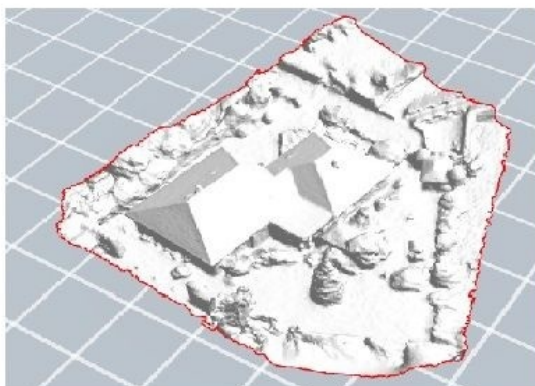


AKTUELLES AUS DER FACHRICHTUNG 2020

April 2021

Folge 71



*Vom Bildflug zum 3D-Druck. Automatische Berechnung eines
texturierten Oberflächenmodells aus UAV-Aufnahmen,
Ausgabe des triangulierten Modells auf einem 3D-Filamentdrucker*

Impressum

**Jahresberichtsheft Nr. 71 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, Gesamtreaktion), Petra Heldt-Bertrand (IFE), Malte Jan Schulze (IKG), Claudia Sander (IPI)

Rechtlicher Hinweis

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehmen wir keine Haftung für die Inhalte der Beiträge. Für den Inhalt der jeweiligen Beiträge sind ausschließlich die beteiligten Institute verantwortlich.

Haftungsansprüche gegen die Gesellschaft oder die Autoren bzw. Verantwortlichen dieses Berichtsheftes für Schäden materieller oder immaterieller Art, die auf ggf. fehlerhaften oder unvollständigen Informationen und Daten beruhen, sind, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegt, ausgeschlossen.

Urheber- und Kennzeichenrecht

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

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

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

INHALT

Neues aus der Fachrichtung.....	3
Prof. Gottfried Konecny zum 90. Geburtstag	3
Dekanin der Fakultät überreicht Habilitationsurkunde an Dr.-Ing. Hamza Alkhatib. 5	
Norddeutscher Wissenschaftspreis 2020 für Kooperationsprojekt “Geodäsie und Klimaforschung”	5
Internationale Masterabsolventin unserer Fachrichtung mit dem Sonderpreis der Victor Rizkallah-Stiftung ausgezeichnet.....	6
Preis des Hochschulbüros für Internationales.....	6
SFB 1464 Relativistic and Quantum-Based Geodesy (TerraQ).....	6
DFG-Graduiertenkolleg 2159 Integrität und Kollaboration in dynamischen Sensornetzen (i.c.sens)	8
DLR-Institut für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik.....	10
Forschungsarbeiten	11
Geodätisches Institut (GIH).....	11
Institut für Erdmessung (ife)	20
Institut für Kartographie und Geoinformatik (ikg).....	39
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI)	43
Dissertationen und Habilitationen	56
Organisation von Workshops und Symposien	76
Messen und Öffentlichkeitsarbeit	76
Aus dem Lehrbetrieb	77
Bericht des Studiendekanats	77
Absolventenfeier der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie.....	79
Internationales	81
Master - und Bachelorarbeiten.....	83
Projektseminare im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik.....	126
Praxisprojekte im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik.....	135
Praxisprojekte im Studiengang Navigation und Umweltrobotik.....	138
Studentisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt	139
Aus der Gesellschaft	142
Bericht über die Mitgliederversammlung der Gesellschaft	142
Neue Geschäftsstellenadresse eingerichtet.....	143
Neue Webseite und Email-Adressen der Förderergesellschaft.....	143
Einrichtung eines Newsletter-Verteilers	143
Aufruf Walter-Grossmann-Preis 2021 der Förderergesellschaft	143
Aufruf Bachelor-Preis 2022 der Förderergesellschaft	144

Auslandsaufenthalt an der Aalto University in Espoo, Finnland	144
Geodäsie an der University of New Brunswick (UNB) in Fredericton im Osten Kanadas.....	146
Verleihung des Bachelor-Preises 2020	149
Anhang - Personelles	150
Geodätisches Institut	150
Institut für Erdmessung	153
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	157
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	159
Publikationen und Vorträge	162
Geodätisches Institut	162
Institut für Erdmessung	164
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	168
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	170
Geodätisches Kolloquium	174
Lehrveranstaltungen.....	175
Geodätisches Institut	175
Institut für Erdmessung	177
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	179
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	180
Honorarprofessoren und Lehrbeauftragte der Fachrichtung	182

NEUES AUS DER FACHRICHTUNG

PROF. GOTTFRIED KONECNY ZUM 90. GEBURTSTAG



Am 17. Juni 2020 feierte Prof. Gottfried Konecny, ehemaliger Leiter des heutigen Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) der Leibniz Universität Hannover, Ehrenmitglied der Deutschen und der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung sowie einer Vielzahl weiterer wissenschaftlicher Vereinigungen, seinen 90. Geburtstag. Gottfried Konecny hatte das Institut 1971 übernommen, als er nach 12 Jahren aus Kanada zurückkam, und es in der Folge zu einer der besten Adressen in Photogrammetrie und Fernerkundung weltweit gemacht. 1998 trat er in den Ruhestand, ist aber bis heute einer der weltweit wichtigsten und bekanntesten Vertreter unseres Faches. Er steht sowohl für die Zusammenführung

von Photogrammetrie und Fernerkundung, als auch für deren Nutzung zur Erfassung und Aktualisierung topographischer Geodatenbestände gerade in Ländern ohne ausgeprägte Vermessungstradition. Als Beispiel für Projekte, die in seiner Zeit am IPI liefen, sei das Metric Camera Experiment genannt, die erste photogrammetrische Weltraummission, die 1983 auf dem Space Shuttle flog. Die wissenschaftliche Leitung des Projekts lag bei Gottfried Konecny. Ein anderes prägendes Element seiner Karriere war (und ist) das Engagement in der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS). Die wichtigsten Stichworte sind wahrscheinlich der ISPRS Kongress, den er 1980 in Hamburg organisierte, der Namenszusatz „und Fernerkundung“, den er bei der Gelegenheit einführte (so, wie 1976 auch bereits in der deutschen Gesellschaft) sowie die Präsidentschaft der ISPRS von 1984-88. Leben und Werk, Verdienste und Ehrungen von Gottfried Konecny wurden bereits mehrfach in dieser Zeitschrift sowie an anderer Stelle gewürdigt und sollen hier nicht im Detail wiederholt werden. Interessierte Leser seien auf die entsprechende Literatur verwiesen (ZPF 3/1995, PFG 1/2000, PFG 5/2000, zfv 6/2000, PFG 6/2010).

Anlässlich des runden Geburtstages war ursprünglich ein Treffen während des ISPRS Kongresses in Nizza geplant, der aber aus bekannten Gründen um ein Jahr in den Juli 2021 verschoben werden musste. Daher fand die Feier als Videokonferenz statt, in der verschiedene Weggefährten und Schüler Vorträge über ihre Zusammenarbeit mit und Verbindung zu Gottfried Konecny hielten. Gastgeber der Veranstaltung war Sheryl Rose Reyes aus den Philippinen, Chair des ISPRS Student Consortium (SC). Das SC hatte in den letzten Monaten eine Reihe ähnlicher Videoschaltungen initiiert und so in vorbildlicher Weise dazu beigetragen, die weltweite Gemeinschaft der Photogrammeter und Fernerkundler zusammenzuhalten.

Nach einer kurzen Einführung des Verfassers dieser Zeilen stellte Armin Grün (Schweiz) den White Elephant Club der ISPRS vor. Dessen eher ältere Mitglieder verstehen sich als Mentoren der jungen Generation und bilden innerhalb der ISPRS quasi das Gegenstück zum Student Consortium. Die Zusammenarbeit zwischen jung und alt funktionierte hervorragend, was ganz im Sinne von Konecny gewesen sein dürfte, der es von jeher wie kein Zweiter versteht, Brücken zwischen Menschen, Kulturen und Generationen zu bauen. Anschließend erinnerten die ehemaligen ISPRS Präsidenten Shunji Murai (Japan) und Larry Fritz (USA) an gemeinsame Zeiten und Aktivitäten. Li Deren (China), Ehrenmitglied der ISPRS, betonte die Verbundenheit von Konecny zu China und zu Wuhan sowie dessen entscheidende Rolle bei der Aufnahme Chinas in die ISPRS 1980, die derzeitige Generalsekretärin der ISPRS, Lena Halounová (Tschechische Republik) stellte in einem sehr persönlichen Vortrag die Leistungen Konecnys für verschiedene internationale Organisationen heraus. Abschließend beleuchtete Laurent Polidori (Frankreich), Mitglied des Organisationsteams des nächsten ISPRS Kongresses, eine geschichtliche Verbindung zwischen den Anfängen der Photogrammetrie und den heutigen Möglichkeiten im Zeitalter von künstlicher Intelligenz, bevor Jan Dirk Wegner (Schweiz) eine kühne und faszinierende Zukunftsvision für unser Gebiet entwarf, in der modell- und datengetriebene Ansätze auf der Grundlage von maschinellem Lernen und einer physikalisch motivierten Prozessbeschreibung zu vereinigen sind; auch dies ganz im Sinne von Konecny, der sich nie mit dem Erreichten zufrieden gab, sondern den Blick – auch im Alter von 90 Jahren – in und auf die Zukunft richtet.

Eingerahmt wurden die Vorträge von musikalischen Beiträgen des IPI, den Abschluss bildeten verschiedene Geschichten aus der Familie von Gottfried Konecny. Die Vorträge sowie eine Aufzeichnung der gesamten Sitzung sind unter dem folgenden Link zu erreichen: <http://sc.isprs.org/virtual-rooms.html>. Die Teilnehmer der Videoschaltung wünschen Gottfried Konecny und seiner Familie zu seinem 90. Geburtstag im Namen der weltweiten Gemeinde der Photogrammeter und Fernerkundler Gesundheit, Glück und weiterhin ein erfülltes Leben.

Christian Heipke, Hannover



**IMPRESSIONEN DER
VIDEO-SCHALTUNG
ZUM 90. GEBURTSTAG
VON PROF.
GOTTFRIED KONECNY
(RECHTS OBEN)**

DEKANIN DER FAKULTÄT ÜBERREICHT HABILITATIONSURKUNDE AN DR.-ING. HAMZA ALKHATIB



Mit dem Abschluss des Habilitationsverfahrens hat Priv.-Doz. Dr.-Ing. Hamza Alkhatib am 26. Januar 2021 die Lehrbefugnis für das Fachgebiet "Geodätische Auswertemethoden und Ingenieurgeodäsie" erworben.

Die Verleihung der Lehrbefugnis ist ein großer Höhepunkt in seiner ansonsten bereits sehr erfolgreichen Tätigkeit am Geodätischen Institut seit 2007. Herr Alkhatib nimmt die Aufgaben der Arbeitsgruppenleitung und Doktorandenbetreuung insb. im Bereich der „Expertengestützten Datenanalyse und

Qualitätsprozesse“ bereits seit ca. 2009 war. Mit seinen Arbeiten und persönlichem Auftreten steht er für den teamorientierten Zusammenhalt und für die themenübergreifenden Arbeiten in den Bereichen der geodätischen Datenanalyse, der Ingenieurgeodäsie und in den mathematisch-statistischen Analysen im Bereich des Flächen- und Immobilienmanagements. Folglich war auch das Thema seiner Antrittsvorlesung "Fortgeschrittene Methoden für die computergestützte geodätische Datenanalyse und ihre Anwendungen in der Ingenieurgeodäsie" gewählt, die im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums als Online-Veranstaltung stattfand.

Im Anschluss der Vorlesung überreichte ihm die Dekanin der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, Frau Prof. Dr. Insa Neuweiler die Habilitationsurkunde.

Die Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik gratuliert Herrn PD Dr.-Ing. Hamza Alkhatib ganz herzlich zur erfolgreichen Habilitation und freut sich auf die weitere erfolgreiche Zusammenarbeit.

NORDDEUTSCHER WISSENSCHAFTSPREIS 2020 FÜR KOOPERATIONSPROJEKT "GEODÄSIE UND KLIMAFORSCHUNG"



SCHLESWIG HOLSTEINS WISSENSCHAFTSMINISTERIN
KARIN PRIEN ÜBERREICHT DEN PREIS VIRTUELL

Das gemeinsame Forschungsprojekt "Geodäsie und Klimaforschung – Wechselwirkung zwischen Kohlenstoff- und Wasserkreislauf" der Universität Bremen, der Leibniz Universität Hannover und des DLR-Instituts für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik (Hannover und Bremen) ist mit dem Norddeutschen Wissenschaftspreis 2020 in Höhe von 125.000 € ausgezeichnet worden.

