand am 30.09.2024 (gerundet)	17.400,00

Der Termin für die nächste Mitgliederversammlung wird noch nicht festgelegt. Im Nachgang hat der Vorstand den 19.11.2024 als Termin für die Mitgliederversammlung in 2024 festgelegt.

Jürgen Ruffer bedankt sich bei allen Teilnehmern und beendet um 19:40 Uhr die Mitgliederversammlung.

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.

WAHL DES VORSTANDES, BEISITZER UND KASSENPRÜFER

Bei der Mitgliederversammlung wurde der **Vorstand** für zwei weitere Jahre wie folgt bestätigt:

- Jürgen Ruffer als Vorsitzender
- Dieter Stündl als stellvertr. Vorsitzender
- Dr. Tobias Kersten als stellvertr. Vorsitzender
- Anette Rietdorf als Schatzmeisterin
- Paula Lippmann als Kandidatin für den nächsten zu wählenden Vorstand in 2025

Als **BeisitzerInnen** für zwei Jahre gewählt wurden:

- Matthias Adam
- Dmitri Diener
- Dr. Cord-Hinrich Jahn
- Sandra Rausch
- Dr. Andreas Rietdorf

Gewählt als **Kassenwarte** bis 2025 wurden:

- Dr. Thorsten Hoberg
- Werner Pape

ERFOLGREICHES FIRMEN-SPEEDDATING 2023 UND GEMEINSAME SOMMERFEIER AM TAG DER GEODÄSIE 2023 IN HANNOVER - STÄRKUNG DER VERNETZUNG ZWISCHEN ARBEITGEBERN UND STUDIERENDEN



FIRMEN-SPEEDDATING IN DEN RÄUMEN DER LEIBNIZ-UNIVERSITÄT HANNOVER

Am 28. Juni 2023 - zum Tag der Geodäsie 2023 - fand in Hannover an der Leibniz Universität Hannover zum zweiten Mal ein Firmen-Speeddating statt. Dieses spannende Event wurde von der Förderergesellschaft in Zusammenarbeit mit der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik organisiert. Zehn verschiedene Arbeitgeber, darunter selbstständige Ing.-Büros, Startups, Behörden und öffentliche Träger, nahmen an dieser beliebten Veranstaltung teil. Teilnehmende Organisationen waren Infrastrukturdienstleister mit der DB Netz AG, der Fachstelle Geodaten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (FGeoWSV), das Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) mit der zentralen Stelle

SAPOS und der LGLN-Regionaldirektion Hameln, als Vermessungsdienstleister Dr. Hesse und Partner, das Startup Hydromapper sowie die Experten im Bereich der Navigation mit ublox Berlin, ALLSAT GmbH und Geo++ GmbH.

Effizientes Networking mit persönlichem Touch

Das Firmen-Speeddating am Tag der Geodäsie 2023 bietet Arbeitgebern und Studierenden eine einzigartige Möglichkeit, sich in kurzen und effektiven Gesprächen persönlich vorzustellen. Zu Beginn präsentierten die Arbeitgeber ihre Expertisen in kurzen Impulsvorträgen. Ein zuvor bereitgestelltes Kurz-Portfolio der Arbeitgeber gab den Teilnehmenden Einsicht in die verschiedenen Arbeitsbereiche und notwendigen Voraussetzungen für eine Bewerbung. Dies ermöglichte den Studierenden und AbsolventInnen, sich bereits im Vorfeld über die Unternehmen zu informieren und später in den Gesprächen gezielt Fragen zu stellen.

Vernetzung von Arbeitgebern und Studierenden

Ein zentrales Ziel aus Sicht der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik war es, die Vernetzung zwischen Arbeitgebern und Studierenden zu fördern. Dies umfasste sowohl die Studierenden des Bachelor- und Mastersemesters als auch der DoktorandInnen und PhD-Studierenden. Durch das Firmen-Speeddating hatten die Studierenden die Möglichkeit, direkt mit Vertretern verschiedener Unternehmen in Kontakt zu treten und ihre Karrieremöglichkeiten auszuloten. Gleichzeitig bot sich den Unternehmen die Chance, zukünftige Fachkräfte und potenzielle Talente zu entdecken und frühzeitig mit ihnen in Verbindung zu treten.

Verknüpfung von Ausbildung und Arbeitswelt:

Das Firmen-Speeddating dient damit als Plattform, um die Ausbildungsziele und praktischen Anforderungen der Arbeitswelt den Studierenden der Fachrichtung näher zu bringen. Die Studierenden erhalten wertvolle Einblicke in die berufliche Praxis und können den praktischen Bezug zu ihren Fachinhalten besser verstehen. Gleichzeitig hatten die Unternehmen

die Möglichkeit, ihre Erwartungen an potenzielle Mitarbeiter zu kommunizieren und die Studierenden über die vielfältigen Karrieremöglichkeiten in der Geodäsiebranche zu informieren.

Ausbau und Pflege von Netzwerken

Das Firmen-Speeddating bietet darüber hinaus eine ausgezeichnete Gelegenheit, bestehende Netzwerke auszubauen und neue Kontakte zu knüpfen. Sowohl für die Studierenden als auch für die Unternehmen stellt diese Veranstaltung eine wertvolle Möglichkeit dar, ihr berufliches Netzwerk zu erweitern und langfristige Beziehungen aufzubauen.

Gemeinsame Sommerfeier zur weiteren Stärkung der Vernetzung

Anschließend zum Firmen-Speeddating fand im Rahmen der Vernetzungsaktivitäten die gemeinsame Sommerfeier der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik in Kooperation mit dem DVW Landesverband Niedersachsen/Bremen statt. Die entspannte Atmosphäre während der Sommerfeier bot Studierenden, Arbeitgebern und Vertretern von Förderergesellschaft und Fachrichtung eine einzigartige Gelegenheit, sich weiter auszutauschen und ihre neu gewonnenen Kontakte zu vertiefen. Die Veranstaltung stärkt nicht nur das berufliche Networking, sondern fördert auch den persönlichen Austausch zwischen allen Beteiligten.

Fazit

Das Firmen-Speeddating am Tag der Geodäsie 2023 in Hannover war sowohl eine erfolgreiche Veranstaltung für Arbeitgeber und Studierende, als auch ein wichtiger Schritt, um die Vernetzung zwischen Arbeitgebern und Studierenden zu fördern und auszubauen. Die Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover wird zukünftig mit dieser Art von Veranstaltung einen wertvollen Beitrag dazu leisten, die Geodäsiebranche zu stärken und den Studierenden wertvolle Perspektiven für ihre berufliche Zukunft zu eröffnen. Die enge Zusammenarbeit zwischen Universität und Wirtschaft soll auch in Zukunft dazu beitragen, Geodäsie und Geoinformatik als wichtigen Bereich für die Lösung zukünftiger Herausforderungen weiter zu stärken und die Brücke zwischen Ausbildung und Arbeitswelt erfolgreich zu schlagen. Die gemeinsame Sommerfeier bot die Möglichkeit, die neu geknüpften Netzwerke weiter auszubauen und den gegenseitigen Austausch auch hinsichtlich sprachlicher und kultureller Nuancen zu fördern. Diese Veranstaltung unterstreicht die Bedeutung einer engen Kooperation zwischen Bildungseinrichtungen und der Wirtschaft für eine starke und erfolgreiche Geodäsiebranche.

AUFRUF BACHELOR-PREIS 2024 DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Die Förderergesellschaft ruft Studierende der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der LUH, die 2024 erfolgreich den Bachelorabschluss erlangt haben, dazu auf, sich um den Bachelor-Preis 2024 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 2024** 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 2024 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 2023 bis 30. Juni 2024 eingereicht und beurteilt wurde.

Eine allgemeinverständliche, öffentlichkeitswirksame Darstellung (Presseartikel) des betreffenden Forschungsbereichs ist bis zum **30.06.2024** 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 BACHELOR-PREISES 2022



MAREIKE BREKENKAMP, B. SC., TRÄGERIN DES BACHELOR-PREISES 2022

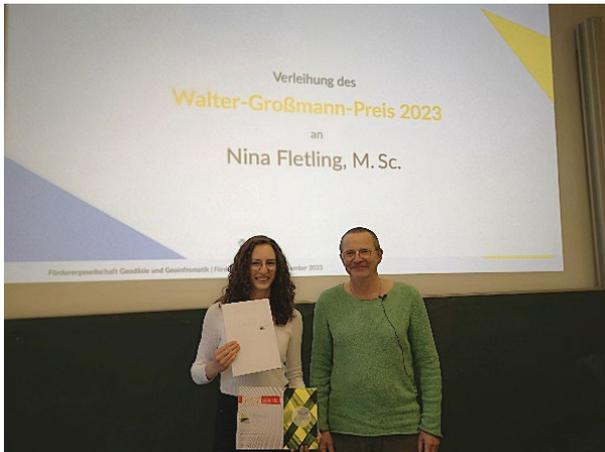
Am 21.11.2023 wurde Frau Mareike Brekenkamp, B.Sc., anlässlich des Geodätischen Kolloquiums mit dem Bachelorpreis 2022 ausgezeichnet. Die Fördergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover würdigt mit dem erstmalig mit 1.000,-€ dotierten Preis sowohl ihre fachlichen Leistungen innerhalb des absolvierten Bachelor-Studiums als auch ihr hohes Engagement für die Allgemeinheit neben dem Studium in besonderer Anerkennung ihrer sozial-kommunikativen Schlüsselkompetenzen.

Die Auszeichnung konnte Frau Brekenkamp aufgrund ihres studienbegleitenden Auslandsaufenthaltes in Spanien erst im November entgegen nehmen.

Der Preis wird seit 2010 jährlich zusammen mit der Leibniz Universitätsgesellschaft e.V. sowie der Nico-Rüpke-Stiftung verliehen.

VERLEIHUNG DES WALTER-GROßMANN-PREISES 2023

Die diesjährige Preisträgerin, Frau Nina Fletling, M. Sc., wurde im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums am 21.11.2023 mit dem Walter-Großmann-Preis geehrt.



JÜRGEN RÜFFER ÜBERREICHT NINA FLETLING DEN MIT 3.000,-€ DOTIERTEN WALTER-GROßMANN-PREIS

Frau Fletling erhielt den mit 3.000,-€ dotierten Preis für ihren exzellenten Studienabschluss und für ihren hervorragend geschriebenen Presseartikel. Dies ist eine Anerkennung der wissenschaftlichen Masterarbeit „**Analyse von GRACE(-FO) Post-Fit Range-Rate-Residuen**“ und der publizistischen Darstellung „**Wie zwei Satelliten den Klimawandel vermessen**“. Der Beitrag wird im Folgenden wiedergegeben.

WIE ZWEI SATELLITEN DEN KLIMAWANDEL VERMESSEN

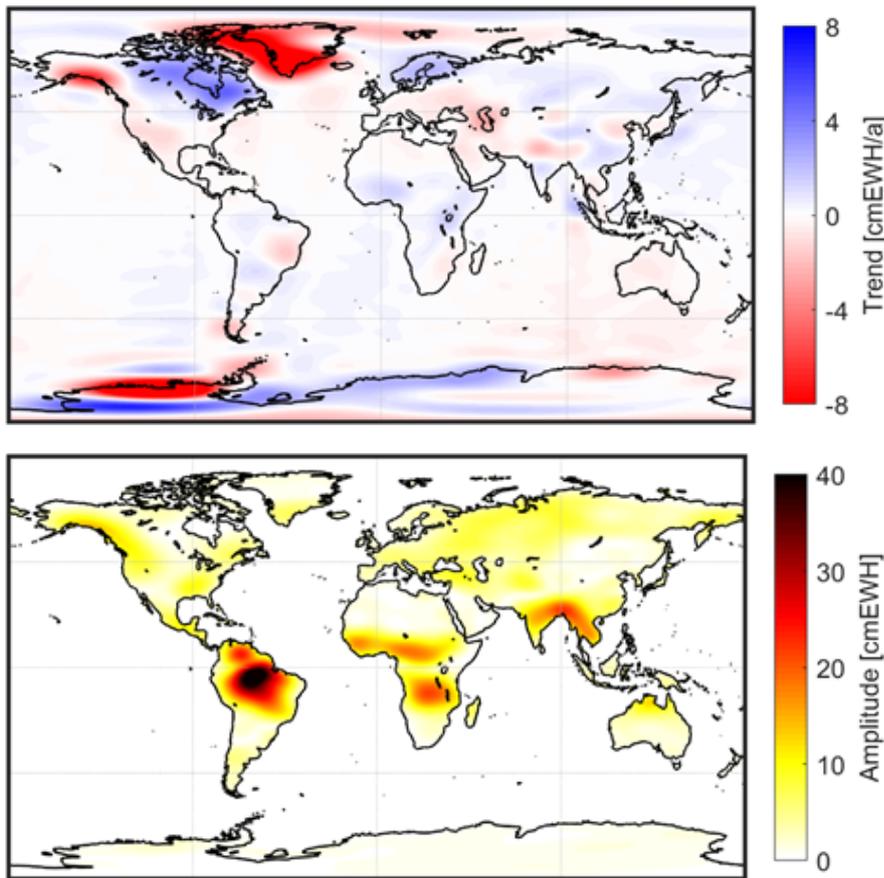
AUTORIN: NINA FLETTLING

Langanhaltende Dürren einerseits, großflächige Überflutungen andererseits sowie eine voranschreitende Eisschmelze von Polkappen und Gletschern – die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich immer deutlicher und das nicht nur räumlich und gedanklich weit entfernt auf anderen Kontinenten. Auch hier vor Ort in Europa nehmen Extremwetterereignisse zu. In den letzten Jahren brach ein Hitzerekord den nächsten und unsere Böden trocknen immer weiter aus, weil zu wenig Niederschlag fällt. Es ist aktueller denn je, diese Veränderungen im Erdsystem, insbesondere derer im globalen Wasserkreislauf, genaustens zu beobachten. Dabei spielen Satelliten eine wichtige Rolle.

Wie Isaac Newton einst feststellte und erstmalig beschrieb: Massen üben eine Gravitation aus und ziehen sich gegenseitig an. So wirkt auf einen Satelliten die Anziehungskraft der Erde, der er sich mit einer entsprechend hohen Geschwindigkeit entgegensetzt. Dadurch bewegt er sich im freien Fall um die Erde herum. Da die Erde keineswegs eine Kugel mit einheitlicher Dichte darstellt, sondern vielmehr etwas abgeplattet ist und eine inhomogene Massenverteilung aufweist, wird ein Satellit entlang seiner Bahn immer wieder abgelenkt und in Abhängigkeit seiner Position unterschiedlich beschleunigt. Dieses Prinzip nutzen die Satellitenmission GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) und ihre Nachfolgemission GRACE Follow On aus, die seit dem Jahr 2002 das Schwerefeld der Erde bestimmen. Eine Mission besteht aus zwei Satelliten, die in einer Höhe von etwa 500 km mit einem Abstand von durchschnittlich 220 km hintereinander herfliegen. Bewegen sie sich auf eine große Masse, zum Beispiel ein Gebirge, zu, erfährt der voraus fliegende Satellit die Gravitation einige Sekunden vor dem folgenden Satelliten. Dadurch vergrößert sich der Satellitenabstand. Zu dem Zeitpunkt, an dem sich das Gebirge zwischen den Satelliten befindet, wird der erste gebremst und der zweite beschleunigt. Dementsprechend verringert sich der Abstand. Ebendieser Abstand zwischen den beiden Satelliten wird kontinuierlich mit Hilfe von Mikrowellen und einem Laser gemessen. Durch Analyse der Abstandsänderungen kann schließlich das Schwerefeld der Erde abgeleitet werden.

Dies gelingt mit einer so hohen Präzision, dass nicht nur das statische Schwerefeld bestimmt werden kann, sondern insbesondere auch seine Veränderungen. Die Satelliten bewegen sich auf einem polaren Orbit, wodurch sie die Pole überfliegen und die Erde in Nord-Süd-Richtung abtasten. Dabei benötigen sie etwa anderthalb Stunden für eine Umrundung. Es dauert jedoch ungefähr einen Monat bis die gesamte Erde ausreichend abgedeckt ist, um eine angemessene räumliche Auflösung des Schwerefeldes zu erreichen. Als Ergebnis liegen somit monatliche Schwerefeldlösungen vor. Die sichtbaren Veränderungen zwischen ihnen bilden alle Massenbewegungen in dem Zeitraum ab. Sie sind die Summe aller Veränderungen der festen Erde sowie im globalen Wasserkreislauf, wobei letzterer sich aus Wasser in der Atmosphäre, den Ozeanen, kontinentalen Wasserspeichern (Seen, Flüssen und Grundwasser) sowie Eisvorkommen zusammensetzt.

Einerseits sind in den Daten periodische Schwankungen erkennbar wie zum



LINEARER TREND (OBEN) UND JÄHRLICHE AMPLITUDE (UNTEN) BERECHNET AUS MONATSLÖSUNGEN DER JAHRE 2002-2020 ANGEGEBEN IN ÄQUIVALENTER WASSERHÖHE

Beispiel der Wechsel von Regen- und Trockenzeiten in den Tropen. Diese starken Zu- und Abnahmen von Wassermassen spiegeln sich deutlich im zeitlich variablen Schwerefeld wider. Andererseits lassen sich aus den Zeitreihen von mittlerweile 21 Jahren langjährige Trends berechnen, um so Regionen mit signifikanten Massenänderungen zu identifizieren. Mit Hilfe der GRACE-Daten konnte erstmalig aufgezeigt werden, wie stark die Eismassenverluste in Grönland und der Antarktis sind und wie groß dementsprechend ihr Beitrag zum Meeresspiegelanstieg ist. Außerdem sind zum Beispiel Massenabnahmen in Kalifornien und dem Nahen Osten zu erkennen, die sich auf einen Rückgang des Grundwassers, unter anderem bedingt durch übermäßige Wasserentnahme für die Landwirtschaft, zurückführen lassen. Aber auch die Dürre der letzten Jahre in Europa ist nachweisbar. Dies sind nur einige Beispiele für großflächige Auswirkungen des Klimawandels, die sich aus den Messergebnissen der Satelliten ableiten lassen. Die Daten sind relevant für die Klimaforschung und fließen in Klimamodelle ein, anhand derer versucht wird, den zukünftigen Verlauf des Klimawandels abzuschätzen.

Aktuell wird in der Forschung weiter daran gearbeitet, die Genauigkeit der Schwerefeldlösungen der letzten 21 Jahre zu erhöhen. Dabei geht es vor allem darum, die in den Messungen auftretenden systematischen Effekte besser zu verstehen und die in die Auswertung einfließenden Modelle zu optimieren. Gleichzeitig werden neue Satellitenmissionen entwickelt, um die Zeitreihen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten fortzusetzen. Dafür wird die Vielzahl an Sensoren, die in den Satelliten benötigt wird, überarbeitet und es wird an neuen Messtechniken geforscht, die in Zukunft die Präzision der Messungen erhöhen sollen. Des Weiteren wird über neue, abgewandelte Konzepte für die Satellitenkonfiguration nachgedacht, die den momentan auftretenden Problemen entgegenwirken sollen. Mit der erkannten Relevanz der Schwerefelddaten für die Beobachtung des Klimas wird der Wunsch nach einer höheren sowohl räumlichen als auch zeitlichen



AUSSCHNITT EINES VIDEOS, WELCHES DIE ERDE MIT WOLKENSTRUKTUREN ZEIGT

Auflösung größer, da so Klimaveränderungen kleinräumiger und möglicherweise auch kurzzeitig auftretende Wetterereignisse untersucht werden könnten.

Die GRACE-Mission und ihre aktuellen und zukünftigen Nachfolger sind mit ihren Messungen der Massenveränderungen im Erdsystem aus der Beobachtung des Klimawandels nicht mehr wegzudenken. Wenn sich die Auswirkungen von Klimaveränderungen in der Zukunft immer deutlicher zeigen werden, werden

voraussichtlich weiterhin zuverlässige und in ihrer Genauigkeit zunehmende Schwerefeldaten zur Verfügung stehen.

AUSLANDSPRAKTIKUM AN DER UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, SPANIEN

BERICHT VON MAREIKE BREKENKAMP (FEBRUAR – JULI 2023)

Während meines Studiums ist mir bewusst geworden, dass ich dieses gerne durch ein Auslandssemester bereichern möchte. Dabei war es mir wichtig, das Auslandssemester in einem Land zu absolvieren, dessen Sprache mir nicht komplett fremd ist. Daher habe ich mich für ein Auslandssemester an der Universität Politècnica de València in Spanien entschieden.

Der Großteil meiner belegten Kurse lief über die Fakultät Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT). Dabei handelte es sich um zwei Kurse, die ich aus dem 1. Mastersemester belegte („GIS Application Development“ und „Geospatial Content Managers and Smart Cities“), sowie einem aus dem 2. Mastersemester („Geovisualisation and 3D Modelling“). Innerhalb der Semester gibt es an der Universität wenig Wahlmöglichkeiten, sodass das dortige Semester quasi als Klassenverband die gleichen Kurse belegt. Somit waren die Kursgrößen in Valencia deutlich größer als sie in Hannover sind.

Die an der ETSIGCT verorteten Kurse sollten entweder english friendly oder komplett auf Englisch sein. Allerdings zeigte sich in den ersten Wochen vor Ort relativ schnell, dass die Professoren nur zu Beginn alles Wichtige auf Englisch zusammenfassten, aber spätestens ab der 3. Woche fanden die Kurse dann auf Spanisch statt. Immerhin wurde der Kurs, der komplett auf Englisch stattfinden sollte, bilingual gehalten. Glücklicherweise waren die spanischen Kommiliton*innen aber immer sehr hilfsbereit, falls wir einmal etwas nicht verstanden haben. Neben den sprachlichen Unterschieden waren die Kurse dort um einiges praxisbezogener als es in Hannover ist. Aber dies war nicht nur für mich neu, sondern auch für meine fünf ERASMUS-Kommiliton*innen, sodass wir uns dort gemeinsam einarbeiteten.

In dem Kurs „GIS Application Development“ lernten wir mit Python Applikationen in ArcGIS sowie QGIS zu entwerfen. In „Geospatial Content

Managers and Smart Cities“ haben wir mit Hilfe einer virtuellen Maschine einen Webserver erstellt, sowie Datenbankanalysen durchgeführt. Der dritte Kurs „Geovisualisation and 3D Modelling“ beinhaltete das Realisieren verschiedener Modellierungs- und Animierungsprojekte mit der Software Blender, wobei es sich um ein Programm zur Erstellung von 3D-Inhalten handelt. Die Kurse waren alle so aufgebaut, dass man während des Semesters jeweils kleinere themenbezogene Prüfungen hatte. Zusammen mit den Abgaben ergab sich dann die Endnote.

Der vierte Kurs, den ich vor Ort noch belegte, war „Application of Augmentation Systems GNSS: SBAS, GBAS and ABAS“. Dieser lief über die Fakultät Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño und war dort Teil des Studienprogramms der Luftfahrtingenieure. In diesem Kurs führten wir Integritätsanalysen anhand von Echt Daten in der Luft und am Boden durch.

Das Ankommen an der Universität in Valencia bzw. allgemein in der Stadt wurde durch ein Mentoringprogramm unterstützt, sodass jede*r ERASMUS-Studierende eine*n Mentor*in an die Seite gestellt bekommen hat, falls er oder sie das wollte. Diese*r sollte nicht nur bei universitären Problemen unterstützen, sondern ggf. auch bei der Wohnungssuche und ähnlichen Angelegenheiten. Glücklicherweise hatte ich meine Wohnung bereits bevor ich anreiste, sodass es bei mir nicht zu derartigen Komplikationen kam.



FALLA: HAUSHOHE SKULPTUR AUS PAPP-MACHÉ UND ÄHNLICHEN MATERIALIEN

An den Wochenenden machte ich häufig Tagesausflüge, um andere Städte in Spanien kennenzulernen. Dabei besuchte ich bspw. Saragossa, Toledo und Alicante. Ein weiteres spannendes Ereignis waren die Fallas. Dies ist ein traditionelles valencianisches Frühlingsfest, welches immer im März stattfindet. Die größten Feierlichkeiten finden in der letzten Woche des Festes statt. In dieser werden die Fallas, wobei es sich um Skulpturen aus Holz und Pappmaché handelt, aufgebaut und am letzten Abend feierlich verbrannt. Außerdem findet ein zweitägiger Blumenumzug statt, bei denen die Valencianer*innen in ihrer traditionellen Kleidung durch die Straßen ziehen. Zusätzlich gibt es in der Zeit sehr viel Feuerwerk

Insgesamt hatte ich eine tolle Zeit in Valencia. Es war interessant eine andere universitäre Lehre zu erfahren und spannend eine neue Kultur kennenzulernen. Ich bedanke mich bei der Förderergesellschaft für die finanzielle Unterstützung meines Auslandsaufenthalts.

ANHANG - PERSONELLES

GEODÄTISCHES INSTITUT

MITARBEITER*INNEN

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

Prof. Dr.-Ing. **Winrich Voß**, Lehrstuhl „Flächen- und Immobilienmanagement“ (bis 30.09.2023)

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

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

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

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

Robin Dankowski, M. A., MWK: Georg-Christoph-Lichtenberg-Stipendiat, Nds. Promotionsprogramm: „Digitale Lebenswelten in Dörfern - Verantwortung und Steuerung der digitalen Transformation“

Alexander Dorndorf, M. Sc.

Dominik Ernst, M. Sc., DFG-GRK i.c.sens: „Unsicherheitsmodellierung von kinematischen Multi-Sensor-Systemen“

Arshia Shisheh Garan, M. Sc.: (bis 30.06.2023)

Frederic Hake, M. Sc., BMDV: Verbundprojekt port_AI – „Ein volldigitaler Zwilling für Hafengebäude unter Nutzung von IoT, 5 G, BIM, AR- und KI-Verfahren zum Aufbau eines smarten Lifecycle-Managements“; Teilvorhaben: „KI-basierte Fusionsstrategien“ – IHATEC

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

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

Johannes Link, B. Eng., Mechatroniklabor und Administration

Dr.-Ing. **Rozhin Moftizadeh**, DFG-GRK i.c.sens: “Integrity Contained Navigation Based on Vehicle Data and Constrained Collaborative Information” (bis zur Promotion am 06.11.2023)

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

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

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

Shahryarinia, Kourosch, M. Sc., (ab 15.04.2023)

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

Mohamad Wahbah, M. Sc., BMDV: Verbundprojekt: „Entwicklung eines robusten Positionierungssystems für autonome Fahrzeuge auf der Grundlage erfasster Umgebungsinformationen und GNSS/IMU-Daten“ – AutoMAP (ab 01.01.2023)

Dipl.-Ing. **Paul Waldstein**, BMDV: Verbundprojekt port_AI – „Ein volldigitaler Zwillings für Hafenanlagen unter Nutzung von IoT, 5 G, BIM, AR- und KI-Verfahren zum Aufbau eines smarten Lifecycle-Managements“; Teilvorhaben: „KI-basierte Fusionsstrategien“ – IHATEC (ab 01.01.2023)

EXTERNE DOKTORANDEN

Marko Brockmeyer, M. Sc., „Modellierung von Bodenbewegungen in Niedersachsen“ (Promotion 25.09.2023)

Dipl.-Ing. **Dirk Dennig**, „Automatisierte Vermessung von Führungs-, Leit- und Fahrschienen im industriellen automatisierten Umfeld“ (Promotion 10.07.2023)

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

Dipl.-Ing. **Jens Hartmann**, „Entwicklung neuer Konzepte für das hochgenaue kinematische terrestrische Laserscanning“ (Promotion 28.02.2023)

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

FWJ – FREIWILLIGES WISSENSCHAFTLICHES JAHR

Ylvie Müller, Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEEN

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

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

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

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

Mitglied in der Abteilung Ingenieurgeodäsie der DGK

Vorstandsmitglied im ASBau „Akkreditierungsverbundes für Studiengänge des Bauwesens“

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

Leiter des DVW – AK 4 „Ingenieurgeodäsie und Messtechnik“

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

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

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

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

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

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

Vogel, S.: Mitglied im DVW – AK 8 “ Mobile und autonome Sensorsysteme”

Mitglied des DVW - Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement e.V.