An der Leibniz Universität Hannover sind Prof. Dr. Jürgen Müller und Dr. Matthias Weigelt vom Institut für Erdmessung an dem Projekt beteiligt.

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

Auch für 2020 hat die Victor Rizkallah-Stiftung einen Sonderpreis für die besten internationalen Studierenden der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik ausgelobt. Damit würdigt die Stiftung die oft erheblichen zusätzlichen Anstrengungen, die diese Gruppe Studierender bewältigen muss, um das Studium erfolgreich abzuschließen.

In diesem Jahr wurde Frau Carolina Cañizares, M.Sc., ausgezeichnet, die ihr Examen mit hervorragenden Leistungen abschloss. Sie wird den mit 250,- € dotierten Preis wegen der Pandemiesituation erst im Sommer 2021 im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums aus den Händen des Stifters, Prof. Victor Rizkallah und des Stiftungsvorsitzenden, Prof. Ludger Lohaus überreicht bekommen können.

PREIS DES HOCHSCHULBÜROS FÜR INTERNATIONALES

Herr Yu Feng, M. Sc., Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kartographie und Geoinformatik, hat den diesjährigen Preis des Hochschulbüros für Internationales erhalten. Der Preis belohnt sowohl außerordentlich hohes soziales Engagement inner- und außerhalb der Hochschule als auch herausragende fachliche Leistungen.



Herr Feng hat sein Studium an der Leibniz Universität als Masterstudierender begonnen und mit "Sehr gut" abgeschlossen. Für die Leistung während seines Masterstudiums hat er einen Sonderpreis der Victor Rizkallah Stiftung erhalten. Im Dezember 2015 hat er seine Promotion am Institut für Kartographie und Geoinformatik angefangen. Neben der Forschung für seine Promotion hat

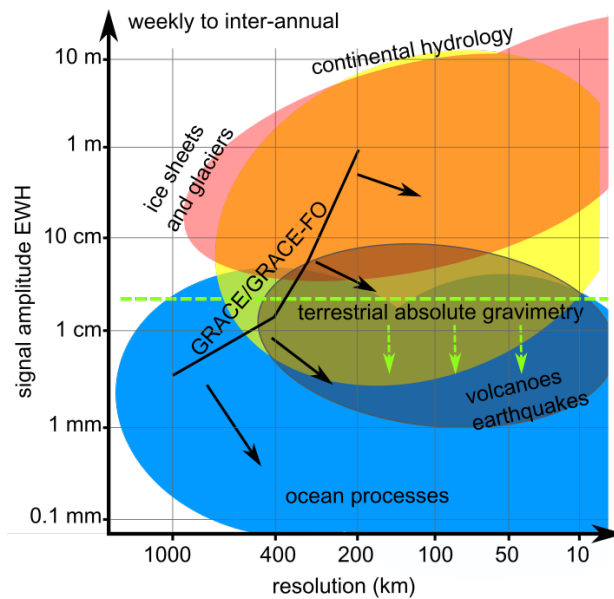
Herr Feng bereits zahlreiche Publikationen veröffentlicht und agiert als Gutachter bei mehreren wissenschaftlichen Zeitschriften. Parallel engagiert er sich in der Lehre und ist ein gefragter Betreuer von Abschlussarbeiten. Er unterstützt auch internationale Studierende in Rahmen des Mentorenprogramms der Fachrichtung.

SFB 1464 RELATIVISTIC AND QUANTUM-BASED GEODESY (TERRAQ)

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat nach sehr positiver Evaluation die Einrichtung des neuen Sonderforschungsbereichs SFB 1464 Relativistische und quanten-basierte Geodäsie (TerraQ) genehmigt. Die Fördersumme für die ersten vier Jahre beträgt 9,3 Millionen Euro plus Programmpauschale (22 %). Sprecher des SFB TerraQ ist Prof. Jürgen Müller vom Institut für Erdmessung, stellvertretender Sprecher ist Prof. Karsten Danzmann vom Albert-Einstein-Institut.



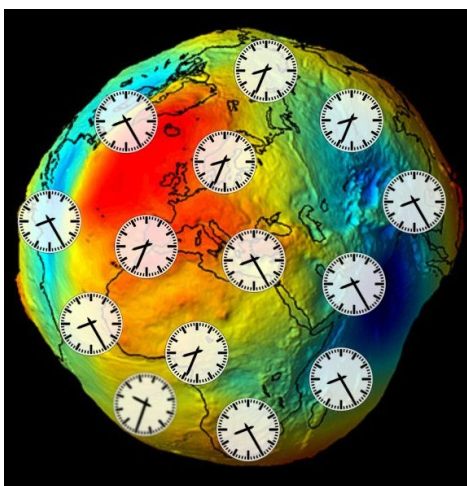
Klimarelevante Prozesse spiegeln sich vielfach in Schwerfelddaten wider. Jedoch ist eine bessere raum-zeitliche Auflösung und höhere Genauigkeit erforderlich, um die zugrunde liegenden Massenänderungen zu erfassen. Dies kann nur mit Hilfe innovativer quantentechnologischer Konzepte erreicht werden. TerraQ integriert Expertise aus der Geodäsie und der Physik in einer einzigartigen Konstellation, um grundlegend neue Sensoren, Messtechniken und Analysemethoden zu entwickeln. Optische Abstandsmessung zwischen Satelliten, atom-interferometrische Beschleunigungsmessung sowie chronometrisches Nivellement sind die dringend benötigten Ansätze. Mit diesen neuartigen Techniken können Massenvariationen auf fast allen raumzeitlichen Skalen mit bisher unerreichter Genauigkeit für eine Vielzahl von geowissenschaftlichen Anwendungen beobachtet werden, von der Überwachung lokaler Grundwasserspeicher bis hin zur Beobachtung globaler Transportprozesse in den Ozeanen.



RÄUMLICHE SKALEN UND AMPLITUDEN RELEVANTER MASSENSIGNALE IM ERDSYSTEM IN PERIODEN VON WOCHEN ZU EINIGEN JAHREN, ZUSAMMEN MIT AKTUELLEN LIMITIERUNGEN GÄNGIGER GEODÄTISCHER MESSVERFAHREN, MODifiziert NACH PAIL ET AL. (2019). EINHEIT: ÄQUIVALENTE WASSERHÖHE (EWH). DIE HERAUSFORDERUNG IST ES NUN, DIE GENAUKEITSGRENZEN IN RICHTUNG DER PFEILE ZU VERSCHIEBEN.

TerraQ erforscht in der Satellitengravimetrie laser-interferometrische Systeme für Abstandsmessungen zwischen Testmassen in Erdumlaufbahnen. Hier baut TerraQ auf den Wissenstransfer seiner PIs aus vorherigen erfolgreichen Satellitenmissionen wie GRACE-FO auf, um das nächste Genauigkeitsniveau zu erreichen.

TerraQ erforscht Quantensensoren basierend auf Atominterferometrie für die schnelle und präzise Schweremessung. Diese Entwicklungen umfassen sowohl kompakte, mobile Geräte für Messkampagnen wie auch große stationäre Geräte extremer Präzision. Während die einen neue Strategien für lokale und regionale Schweremessungen ermöglichen, was in der Elbe-Region erprobt wird, werden die anderen künftig neue Schwerestandards realisieren.



TerraQ ist federführend in der Entwicklung des chronometrischen Nivellements zur Realisierung physikalischer Höhensysteme und für Schwerfeldbeobachtungen. Kern ist die Messung von Frequenzdifferenzen aufgrund der Gravitationsrotverschiebung, um Schwerepotentialdifferenzen in geodätischen Netzen zu bestimmen. Dafür werden transportable optische

Atomuhren genutzt, die über Glasfaserverbindungen miteinander verbunden sind. Die Uhren und Konzepte werden nun entwickelt, um Zentimetermessgenauigkeit zu erreichen.

TerraQ stellt die Analysemodelle zur Charakterisierung und Anwendung der neuen Messkonzepte auf eine fundierte theoretische Basis. Dedizierte geodätische und relativistische Modellierung der diversen involvierten Schwerefeldgrößen wird durchgeführt, um die überlegene Leistungsfähigkeit der neuen gegenüber den konventionellen Ansätzen zu zeigen.

Die Kombination der Expertise aus Physik und Geodäsie in TerraQ, bei der Ingenieurwissen mit Grundlagenforschung integriert wird, dient als exzellente Basis, um die gravimetrische Erdbeobachtung wesentlich zu verbessern. Die Realisierung neuartiger Konzepte für die Beobachtung von Massenvariationen wird einen essentiellen Beitrag für die Klimaforschung liefern, mit enormen Auswirkungen auf das gesamte Feld der Geowissenschaften.

Im SFB TerraQ haben sich sieben Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen: Leibniz Universität Hannover, DLR-Institut für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik Hannover und Bremen, Physikalisch Technische Bundesanstalt Braunschweig, Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation Bremen, GeoForschungsZentrum Potsdam, HafenCity Universität Hamburg und Technische Universität Graz. Die Leibniz Universität ist als Sprecherhochschule federführend und mit dem Institut für Erdmessung, dem Institut für Gravitationsphysik und dem Institut für Quantenoptik beteiligt. Laufzeit ist vom 01. Januar 2021 bis zum 31. Dezember 2024 mit der Möglichkeit der Verlängerung bis 2032.

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

Fördererfolg für das Graduiertenkolleg i.c.sens! Nach einer sehr erfolgreichen Begutachtung im September hat die DFG die Förderung des GRKs für weitere 4 ½ Jahre bewilligt. Ab Juni 2021 wird das GRK mit einer Summe von 4.082.883€ plus Programmpauschale (22%) gefördert. Sprecher ist Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön vom Institut für Erdmessung, stellvertretender Sprecher ist apl. Prof. Dr.-Ing. Claus Brenner vom Institut für Kartographie und Geoinformatik.

Research
Training
Group
i.c.sens



Besonders beeindruckt zeigte sich die Gutacherguppe von der konsequenten Weiterentwicklung der zentralen Forschungsthemen sowie von der Promotions- und Publikationsbilanz des Kollegs (8 erfolgreich abgeschlossene Promotionen, mehr als 80 Publikationen).

Die zentralen Forschungsthemen Integrität und Kollaboration in dynamischen Sensornetzen werden in der 2. Förderphase um die Aspekte Präzidierbarkeit von Integrität und der Erhöhung der Robustheit der Kollaboration ergänzt. Ein echtes Alleinstellungsmerkmal des GRKs ist die methodische Betrachtung von Integritätsmaßen.

Neben der Vorbereitung und Begutachtung der GRKs konnten die Doktorandinnen und Doktoranden der 2. Kohorte erste Forschungserfolge erzielen: Im August 2020 fand der 1. Mapathon der 2. Kohorte statt, bei dem die drei Fahrzeugplattformen um UAV und stationäre Sensorknoten erweitert wurden.



MESSFAHRZEUGE BEIM MAPATHON (LINKS), BLICK AUF DIE FAHRZEUGE (UAV, RECHTS)

Der Schwerpunkt der neuen Experimente lag in der

- 1) Beobachtung der Fahrzeuge mittels UAV,
- 2) Nutzung hochgenauer, statisch erfasster Referenzpunktwolken,
- 3) Erhebung wiederholter GNSS-Trajektorien zur Ermittlung von Erhaltungseigenschaften.

Drei der bei den Mapathons erhobenen Datensätze sind im LUH-Repository publiziert: <https://data.uni-hannover.de/organization/i-c-sens>.



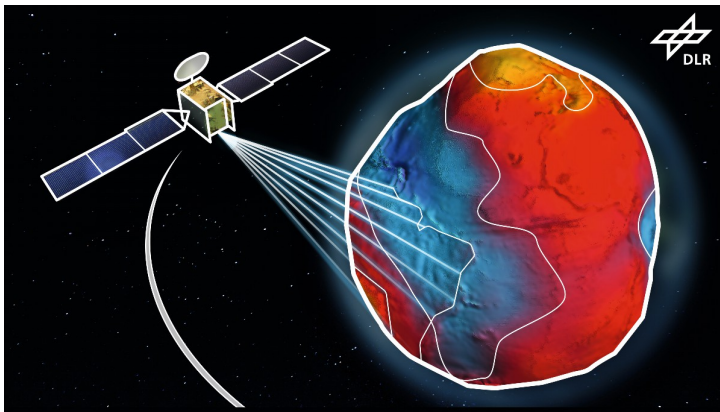
PUBLIZIERTE DATENSÄTZE: KAMERA-LIDAR-IMU-DATENSATZ (LINKS), STEREOSEQUENZEN FÜR FUßGÄNGERVERFOLGUNG (MITTE) UND AUTOERKENNUNG (RECHTS)

Ebenfalls im August präsentierten die Mitglieder der 2. Kohorte ihre Projektfortschritte bei der (coronakonformen) Klausurtagung des Graduiertenkollegs in der Akademie des Sports in Hannover.



DLR-Institut für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik

Im neu gegründeten DLR-Institut für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik (DLR-SI) wirken verschiedene Akteure aus der Geodäsie und Physik zusammen. Die Federführung liegt bei der Physik, aus der Geodäsie ist vornehmlich das Institut für Erdmessung beteiligt. Zentrales Thema des DLR-SI ist die Entwicklung von Konzepten und Sensoren für die gravimetrische Erdbeobachtung vom Weltraum aus. Die Führungsstruktur des DLR-Instituts wird über gemeinsame Professuren mit der Leibniz Universität Hannover verbunden sein. Erste Berufungen sind auf den Weg gebracht. Im DLR-SI wird es eine große Abteilung für Geodäsie geben. Hierfür ist die Berufung einer neuer W3-Professur für Satellitengeodäsie und geodätische Modellierung im Laufe des Jahres 2021 geplant. Im Jahr 2020 wurden neben den direkten Aktivitäten am DLR-SI auch zwei Forschungsprojekte mit drei Stellen an der LUH finanziert.



Das Ziel des einen Projektes ist die Untersuchung von neuartigen inertialen Sensoren für Weltraumanwendungen, die die Interferometrie kalter Atome (Cold Atom Interferometry: CAI) nutzen. Durch Simulationen werden verschiedene Konfigurationen und Messszenarien studiert. Als potentielle Anwendungsgebiete werden in diesem Projekt

einerseits die CAI-unterstützte Beschleunigungsmessung für Satellitenmissionen und andererseits die CAI-unterstützte Navigation mit entsprechenden inertialen Messeinheiten und Atomuhren näher untersucht.

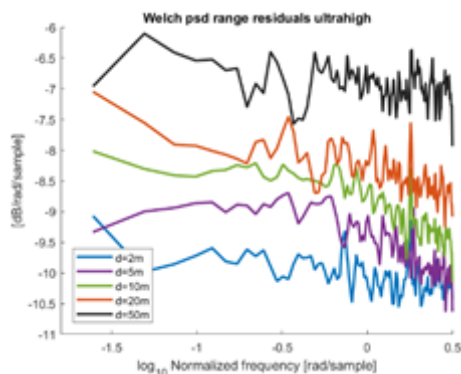
Das Hauptziel des zweiten F&E-Projektes - im Kontext der Analyse von Lunar Laser Ranging (LLR) Daten - ist es, die erwarteten Genauigkeitsverbesserungen aufgrund der großen Menge an präzisen Messungen im Infraroten und der neuen differentiellen LLR-Beobachtungen bestmöglich für Untersuchungen im Erde-Mond-System zu nutzen. Dazu wird das LLR-Auswertemodell verfeinert und die Analysestrategie angepasst, um eine verbesserte Parameterbestimmung zu erreichen, insbesondere zum Test der Einstein'schen Relativitätstheorie und der präzisen Realisierung der involvierten Bezugssysteme.

FORSCHUNGSARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT (GIH)

ANALYSE OF THE CORRELATION STRUCTURE OF TLS OBSERVATIONS (DFG, GAËL KERMARREC)

Temporal correlations between observations are unavoidable but often neglected in stochastic modelling. The main consequences are an overestimated precision of the point clouds and potential wrong test decisions when used for deformation analysis with rigorous statistical procedures. In the project supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft under the project number KE2453/2-1, I will investigate the correlation structure of TLS observations, mainly it be range or angle correlations. I will focus on a physical modelling to understand and extract the influencing factors. The project started April 2010 and promising results were obtained based on scanning of panels with a phase laser scanner Z+F Imager 5016 under different scanning settings and configurations. We used a correlation model corresponding to a fractional Gaussian noise (fGn). From physical considerations, temporal correlations are expected to have a long-range dependency due to the high recording rate of the TLS. The fGn was confirmed: Alternatively, a Matérn process can be used as for GPS phase observations, which power spectral density is damped at low frequencies. Scanning settings and configurations can affect the global correlation parameters. For our first study, we use the least-squares residuals from a Gauss-Helmert approximation to quantify the different effects based on calibration. We make use of the unbiased Whittle maximum likelihood and the generalised Hurst estimator. In the future, classification algorithm could be used additionally. In a second step of this project, we will use 3D printed surface from more complicated geometries, where outliers and data gaps will be additionally simulated. These geometries will be approximated using B-splines surfaces with hierarchical approximation methods (hierarchical B-splines, T-splines). Based on the corresponding results, real data correlation analysis from indoor and outdoor experiments will be better understood to help identifying the dominant correlating noise source.



POWER SPECTRAL DENSITY OF CORRELATED NOISE FROM A PHASE TLS FOR DIFFERENT SETTINGS (KERMARREC ET AL. 2021)

3D-HYDROMAPPER: BESTANDSDATENERFASSUNG UND MODELLGESTÜTZTE PRÜFUNG VON VERKEHRSWASSERBAUWERKEN (BMVI, FREDERIC HAKE, HAMZA ALKHATIB)

Im Rahmen des Verbundprojektes 3D Hydromapper wird ein Messsystem zur Erfassung von Hafenbauwerken entwickelt. Ziel ist es, die Bausubstanz über und unter Wasser möglichst automatisiert, qualitätsgesichert und reproduzierbar mit einem hybriden Multi-Sensor-System zu erfassen. Die Bauwerksschäden sollen mittels Mustererkennungsmethoden automatisch erkannt und klassifiziert werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Die Partner des Projektes sind Dr. Hesse und Partner Ingenieure (Gesamtkoordinator), WKC Hamburg GmbH, Leibniz Universität Hannover-Geodätisches Institut, Faunhofer Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik IGP, Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG und das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen.

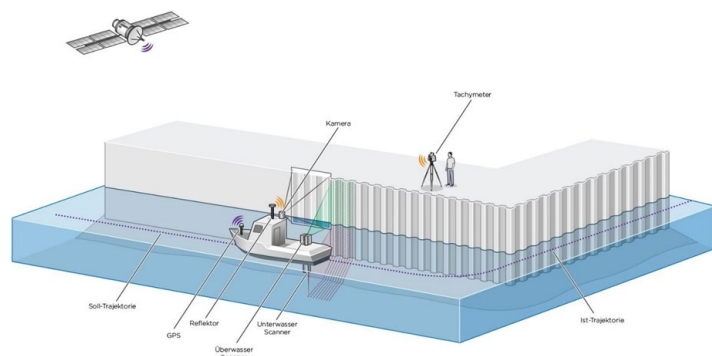
Finanziert wird das Projekt mit einem Volumen von 2.5 Mio Euro und einer Laufzeit von drei Jahren über das Förderprogramm für Innovative Hafentechnologien (IHATEC), unterstützt durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Das Ziel des Teilvorhabens am GIH ist eine automatisierte und qualitätsgesicherte Routenplanung sowie die Schadenserkennung und –klassifizierung. Die 3D-Objekterfassung erfolgt über Wasser durch einen Profillaserscanner und RGB-Kameras und unter Wasser durch ein Multibeam Echosonar. Die Sensoren befinden sich auf einer schwimmenden Plattform, welche kontinuierlich durch zwei GNSS-Antennen, eine IMU sowie optional zusätzlich mit einem Tachymeter referenziert wird.

Im Rahmen der aktuell am GIH durchgeführten Arbeiten wurde zum einen eine qualitätsgesicherte Routenplanung realisiert. Hierzu erfolgte die Implementierung einer Vorwärtsmodellierung der Unsicherheiten des Laserscanners und eine anschließende Routenplanung zur Bestimmung der optimalen Trajektorie. Weiterhin wurde eine Schadenserkennung mit Verfahren des Machine-Learning entwickelt. Hierzu wird die Punktwolke in ein Distanzbild umgewandelt und mit Hilfe eines Neuronalen Netzes können Schäden erkannt werden.



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien



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

Ziel des Projektes „Messsystemanalyse und modelbasierte Sensorfusion für das hydrographische Wasserwechselzonenmonitoring mittels unbemannter Trägersysteme (WaMUT)“ ist die konsistente, qualitätsgesicherte Erfassung und Modellierung von Geobasisdaten der Wasserwechselzonen und Flachwasserbereiche der Bundeswasserstraßen zur Qualitätssteigerung – insbesondere kleinräumiger - digitaler Geländemodelle des Wasserverlaufs. Im Gegensatz zu den klassischen geodätischen Beobachtungsverfahren zur Erfassung der Bathymetrie und Topographie rückt in den letzten Jahren die Nutzung unbemannter Sensorplattformen – vor allem landseitig (unmanned aerial vehicle UAV), aber auch auf dem Wasser (unmanned surface vessel USV) – in den Fokus. Diese Messsysteme sollen im Rahmen des Projektes WaMUT validiert und darauf aufbauend ein qualitätsgesichertes, integriertes Messprogramm erstellt werden, um belastbare Geobasisdaten in den Wasserwechselzonen erfassen zu können.

Die Innovation des Forschungsprojektes besteht in der Entwicklung einer Datenfusion und eines Auswertekonzeptes für klassische Messverfahren, sodass ein optimiertes Konzept zur Erstellung eines digitalen Geländemodells sowie Modelle zur Beschreibung der stochastischen Eigenschaften der beteiligten Messsysteme vorliegen. Ein essentieller Arbeitsschritt bei dem Projekt ist die Implementierung eines (Semi-)automatischen (simulationsbasierten) Messplanungswerkzeugs unter Berücksichtigung der (Einzel-)Unsicherheiten aller Sensoren.



3D-ERFASSUNG VON FLACHWASSERBEREICHEN AN DER RHEININSEL NIEDERWERTH [BAFG, 2020]

FORSCHUNGSPROJEKT INDaLE: INNOVATIVE ANSÄTZE DER DASEINSVORSORGE IN LÄNDLICHEN RÄUMEN - LERNEN VON ERFAHRUNGEN ANDERER EUROPÄISCHER LÄNDER FÜR DEUTSCHLAND (WINRICH VOß, JÖRN BANNERT, ALICE GEBAUER)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



Projektträger Bundesanstalt
für Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Insbesondere in strukturschwachen und dünn besiedelten ländlichen Regionen wirken sich die Folgen einer negativen natürlichen Bevölkerungsbilanz und der oft seit Jahrzehnten anhaltenden Abwanderung für bestimmte Daseinsvorsorgebereiche, v.a. vor dem Hintergrund des demographischen Wandels und der prekären Finanzsituation einzelner Kommunen, existenzgefährdend aus: Schulen schließen, Arztpraxen geben auf oder Freiwillige Feuerwehren sind in ihrer Handlungsfähigkeit eingeschränkt. In diesen Räumen fehlen darüber hinaus oft qualifizierte Arbeitskräfte und andere wichtige Standorteigenschaften. Unter diesen Rahmenbedingungen stellt es in Deutschland seit ca. zwei Jahrzehnten eine wachsende Herausforderung dar, die Daseinsvorsorge sicherzustellen und die ländlichen Räume attraktiv und zukunftsfähig zu gestalten. Auch andere Länder Europas haben ähnliche Herausforderungen in ländlichen Räumen zu bewältigen, teilweise bei wesentlich geringerer Bevölkerungsdichte. Hier gilt es zu prüfen, inwieweit in diesen Ländern bewährte Beispiele existieren, die für Deutschland zusätzliche Erkenntnisse liefern können. Im Mittelpunkt des Forschungsprojekts stehen drei Bereiche der Daseinsvorsorge, die nach Kenntnis der Projektverantwortlichen in anderen Ländern Europas besondere Qualitäten aufweisen: die medizinische Versorgung und Pflege, die in besonderem Maße für die Lebensqualität in unterschiedlichen Lebensphasen in ländlichen Räumen steht, die nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr, deren über Jahrzehnte selbstverständliche Gewährleistung durch Freiwillige Feuerwehren sich vor allem in Abwanderungs- und Alterungsregionen auflöst und die nachschulische Bildung, über deren Effekte für die Regionalentwicklung es in Deutschland bislang wenig gesichertes Erfahrungswissen gibt. Die Analyse von Erfahrungen im europäischen Ausland zur Anpassung von Infrastrukturen wird für die Entwicklung innovativer Ansätze in Deutschland genutzt und kann - unter Berücksichtigung geeigneter Adaptionsstrategien - neue Lösungen offerieren. Im InDaLE-Projekt werden pro Daseinsvorsorgebereich vergleichend drei ausländische und zwei deutsche Fallbeispiele – in der Summe somit 15 Fallbeispiele – analysiert. Diese Vorhaben sollen bereits an konkreten Problemen der Gewährleistung dieser Daseinsvorsorgebereiche in ländlichen Regionen in Deutschland ansetzen. Dies erleichtert die Vergleichbarkeit und Adaptierbarkeit der europäischen Erkenntnisse bezüglich Zielsetzung, Initiierung und Durchführung. Das Verbundprojekt wird Erkenntnisse auch für den notwendigen Wissenstransfer in die Kommunen und Länder aufbereiten. Die Ergebnisverarbeitung erfolgt in unterschiedlichen Kommunikationsformaten (z.B. Workshops, Projektwebseite, Abschlussbericht mit Handlungsempfehlungen).