Mitglied der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik an der Leibniz Universität Hannover

Mitglied des Vorstandes des Landesverbandes Niedersachsen des VDV

Voß, W.: Ordentliches Mitglied des Ausschusses Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK); seit 01.10.2023 entpflichtetes Mitglied

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 Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL), Leibniz-Forum für Raumwissenschaften

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

Mitglied im Editorial Board der ZfV, Bereich Landmanagement

Mitglied der Europäischen Akademie für Bodenordnung /

European Academy of Land Use and Development (EALD)

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

Ehrenamtlicher Gutachter des Oberen Gutachterausschusses für

Grundstückswerte in Niedersachsen und des Gutachterausschusses

Hameln-Hannover

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

MITARBEITER*INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. **Jürgen Müller**, Erdmessung, Geschäftsführender Leiter

Prof. Dr.-Ing. **Jakob Flury**, Präzisionsgeodäsie auf der Erde und im Weltraum

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

Prof. Dr.-Ing. **Matthias Weigelt**, Exzellenzcluster QF: Geschäftsführung; ab November 2023 am DLR-SI, Professor für Satellitengeodäsie und Geodätische Modellierung

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

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

Dr.-Ing. **Liliane Biskupek**, Exzellenzcluster QF: Lunar Laser Ranging, relativistische Geodäsie

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

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

Yannick Brevé, 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

Arpetha Chikkamavathur Sreekantaiah, M.Sc., SpaceQNav (seit November 2023)

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

Mathias Duwe, M.Sc., Sensordatenfusion und Erdschwerefeld

Sahar Ebadi, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt C04: GRACE-FO verbesserte Modellierung

Ahmed Elmaghraby, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt A05: GNSS-Charakterisierung und Zeitvergleich

Nina Fletling, M.Sc., EU Projekt CARIOQA-PMP quanten-basierte Satellitengravimetrie

Britta Frankel, M. A., Sekretariat SFB TerraQ

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

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

Lucy Icking, M.Sc., DFG-GRK i.c.sens: Kollaborative Navigation, Navigation in städtischen Bereichen (bis Februar 2023)

Britta Kamp, Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr (FWJ, Trägerschaft MHH), Gravimetrie (seit September 2023)

Ali KarimiDoona, M.Sc., DAAD-Stipendiat im DFG-GRK i.c.sens: Integre kinematische Positionsbestimmung

Dr.-Ing. **Tobias Kersten**, Kinematischer Teststand Navigation, BMWK/DLR: Quantum Optics Inertial Sensors Research QGyro/QGyro+, GNSS-Antennenkalibrierung

Dr.-Ing. **Annike Knabe**, Schwerefeldbestimmung mit Satelliten

Igor Koch, M.Sc., Zeitvariables Schwerefeld, COST-G

Dr.-Ing. **Thomas Krawinkel**, BMWK/DLR: GNSS und Uhren

Johannes Kröger, M.Sc., Positionierung und Navigation, GNSS-Antennenkalibrierung

Dennis Kulemann, M.Sc., BMWK/DLR: GNSS und Uhren, Positionierung und Navigation

Alexey Kupriyanov, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt B01, Simulation optischer Akzelerometrie und Gradiometrie

Qianwen Lin, M.Sc., BMWK/DLR: GNSS und Uhren, Positionierung und Navigation

Klarissa Lachmann, M.Sc., DFG FOR Time, Höhenübertragung via Zeitvergleich (seit August 2023)

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

Thomas Maschke, B. Eng., Technik

Bärbel Miek, Sekretariat

Dennis Mußnug, M.Sc., wiss. Hilfskraft in PosNav (seit April 2023)

Firat Örü, Sekretariat

Dr. **Mohsen Romeshkani**, DLR Q-BAGS und QUANTGRAV, quantenbasierte Satellitengravimetrie

Fabian Ruwisch, M.Sc., Positionierung und Navigation, BMWK/DLR: GNSS Multipath Modellierung

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

Dr.-Ing. **Manuel Schilling**, DLR-SI: Klassische und atom-interferometrische Gravimetrie

Dr.-Ing. **Akbar Shabanloui**, Exzellencluster QF: Schwerefeldbeobachtung mit Uhren in Satelliten

Dr.-Ing. **Vishwa Vijay Singh**, M.Sc., DLR-SI, F&E: Lunar Laser Ranging (bis Juni 2023)

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

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

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

Raúl Villanueva, M.Sc., Geschäftsführung SFB TerraQ (seit August 2023)

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. **Mona Weyrauch**, Geschäftsführung SFB TerraQ (bis Juli 2023)

Dr.-Ing. **Mingyue Zhang**, Exzellenzcluster QF und SFB TerraQ: Lunar Laser Ranging, Uhren auf dem Mond

GÄSTE

Prof. **Yoshi Tanaka**, Uni Tokio, Japan (Mai 2023)
 Prof. **Sergei Kopeikin**, Uni Missouri, USA (Juni 2023)
 Prof. **LiTa Hsu**, Dr. G. Zhang, Dr. W. Wang, Hongkong (Dezember 2022)
 Prof. **Bahadur**, Ankara (Juli 2023 – April 2024)
 Prof. **L. Jaulin**, Ensta Bretagne Brest (21. – 23.08.2023)
 Dr. **Mohsen Feizi** (KN Toosi U Teheran, seit Okt 2022)

EHRUNGEN

Nina Fletling, M. Sc. erhielt den Habert-Buchpreis des DVW e.V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Land Management als beste Absolventin des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformatik des Jahres 2022. Verliehen wurde der Preis im Rahmen des kleinen Geodätentages des Landesverbandes DVW Niedersachsen/Bremen e.V. am 08.12.2023 in Goslar.

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

Biskupek, L.: Mitglied der IAG Sub-Commission 1.4 joint with IAU Commission A2 and IERS Joint Working Group on Consistent realization of TRF, CRF, and EOP
 Mitglied des International Laser Ranging Service (ILRS) Analysis Standing Committee and Lunar Analysis Center
 Mitglied der GGOS Focus Area „AI for Earth Orientation Parameter Prediction,“
Denker, H.: Associate Editor, Geodetic Theory & Applications, Marine Geodesy (seit 01.01.2008)
 International Association of Geodesy (IAG) Fellow
 Chair IAG Sub-Commission SC2.4a “Gravity and Geoid in Europe” (bis Juli 2023)
 Member IAG Sub-Commission SC2.4 “Regional Geoid Determination” Steering Committee (bis Juli 2023)
 Advisor IAG “International Service for the Geoid (ISG)” (bis Juli 2023)
 Member IAG Joint Study Group JSG T.26: Geoid/Quasi-Geoid Modelling for Realization of the Geopotential Height Datum (bis Juli 2023)
 Member IAG Joint Working Group JWG 0.1.3: Implementation of the International Height Reference Frame (IHRF) (bis Juli 2023)
Flury, J: Mitglied der DGK (Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften)
 Sprecher der DGK Sektion Lehre
 Chair der IAG QuGe Working Group 3 “Relativistic Geodesy with Clocks”
 Mitglied des Advisory Boards des ESA Swarm Data, Innovation and Science Cluster (DISC)
 Combination Service for Time-Variable Gravity Fields, Vorstandsmitglied

Kersten, T.: Chair IAG ICCG Joint Working Group JWG C.6: GNSS mass-market devices in climate and environmental sensing (seit Dez. 2023)

Co-Chair der IGS Antenna Working Group (seit Dez. 2023)

Kröger, J.: Mitglied des DVW-AK 4

Müller, J.: Sprecher des SFB 1464 TerraQ (Relativistic and quantum-based geodesy) an der Leibniz Universität Hannover - Start 1.1.2021

Ordentliches Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

Ordentliches Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, von 01.01.2012 bis 31.12.2017 deren Vorsitzender

Mitglied der DGK (Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften) sowie in der Abteilung „Erdmessung“, 2015 - 2022 deren Vorsitzender

Mitglied im DVW-Vorstand (seit 1.1.2011)

IAG-Vertreter im Nationalen Komitee für Geodäsie und Geophysik (NKG), seit Dezember 2011 NKG-Vorsitzender, und Vertreter Deutschlands in der IAG und in der IUGG

IAG Fellow seit 2019

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

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

AUSLANDSAUFENTHALTE

M.Sc. Jingyao Su forschte vom 22. Mai bis zum 14 Juli 2023 an der Virginia Tech in Blacksburg, Virginia, USA

M.Sc. Jingyao Su besuchte das Assured Vehicle Autonomy Lab (AVA) an der Virginia Tech in Blacksburg, Virginia, USA. In Zusammenarbeit mit Dr. Mathieu Joerger untersuchte er während des Forschungsaufenthalts den intervallbasierten Detektor und Schätzer für die GNSS-Integrität. Bei linearen Schätzern, wie dem kleinste-Quadrate-Schätzer, erzeugen Intervalllösungen prädiktive Fehlergrenzen, die durch Zonotopen dargestellt werden. Bei der mengenbasierten Erkennung kann die Mengenlehre als Erkennungskriterium verwendet werden, was die Notwendigkeit einer Schwellenwertbestimmung verringern kann. Die intervallbasierte Methode wird dann mit klassischen Ansätzen wie der residuenbasierten Methode (residual-based, RB) oder der Methode der Lösungstrennung (solution separation, SS) zur Fehlererkennung in Bezug auf Kontinuität, Integrität und Verfügbarkeit verglichen. Diese Bewertungen dienen als Grundlage für die weitere Entwicklung effizienter Schätzer und Integritätsüberwachungen.

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 (bis 30.9.2023 – jetzt Universität Glasgow)

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

Heike Bank, Sekretariat (ab 01.10.2023)

Steffen Busch, M.Sc., dynamische kooperative Karten, NFDI4Earth – Koordination Incubator Projekte (DFG)

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) (bis 31.03.2023)

Jens Golze, M.Sc., Trajektorienanalyse

Yousif Hashisho, M.Sc., Prediction of behavior of objects and phenomena and their storage in maps (i.c.sens) (bis 31.05.2023)

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

Christian Koetsier, M.Sc., Mobiler Mensch (MWK Mobilise/ Zukunftslabor Mobilität) (bis 15.9.2023)

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) (bis 15.12.2023)

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, bis 15.12.2023 – jetzt Universität Glasgow)

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

Elkanah Magembe Nyabuto, M.Sc., Spatiotemporal Uncertainty Modelling (DFG, bis 30.9.2023 – jetzt Universität Glasgow)

Florian Politz, M.Sc., automatische Klassifizierung und Änderungsdetektion von LiDAR-daten mit Deep Learning (Landesvermessungen Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern) bis 30.3.2023

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

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

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

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

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

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

Yiming Xu, M.Sc., Prediction of behavior of objects and phenomena and their storage in maps (DFG-i.c.sens, seit 15.9.2023)

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 (bis 31.1.2023)

EXTERNE DOKTORANDEN

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

Franz Harke, M.Sc., Spatial autoregressive models

GÄSTE

Prof. **Mohammad Reza Malek**, Khaje Nasir Toosi Technische Universität, Iran, Erasmus+ (18.07.2023-28.07.2023)

Prof. **Taleai Mohammad**, Khaje Nasir Toosi Technische Universität, Iran, Erasmus+ (20.07.2023-30.07.2023)

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 Photogrammetrie und Fernerkundung (DGPF)

Mitglied des Senats der Leibniz Universität Hannover

Vorsitzende der DFG-Senatskommission für Erdsystemforschung

Mitglied des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft

Mitglied im Editorial Board des International Journals of Geographic Information Science - IJGIS

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. Yunshuang Yuan forschte vom 15.01.2023 bis zum 14.03.2023 an der UCLA Mobility Lab in USA.

In Zusammenarbeit mit Dr. JiaQi Ma und sein Team wurde eine umfangreiche V2X-Echtzeitdatensammlungskampagne durchgeführt. Dieses Projekt zielt darauf ab, das Konzept von V2X umzusetzen. Es sammelt Daten mit den Sensoren an einer stark befahrenen Kreuzung und zwei sich bewegenden Fahrzeugen. Die Kreuzung ist mit zwei Paaren von Stereokameras und zwei Ouster LiDARs ausgestattet, die an den Verkehrssignalpfosten angebracht sind. Jedes sich bewegende Fahrzeug ist mit vier Stereokameras, einem Robosense LiDAR, einer GNSS-Antenne und einem RTK-Empfänger ausgestattet. Durch sorgfältige Routenplanung der Fahrzeuge deckt dieses Datenset verschiedene anspruchsvolle Szenarien ab, einschließlich der Kommunikation von Fahrzeug zu Infrastruktur und von Fahrzeug zu Fahrzeug an der Kreuzung mit oder ohne Okklusionsprobleme sowie der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation auf kurvigen Straßen mit steilen Abhängen.

EHRUNGEN



M.Sc. Olga Shkedova erhielt für ihren Studienabschluss den Sonderpreis für die beste internationale Studierende des Studiengangs "Geodäsie und Geoinformatik". Stifter ist Prof. Rizkallah, ein ehemaliger Universitätsprofessor für Bauingenieurwesen unserer Universität, der aus Ägypten stammt. Mit dem Preis sollen nach dem Willen von Prof. Rizkallah Studierende geehrt werden, die trotz der

manchmal schwierigen Umstände, die ein internationaler Hintergrund neben den viel diskutierten Vorteilen mit sich bringen kann, ihr Studium erfolgreich und mit sehr guten Leistungen abgeschlossen haben. Der Preis wurde am 6.6.2023 von dem Stiftungsvorsitzenden Prof. Ludger Lohaus im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums an Frau Olga Shkedova verliehen. Sie erhielt den Preis für ihre herausragenden Leistungen im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik.