INTEGRITY CONTAINED NAVIGATION BASED ON VEHICLE DATA AND CONSTRAINED COLLABORATIVE INFORMATION (DFG, ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB)

Multi Sensor System (MSS) georeferencing is a challenging task in engineering, which should be dealt with in the most accurate way possible. An example of a MSS is an autonomous car that drives through an environment and should be able to locate itself safely. The easiest and most straightforward way of georeferencing is to rely on the Global Navigation Satellite System (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU) data. However, at indoor environments or crowded inner-city areas, such data lack enough accuracy to be entirely relied on. Therefore, appropriate filtering algorithms are required to compensate for such errors and to improve the pose values sufficiently. Sometimes it is also possible to increase the functionality of a filtering technique by engaging additional complementary information, which can directly influence the outputs. Such information could be e.g. geometrical features of the environment in which the MSS runs through. Examples of such features are the parallel and perpendicular lines or planes of the environment. This geometrical information can highly increase the localization results if it is properly detected and also adequately formulated via mathematical relationships. On the other hand, there might be other MSS in the same environment that are equipped with highly accurate sensors or contain helpful information to be used for the localization of the target MSS. Therefore, the main aim of this research project is to develop a particle filtering framework, which can estimate the pose of the MSS at each epoch in time by taking into account any possible and helpful additional information of the surroundings. It is also aimed to design the final filter efficient enough to enable its use in practical applications. The efficiency is planned to be reached by using proper measurements subsampling as well as an informed generation of particles. Both of the latter aspects are to be encountered by considering proper methods, which help to only count for those measurements and particles that greatly influence the estimations. Doing so, unnecessary data are avoided, which in turn results in a more efficient estimation process.

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



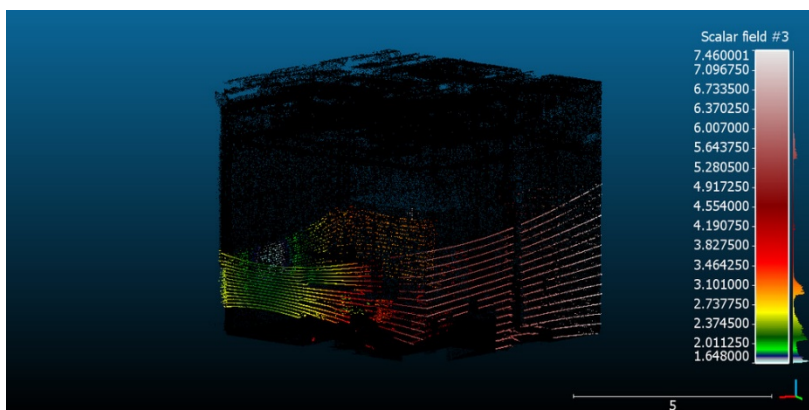
SKETCH OF THE OVERALL RESEARCH PROBLEM AND THE MAIN IDEA FOR SOLVING IT

VALIDATION AND QUALITY ASSURANCE CONCEPTS FOR COLLABORATIVE MULTI-SENSOR-SYSTEMS (DFG, FRANZISKA ALTEMEIER)

Autonomous driving is made possible by the interaction of various sensors. Knowledge about the quality of the data generated by such multi-sensor systems (MSS) and about the uncertainty model of the sensors involved is an important source of information for the judgement of the integrity of the MSS. Therefore, uncertainty modelling and propagation is a crucial issue - starting from the single sensors along the entire process chain (e.g. including the calibration and synchronization of the sensors within each MSS) up to the resulting products like 3D mapping information of the environment and the trajectory of the MSS.

In this project a backward approach is used to model the uncertainty of an MSS. The basic idea here is to evaluate the quality of actual measurements by comparison with reference information. Within this project the focus lies on MSS, that are built of terrestrial laser scanners (TLS) as the object-capturing sensor and additional sensors for the (geo-) referencing of the shared platform. In the first step, the sensor properties of a Velodyne VLP-16 laser scanner as well as the most important influencing factors on the quality of the generated point cloud are investigated. Since the project goal is to develop an efficient method for uncertainty modeling and prediction based on reference information, the suitability of supervised machine learning (e.g. regression analysis, artificial neural network) is to be examined. In this context, the generation of suitable training data plays a key role and is subject of the current work. Data sets generated in the Hanover Institute of Technology (HITec) laboratory initially serve as the basis for these investigations.

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

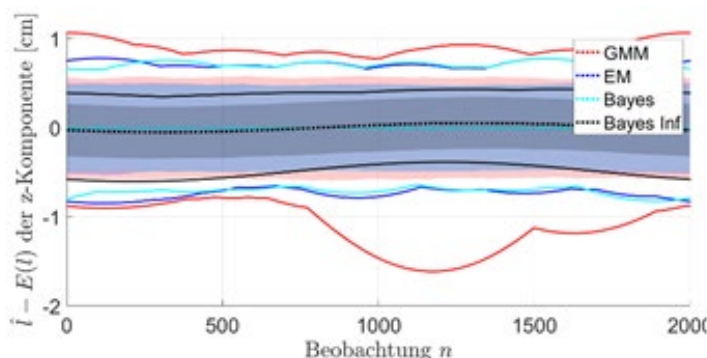


REFERENCE POINT CLOUD OF HITec LABORATORY (BLACK) AND VELODYNE VLP-16 POINT CLOUD COLOURED BY DISTANCE TO ORIGIN.

BAYESSCHE ADAPTIVE ROBUSTE AUSGLEICHUNG VON MULTIVARIATEN GEODÄTISCHEN MESSPROZESSEN MIT DATENLÜCKEN UND NICHTSTATIONÄREM FARBIGEM RAUSCHEN (DFG, BORIS KARGOLL, HAMZA ALKHATIB, JENS-ANDRÉ PAFFENHOLZ, BEARBEITER: ALEXANDER DORNDORF, MOHAMMAD OVIDALIZARANDI)

Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt (Nr. 386369985) begann im Oktober 2018 und endet voraussichtlich im September 2021. Es wird in Kooperation mit dem Fachbereich Architektur, Facility Management und Geodäsie der Hochschule Anhalt (Prof. Kargoll) und dem Institute of Geo-Engineering der Technischen Universität Clausthal (Prof. Paffenholz) bearbeitet. Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung klassischer und Bayesscher Statistik in Verbindung mit Verfahren der Ausgleichsrechnung, welche eine robuste und effiziente Schätzung parametrischer Modelle von geodätischen Zeitreihen erlauben. Diese multiplen, ortsbezogene Zeitreihen enthalten riesige Mengen von Messdaten und können somit auch zahlreiche Ausreißer sowie Datenlücken enthalten. Die zufälligen Abweichungen der eingangs genannten Zeitreihen folgen aufgrund beträchtlicher Auto- und Kreuzkorrelationen einem farbigen Rauschen. Die zu entwickelnde Schätzmethode soll mit umfassenden Kollektionen von autoregressiven (AR) Prozessen und Ausreißerverteilungen basierend auf Student-Verteilungen umgehen können.

Der Arbeitsschwerpunkt im Jahr 2020 lag auf der Entwicklung eines Algorithmus auf Basis der Bayesschen Statistik, der eine robuste und zuverlässige Schätzung der funktionalen Parameter, der Koeffizienten des AR-Prozesses und der Formparameter der zugrundeliegenden t-Verteilung ermöglicht. Die resultierende Posterior-Dichte wurde mit Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren, bestehend aus Gibbs-Sampler und Metropolis-Hastings-Algorithmus, approximiert. Zur Validierung des Bayesschen Modells wurden die Ergebnisse einer nicht informativen Priori-Dichte den Ergebnissen aus dem im Projekt entwickelten Expectation-Maximization (EM) Algorithmus gegenübergestellt. Der Vergleich der beiden Lösungen zeigt, dass die Markov-Ketten die posteriori Verteilung der unbekannt Parameter ausreichend gut approximieren. Ein Vorteil des Bayesschen Modells ist, dass die Varianz-Kovarianz-Matrix der geschätzten Parameter direkt aus den erzeugten Ketten abgeleitet werden kann. Weiterhin ermöglicht das Bayessche Modell die Integration von unterschiedlichen Priori-Informationen für die unbekannt funktionalen Parameter. Durch die Integration dieser Informationen wird vor allem die Genauigkeit der geschätzten Parameter und die Performanz der Markov-Ketten verbessert.



VERGLEICH DER PRÄDIKTIONSGENAUIGKEIT EINER AUSREIßER KONTAMINIERTEN ZEITREIHE MITTELS SENSITIVITÄTSANALYSE ZWISCHEN DEN AUSGLEICHUNGSANSÄTZE: GAUß-MARKOV-MODELL (GMM), EM-ALGORITHMUS, BAYES UND BAYES INF(ORMATIV). DIE GEPUNKTETE LINE IST DER MITTELWERT AUS DEN 10.000 SIMULATIONEN, WOBEI DAS ERGEBNIS FÜR ALLE MODELLE FAST IDENTISCH IST. DER FARBIGE BEREICH ZEIGT DAS 95% KONFIDENZINTERVALL ALLER SIMULATIONSLÖSUNGEN. DIE LINIEN ZEIGEN DIE MINIMALE UND MAXIMALE ABWEICHUNG DES PRÄDIZIERTEN PUNKTES AUS ALLEN SIMULATIONEN.

HIGHLY PRECISE TRAJECTORY ESTIMATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVs) USING INTEGRATED LIDAR AND CAMERA DATA AND GENERALIZED OBJECT INFORMATION (DFG, ARMAN KHAMI)

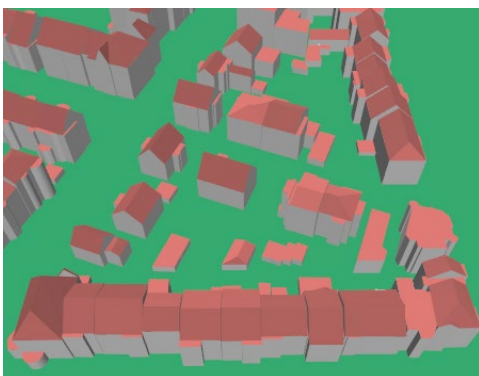
Localization and trajectory estimation of vehicles is the matter of concern in different applications. Since last decade, new developments in different sensors, brought new ideas and challenges to researchers to develop new applications or improve previous ones. Localization of vehicles consequently is highly improved during past few years, thanks to new developments in the visual and optic sensors such as industrial cameras and Light Detection And Ranging (LiDAR) systems.

There are lots of projects which are run based on single sensor measurements such as navigation using GNSS or just images collected from mono or stereo cameras and so on. However, all existing sensors have some limitations due to their nature or because they are low cost sensors. Typical example is the multipath effect of GNSS in urban area which leads to a high level of error if it could not be modeled properly. Systems which are relying just on RGB cameras also cannot operate precisely in bad weather conditions like heavy rain or fog. On the other side, LiDAR systems can just measure the depth to the object, but cannot detect the detail information of the objects which in many cases help to navigate and estimate the trajectory more accurately.

Of course, fusing different sensors information will help to overcome some of above-mentioned limitations. In this project the aim is to determine the trajectory of a UAV as accurate as possible using integrating two non-overlapping cameras, 3D-LiDAR data and generalized object information. For this purpose, first, the transformation between coordinate system of different sensors should be estimated precisely. This will be done by estimating the transformation parameters of each sensor to the platform coordinate system separately.

After estimating the external calibration parameters, the trajectory is estimated by means of filtering approaches using fused data and the generalized building model (LoD2) which is offered by State Office for Geoinformation and Land Surveying of Lower Saxony (LGLN) free of charge.

At the very last step the estimation should be validated and evaluated by establishing a ground truth trajectory.



LEVEL OF DETAIL 2 (LoD2) BUILDING MODEL.
SOURCE: WWW.LGLN.NIEDERSACHSEN.DE

SPECIAL ISSUE IN MDPI LAND ON “LAND, INNOVATION, AND SOCIAL GOOD” (KWABENA ASIAMA, WINRICH VOß)

The administration of land tenure, value, and use is undergoing a new wave of technological innovation. The maturation and scaled implementation of crowdsourced data capture techniques, imagery-based mapping approaches, and cloud storage options are all adding to the expanded land administration toolbox. Meanwhile, a mix of even more novel developments is under development, including adoption of big data capture feeding into artificial intelligence applications, including automatic parcel boundary extraction, automated valuation models, mass valuation, and computer-assisted land use planning decision support systems for smart cities. Countering these positive developments in the land administration domain are ongoing challenges relating to land rights inequality, slum formation, food insecurity, and exposure to disasters, amongst others. The challenge remains to better harness technological advancement to better support fair and responsible relationships between people and land.

The special issue has accepted 12 papers that cover how innovative approaches to land tenure, land value, and land use planning can directly contribute, both positively and negatively, to these societal issues at local, national, and global levels.

Special Issue Editors: Dr. Kwabena Asiama, Assoc. Prof. Rohan Bennett, Prof. Dr. Ir. Chrit Lemmen, and Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß.

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE)

ABSOLUTGRAVIMETRIE (IFE, LUDGER TIMMEN, MANUEL SCHILLING)

Auflistung der Messungen mit FG5X-220 im Jahr 2020

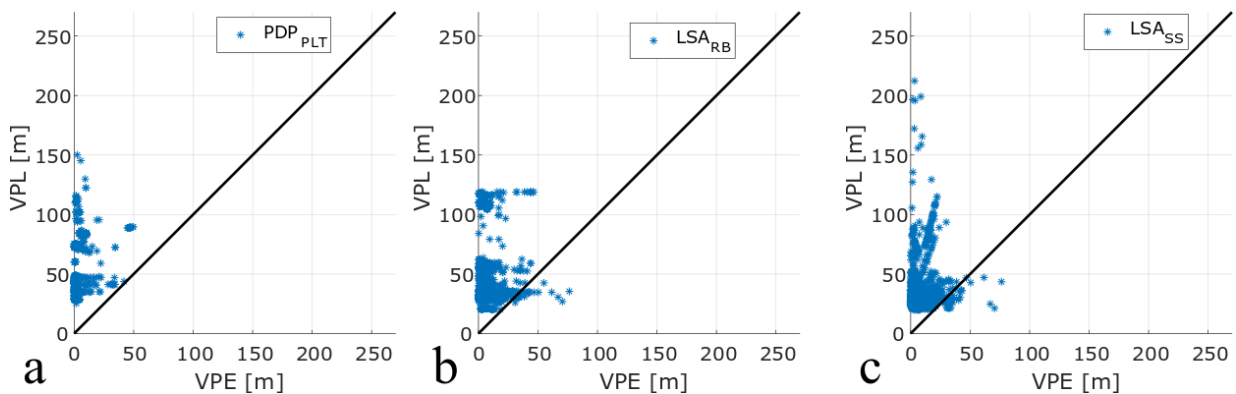
Station	Datum	Bemerkung
Hannover, HITec	21.1.- 13.02.2020	Grav.lab. Pfeiler FU01, Gravimeter Update: neues Laserfaserkabel u.neuer Kollimator
Hannover, HITec	16.- 17.06.2020	Grav.lab. Pfeiler FU01, Gravimeterüberprüfung
Helgoland, AWI Ökolabor, Südhafen	02.- 06.07.2020	Geodynamik, Maßstabs- u. Driftbestimmung Supraleitgravimeter iGrav047 (GFZ Potsdam)

ALTERNATIVE INTEGRITY MEASURES BASED ON INTERVAL MATHEMATICS (DFG, HANI DBOUK)

In this project, most of the existing receiver autonomous integrity monitoring algorithms and the alternative interval methods are analysed and compared, highlighting the advantage and disadvantage of each method. New approaches based on interval mathematics and convex optimisation are developed and compared to the existing ones. The core of the new methods rely on applying deterministic interval bounds on the observed-minus-computed (OMC) values in GPS positioning and primal dual polytope (PDP) algorithms that compute convex polytope and zonotope bounding zones for the resulting point position. They satisfy the geometrical constraints imposed by the observation intervals. The bounding zone is a convex polytope. When exploiting only the navigation geometry, a confidence domain can be computed in form of a zonotope.

The relative volume between the polytope and the zonotope is considered as an inconsistency measure. A small polytope volume indicates bad consistency of the observations. In extreme cases, empty sets are obtained which indicates large outliers. We explain how shape and volume of the polytopes are related to the positioning geometry. Furthermore, we propose a new concept of Minimum Detectable Biases. Moreover, we developed new fault detection and exclusion algorithm based on the consistency measures. Finally, 1-relaxed zonotope is computed as a guaranteed protection level. Deep study of the new methods using Monte Carlo simulation has been performed to determine which information is guaranteed and which one is uncertain and at which level of uncertainty.

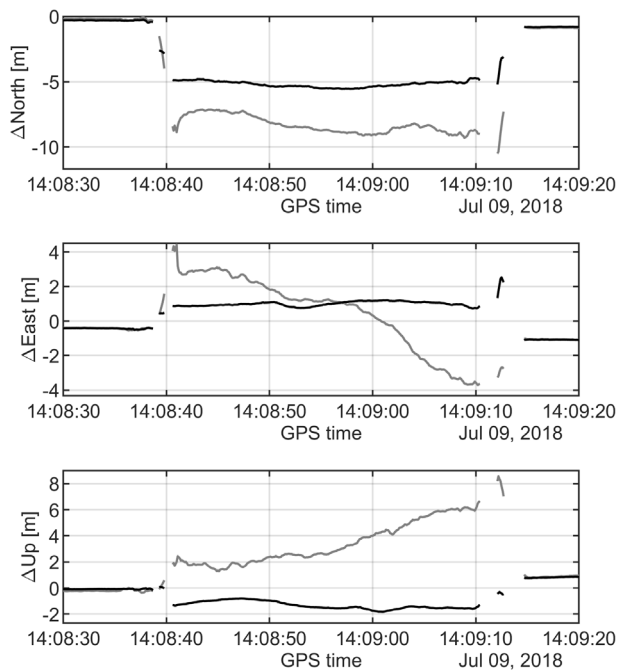
Taking GPS code data from simulations and real experiments, a comparison analysis between the proposed deterministic bounding method and the classical least-squares adjustment with residual-based and solution separation RAIM algorithm has been conducted in terms of accuracy, reliability and integrity. It shows that the new method has a better accuracy than the least-squares adjustment. In addition, the fault detection and exclusion of the newly developed method has a better performance than the residual based and solution separation methods and it provides a guaranteed protection level all the time while the probabilistic methods could not provide a guaranteed protection level (see figure).



STANFORD DIAGRAM FOR VERTICAL PROTECTION LEVEL: A. PRIMAL-DUAL POLYTOPE WITH POLYTOPE LOCAL TEST, B. RESIDUAL-BASED TEST AND C. SOLUTION SEPARATION TEST.

VERBESSERTE POSITIONIERUNG UND NAVIGATION DURCH UHRMODELLIERUNG (BMW/DLR, THOMAS KRAWINKEL, ANKIT JAIN)

The focus of the first part of this project was on the thorough analysis of the automotive experiment with a passive hydrogen maser (PHM) conducted in the year 2018 in the urban areas of Hannover. The goal was to evaluate the benefits of using such a high-precision oscillator in a kinematic GNSS application. This was done by means of typical performance parameters, like e.g., precision and accuracy of position and velocity as well as internal and external reliability. The underlying algorithm, a Kalman filter-based PPP solution using GPS, GLONASS and Galileo observations, was compared against a tightly coupled GNSS/INS relative positioning reference solution. Two different clock process noise models were used with coefficients



LOCAL POSITION DEVIATIONS WITH AND WITHOUT RECEIVER CLOCK MODELING DEPICTED BY BLACK AND GRAY LINES, RESPECTIVELY

representing the spectral properties of either a PHM or a crystal oscillator, where the former case is referred to as receiver clock modeling (RCM). This approach shows to improve the precision and accuracy of the vertical velocities by 57% and has almost no effect on the horizontal components. Regarding the position estimates, RCM primarily reduces larger deviations from the reference solution, and by that enhances precision and accuracy by roughly 10-20%. In situations with very few, sparsely distributed observations, for instance when driving through an underpass, the physically more meaningful clock states significantly reduce deviations and prevent drifts of the position estimates as can be seen from the Figure. Also, the reliability of position and velocity is improved by ca. 30% and 34%, respectively.

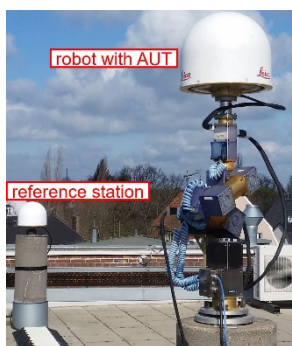
In the second part, the performance of three oscillators (Microsemi MAC SA.35m, Spectratime LCR-900 and Stanford Research Systems SC10) was studied in static and dynamic environments. For the static case, all three oscillators were characterized in terms of their frequency stability at Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig. The resulting Allan deviations agreed well with the manufacturer's data. In order to evaluate the performance of the oscillators under dynamic conditions, a flight experiment was conducted, where each oscillator was connected to a geodetic GNSS receiver. In data analysis, the receiver clock offset and drift were estimated, on the one hand, to determine the stability of the corresponding oscillator. On the other hand, they were used to characterize clocks with regard to the flight dynamics recorded by an inertial measurement unit. The results of the experiment show that the frequency stability of each oscillator is degraded by about at least one order of magnitude compared to the static case. In addition, a certain g-sensitivity of some oscillators could be seen.

BESTIMMUNG VON PHASENZENTRUMSKORREKTUREN FÜR MULTI-GNSS CODE UND TRÄGERPHASENSIGNALE (JOHANNES KRÖGER, YANNICK BREVA, TOBIAS KERSTEN)

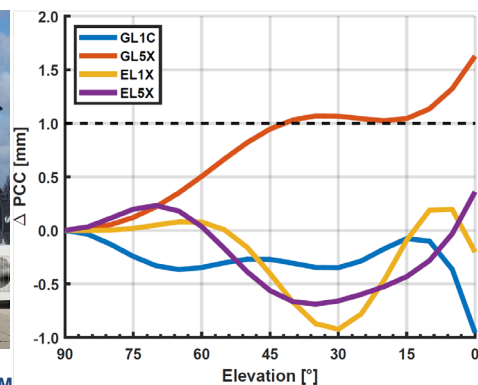
Für hochpräzise GNSS-Anwendungen ist es erforderlich, Phasenzentrumskorrekturen (PCC) zu berücksichtigen. Solche Korrekturen setzen sich aus einem Phasenzentrumsoffset (PCO) und Phasenzentrumsvariationen (PCV), die mit Azimut und Elevation variieren, zusammen. Der internationale GNSS Service (IGS) veröffentlicht PCC für viele unterschiedliche GNSS-Antennen und stellt diese derzeit im Antenna Exchange Format (ANTEX) für den Nutzer zur Verfügung, jedoch nur für die L1- und L2-Frequenzen für die Systeme GPS und GLONASS.

Das Institut für Erdmessung – eine vom IGS anerkannte Institution für die absolute Antennenkalibrierung – verwendet zur Kalibrierung der GNSS-Antennen das Konzept der Roboterkalibrierung. Dabei wird ein Antennenprüfling (AUT) mit Hilfe eines Roboters präzise um einen raumfesten Punkt gedreht und gekippt. Im derzeit umfangreich erweiterten und selbst implementierten Postprocessing werden anschließend die PCC mittels sphärisch harmonischer Funktionen geschätzt. Die bisherige Bestimmung der klassischen Korrekturen der Frequenzen GPS L1/L2, GLONASS L1/L2 ist durchgreifend um die der neuen GNSS-Signale (GPS L5, Galileo L1/L5, Beidou) erweitert worden.

Neben den PCC für Trägerphasensignale existieren ebenfalls Variationen des Codephasenzentrums, die mit Codephasenzentrumskorrekturen (CPC) berücksichtigt werden. Diese sind antennenabhängige Verzögerungen der empfangenen GNSS-Codephase. Die CPC können mit dem gleichen Ansatz wie die PCC geschätzt werden, liefern aber – abhängig von der individuellen Empfangseigenschaft und dem Design der Antenne -



KALIBRIERSETUP AUF DEM IFE-MESSDACH



KALIBRIERWIEDERHOLBARKEIT EINER LEIAR25 ANTENNE.

numerische Werte im dm Bereich und sind damit ca. zehnfach größer als für die Trägerphasen zu erwarten. Auch der Einfluss der Roboterumgebung auf die Schätzung wird detailliert analysiert, um den Schätzalgorithmus robuster gegenüber Ausreißern und unmodellierten Fehlereinflüssen zu machen.