M.Sc. Tim Schimansky erhielt am 20. Oktober 2023 für seine Masterarbeit zum Thema Entwicklung einer modularen Sensorplattform zur mobilen Erfassung von Fahrzeugbegegnungen, den Preis der Victor Rizkallah-Stiftung. Weiterhin wurde er – zusammen weiteren GuG-Absolventen Klarissa Lachmann und Finn Boie – für sein großes Engagement in der Fachschaft geehrt anlässlich der Absolventenfeier der Fakultät statt.



B.Sc. **Anna Malinovskaya** erhielt am 12. Dezember 2023 den Preis der Christian-Kuhlemann-Stiftung.

Mit dieser Auszeichnung wurde ihr besonders bemerkenswerter Werdegang gewürdigt: den direkten Einstieg in die Promotion nach dem Bachelor, die erfolgreiche Absolvierung der promotionsbegleitenden Lehrveranstaltungen, ihre Veröffentlichungen, ihre Unterstützung jüngerer, an MINT-Fächern interessierter Studenten und die Bereicherung des

Instituts durch Ihr Wissen und Ihre Motivation.

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

MITARBEITER*INNEN

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

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

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

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

Rasho Ali, M.Sc., Pedestrian tracking

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

Dr.-Ing. **Mareike Dorozynski**, Convolutional Neural Networks

Sara El Amrani Abouelassad, 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

M. Sulaiman Fayez Hotaki, M.Sc., Radarinterferometrie

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

Kanyamahanga, Hubert, M.Sc., Multitemporale Klassifikation von Bildern unterschiedlicher Auflösung mittels Deep Learning (seit 01.01.2023)

Amadeus Langer, M.Sc., Systemadministration

Dr.-Ing. **Max Mehlretter**, Kombination von Multiview Stereo und Semantik

Maximilian Meyer, M.Sc., Photogrammetrische Beobachtung von Betonmischprozessen (seit 01.06.2023)

Dinh Tuan Nguyen, M.Sc., 3D Szenenrekonstruktion

Andreas Piter, M.Sc., Monitoring von Verkehrsinfrastruktur mittels Radarinterferometrie

Anne Ponick, M.Sc., Photogrammetrische Beobachtung von Betonmischprozessen (bis 30.04.2023)

Annette Radtke, Sekretariat ISPRS

Ritushree Dibakar Kamalini, M.Sc., (01.02.2023 bis 30.11.2023)

Claudia Sander, Sekretariat

Jojene Santillan, M.Sc.; Urbanization dynamics and land use efficiency (seit 01.05.2023)

Dr.-Ing. **Artuom Sledz**, Thermalauswertung für Fernwärmenetze (bis 31.05.2023)

Philipp Trusheim, M.Sc., 3D Punktbestimmung in dynamischen Netzen

Imeime Uyo, M.Sc., Deformation mappig of oil fields, (seit 01.09.2023)

Mirjana Voelsen, M.Sc., Aktualisierung topographischer Datenbanken mit Fernerkundungsdaten

Dr.-Ing. **Manfred Wiggenhagen**, Nahbereichsphotogrammetrie

Dr.-Ing. **Dennis Wittich**, Deep Learning (bis 30.06.2023)

EXTERNE DOKTORANDEN

Zelong Guo, M.Sc., Satellite radar remote sensing for tectonic processes (GFZ)

Dibakar Kamalini Ritushree, M.Sc., Flood analysis with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) and deep learning (GFZ)

Magdalena Stefanova, M.Sc., Interferometrie (GFZ)

Wandi Wang, M.Sc., SAR data for landslide analysis (GFZ)

GÄSTE

Berk Anbaroglu, Mustafa Turker, Hacettepe University, Türkei, Mai 2023, Digitale Photogrammetrie

Ekaterine Bochorishvili, B.Sc., Univ. di Roma La Sapienza, April – September 2023, Satellite imagery for forest monitoring

Rangoli Goel, B.Sc., IIT Roorkee, Sept. 2022 – März 2023, Radarinterferometrie

Victoriia Hnatushenko, Prof., Ukrainian State University of Science and Technology, seit Mai 2022, Bildanalyse für Forstanwendungen

Dr. Armin Moghimi, K.N.Toosi University, Teheran, März 2022 – Jan. 2023, Radiometric alignment of remote sensing images

Dr. rer.nat Mona Morsy, seit Dezember 2022, Fernerkundung und Geologie

Mabel Ortega, M.Sc., PUC Rio de Janeiro, Oktober 2022 – September 2024, Adversarial domain adaptation

Fatemeh Saba, M.Sc., K.N.Toosi University, Teheran, April 2022 – Juli 2023, Spatio-temporal modeling of vegetation using remote sensing data

Umut Günes Sefercik, Mertcan Nazar, Ilyas Aydin, Gebze Technical University, Türkei, und **Can Atalay**, Zonguldak University, Türkei, Mai 2023, Bildorientierung, 3D Rekonstruktion und Klassifikation von uav-Aufnahmen

Dr. Maryam Teimouri, K.N.Toosi University, Teheran, seit April 2021, Crop monitoring from Sentinel images using deep learning

Yan Yang, B.Sc., University of Geosciences and China Geological Survey, Juli 2023-Juni 2024, Landslide monitoring

GK Kaichelvan, B.Sc., Indian Institute of Technology Bombay, Sept. 2023-March 2024, Deep learning for feature extraction in built-up areas

Rahul Raj, B.Sc., Indian Institute of Technology Roorkee, Sept. 2023-March 2024, Georeferencing of UAV images

EHRUNGEN

Prof. **Viktoriia Hnatushenko**, Ukrainian University of Science and Technology, Dnipro und derzeit Stipendiatin der Philipp Schwartz Initiative, Alexander von Humboldt-Stiftung, am IPI, hat für ihren auf der 43. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) in München im März 2023 präsentierten Beitrag

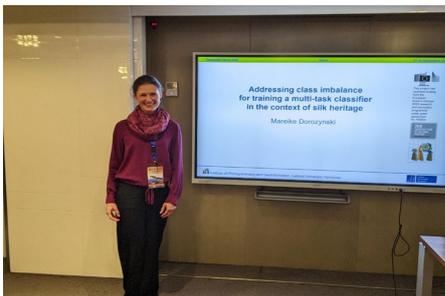


„Detection of Forest Fire Consequences on Satellite Images using a Neural Network“ den gemeinsam von DGPF und Nico Rüpke Stiftung, Hamburg, gestifteten Fernerkundungspreis verliehen bekommen.

Mirjana Voelsen, M.Sc. (2. von rechts im Bild), erhielt im September 2023 für ihren bei der ISPRS Geospatial Week in Kairo eingereichten Beitrag „Transformer mModels for multi temporal landcover classification using remote sensing images“ den **Best Paper Award** des Workshops Semantics3D. Koautoren des Beitrags sind Simon Lauble, Franz Rottensteiner und Christian Heipke.



Dr.-Ing. **Mareike Dorozynski**, (im Bild) erhielt im September 2023 für die Präsentation ihres bei der ISPRS Geospatial Week in Kairo eingereichten Beitrags "Addressing class imbalance for training a multi-task classifier in the context of silk heritage" den Best Presentation Award des Workshops Cultural Heritage.



Darüber hinaus wurde sie in das Caronline Herschel Programm der Leibniz Universität Hannover aufgenommen. Das Programm fördert Nachwuchswissenschaftlerinnen in den Bereichen, in denen sie unterrepräsentiert sind (hier: Habilitationsförderung).

Dr.-Ing. **Dennis Wittich** erhielt am 20. Oktober 2023 für seine im Juni 2023 abgeschlossene Dissertation zum Thema „Deep domain adaptation for the



pixel-wise classification of aerial and satellite images“, 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 (rechts) und dem Betreuer der Arbeit apl. Prof. Rottensteiner (links) zu sehen.

Die IAA - International Academy of Astronautics, Paris, hat das 2022 bei Whittlers Publishing erschienene Fachbuch „High resolution optical satellite imagery, 2nd ed.“ am 14.10.2023 mit dem IAA Engineering Sciences Book Award ausgezeichnet. Die Autoren des Buches sind Prof. Ian Dowman (UCL), **Dr. Karsten Jacoben** und **Prof. Gottfried Konecny (beide IPI)** sowie Dr. Rainer Sandau (DLR).

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

Heipke, C.: Past President der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS)

Ordentliches Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Ordentliches Mitglied der Braunschweiger Wissenschaftlichen Gesellschaft, Vorsitzender der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech)

Mitglied der International Academy of Astronautics

Mitglied der Europäischen Akademie der Wissenschaften und Künste

Mitglied des Redaktionsbeirates der Zeitschrift Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation

Departmental Academic Advisor, Dep. of Land Surveying and Geoinformatics, The Hong Kong Polytechnic University

Motagh, M.: Mitglied der Redaktionsleitung der Zeitschriften *Journal of Geodynamics*, *Engineering Geology*, *Journal of Photogrammetry*, *Remote Sensing and Geoinformation Science*, und *Remote Sensing of Environment*

Mitglied des UNESCO Land Subsidence International Initiative LaSII

Rottensteiner, F.: Stellvertretender Vorsitzender der Arbeitsgruppe II-3 „3D Scene Reconstruction for Modeling & Mapping“ der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS)

AUSLANDSAUFENTHALTE

Franz Rottensteiner hielt vom 27.11. - 7.12.2023 als Gastprofessor der Universität von Pavia (Italien) eine Vorlesung zum Thema „Machine Learning for Remote Sensing Applications“.

PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

GEODÄTISCHES INSTITUT

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Aghayari, S., Hadavand, A., Mohamadnezhad Niazi, S., & Omidalzarandi, M. (2023). Building Detection from Aerial Imagery using Inception Resnet UNET and UNET Models. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(4/W1-2022), 9-17. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-9-2023>
- Ansah, B. O., Voss, W., Asiama, K. O., & Wuni, I. Y. (2023). 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>
- Axmann, J., Moftizadeh, R., Su, J., Tennstedt, B., Zou, Q., Yuan, Y., Ernst, D., Alkhatib, H., Brenner, C., & Schon, S. (2023). LUCOOP: Leibniz University Cooperative Perception and Urban Navigation Dataset. in *IV 2023 - IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings (IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings; Band 2023-June)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.. <https://doi.org/10.1109/IV55152.2023.10186693>
- Dorndorf, A., Kargoll, B., Paffenholz, J-A., & Alkhatib, H. (2023). Bayesian Robust Multivariate Time Series Analysis in Nonlinear Regression Models with Vector Autoregressive and t-Distributed Errors. in *International Association of Geodesy Symposia (S. 1-7)*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/1345_2023_210
- Ernst, D., Vogel, S., Alkhatib, H., & Neumann, I. (2023). Monte Carlo variance propagation for the uncertainty modeling of a kinematic LiDAR-based multi-sensor system. *Journal of Applied Geodesy*, 2023, 1-16. <https://doi.org/10.1515/jag-2022-0033>
- Ernst, D., Vogel, S., Neumann, I., & Alkhatib, H. (2023). Error State Kalman Filter with Implicit Measurement Equations for Position Tracking of a Multi-Sensor System with IMU and LiDAR. in *2023 13th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)* <https://doi.org/10.1109/IPIN57070.2023.10332480>
- Hake, F., Lippmann, P., Alkhatib, H., Oettel, V., & Neumann, I. (2023). Automated damage detection for port structures using machine learning algorithms in heightfields. *Applied Geomatics*, 15(2), 349–357. <https://doi.org/10.1007/s12518-023-00493-z>
- Hake, F., Scherff, M., Neumann, I., & Alkhatib, H. (2023). Using Semantic Segmentation for the Damage Detection of Port and Marine Infrastructures. in A. Wieser (Hrsg.), *Ingenieurvermessung 23: Beiträge zum 20. Internationalen Ingenieurvermessungskurs Zürich, 2023 (S. 93 - 106)*. Wichmann, VDE. <https://doi.org/10.15488/14198>
- Hartmann, J. M., Heiken, M. L., Alkhatib, H., & Neumann, I. (2023). Automatic quality assessment of terrestrial laser scans. *Journal of Applied Geodesy*, 17(4), 333-353. <https://doi.org/10.1515/jag-2022-0030>
- Hartmann, J. M., & Alkhatib, H. (2023). Uncertainty Modelling of Laser Scanning Point Clouds Using Machine-Learning Methods. *Remote Sensing*, 15(9), [2349]. <https://doi.org/10.3390/rs15092349>
- Majidi, S., Omidalzarandi, M., & Sharifi, M. A. (2023). Intelligent 3D Crack Reconstruction using Close Range Photogrammetry Imagery. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(4/W1-2022), 443-450. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-443-2023>
- Naimaee, R., Saadatseresht, M., & Omidalzarandi, M. (2023). Automatic Extraction of Ground Control Points from 3D LIDAR Mobile Mapping and UAV Imagery for Aerial Triangulation. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(4/W1-2022), 581-588. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-581-2023>
- Omidalzarandi, M., Mohammadivojdan, B., Alkhatib, H., Paffenholz, J-A., & Neumann, I. (2023). On the quality checking of persistent scatterer interferometry data by spatial-temporal modelling. *Journal of Applied Geodesy*, 17(2), 119-131. <https://doi.org/10.1515/jag-2022-0043>
- Omidalzarandi, M., Mohammadivojdan, B., Alkhatib, H., Paffenholz, J-A., & Neumann, I. (2023). On the Quality Checking of Persistent Scatterer Interferometry by spatial-temporal modelling. *Journal of Applied Geodesy*, 17(2), 119-131. <https://doi.org/10.1515/jag-2022-0043>

Scherff, M., Hake, F., & Alkhatib, H. (2023). Adaption of deeplab V3+ for damage detection on port infrastructure imagery. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(1), 301 - 308. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-301-2023>

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

Majidi, S., Omidalizarandi, M., & Sharifi, M. A. (Angenommen/Im Druck). The Effect of Image Quality on Crack Detection of Civil Structures: تاثیر کیفیت تصویر در شناسایی ترک سازه. *Beitrag in 27th Conference on Surveying and Spatial Information (Geomatics 1402)*, Tehran, Iran.