Durch statischen und kinematischen Positionierungsanwendungen und den entsprechenden Vorstellungen auf nationalen und internationalen Konferenzen kann gezeigt werden, dass das Anbringen der Korrekturen zu einer Verbesserung in der Positionierung führt. Im Rahmen der Arbeiten wurden so zum ersten Mal Multi-GNSS Codephasenvariationen für verschiedene geodätische und nautische GNSS-Antennen berechnet und dem wissenschaftlichen Publikum zugänglich gemacht. Ergebnisse der Forschungsarbeiten wurden und werden auf dem Datenrepositorium der Leibniz Universität Hannover zur Verfügung gestellt.

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

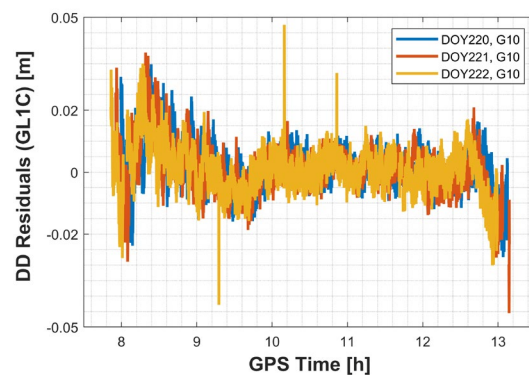
In einem Verbundvorhaben, finanziert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW i) und begleitet durch den TÜV Rheinland als Projektträger, erforscht das IfE gemeinsam mit Bosch (Hildesheim) und Geo++ (Garbsen) ein robustes und genaues Konzept sowie Korrekturverfahren zur optimalen Fahrzeugortung in urbanen Umgebungen, basierend auf Verfahren der Satellitennavigation (GPS/GNSS).

Nach heutigem Stand der Technik ist eine zuverlässige Ortung im innerstädtischen Umfeld für das hochautomatisierte Fahren nur durch eine umfassende Fusion eines GNSS-Sensors mit verschiedenen kostspieligen Sensoren (Radar, Video, Lidar) zu erreichen. Gelingt es, den notwendigen GNSS-Sensor mit den zu entwickelnden Korrekturverfahren in seiner Genauigkeit und Robustheit zu steigern, kann die sichere Lokalisierung mit einem wesentlich geringeren Aufwand für weitere Sensoren (bildgebende, etc.) realisiert werden. Das Vorhaben leistet seinen Beitrag mit dem Ziel, dem hochautomatisierten Fahren im innerstädtischen Bereich zu wirtschaftlichem Erfolg zu verhelfen.

Am IfE werden Konzepte und mathematische Modellierungen der GNSS-Signaleigenschaften entwickelt sowie Analysen der notwendigen Modellparameter zur Beschreibung der GNSS-Signalcharakteristiken durchgeführt, die als Grundlagen der neuen Korrekturkonzepte dienen.



(a)



(B)

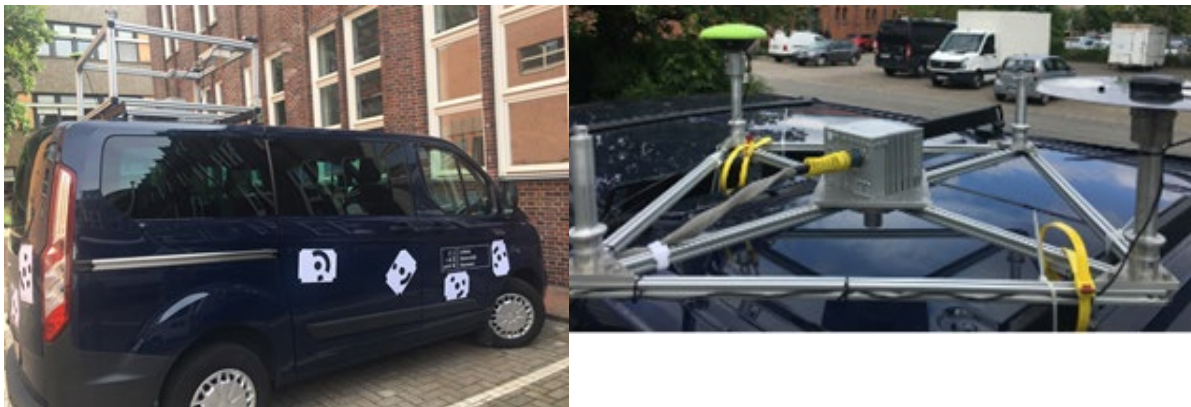
STATISCHES EXPERIMENT ZUR ERARBEITUNG ERSTER GNSS-SIGNALEIGENSCHAFTEN UND BESTIMMUNG DER WIEDERHOLBARKEITEN DER GNSS-ORBITS. (A) EXPERIMENTAUFBAU AUF DEM MESSDACH DES IFE. (B) GPS L1 DOPPELDIFFERENZ (DD) RESIDUEN EINER KURZEN BASISLINIE MIT ZWEI LOWCOST-SYSTEMEN (TALLYSMAN-ANTENNE, U-BLOX RECEIVER).

BOUNDING AND PROPAGATING OBSERVATION UNCERTAINTY WITH INTERVAL MATHEMATIC (DFG, JINGYAO SU)

Intervals can be seen as a natural way to bound observation uncertainty in navigation systems such as GPS, IMU or optical sensors like LIDAR, since they are in principle free of any assumption about probability distributions and can thus describe adequately remaining systematic effects.

In the 1st cohort of i.c.sens, a new method based on interval mathematics and convex optimisation has been proposed, taking advantage of Primal-Dual Polytope (PDP) algorithms. This approach utilizes intersections of observation intervals to compute feasible positioning domains and to exclude large outliers. The protection level and confidence domain are in the form of zonotopes and bounding and feasible solution in the form of polytopes. The key to this method is applying meaningful deterministic interval bounds on the observed-minus-computed (OMC) values in GNSS observations. However, both unmodeled delays in ranging and systematic errors in correction models may have significant effect and have to be bounded reasonably.

In this project, we intent to experimentally investigate in more details the actual size of observation intervals. To this end, the IGS data will be firstly analyzed and then the new mapathon data, which was collected near the campus (urban area) in August, 2020 with high-end as well as typical GNSS and IMU equipments (see figures). Special focus will be on the inclusion of remaining deviations in GNSS code and phase observations. For inertial sensors, methods should be developed to propagate the interval uncertainty through the strap-down differential equation without artificially blowing up the interval size.



MAPATHON VAN AND EQUIPMENT CONFIGURATION

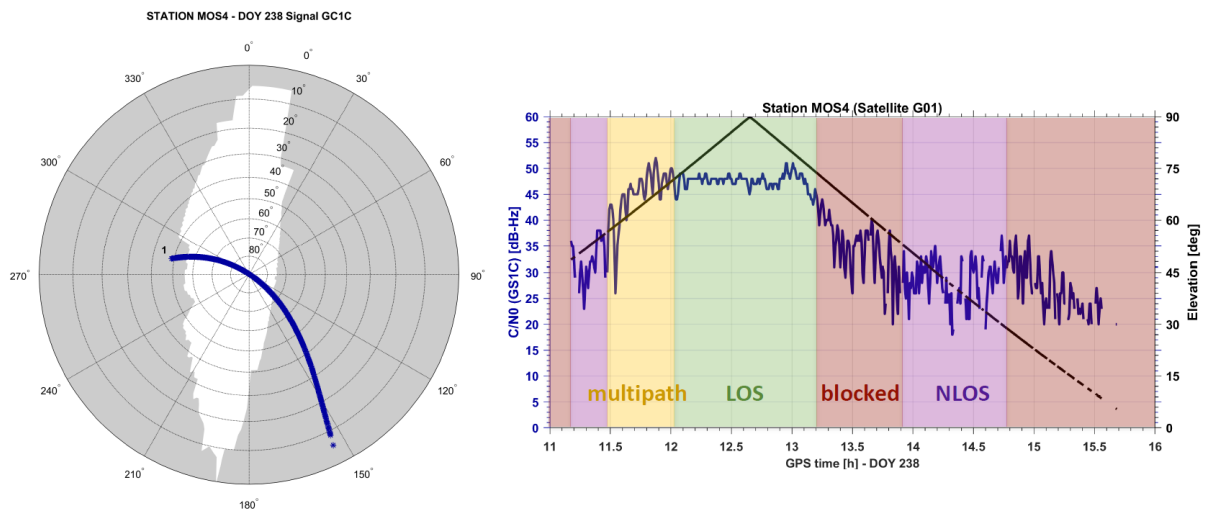
GNSS IN URBAN TRENCH - AN ANALYSIS FOR COLLABORATIVE POSITIONING (DFG, LUCY ICKING)

Collaborative positioning techniques have recently been developed to improve accurate localization. Especially in urban areas, where buildings around the antenna cause signal interruptions or diffraction and multipath errors, these collaborative methods seem promising.

In order to find which positions should be selected for collaboration, an investigation into the urban scenario is important. To do so, a simulator is being developed to categorize and model the errors that occur from the signal in an urban area. The results from the simulator are then compared with actual measurements from the urban experiment of the i.c.sens 'Mapathon'.

The error categories are based on the line-of-sight (LOS) or non-line-of-sight (NLOS) signal reception, as well as the possibility of a signal reflection. This results in the four categories LOS (direct signal reception, no reflection), multipath (combination of direct LOS and reflected NLOS signal), NLOS (only reflected signal reception) and blocked signal (neither LOS or NLOS reception). The classification is made with the help of a 3D model of Hannover.

The refinement of the classification, in contrast to the binary LOS/NLOS categories, enables to model the errors caused by the extra path length after reflection and resulting multipaths separately and to assess the possibilities for collaborative positioning.



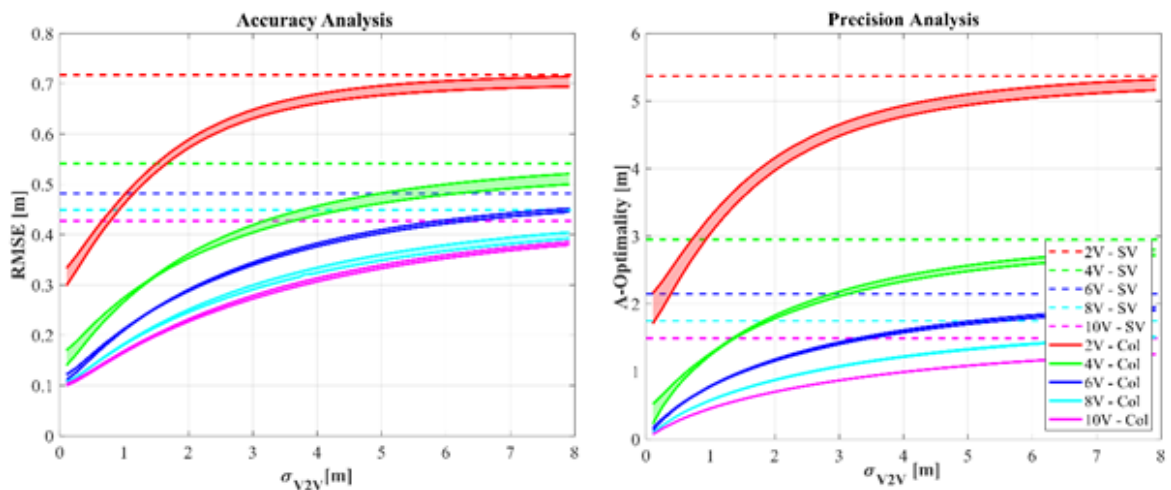
SATELLITE FROM THE URBAN STATIC EXPERIMENT IN A SKYPLOT WITH OBSTRUCTIONS MARKED IN GREY (LEFT). THE SIGNAL STRENGTH VALUES (C/N0) OF SAID SATELLITE DIVIDED INTO THE FOUR ABOVE MENTIONED CATEGORIES (RIGHT).

OPTIMAL COLLABORATIVE POSITIONING (DFG, NICOLAS GARCIA FERNANDEZ)

Collaborative Positioning (CP) is a networked positioning technique in which a group of multi-sensor systems (nodes) enhance the accuracy and precision of the navigation solution by performing measurements or by sharing information (links) between each other. The wide spectrum of available sensors brings the necessity to analyze the sensibility of the system to different configurations in order to find optimal solutions.