Moftizadeh, R., Li, W., Alkhatib, H., & Kealy, A. (2023). Information-Based and Cooperative Positioning of Multi-Sensor-Systems by Extended Kalman Particle Filter. *International Association of Geodesy (IAG), Commission 4 Symposium, Potsdam, Deutschland*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7528668>

Neumann, I. (2023). Geomonitoring: Eine Kernkompetenz der Geodäsie. *AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 130(5), 145.

Omidalizarandi, M., Mohammadivojdan, B., Alkhatib, H., Paffenholz, J-A., & Neumann, I. (2023). A quality model of open-source Sentinel-1 SAR data by temporal and spatial modelling. *GeoMonitoring 2023, Hannover, Niedersachsen, Deutschland*.

Omidalizarandi, M., Kargoll, B., & Alkhatib, H. (2023). Adjustment of Gauss-Helmert Models with Gaussian Errors and Data Gaps. *Postersitzung präsentiert bei ITISE 2023, Gran Canaria, Spanien*.

Razaghmanesh, A., Saadatseresht, M., & Omidalizarandi, M. (Angenommen/Im Druck). Evaluation of 3D Object Reconstruction by Neural Reflection Fields (NeRF): ارزیابی بازسازی سه بعدی اجسام به روش میدانهای عصبی. *Beitrag in 27th Conference on Surveying and Spatial Information (Geomatics 1402)*, Tehran, Iran.

Vogel, S., van der Linde, M., & Hake, F. (2023). Development and Validation of an External GPS Time Synchronization for Robotic Total Station Control. in A. Wieser (Hrsg.), *Ingenieurvermessung 23: Beiträge zum 20. Internationalen Ingenieurvermessungskurs Zürich, 2023* (S. 181 - 194). Wichmann, VDE. <https://doi.org/10.15488/14199>

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Atabati, A., Jazireeyan, I., Alizadeh, M., Pirooznia, M., Flury, J., Schuh, H. and Soja, B., 2023. Analyzing the Ionospheric Irregularities Caused by the September 2017 Geomagnetic Storm Using Ground-Based GNSS, Swarm, and FORMOSAT-3/COSMIC Data near the Equatorial Ionization Anomaly in East Africa. *Remote Sensing*, 15(24), p.5762, <https://doi.org/10.3390/rs15245762>
- Baasch, K., Icking, L., Ruwisch, F. & Schön, S. (2023). Coordinate Frames and Transformations in GNSS Ray-Tracing for Autonomous Driving in Urban Areas. *Remote Sensing*, 15(1):180. <https://doi.org/10.3390/rs15010180>
- Biskupek, L., Singh, V. V., & Müller, J. (2023). Estimation of Earth Rotation Parameter UT1 from Lunar Laser Ranging Observations. in J. T. Freymueller, & L. Sánchez (Hrsg.), *Geodesy for a sustainable Earth. International Association of Geodesy Symposia; Band 154*, S. 259-265. https://doi.org/10.1007/1345_2022_178
- Breva, Y., Kröger, J., Kersten, T., & Schön, S. (2023). Estimation and Validation of Codephase Center Correction using the Empirical Mode Decomposition. in J. T. Freymueller, & L. Sánchez (Hrsg.), *Geodesy for a Sustainable Earth: Proceedings of the 2021 Scientific Assembly of the International Association of Geodesy, Beijing, China, June 28 - July 2, 2021 (S. 333 - 343; Band 154)*. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/1345_2022_159
- Breva, Y., Kröger, J., Kersten, T., & Schön, S. (2023). On the Impact of GNSS Receiver Settings on the Estimation of Codephase Center Corrections. in J. T. Freymueller (Hrsg.), *International Association of Geodesy Symposia*, Springer Nature. https://doi.org/10.1007/1345_2023_206
- Feizi, M., Raoofian Naeeni, M., & Flury, J. (2023). Antarctic Time-Variable Regional Gravity Field Model Derived from Satellite Line-of-Sight Gravity Differences and Spherical Cap Harmonic Analysis. *Remote sensing*, 15(11), [2815]. <https://doi.org/10.3390/rs15112815>
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Benefit of enhanced electrostatic and optical accelerometry for future gravimetry missions, *Advances in Space Research, Special issue, Advanced Methods for Geodesy, Metrology, Navigation and Fundamental Physics*, doi: 10.1016/j.asr.2023.12.067
- Mu, Q., Müller, J., Wu, H., Knabe, A., Zhong, M. (2023). Satellite gradiometry based on a new generation of accelerometers and its potential contribution to Earth gravity field determination. *Advances in Space Research*. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.08.023>
- O'Connor, M., Kersten, T., Skupin, C., Ruwisch, F., Ren, L., Wübbena, T., Schön, S. (2023). Low-latency GNSS multipath simulation and building wall detection in urban environments. *SIMULATION*, 0(0), 1 - 19. <https://doi.org/10.1177/00375497221145601>
- Sánchez, L., Wziontek, H., Wang, Y.M., Vergos, G., Timmen, L. (2023): Towards an integrated global geodetic reference frame: preface to the special issue on reference systems in physical geodesy. *J Geod* 97, 59 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00190-023-01758-6>
- Ruwisch, F. & Schön, S. (2023, Angenommen/Im Druck), GNSS Feature Map Aided RTK Positioning in Urban Trenches. 26th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems: iLoc – High-integrity Localization for Automated Vehicles.
- Tennstedt, B., Rajagopalan, A., Weddig, N.B., Abend, S., Schön, S., Rasel, E.M. (2023), Atom Strapdown: Toward integrated quantum inertial navigation systems. *NAVIGATION: Journal of the Institute of Navigation* December 2023, 70 (4) navi.604; DOI: <https://doi.org/10.33012/navi.604>
- Singh, V.V., Müller, J., Biskupek, L., Hackmann, E., Lämmerzahl, C. (2023). Equivalence of Active and Passive Gravitational Mass Tested with Lunar Laser Ranging. *Physical Review Letters*, 131, 021401. DOI: 10.1103/PhysRevLett.131.021401
- Shabanloui, A., Wu, H., Müller, J. (2023): Estimation of Temporal Variations in the Earth's Gravity Field Using Novel Optical Clocks Onboard of Low Earth Orbiters. In: *International Association of Geodesy Symposia*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/1345_2023_220
- Su, J., Schön, S., Joerger, M. (2023): Towards a set-based detector for GNSS integrity monitoring. In *2023 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)* (pp. 421-429). (IEEE/ION Position Location and Navigation Symposium). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PLANS53410.2023.10139987>

- Vincent, A., Müller, J. (2023): Detection of time variable gravity signals using terrestrial clock networks. *Advances in Space Research*, online. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.07.058>
- Voigt, C., Sulzbach, R., Timmen, L., Dobsław, H., Weise, A., Deng, Z., Stolarczuk, N., Pflug, H., Peters, H., Fietz, M., Thomas, M., Förste, C., & Flechtner, F. (2023). A superconducting gravimeter on the island of Heligoland for the high-accuracy determination of regional ocean tide loading signals of the North Sea. *Geophysical journal international*, 234(3), 1585-1602. <https://doi.org/10.1093/gji/ggad147>
- Weddig, N. B. and S. Schön, (2023): Towards a novel approach for generating realistic IMU sensor measurements, based on real recorded body frame sensor data, *DGON INERTIAL SENSORS AND SYSTEMS (ISS)*, Braunschweig, Germany, pp. 1-20, doi: 10.1109/ISS58390.2023.10361937.
- Wziontek, H., Falk, R., Pálinkáš, V., Engfeldt, A., Glässel, J., Hellerschmied, A., Iacovone, D., Kosteletzky, J., Reich, M., Timmen, L., Ullrich, C., Valluzzi, A., Zehetmaier, B. (2023). Comparisons of Absolute Gravimeters as a Key Component of the International Terrestrial Gravity Reference Frame (ITGRF) Shown on the Example of the WET-CAG2021 at Wettzell, Germany. *International Association of Geodesy Symposia*, https://doi.org/10.1007/1345_2023_226, 2023.
- Zhang, M., Müller, J., Biskupek, L. (2024). Advantages of combining Lunar Laser Ranging and Differential Lunar Laser Ranging. *Astronomy & Astrophysics*, 681: A5. DOI: 10.1051/0004-6361/202347643

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Abend, S., ..., Müller, J. + 100 authors: Terrestrial Very-Long-Baseline Atom Interferometry: Workshop Summary. Special AQS journal issue covering the TVLBAI Workshop, 2023, <http://arxiv.org/abs/2310.08183>
- Elmaghraby, A., Krawinkel, T., Schön, S., Piester, D., Bauch, A. (2023). On Error Modeling in GNSS-based Frequency Transfer: Effects of temperature Variations and Satellite Orbit repeat Times. *Proceedings of the 54th Annual Precise Time and Time Interval Systems and Applications Meeting: January 23 - 26, 2023 Hyatt Regency Long Beach Long Beach, California (S. 23-37)*. <https://doi.org/10.33012/2023.18699>
- Grotti, J., Nosske, I., Koller, S. B., Herbers, S., Denker, H., Timmen, L., Vishnyakova, G., Grosche, G., Waterholter, T., Kuhl, A., Koke, S., Benkler, E., Giunta, M., Maisenbacher, L., Matveev, A., Dörscher, S., Schwarz, R., Al-Masoudi, A., Hänsch, T.W., Udem, T.H., Holzwarth, R., Lisdat, C. (2023) Long-distance chronometric leveling with a transportable optical clock. *ArXiv: 2309.14953*
- Sánchez, L., Huang, J., Barzaghi, R., Vergos, G.S., Ågren, J., Forsberg, R., Teitsson, H., Mäkinen, J., Véronneau, M., Wang, Y.M., Denker, H., Schwabe, J., Bilker-Koivula, M., Abd-Elmotaal, H., Tocho, C., Gómez, A., Antokoletz, E., Avalos-Naranjo, D., Amos, M., Winefield, R., Matos, A.C.O.C, Blitzkow, D., Guimarães, G., Silva, V., McCubbine, J., Claessens, S., Filmer, M., Jiang, T., Liu, Q., Matsuo, K., Pail, P., Ahlgren, K., Marti, U., Ullrich, C., Carrión, J. (2023) A first solution for the International Height Reference Frame (IHRF). Abstract (IUGG23-3833) presented at IUGG BERLIN 2023, International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), 28th General Assembly, Session G02e, Berlin, 11 – 20 July 2023, <https://c-in.floq.live/event/iugg2023berlin>
- Schön, S., Abend, S., von Hinüber, E., Tennstedt, B., Weddig, N. B., Barbey, J. P., Gersemann, M., Kersten, T., Zou, Y., Rajagopalan, A., Löwer, A., & Rasel, E. M. (2023). QGyro - Schlussbericht zum Verbundvorhaben Quanten-Inertialsensorsystem: Förderkennzeichen 50RK1957. TIB Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften Universitätsbibliothek. <https://doi.org/10.15488/14705>
- Schön, S., Kröger, J., Kersten, T., & Breda, Y. (2023). Antennenspezifische Effekte: ein aktueller Überblick. in *GNSS 2023: Zeit für ein Update?!* (S. 121 - 134). (DVW-Schriftenreihe; Band 106). DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. https://geodaesie.info/images/schriftenreihe/downloads/DVW_106_2023_GNSS_2023_FINAL_230816.pdf
- Schwabe, J., Sacher, M., Liebsch, G., Lidberg, M., Denker, H., Ågren, J., Alfredsson, A., Barzaghi, R., Bilker-Koivula, M., Ellmann, A., Garayt, B., Hellerschmied, A., Kenyeres, A., Marti, U., Varbla, S. (2023) An initiative for a European Height Reference Surface. Abstract (IUGG23-2451) presented at IUGG BERLIN 2023, International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), 28th General Assembly, Session G02b, Berlin, 11 – 20 July 2023, <https://c-in.floq.live/event/iugg2023berlin>

MONOGRAPHIEN

Torge, W., Müller, J., Pail, R.: Geodesy. 5th edition, De Gruyter Oldenbourg, Berlin, Boston, 2023, <https://doi.org/10.1515/9783110723304>

VORTRÄGE UND POSTER

- Baasch, K., Schön, S., (2023). On Opportunistic Positioning In 5G NR Indoor Campus Networks, IPIN 2023, Nürnberg
- Biskupek, L., Singh, V. V., Zhang, M., & Müller, J. (2023). Uncertainty determination of Earth Rotation Parameters from Lunar Laser Ranging. Abstract von 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG 2023, Berlin, Deutschland. <https://doi.org/10.57757/IUGG23-2563>
- Biskupek, L., Müller, J., Zhang, M., & Singh, V. V. (2023). Determination of Earth Orientation Parameters from Lunar Laser Ranging data. Journées 2023: Time and General Relativity, Nizza, Frankreich.
- Biskupek, L., Müller, J., Zhang, M., & Singh, V. V. (2023). Lunar Laser Ranging Data analysis at IfE. First Lunar Laser Ranging Meeting, Grasse, Frankreich.
- Duwe M., Koch I., Flury J. (2023). Analysis and spatio-temporal characterisation of LRI/KBR post-fit range rate residuals. IUGG General Assemblies 2023, Berlin, July 2023.
- Duwe M., Koch I., Flury J. (2023). Residual Pattern in LRI post-fit range-rate residuals. GRACE-FO Science Team Meeting 2023, Boulder/USA, 16.-18. October.
- Flury J., Koch I., Duwe M. (2023). Progress of GRACE / GRACE-FO Level 2 processing at LUH and outlook for NGGM/MAGIC sensor system analysis. GRACE-FO Science Team Meeting 2023, Boulder/USA, 16.-18. October.
- HosseiniArani, S. A., Schilling, M., Beaufils, Q., Knabe, A., Tennstedt, B., Schön, S., Pereira Dos Santos, F., & Müller, J. (2023). Advances in cold atom interferometer accelerometry and their impact on the sensitivity of gravity missions. 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG 2023, Berlin
- Kersten, T., Kröger, J., Bрева, Y., & Schön, S. (2023). applying phase center corrections also to code observables? a ppp case study. 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG 2023, Berlin, Berlin, Deutschland. <https://doi.org/10.15488/14220>, <https://doi.org/10.57757/IUGG23-4426>
- Knabe, A., Schilling, M., HosseiniArani, S. A., Romeshkani, M., Müller, J., Beaufils, Q., & Pereira Dos Santos, F. (2023). Cold atom interferometry accelerometry for future low-low satellite-to-satellite tracking and cross-track gradiometry satellite gravity missions. 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG 2023, Berlin
- Koch I., Duwe M., Flury J. (2023). Spectral analysis of residual GRACE and GRACE-FO range accelerations. EGU General Assembly 2023, Vienna/Austria, 24.-28. April. Koch I., Duwe M., Flury J. (2023). GRACE(-FO) processing at IfE/LUH. COST-G Meeting 2023, Berne/Switzerland, 26.-29. June.
- Koch I., Duwe M., Flury J. (2023). Residual ocean tide signal in GRACE(-FO) range-rate post-fit residuals. MAGIC Science and Applications Workshop 2023, Assisi/Italy, 2.-3. November.
- Koch I., Duwe M., Flury J. (2023). Status of Swarm accelerometer data processing at LUH. Swarm Data Quality Workshop (DQW), Frascati/Italy, 10.-12. October.
- Kröger, J., Elmaghraby, A. M. A., Krawinkel, T., Kersten, T., Bрева, Y., & Schön, S. (2023). Impact of different phase center correction values on GNSS-based positioning and frequency transfer. 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG 2023, Berlin, Berlin, Deutschland. <https://doi.org/10.15488/15044>
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Project B01: New Measurement Concepts with Laser Interferometers, TerraQ General Assembly, 16-17 March 2023, Hannover, Germany

- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Evaluation of Optical Accelerometry for Next Generation Gravimetry Missions, European Geosciences Union (EGU) General Assembly, 23-28 April 2023, Vienna, Austria, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-2224>
- Kupriyanov, A., Fletting, N., Knabe, A., HosseiniArani, A., Romeshkani, M., Schilling, M., Müller, J. (2023) Using novel accelerometry in space, IFE 60 Years Anniversary, 25 May 2023, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Modeling of Accelerometer Concepts for Future Gravimetry Missions, Quantum Frontiers General Assembly, 5-6 June 2023, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Evaluation of Optical Accelerometry for Future Gravimetry Missions, XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), 11-20 July 2023, Berlin, Germany, <https://doi.org/10.57757/IUGG23-0260>
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Performance Evaluation of Novel Accelerometers for Future Gravimetry Missions, European Quantum Technologies Conference (EQTC), 16-20 October 2023, Hannover, Germany
- Kupriyanov, A., Reis, A., Schilling, M., Knabe, A., Fletting, N., HosseiniArani, A., Romeshkani, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Beyond MAGIC: Evaluation of Novel Sensors and Satellite Formation Flights for Future Gravimetry Missions, ESA-NASA MAGIC workshop, 2-3 November 2023, Assisi, Italy
- Müller, J. (2023). CRC 1464 TerraQ: Relativistic and Quantum-Based Geodesy, TerraQ GA, 16-17 March 2023, Hannover
- Müller, J. (2023). Geodesy and Height Systems. TerraQ lecture week, 28 March 2023, Fintel
- Müller, J. (2023). Benefit of Quantum Technology for Geodesy. Vening Meinesz lecture, EGU 2023, 23-28 April 2023, Vienna, Austria
- Müller, J. (2023). Benefit of Quantum Technology for Geodesy. QuantumFrontiers days, 5./6. Juni 2023, Hannover
- Müller, J. (2023). Welcome Address of SPC chair. IUGG GA 2023, 11-20 July 2023, Berlin
- Müller, J. (2023). Reports on project QuGe. IAG EC meeting, 11-20 July 2023, Berlin
- Müller, J. (2023). Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe). Invited talk, IUGG GA 2023, 11-20 July 2023, Berlin
- Müller, J. (2023). Using LLR data for Testing Various Versions of the Equivalence Principle. Journees 2023, 11-13 September 2023, Nice, France
- Müller, J. (2023). Physical Height Systems and Applications of Clocks. TerraQ summer school, 25-29 September 2023, Hannover
- Müller, J. (2023). CRC 1464 TerraQ: Relativistic and Quantum-Based Geodesy. EQTC conference, 16-20 October 2023, Hannover
- Müller, J. (2023). Using LLR data for Testing General Relativity with Focus in the Equivalence Principle. ILRS Laser Ranging Workshop, 18 October 2023 (virtual)
- Müller, J. (2023). Benefit of Clock Networks in Geodesy. ACES workshop, 26./27. Oktober 2023, Ulm
- Müller, J. (2023). Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy. Colloquium of Leibniz Sozietät and NKG, 2. November, 2023 (virtuell)
- Müller, J. (2023). Status report on project QuGe. IAG EC meeting, 10 December 2023, San Francisco, USA
- Müller, J. and IfE satellite gravimetry team (2023). Advancing Future Gravimetry Missions: Assessing Novel Sensors and Measurement Concepts. AGU Fall meeting, 11-15 December 2023, San Francisco, USA
- Reis, A., Kupriyanov, A., Schilling, M., Müller, V., Müller, J. (2023). Modeling and Simulating of Accelerometers and Gradiometers Concepts, XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), 11-20 July 2023, Berlin, Germany, <https://doi.org/10.57757/IUGG23-0583>
- Romeshkani, M., Müller, J., Knabe, A., & Schilling, M. (2023). Benefit of Quantum technology for future earth observation from space: gradiometry case. Abstract von EGU General Assembly 2023, Wien, Österreich

- Romeshkani, M., Müller, J., Knabe, A., & Schilling, M. (2023). The benefit of Quantum technology for future satellite gradiometry missions. Abstract von 28th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG 2023, Berlin
- Sánchez, L., Huang, J., Barzaghi, R., Vergos, G.S., Ågren, J., Forsberg, R., Teitsson, H., Mäkinen, J., Véronneau, M., Wang, Y.M., Denker, H., Schwabe, J., Bilker-Koivula, M., Abd-Elmotaal, H., Tocho, C., Gómez, A., Antokoletz, E., Avalos-Naranjo, D., Amos, M., Winefield, R., Matos, A.C.O.C., Blitzkow, D., Guimarães, G., Silva, V., McCubbine, J., Claessens, S., Filmer, M., Jiang, T., Liu, Q., Matsuo, K., Pail, P., Ahlgren, K., Marti, U., Ullrich, C., Carrión, J. (2023) A first solution for the International Height Reference Frame (IHRF). Abstract (IUGG23-3833) presented at IUGG BERLIN 2023, International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), 28th General Assembly, Session G02e, Berlin, 11 – 20 July 2023, <https://c-in.floq.live/event/iugg2023berlin>
- Schaper, A., Schön, S. (2023). Multi-Agent Collaboration for High-Integrity Urban Navigation. 2nd iLOC workshop at the 26th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2023, Bilbao, Spain.
- Schön, S., Kröger, J., Kersten, T., & Brevva, Y. (2023). Antennenspezifische Effekte: ein aktueller Überblick. GNSS 2023 - Zeit für ein Update?!, Bochum, Nordrhein-Westfalen, Deutschland. <https://doi.org/10.15488/14741>
- Schön, S., Kröger, J., Kersten, T., & Brevva, Y. (2023). Antennenspezifische Effekte: ein aktueller Überblick. in GNSS 2023 : Zeit für ein Update?! (S. 121 - 134). (DVW-Schriftenreihe; Band 106). DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. https://geodaesie.info/images/schriftenreihe/downloads/DVW_106_2023_GNSS_2023_FINAL_23_0816.pdf
- Schwabe, J., Sacher, M., Liebsch, G., Lidberg, M., Denker, H., Ågren, J., Alfredsson, A., Barzaghi, R., Bilker-Koivula, M., Ellmann, A., Garayt, B., Hellerschmied, A., Kenyeres, A., Marti, U., Varbla, S. (2023) An initiative for a European Height Reference Surface. Abstract (IUGG23-2451) presented at IUGG BERLIN 2023, International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), 28th General Assembly, Session G02b, Berlin, 11 – 20 July 2023, <https://c-in.floq.live/event/iugg2023berlin>
- Shabanloui, A., Vincent, A., Wu, H., Müller, J. (2023) Application of optical clocks for unification of height systems and determination of temporal variations in the Earth's gravity field presented at 781. WE-Heraeus-Seminar „Time and Clocks“, Physikzentrum Bad Honnef, 27 Feb - 03 Mar 2023, https://www.we-heraeus-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/PDF/Seminare/2023/781_program.pdf
- Shabanloui, A., Müller, J. (2023) Determination of low-degree temporal variations in the Earth's gravity field using novel optical clocks onboard of Low Earth Orbiters (IUGG23-3083) presented at IUGG, 28th General Assembly, Session JG07e - Modern Gravimetric Techniques for Geosciences, Berlin, 11 – 20 July 2023
- Tennstedt, B., Weddig, N., Schön, S. (2023). Tools for integrated quantum inertial navigation systems. Quantum Frontiers Days, 5.-6. June 2023, Hannover, Germany.
- Tennstedt, B., Weddig, N., Schön, S. (2023). Chances and challenges of quantum inertial navigation systems. European Quantum Technology Conference, 16.-20. October 2023, Hannover, Germany.
- Tennstedt, B., et al. (2023). QGyro – Quantum Sensors for Inertial Navigation, European Navigation Conference 2023 , May 31th – June 2th 2023, ESA-ESTEC Noordwijk, NL.
- Tennstedt, B. (2023). Chances and Limits of Quantum Inertial Navigation, IQO Quantum Sensing Seminar 2023 , 20.-22. September 2023, Bad Harzburg, Germany.
- Timmen, L. (2023): Gravimetry to measure wind surge effects of the North Sea, DESY ALPS-Gruppentreffen, eingeladener Vortrag, 22nd May 2023.
- Timmen, L. (2023): Terrestrial gravimetry at LUH with classical gravimeters. Vortrag, HITec workshop, 28th November 2023.
- Timmen, L., Gerlach, C., Rehm, T., Voigt, C., Völksen, C. (2023): Long-term monitoring at Mt. Zugspitze, Bavarian Alps, by absolute gravimetry and complementary techniques. Oral Presentation, XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), G06e - Monitoring and Understanding the Dynamic Earth with Geodetic Observations, 17 July 2023.

Voigt, C., Sulzbach, R., Weise, A., Timmen, L., Deng, Z., Dobsław, H. (2023): Quantification of tidal and non-tidal ocean loading of the North Sea by a superconducting gravimeter on the island of Helgoland, XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), G04 Earth Rotation and Geodynamics, July 2023.

Zhang, M., Müller, J., Biskupek, L. (2023). Characteristics and Benefits of Differential Lunar Laser Ranging. First Lunar Laser Ranging meeting 2023, 14-15.09.2023, Grasse, France

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Axmann, J., Moftizadeh, R., Su, J., Tennstedt, B., Zou, Q., Yuan, Y., ... & Schön, S. (2023, June). LUCOOP: Leibniz University Cooperative Perception and Urban Navigation Dataset. In 2023 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (pp. 1-8). IEEE.
- Axmann, J., Zhang, Y., Brenner, C. (2023): Maximum Consensus Localization Using an Objective Function Based on Helmert's Point Error. 2023 IEEE 26TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), Bilbao, Spain, pp. 2302-2309, doi: 10.1109/ITSC57777.2023.10422680.
- Axmann, J., Brenner, C. (2023): Maximum Consensus based Localization and Protection Level Estimation using Synthetic LiDAR Range Images. 2023 IEEE 26TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), Bilbao, Spain, pp. 5917-5924, doi: 10.1109/ITSC57777.2023.10421977.
- Bahari Sojahrood, Z.; Taleai, M.; Cheng, H. (2023): Hybrid POI group recommender system based on group type in LBSN. In: Expert Systems with Applications 219. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.119681.
- Cheng, H.; Liu, M.; Chen, L.; Broszio, H.; Sester, M.; Yang, M. Y. (2023): GATraj: A graph- and attention-based multi-agent trajectory prediction model. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 205, S. 163–175. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2023.10.001.
- Fassò, A.; Rodeschini, J.; Moro, A. F.; Shaboviq, Q.; Maranzano, P.; Cameletti, M. et al. (2023): Agrimonia: a dataset on livestock, meteorology and air quality in the Lombardy region, Italy. In: Scientific Data 10 (1). DOI: 10.1038/s41597-023-02034-0.
- Fuest, S.; Batista, M.; Berghoefler, F. L.; Flessler, M.; Grandhi, B. S.; Spühler, F. et al. (2023): I bet you feel safe! assessing cyclists' subjective safety by objective scores. In: Journal of Urban Mobility 4. DOI: 10.1016/j.urbmob.2023.100066.
- Fuest, S.; Golze, J.; Wage, O.; Feuerhake, U.; Dornbusch, S.; Sester, M. (2023): Visual Communication of Bicycle Routes Using Cartographic Symbols. In: KN - Journal of Cartography and Geographic Information 73 (3), S. 237–258. DOI: 10.1007/s42489-022-00130-6.
- Fuest, S.; Sester, M.; Griffin, A. L. (2023): Nudging travellers to societally favourable routes: The impact of visual communication and emotional responses on decision making. In: Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 19. DOI: 10.1016/j.trip.2023.100829.
- Fuest, S.; Shkedova, O.; Sester, M. (2023): Promoting favorable routes through visual communication: a design study for creating 'Social' route maps for the case of air pollution. In: International Journal of Cartography. DOI: 10.1080/23729333.2022.2159781.
- Fülle, M. J.; Otto, P. (2024): Spatial GARCH models for unknown spatial locations—an application to financial stock returns. In: Spatial Economic Analysis 19 (1), S. 92–105. DOI: 10.1080/17421772.2023.2237067.
- Harke, F.; Otto, P. (2023): Solar Self-Sufficient Households as a Driving Factor for Sustainability Transformation. In: Sustainability (Switzerland) 15 (3). DOI: 10.3390/su15032734.
- Kazimi, B.; Sester, M. (2023): Self-Supervised Learning for Semantic Segmentation of Archaeological Monuments in DTMs. In: *Journal of Computer Applications in Archaeology* 6 (1), S. 155–173. DOI: 10.5334/jcaa.110.
- Liu, M.; Cheng, H.; Chen, L.; Broszio, H.; Li, J.; Zhao, R. et al. (2023): LAformer: Trajectory Prediction for Autonomous Driving with Lane-Aware Scene Constraints. Online verfügbar unter <http://arxiv.org/pdf/2302.13933v1>.
- Malinovskaya, A.; Mozharovskyi, P.; Otto, P. (2023): Statistical Process Monitoring of Artificial Neural Networks. In: *Technometrics*. DOI: 10.1080/00401706.2023.2239886.
- Mortazavi, F. S.; Shkedova, O.; Feuerhake, U.; Brenner, C.; Sester, M. (2023): Voxel-based point cloud localization for smart spaces management. In: ISPRS (Hg.): ISPRS Archives. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives (48), S. 325–332.
- Otto, P.; Doğan, O.; Taşpınar, S. (2023): Dynamic spatiotemporal ARCH models. In: *Spatial Economic Analysis*. DOI: 10.1080/17421772.2023.2254817.
- Otto, P.; Schmid, W. (2023): A general framework for spatial GARCH models. In: *Statistical Papers* 64 (5), S. 1721–1747. DOI: 10.1007/s00362-022-01357-1.
- Sester, M., Winter, S., Millonig, A., Pereira, F. (Hg.) (2023): Proceedings of the 1st ACM SIGSPATIAL International Workshop on Sustainable Mobility. SuMob '23: 1st ACM SIGSPATIAL International Workshop on Sustainable Mobility. Hamburg Germany, 13 11 2023. New York, NY, USA: ACM.