This project introduces the utilization of a simulation framework that enables the evaluation and analysis of complex realistic collaborative scenarios in order to pre-evaluate navigation scenarios and to assist the finding of optimal sensor configurations and observations. Here, measurements carried out with GNSS receivers, IMUs, laser scanner and stereo cameras are fused using different state estimation algorithms (e.g. Extended and Kalman Filter (EKF or LKF), batch algorithm based on Gauß-Markov-Model (GMM), etc.). In addition, the influence of the environment is analyzed by introducing on the filter 3D city model with LoD2 or preprocessed Laser Scanner point clouds.

Given the increased complexity of collaborative scenarios with respect to single vehicle approaches, a fundamental question is: does the improved navigation performance compensate the decrease in the computational capabilities of the estimator? Furthermore, the assumption implicit in the multi-sensory/collaborative solutions (more information in, better result out) seems to be rather sensible and it might not be always fulfilled. In this project, these aspects are assessed by means of Monte Carlo (MC) techniques, in which the navigation performance (evaluated in terms of accuracy, precision and reliability) is tested relative to the fundamental collaborative navigation parameters (i.e. number of agents and quality of the V2V measurements).

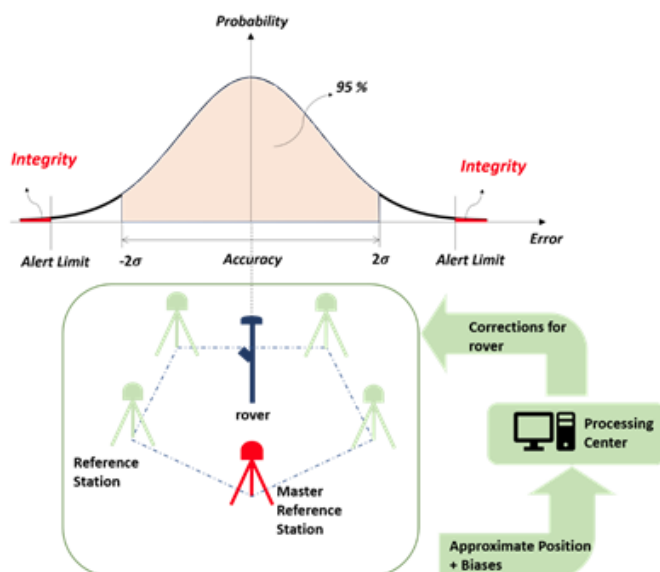


COMPARISON BETWEEN CP (COL) WITH RESPECT TO SINGLE VEHICLE (SV) WITH DIFFERENT DYNAMIC NETWORK SIZES (TWO TO TEN VEHICLES)

INTEGRITY MONITORING FOR NETWORK RTK SYSTEMS (DAAD, ALI KARIMIDOONA)

From the advent of the satellite positioning techniques, civil users have always been trying to find a way to have more accurate and precise coordinates of their position. Differential concepts, from early days of GPS, have been considered. Applying the RTCM format, made the transmission of corrections possible from reference stations to the users. At first stage the corrections were casted to the users from one single station, which is called single RTK (Real Time Kinematic). This method is limited in some ways; degrading by increasing distance from CORS (Continuously Operating Reference Station), needed same signals at reference and rover and remaining the reference station errors. For compensating these shortages, the Network RTK concept appeared. In NRTK the corrections are produced using a network (at least three) of reference stations. The concept of Precise Point Positioning (PPP) is currently associated with global networks. Precise orbit and clock solutions are used to enable absolute positioning of a single receiver. However, it is restricted in ambiguity resolution, in convergence time and in accuracy. Precise point positioning based on RTK networks (PPP-RTK) overcomes these limitations and gives centimeter-accuracy in a few seconds.

Nowadays, the use of automatic applications of navigation is increasing rapidly. Autonomous moving objects e.g. cars, UAV (Unmanned Aerial Vehicle), UMV (Unmanned Marine Vehicle) are examples of these kinds of applications. The main navigation engine in these examples is GNSS positioning and the best possible accuracy in kinematic mode is based on Network RTK solution. Because of the complicated moving environment for these autonomous objects and the importance of safety issues especially in urban areas, integrity monitoring is of great importance in navigation systems. Up to now, the integrity definition and standards have been well established for aviation applications especially around airports which are most based on SBAS and GBAS systems. But there is a lack of such standards for integrity in realm of RTK (PPP-RTK) positioning which can be useful in autonomous applications where high precision GNSS positioning (carrier phase measurement) must be used.



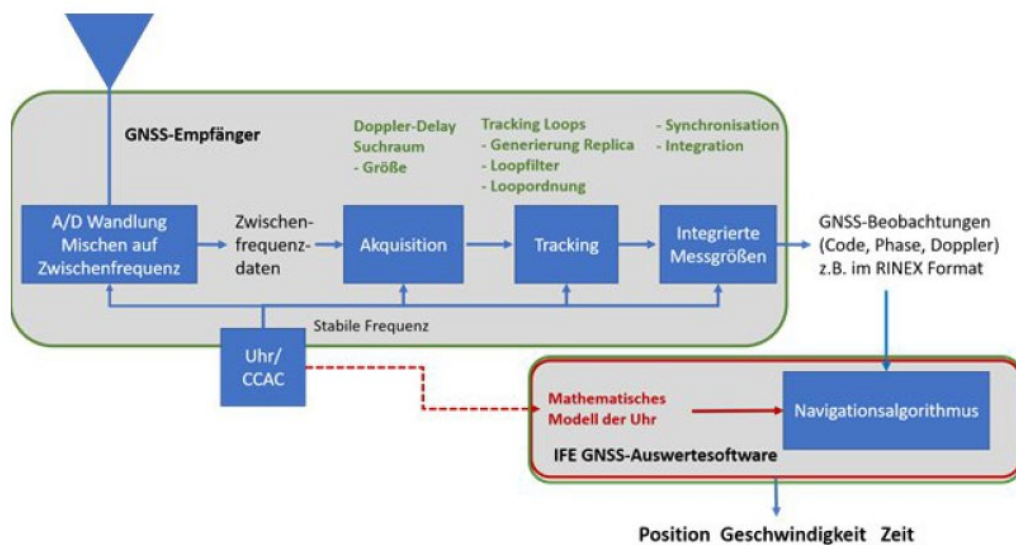
FIRST: FINGERPRINTING, INTEGRITY MONITORING AND RECEIVER SIGNAL PROCESSING USING MINIATURE ATOMIC CLOCK TECHNOLOGY (DENNIS KULEMANN, ANKIT JAIN, STEFFEN SCHÖN)

Um die Performance der Bestimmung von Position, Geschwindigkeit und Zeit mittels GNSS-Messungen zu verbessern, werden heute häufig miniaturisierte Atomuhren (MACs) verwendet. Zu diesen gehören ebenfalls sogenannte Chip Scale Atomic Clocks (CSACs), welche dem GNSS-Empfänger ein hochstabiles Frequenzsignal zur Verfügung stellen, was schließlich zu einer Performance-Steigerung der Navigationslösung führt.

In bisherigen Untersuchungen werden CSACs fast ausschließlich mit bereits vorverarbeiteten GNSS-Messungen (Pseudostrecken, Dopplermessungen) und somit lediglich zur algorithmischen Verbesserung der Navigationslösung verwendet.

In diesem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekt soll daher der Einfluss von der Empfängeruhr auf die Qualität der Signalverarbeitung im Empfänger untersucht werden. Dazu sollen in einem Software-Empfänger die internen Verarbeitungsschritte an die hohe Frequenzstabilität des CSAC-Signals angepasst werden.

Weiterführend soll die Machbarkeit des Fingerprintings mit hochstabilen, externen Atomuhren unter verschiedenen dynamischen Bedingungen untersucht und zusätzlich Integritätsmaße für den GNSS-basierten Zeittransfer entwickelt werden.



SIGNALVERARBEITUNGSKETTE IN EINEM GNSS-EMPFÄNGER (GRÜN) UND ANSCHLIEßENDER POSTPROZESSIERUNG MIT DEN VERFAHREN DER EMPFÄNGERUHRMODELLIERUNG (ROT)

QGYRO: QUANTUM OPTICS INERTIAL SENSORS RESEARCH (BMW/DLR, BENJAMIN TENNSTEDT, STEFFEN SCHÖN, TOBIAS KERSTEN)

In einem Verbundvorhaben zwischen dem Institut für Quantenoptik (IQO) IfE und der Firma iMAR werden in diesem Projekt neue Inertialsensoren basierend auf dem Prinzip der Quantenmechanik entwickelt.

Durch neue Messprinzipien haben Quantensensoren wie beispielsweise optische Uhren bereits signifikante Verbesserungen in Stabilität und Genauigkeit erzielt. Bisherige Entwicklungen von Atominterferometern sind typischerweise einachsige und werden in kontrollierter Umgebung betrieben. Transportable Gravimeter, einachsige Atominterferometer auf einem Schiff, Flugzeug, und im Fallturm wurden zwar demonstriert, erfüllen aber nicht die Anforderungen für die Navigation. Außerdem sind existierende Konzepte für Mehrachsensensoren entweder sequentiell mit geringen Datenraten um 1 Hz oder nicht experimentell umgesetzt. Folglich wurde der Schritt zur Anwendung in der Navigation noch nicht vollzogen.

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. Sie weisen also ein komplementäres Fehlerverhalten zu klassischen Inertialsensoren auf und sind daher prädestiniert für eine Stützung dieser ohne mit Einbußen bei der Autonomie des Navigationssystems rechnen zu müssen.

Es sollen hochgenaue Quanteninertialsensoren zur Stützung konventioneller Inertialnavigationssensoren entwickelt und getestet werden, die dann in verschiedenen weiteren Entwicklungsstufen bis zu 6 Messfreiheitsgraden ausgebaut und für eine autonome Navigation eingesetzt werden können.

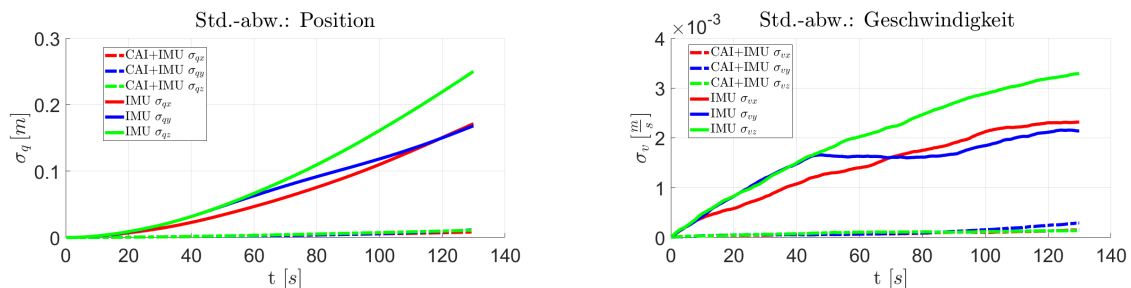
QUSI: ENTWICKLUNG EINER BERECHNUNGSSTRATEGIE FÜR QUANTENSSENSOREN IN DER INERTIALNAVIGATION (BMW/DLR, BENJAMIN TENNSTEDT, STEFFEN SCHÖN)

Durch neue Messprinzipien haben Quantensensoren signifikante Verbesserungen in Stabilität und Genauigkeit bei der Erfassung von inertialen Einflüssen erzielt. Die alternativen Messverfahren und hohen Sensitivitäten der Quantensensoren erfordern eine adäquate Auswertestrategie, die sich von der klassischen Herangehensweise der Inertialnavigation unterscheidet.

Im Rahmen des Vorhabens wurden eine Berechnungsstrategie entwickelt die die Vorteile der Quantensensoren gezielt nutzt, während ihre Nachteile der geringen Messrate und langen Interrogationszeit mit Hilfe von konventionellen High-End IMUs zu großen Teilen kompensiert werden können. Im Gegenzug lassen sich systematische Fehler der konventionellen IMU, sowie das Misalignment der beiden Sensorsysteme über die Messungen des Quantensensors kompensieren.

Mittels Simulationen lässt sich so eine Besserung der Präzision der Positionslösung in idealen Szenarien ohne große Dynamikschwankungen (Drehraten/Beschleunigungen) um über zwei Größenordnungen zeigen.