- Teusch, J.; Gremmel, J. N.; Koetsier, C.; Johora, F. T.; Sester, M.; Woisetschläger, D. M.; Muller, J. P. (2023): A Systematic Literature Review on Machine Learning in Shared Mobility. In: *IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems* 4, S. 870–899. DOI: 10.1109/OJITS.2023.3334393.
- Wage, O.; Heumann, M.; Bienzeisler, L. (2023): Modeling and Calibration of Last-Mile Logistics to Study Smart-City Dynamic Space Management Scenarios. In: Sester, M., Winter, S., Millonig, A., Pereira, F. (Hg.): *Proceedings of the 1st ACM SIGSPATIAL International Workshop on Sustainable Mobility. SuMob '23: 1st ACM SIGSPATIAL International Workshop on Sustainable Mobility. Hamburg Germany, 13 11 2023.* New York, NY, USA: ACM, S. 9–12.
- Wang, F.; Prominski, M.; Han, J.; Sester, M. (Hrsg.)(2023): Locality and the adaptation of river-related built environment. In: *River Research and Applications* 39 (7), S. 1195–1198. DOI: 10.1002/rra.4193.
- Yuan, Yunshuang; Cheng, Hao; Yang, Michael Ying; Sester, Monika (2023): Generating evidential BEV maps in continuous driving space. In: *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 204, S. 27–41. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2023.08.013.
- Zhang, W.; Cheng, H.; Johora, F. T.; Sester, M. (2023): ForceFormer: Exploring Social Force and Transformer for Pedestrian Trajectory Prediction. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings (2023-June)*.
- Zou, Q.; Brenner, C.; Sester, M. (2023): Gaussian Process Mapping of Uncertain Building Models with GMM as Prior. In: *IEEE Robotics and Automation Letters* 8 (10), S. 6579–6586. DOI: 10.1109/LRA.2023.3303694.
- Zourlidou, S.; Sester, M.; Hu, S. (2023): Recognition of Intersection Traffic Regulations from Crowdsourced Data. In: *ISPRS International Journal of Geo-Information* 12 (1). DOI: 10.3390/ijgi12010004.

TAGUNGSBAND

- Kamalasanan, V.; Ai-Taan, A.; Busch, S.; Sester, M. (2023): Enhancing Safety using AR Headsets with Motion Prediction Visualization. In: *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts (Hg.). Proceedings - 2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops, VRW 2023*, S. 545–546.
- Kamalasanan, V.; Krüger, M.; Sester, M. (2023): Developing a Cyclist 3D GameObject for a Mixed Reality Interaction Framework. In: *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts (Hg.). Proceedings - 2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops, VRW 2023*, S. 254–256.

VORTRÄGE

- Sester, M.: Urbane Logistik und Mobilität am Beispiel von Hannover, Deutsche Geographische Gesellschaft, 8.5.2023.
- Sester, M.: NFDI and Open Research Software, 13. July 2023, IUGG Berlin, Panel zu „Open Science“.
- Sester, M.: Wie uns Daten bewegen, Vortrag und Podium Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft, 17.10.23, Dresden
- Sester, M.: Smart City – Intelligente Nutzungskonzepte, Vortrag und Podium Aufhof, 18.10.2023
- Sester, M.: Sustainable Research Software, Vortrag DGK Jahrestagung, 22.11.2023.

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Bockstiegel, M., Richard-Cerda, J. C., Muñoz-Vega, E., Haghighi, M. H., Motagh, M., Lalehzari, R., Schulz, S. (2023): Simulation of present and future land subsidence in the Rafsanjan plain, Iran, due to groundwater overexploitation using numerical modeling and InSAR data analysis. - *Hydrogeology Journal*. DOI: 10.1007/s10040-023-02657-y
- Dorozynski, M. (2023): Addressing class imbalance for training a multi-task classifier in the context of silk heritage, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, X-1/W1-2023, 175–184. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-175-2023
- El Amrani Abouelassad, S., Mehlretter, M., Rottensteiner, F. (2023): Vehicle pose and shape estimation in UAV imagery using a CNN. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-1/W1-2023, pp. 935–944. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-935-2023
- Hu, J., Wu, W., Motagh, M., Qin, F., Wang, J., Pan, S., Guo, Z., Zhang, C. (2023): FIM-based DSInSAR method for mapping and monitoring of reservoir bank landslides: an application along the Lancang River in China. - *Landslides*, 20, 2479-2495. DOI: 10.1007/s10346-023-02097-5
- Iqbal, W., Paffenholz, J.-A., Mehlretter, M. (2023): Guiding Deep Learning with Expert Knowledge for Dense Stereo Matching. In: *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*. DOI: 10.1007/s41064-023-00252-0
- Motagh, M., Akhiani, H. (2023): The cascading failure of check-dam systems during the 28 July 2022 Emamzadeh Davood flood in Iran. - *Natural Hazards*, 116, 4051-4057. DOI: 10.1007/s11069-023-05814-4
- Orhan, O., Haghshenas Haghighi, M., Demir, V., Gökçaya, E., Gutiérrez, F., & Al-Halbouni, D. (2023): Spatial and Temporal Patterns of Land Subsidence and Sinkhole Occurrence in the Konya Endorheic Basin, Turkey, *Geosciences*, 14(1): 5, DOI: 10.3390/geosciences14010005
- Ortega, M. X., Wittich, D., Rottensteiner, F., Heipke, C., Feitosa, R. Q. (2023): Using time series image data to improve the generalization capabilities of a CNN - The example of deforestation detection with Sentinel-2. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-1/W1-2023, pp. 961–970. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-961-2023
- Rei, L., Mladenic, D., Dorozynski, M., Rottensteiner, F., Schleider, T., Troncy, R., Sebastián Lozano, J., Gaitán Salvatella, M. (2023): Multimodal metadata assignment for cultural heritage artifacts. *Multimedia Systems* 29(2):847-869, DOI 10.1007/s00530-022-01025-2.
- Santillan, J. R., Heipke, C. (2023): Using GHSL to analyze urbanization and land-use efficiency in the Philippines from 1975–2020: Trends and implications for sustainable development, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, X-1/W1-2023, 413–422. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-413-2023
- Teimouri, M., Mokhtarzade, M., Baghdadi, N., Heipke, C. (2023): Generating virtual training labels for crop classification from fused Sentinel-1 and Sentinel-2 time series. In: *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 91:413.423. DOI: 10.1007/s41064-023-00256-w
- Vassileva, M.S., Motagh, M., Roessner, S., Xia, Z. (2023): Reactivation of an old landslide in north–central Iran following reservoir impoundment: Results from multisensor satellite time-series analysis. - *Engineering Geology*, 327, 107337. DOI: 10.1016/j.enggeo.2023.107337
- Voelsen, M., Lauble, S., Rottensteiner, F., Heipke, C. (2023): Transformer models for multi-temporal land cover classification using remote sensing images. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-1/W1-2023, pp. 981–990. DOI: 10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-961-2023
- Wang, W., Motagh, M., Mirzaee, S., Li, T., Zhou, C., Tang, H., Roessner, S. (2023): The 21 July 2020 Shaziba landslide in China: Results from multi-source satellite remote sensing. - *Remote Sensing of Environment*, 295, 113669. DOI: 10.1016/j.rse.2023.113669
- Xia, Z., Motagh, M., Li, T., Peng, M., Roessner, S. (2023): A methodology to characterize 4D post-failure slope instability dynamics using remote sensing measurements: A case study of the Aniangzhai landslide in Sichuan, Southwest China. - *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 196, 402-414. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2023.01.006
- Xu, G., Wen, Y., Yi, Y., Guo, Z., Wang, L., Xu, C. (2023): Geodetic constraints of the 2015 Mw6.5 Alor, East Indonesia earthquake: a strike-slip faulting in the convergent boundary, *Geophysical Journal International*, 235, 1, 247-259. DOI: 10.1093/gji/ggad211

- Yu, J., He, X., Yang, P., Motagh, M., Xu, J., Xiong, J. (2023): Coastal Aquaculture Extraction Using GF-3 Fully Polarimetric SAR Imagery: A Framework Integrating UNet++ with Marker-Controlled Watershed Segmentation. - *Remote Sensing*, 15, 2246. DOI: 10.3390/rs15092246
- Zorn, E.U., Vassileva, M., Walter, T.R., Darmawan, H., Röhler, L., Amelung, F. (2023): Interactions of magmatic intrusions with the multiyear flank instability at Anak Krakatau volcano, Indonesia: Insights from InSAR and analogue modeling. In: *Geology* 51 (4) 340–344. DOI: 10.1130/G50693.1

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Ali, R., Mehlretter, M., Heipke, C. (2023): Integrating motion priors for end-to-end attention-based multi-object tracking. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W2-2023, 1619–1626. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-1619-2023
- Guo, Z., Motagh, M. (2023): Fault Geometry and Frictional Afterslip Following the 2017 Mw 7.3 Sarpol-e Zahab (Iran-Iraq) Earthquake: Insights from InSAR and Finite Element Models, In: 20th Wegener Assembly
- Haist, M., Schack, T., Coenen, M., Vogel, C., Beyer, D., Heipke, C. (2023): 'Concrete 4.0 - Sustainable concrete construction with digital quality control', 21st ibausil International Conference on Building Materials, ce/papers - Proceedings in Civil Engineering, Vol 6, No 6, 1555-1562. DOI: 10.1002/cepa.2965
- Hnatushenko, Vi., Hnatushenko, Vo., Kashtan, V., Heipke, C. (2023): Detection of Forest Fire Consequences on Satellite Images using a Neural Network. In: Kersten T., Tilly N. (Eds.), 43. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF e.V. - München, Publikationen der DGPF Band 31.
- Hnatushenko, Vi., Hnatushenko, Vo., Soldatenko, D., Heipke, C. (2023): Enhancing the quality of CNN-based burned area detection in satellite imagery through data augmentation. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W2-2023, 1749–1755. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-1749-2023
- Hotaki, S. F., Haghighi, M. H., Motagh, M. (2023): Flood Extent Delineation in Afghanistan Using Sentinel-1 SAR survey in Google Earth Engine cloud-based processing, *International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)*. DOI: 10.57757/IUGG23-4011
- Morsy, M. (2023): Oil spill monitoring using satellite imagery in the Sharm El-Maya Bay of Sharm El-Sheikh, Egypt. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W2-2023, 1479–1484. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-1479-2023
- Ortega, M.X., Soto, P.J., da Costa, G.A.O.P., Feitosa, R. Q., Heipke C. (2023): A debiasing variational autoencoder for deforestation mapping. 39th ISRSE Symposium, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-M-1-2023, 217-223. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-217-2023
- Ritushree D., Garg S., Dasgupta A., Martinis, S., Selvakumaran, S. Motagh, M. (2023): Improving SAR-based flood detection in arid regions using texture features, 2023 International Conference on Machine Intelligence for GeoAnalytics and Remote Sensing (MIGARS), 4 pages. DOI: 10.1109/MIGARS57353.2023.10064526
- Yang F., Grage, T., Heipke C. (2023): Thermographie für Fern- und Nahwärmenetze mit unbemannten Luftfahrzeugen. *Euro Heat & Power*, Heft 11-12/2023, 48-55.
- Zhan, H., Yu, Y.F., Xu, Y.W., Hou, Q.B., Xia, R., Wang, X., Feng, Y., Zhan, Z.Q., Li, M.L., Gruber, M., Hänsch, R., Heipke, C. (2023): Bedoi: benchmarks for determining overlapping images with photogrammetric information. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W2-2023, 1685–1692. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-1685-2023

VORTRÄGE UND POSTER

- Heipke C.: Photogrammetric Computer Vision, Distinguished Lecture Series, The Hong Kong Polytechnic University, 07.02.2023.
- Heipke C.: Research directions in 3D mapping, Seminar Lands Dep. Hong Kong, 08.02.2023.
- Heipke C.: Bayesian deep learning for uncertainty estimation in dense stereo matching, Seminar, The Ohio State University, 15.02.2023.
- Heipke C.: Uwe Stilla – Vorbild, Kollege, Freund. Abschiedskolloquium für Prof. Uwe Stilla, TU München, 23.03.2023.
- Heipke C.: Deep learning for monitoring forest damage using satellite imagery. XX Brazilian Symposium on Remote Sensing, Florianopolis, 04.04.2023.

- Heipke C.: Geometry and semantics for 3D reconstruction. Invited presentation, Deep learning workshop, Université Bretagne Sud, Vannes, 13.4.2023.
- Heipke C.: FostCARE – a system for the detection of forest damage from sentinel-2 images based on deep learning. 39th ISRSE Symposium, Antalya, 25.04.2023
- Heipke C.: Mars trifft Wissenschaft. Mars Express und HRSC – Europas Reise zum Mars. Vortrag im Rahmen der Reise „Mars findet Stadt“. St. Lambertikirche / Schlaues Haus, Oldenburg, 14.08.2023.
- Heipke C.: Forest monitoring from space using deep learning. Keynote, Smart Forest Workshop, ISPRS Geospatial Week, Kairo (online), 06.09.2023.
- Heipke C.: Photogrammetric computer vision with elements of deep learning, School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, 13.10.2023
- Heipke C.: Satellite image times series processing for forest monitoring, Key Note, 2nd International Conference on Advanced Remote Sensing and 2023 Wuhan Remote Sensing Week, Wuhan University, 14.10.2023.
- Heipke C.: 3D reconstruction using deep learning, Key Note, 2023 International Workshop on National 3D mapping and 8th International Workshop on Dynamic and Multi-dimensional GIS, Chengdu University, 18.10.2023.
- Heipke C.: Multi-task learning and image retrieval – tools for remote sensing and beyond. Key Note, Asian Conference on Remote Sensing, Taipei, 30.10.2023.
- Heipke C.: KI in Photogrammetrie und Fernerkundung, Geodätisches Kolloquiums, Leibniz Universität Hannover, 21.11.2023.
- Motagh, M., Piter, A., Haghighi, M.H., Vassileva, M. (2023): Validierung des BBD im Rheinischen Revier: Ergebnisse vom SAR4Tagebau Projekt, BBD Workshop beim BGR, Hannover, 21.-22. November.
- Piter, A., Haghighi, M.H., Motagh, M. (2023): Deformationsüberwachung der Verkehrsinfrastruktur in Schleswig-Holstein mittels Radarinterferometrie, KI4KI Nutzerworkshop, Jena, 17.-18. Januar.
- Piter, A., Haghighi, M.H., Motagh, M. (2023): Bodenbewegungsmonitoring für Verkehrsinfrastruktur – Vom Konzept zur Operationalisierung, GeoMonitoring Tagung, Hannover, 09.-10. März.
- Piter, A., Haghighi, M.H., Motagh, M. (2023): , Bodenbewegungsmonitoring an Autobahnen am Beispiel der Trebeltalbrücke in Mecklenburg-Vorpommern, DGPF Jahrestagung, München, 21.-22. März.
- Piter, A., Haghighi, M.H., Motagh, M. (2023): A tailored multi-temporal InSAR approach for linear infrastructure monitoring, ESA Fringe Conference, Leeds, England, 11.-15. September.

HERAUSGABEN

- Morsy, M., Borg, E., Dietrich, P. (2023): Editorial for Special Issue: "In Situ Data in the Interplay of Remote Sensing". Remote Sens. 2023, 15, 2056. DOI: 10.3390/rs15082056

GEODÄTISCHES KOLLOQUIUM

WINTERSEMESTER 2022 / 2023

Dienstag, 15.11.2022: **apl. Prof. Dr.-Ing. Franz Rottensteiner**, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Leibniz Universität Hannover, Thema: SILKNOW - Seidenwissen jetzt: Ein Beitrag der Bildanalyse zur Dokumentation von kulturellem Erbe

Dienstag, 29.11.2022: **Dipl.- Volkswirt Andreas Kunert**, Director Research, Verband der Pfandbriefbanken (vdpResearch GmbH), Berlin, Thema: Analyse von Immobilienmärkten aus Sicht der deutschen Finanzwirtschaft

Dienstag, 10.01.2023: **Prof. Dr.-Ing. Markus Ulrich**, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Thema: Maschinelles Sehen & Geodäsie - Eine Symbiose

Dienstag, 17.01.2023: **Dr. Johannes Bouman**, Leiter Abteilung Geodäsie, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Thema: Der Globale Geodätische Referenzrahmen im Kontext der UN

Dienstag, 24.01.2023: **Rozhin Moftizadeh, M.Sc., LUH, Dr.-Ing. Birgit Elias, LGLN, Prof. Dr.-Ing. Annette Eicker, HCU, Prof. Dr.-Ing. Monika Sester** (Moderation), Thema: GeodäsIE Talks -- Karriereerfahrungen von Frauen in der Geodäsie

SOMMERSEMESTER 2023

Dienstag, 06.06.2023: **Priv.-Doz. Dr.-Ing. Martin Weinmann**, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Karlsruher Institut für Technologie, Thema: Maschinelles Lernen zur Interpretation von 2D und 3D-Daten - Aktuelle Entwicklungen, Herausforderungen und Trends

Dienstag, 11.07.2023: **Prof. Dr. habil. Alexander Reiterer**, Institut für Nachhaltige Technische Systeme (INATECH), Universität Freiburg und Fraunhofer Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg, Thema: Trends bei der Entwicklung mobiler LiDAR-Systeme – Ein Über- und Ausblick

Dienstag, 18.07.2023: **Prof. Dr.-Ing. Helmut Holzapfel**, Zentrum für Mobilitätskultur, Kassel, Thema: Ankommen statt unterwegs sein – Raum und Mobilität zusammen denken. - Über die Integration von Stadtentwicklung, Architektur und Verkehr und eine neue Mobilitätskultur-

LEHRVERANSTALTUNGEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WISE 22/23 UND SOSE 23

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Sensorik	Prof. Neumann / Khami	1	4	1
Grundlagen geodätischer Auswertemethoden	Prof. Neumann / Dr. Vogel / Waldstein	2	3	2
Ausgleichsrechnung und Statistik	Dr. Alkhatib / Ernst	3	3	1
Mess- und Rechenverfahren in der Ingenieurgeodäsie	Prof. Neumann / Dr. Omidalizarandi	3	3	2
Ingenieurgeodäsie	Prof. Neumann / Khami	4	3	2
Schätz- und Prädiktionsverfahren	Dr. Alkhatib / Ernst	4	3	1
Praxisprojekt Ingenieurgeodäsie	Hake / Khami	4	10 Tage	1
Multi-Sensor-Systeme	Dr. Vogel / Khami	5	2	2

FLÄCHEN- UND IMMOBILIENMANAGEMENT

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 Dorfentwicklung I	Prof. Voß	5	1	-

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WISE 22/23 UND SOSE 23

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Schätz- und Optimierungsverfahren	Prof. Neumann / 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: Simulation and fusion of shallow water areas	Hake / Mohammadivojdan	2 G	-	8
Projekt seminar I: Terrestrial laser scanning uncertainty modelling using machine learning	Dr. Alkhatib / Hartmann	2 G	-	8
Industrial Surveying (W)	Prof. Neumann / Hartmann / Mohammadivojdan	2 G	2	2

Machine Learning Models in Geodetic Data Science (W)	Dr. Alkhatib / Hake / Ernst	2 G	2	1
Recursive State Estimation (W)	Dr. Alkhatib / Moftizadeh	3 G	2	2
Kalibrierung von Multisensorsystemen (W)	Prof. Neumann / Dr. Vogel	3G	1	1
Analysis of Deformation Measurements (W)	Dr. Omidalizarandi	3 G	1	1

FLÄCHEN- UND IMMOBILIENMANAGEMENT

Land Management a. Real Estate Economics II	Prof. Voß / Bannert	2 G	2	1
Flächenmanagement III (W)	Prof. Voß	3 G	1	1
Real Estate Economics III (Wahl)	Prof. Voß/ Bannert	3G	1	-

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSe 22/23 UND SoSe 23

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
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 22/23 UND SoSe 23

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 / Dr. Knabe	5	1	1
GNSS II	Prof. Schön / Kröger / Schaper	5	1	1
Physikalische Geodäsie	Prof. Müller / Dr. Timmen / Dr. Knabe	5	2	1
Gravimetrie I	Dr. Timmen	5	1	-
Geodätische Weltraumverfahren und Praxisprojekt	Prof. Müller / Dr. Knabe / Kröger / Schaper	6	3	2
Bachelorprojekt	Prof. Flury/	4	-	3
Landesvermessung	Dr. Jahn	6	2	1
Praxisprojekt Landesvermessung und GNSS	Schaper / Kröger	6	10 Tage	2

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WiSE 22/23 UND SoSE 23

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 I: Geodäsie und Geoinformatik IfE	Kröger	2+3 G	-	4/4
Projektseminar II: Geodäsie und Geoinformatik IfE	Dr. Denker / Dr. Knabe	2+3 G	-	4/4
Orbit Calculation and Relativistic Modelling in Geodesy (W)	Prof. Müller / Dr. Knabe	2+3 G	2	2
Inertialnavigation (W)	Prof. Schön / Weddig	2+3 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 / Dr. Knabe	2+3 G	2	2
Advanced Concepts for Positioning and Navigation	Prof. Schön / Krawinkel / Ruwisch / Su	1+2 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSE 22/23 UND SoSE 23

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
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 22/23 UND SoSe 23

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
Bachelorprojekt	Prof. Otto / Wage / Golze	4	-	3
Modellierung und Erfassung topographischer Daten	Prof. Sester / Fischer	4	2	1
Geoinformationssysteme II	Prof. Sester / Fischer	5	2	1

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WiSE 22/23 UND SoSe 23

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Internet - GIS	Dr. Feuerhake / Fischer / Wage	1 G	2	1
GIS in der Fahrzeugnavigation	Prof. Brenner	2 G/N	1	1
Spatial Data Science	Prof. Sester / Dr. Feuerhake	2 G	3	-
Geodateninfrastrukturen (W)	Dr. Willgalis	2 G	2	-
Hauptseminar	Prof. Sester und Mitarbeiter	2 G	-	2
GIS – Praxis (W)	Thiemann	3 G	-	2
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	Dr. Feuerhake / Golze / Schimansky	2+3 G	-	4/4

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSE 22/23 UND SoSe 23

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
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 22/23 UND SoSE 232

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 / Meyer	2	2	1
Grundlagen der Photogrammetrie	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	3	3	1
Luftbildphotogrammetrie	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	4	2	1
Fernerkundung	Prof. Heipke / Piter	6	2	2
Bachelorseminar	Prof. Heipke und Mitarbeitende	3+4		4

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WiSE 22/23 UND SoSE 23

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Photogrammetric Computer Vision	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	1 G/N	2	1
Bildanalyse I (W)	Prof. Rottensteiner / Kanyamahanga	2 G/N	2	1
Bildanalyse II (W)	Prof. Rottensteiner / Kanyamahanga	3 G/N	1	1
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 remotefernerkundung (W)	Prof. Motagh	2 G	2	1
Forschungsprojekt (W)	Prof. Heipke und Mitarbeitende	4 G	-	2
Photogrammetrie und Fernerkundung in der Praxis (W)	Voelsen	3 G	2	-
Business Administration for Engineers (W)	Claussen, Hildesheim	2 G/N	1	-
Führung als Qualifikation im Ingenieurberuf (W)	Dr. Mayr, Welzheim	3 G/N	1	-
Geodätisches Hauptseminar / Kolloquium	Prof. Heipke und Mitarbeitende	1 G	-	-
Projektseminar	Prof. Heipke und Mitarbeitende	2+3 G	-	-
3D Image processing (Auflagenkurs)	Prof. Rottensteiner und Mitarbeitende	1 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master GuG - Vertiefung Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WiSe 22/23 UND SoSe 23

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
G&G für Bauingenieure (EX: Bau- und Umweltingenieurwesen, B.Sc.)	Dr. Wiggenhagen	1	2	2
Remote Sensing (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geographie, Geowissenschaften, WATENV B.Sc. und M.Sc.)	Dr. Hasghshenas	div.	1	1

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

ANMERKUNG

Einige Veranstaltungen sind offen für Studierende anderer Fächer (u.a. Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik und Robotik, Computergestützte Ingenieurwissenschaften, Mathematik, Physik).

HONORARPROFESSOREN UND LEHR- BEAUFTRAGTE DER FACHRICHTUNG

HONORARPROFESSOREN

Es lesen nicht mehr:

Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Boljen (Bestellung: 2008), ehem. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, a.D.

Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Buziek (Bestellung: 2008), ESRI Geoinformatik GmbH, Kranzberg, Vorlesung: GIS-Visualisierung und Praxisaspekte

Hon.-Prof. Dr.-Ing. D. Grothenn, Ltd.Vermessungsdirektor a.D. (Bestellung: 1978), ehem. Nds. Landesverwaltungsamt – Landesvermessung

Präsident a.D. und **Prof. Dr.-Ing. Dietmar Grünreich** (Bestellung: 1999), ehem. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Dierk Hobbie (Bestellung: 1998), ehem. Carl Zeiss

Prof. Dr.-Ing. habil. Hansjörg Kutterer (Bestellung: 2011), ehemals Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt, jetzt KIT

Ministerialrat a.D. **Hon.-Prof. Dipl.-Ing. Hermann Möllering** (Bestellung: 2000), ehem. Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Peter Reinartz (Bestellung: 2010), Institut für Methodik der Fernerkundung, DLR Oberpfaffenhofen

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Reuter** (Bestellung: 1996), ehem. Amt für Agrarstruktur Hannover

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hans Werner Schenke (Bestellung: 2010), Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Schroth (Bestellung: 1998), ehemals BLOM Deutschland GmbH.

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Tegeler** (Bestellung: 1994), ehem. Landesvermessung und Bezirksregierung Lüneburg

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Werner Ziegenbein** (Bestellung: 1991), ehem. Behörde für Geoinformation, Landentwicklung und Liegenschaften

LEHRBEAUFTRAGTE

Dr.-Ing. Dimitri Bulatov (seit 2014), Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Karlsruhe/Ettlingen, Vorlesung: Mathematical Aspects of Computer Vision

Dipl.-Ing. Hinrich Claussen (seit 2020), Hildesheim, Vorlesung: Business Administration for Engineers

Dr.-Ing. 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