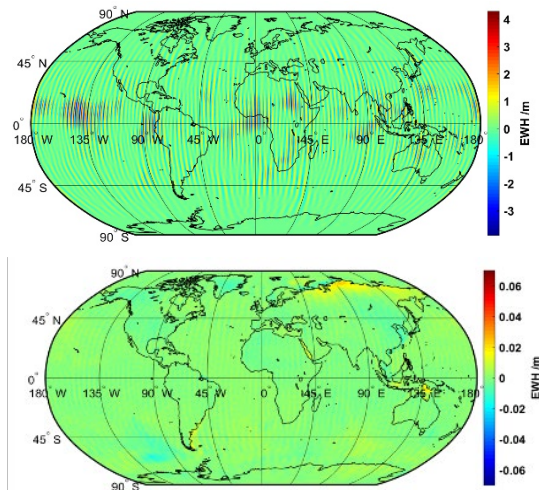
Selbst in dynamischeren Anwendungen wie dem Stadtverkehr (Abbildung unten) ist mit dem Hybridansatz eine Verbesserung um den Faktor 13 möglich, verglichen mit einer Strapdown-Lösung der IMU allein.



EMPIRISCHE STANDARDABWEICHUNGEN DER STRAPDOWN LÖSUNG EINER KONVENTIONELLEN HIGH-END IMU IM VERGLEICH MIT DER NEUEN HYBRIDEN BERECHNUNGSSTRATEGIE. ALS SZENARIO WURDE EINE REALISTISCHE AUTOFAHRT IM STADTVERKEHR SIMULIERT.

QUANTENOPTISCHE SENSORKONZEPTE FÜR SCHWEREFELDMISSIONEN (DLR-SI & MWK – DLR-SI ANSCHUBFINANZIERUNG, MANUEL SCHILLING, ANNIKE KNABE, HU WU, ALIREZA HOSSEINIARANI)

Eine Verbesserung der LRI Technik von GRACE-FO hat derzeit nur ein geringes Potential für eine verbesserte Bestimmung des Schwerefeldes. Dies liegt maßgeblich an den Fehlereigenschaften der elektrostatischen Beschleunigungsmesser (E-ACC) der GRACE(-FO) Satelliten, welches gekennzeichnet ist durch eine starke Drift im Frequenzbereich unter 10-3 Hz und ein unteres Rauschniveau in der Größenordnung von 10-10 m/s². Bisherige Studien zur Verbesserung der E-ACC zeigen eine Reduktion des Rauschniveaus um bis zu zwei Größenordnungen ohne jedoch die Drift zu beseitigen. Wir implementieren verschiedene Kombinationen aus E-ACC



DIFFERENZ VON SIMULIERTEN SCHWEREFELD-LÖSUNGEN BASIEREND AUF VERSCHIEDENEN HYBRID-ACCELEROMETERN UND DEM REFERENZ-SCHWEREFELD EIGEN-6C IN EQUIVALENT WATER HEIGHT (EWH).

mit einem Atominterferometer (CAI) zu einem hybriden ACC in einem Simulator zur Schwerefeldberechnung. Bereits bei der Ergänzung eines GRACE ACC mit einem CAI-ACC mit dem Rauschen eines Quantengravimeters von 10⁻⁹ m/s² können die aus der Drift resultierenden systematischen Effekte in der Schwerefeldlösung (Abbildung oben) deutlich auf wenige Meter EWH reduziert werden. Der Freifall des Satelliten erlaubt im Vergleich zu einem terrestrischen Instrument jedoch längere Integrationszeiten des CAI-ACC und somit eine höhere Sensitivität. Wird hier, wie auch am E-ACC, eine Verbesserung um zwei Größenordnungen angesetzt, so können die systematischen Effekte auf unter 10 cm reduziert werden (Abbildung unten).

OBSERVING OCEAN MASS VARIABILITY WITH SPRING GRAVIMETERS – STORM SURGE INDUCED SIGNALS ON THE NORTH SEA ISLAND HELGOLAND (IFE, DFG, DLR-SI, PTB BRAUNSCHWEIG, GFZ POTSDAM, LIAG HANNOVER, ADELHEID WEISE, MANUEL SCHILLING, LUDGER TIMMEN)

Climate change is broadly discussed due to water level rise nearly worldwide. Additionally, ocean-related risks driven by atmospheric dynamics are amplified, as tidal amplitudes in coastal areas and storm surges which threaten coastal areas and the unique Wadden Sea in the German Bight. Investigations of the oceans in general and of the North Sea particularly are done by satellite technics as altimetry and GRACE-FO. Terrestrial geodetic measurements are needed for corrections and validation of the results. Divers methods are in use in order to measure water level variations (tide gauges) and load related deformation (GNSS).

Our key question is: Are accurate continuous gravimetric observations sensitive to non-tidal oceanic loading of the sea floor? In 2018, for the first time three spring-type gravimeters were installed on the island Helgoland in the North Sea, predominantly in winter season, to observe surrounding maximal water mass variations during the winter period 2018/2019. In spite of the non-linear instrumental drift, gravity variations exceeding 100 nm/s^2 over periods of 1 - 3 days could significantly be separated. Partly they are assigned to water level variations due to storm events, e.g. Zeetje (1.1.) and Benjamin (8.1.2019), and wind directions, accordingly. A rough modelling of the estimated corresponding water mass load with maximum water level rise of 2 m in the German Bight agree with the observed attractions effects and with the vertical displacement observed in gravity and by GNSS. With the installation of the superconducting gravimeter iGrav047 of GFZ Potsdam at AWI (Ostkaje, South Harbour Helgoland) in February 2020, the research is benefiting from its small, linear instrumental drift.

On the island Helgoland, gravimetrical measurements of non-tidal mass variations and related crustal deformation in the North Sea have been successfully performed. This research will directly contribute to tidal and

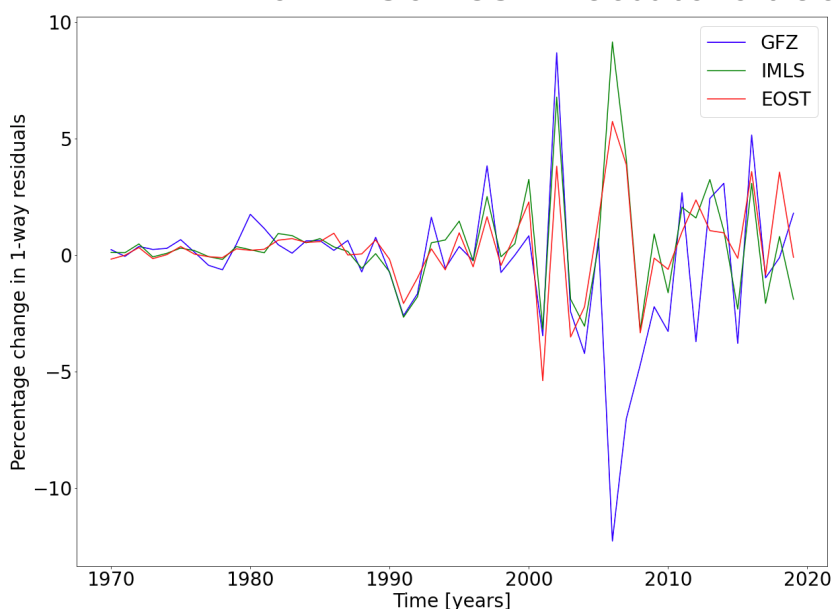
non-tidal ocean mass variability models and will support the background modelling of the geopotential field from the satellite Mission GRACE-FO, where the so-called de-aliasing products for short-term variations in atmosphere und ocean are needed.



(LEFT) SIMULTANEOUS MEASUREMENTS WITH THE HANNOVER ABSOLUTE GRAVIMETER AND THE SUPERCONDUCTING GRAVIMETER OF GFZ POTSDAM; (RIGHT) MEASURING HELGOLAND'S COASTLINE, LAND TOPOGRAPHY AND TIDE GAUGES WITH REGARD TO THE GRAVIMETRIC SENSORS ON THE UPPER LAND AND IN THE HARBOUR (HERE WITH DR. CHR. VOIGT, GFZ POTSDAM).

IMPACT OF NON-TIDAL STATION LOADING IN LLR ANALYSIS (DLR-SI, DFG, VISHWA VIJAY SINGH, LILIANE BISKUPEK, JÜRGEN MÜLLER, MINGYUE ZHANG)

Lunar Laser Ranging (LLR) measures the distance between observatories on Earth and retro-reflectors on the Moon since 1969. The IfE LLR analysis software (LUNAR) follows the recommendations of the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) 2010 conventions to calculate the displacement of the reference points, i.e., LLR observatories. A significant part of these displacements are due to the deformations of the crust, which occur due to redistribution of masses in atmospheric, ocean, and land water mass, which have both tidal and non-tidal loading (NTL) components. The addition of the effect of deformations caused by the NTL is not recommended to be added by the IERS 2010 conventions; however, it causes deformations of the Earth surface up to the centimetre level. The NTL effect is estimated based on calculations using numerical weather models (NWMs) and Green's functions. The accuracy of the NTL models has improved significantly over the past years due to the improved accuracy of the NWMs used for its calculation. In this study, the effect of NTL is added to LUNAR, which was previously not a part of the standard solution. The NTL (three components: atmospheric loading (NTAL), oceanic loading (NTOL), and hydrological loading (HYDL)) time series are provided by three data centres: the German Research Centre for Geosciences (GFZ), the International Mass Loading Service (IMLS) and EOST loading service of University of Strasbourg in France. The NTL time series are added as observation level corrections of the LLR observatories in LUNAR. The effect of adding NTAL and NTOL leads to similar results for all three data providers. Differences are obtained when applying HYDL. It is found that GFZ's HYDL at the APOLLO and McDonald stations plays a critical role, i.e., deteriorating the results compared to the results obtained when adding HYDL from IMLS or EOST. The addition of the combination of all three NTL

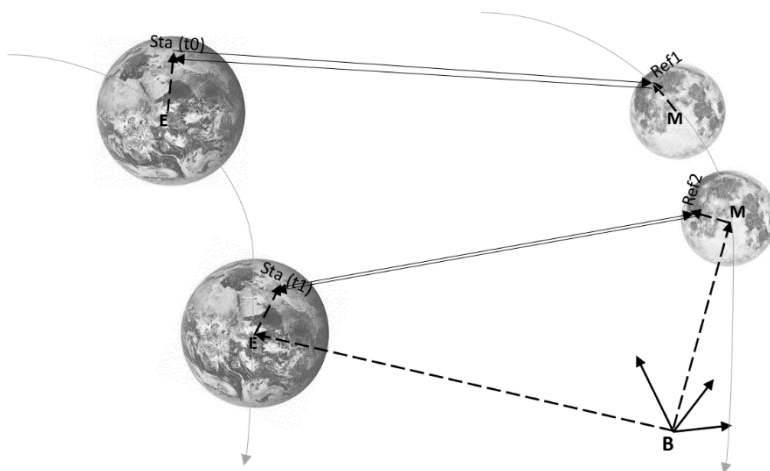


components in LUNAR leads to a change in the uncertainties (3-sigma values) of the station coordinates resulting in an up to 1 % improvement, an improvement in the post-fit LLR residuals of up to 9 % (see figure), and a decrease in the power of the annual signal observed at the OCA observatory of up to 57 %.

Percentage change in WRMS for the GFZ, IMLS, and EOST NTSL solutions compared to the standard solution for all LLR stations.

STUDY ON A NEW SPACE MEASUREMENT CONCEPT - DIFFERENTIAL LUNAR LASER RANGING (DFG/DLR/CAS/NSFC, MINGYUE ZHANG, JÜRGEN MÜLLER, LILIANE BISKUPEK, VISHWA VIJAY SINGH)

For enabling more refined investigations of the Moon's dynamics such as the deep lunar interior structure, a new lunar laser ranging (LLR) station with enhanced performance has been established by JPL at Table Mountain Observatory. It allows a novel way of lunar tracking: differential lunar laser ranging (DLLR, see figure). There, fast switching between two or more lunar reflectors is possible in future to get more ranges by phase measurements. A DLLR observable is then obtained by differencing any two consecutive ranges. This new kind of observable will largely decrease the atmospheric errors which limit the accuracy of the current LLR measurements. Also, the station-related errors will be reduced significantly. Therefore, the differenced range can reach a very high accuracy of about $30 \mu\text{m}$. Using such accurate data will give us the opportunity to obtain a better knowledge on internal details of the Moon, including the boundary-layer turbulence, core-mantle boundary shape and core rotation, etc. And, DLLR is expected to also improve other parameters of the Earth-Moon dynamics, including those relevant for relativity tests, for example, test of the equivalence principle and a possible time-variation of the gravitational constant G . At present, our group works on the simulation of DLLR data and investigates its characteristics and possibilities. In future, we will analyze real data and combine them with classical LLR data.

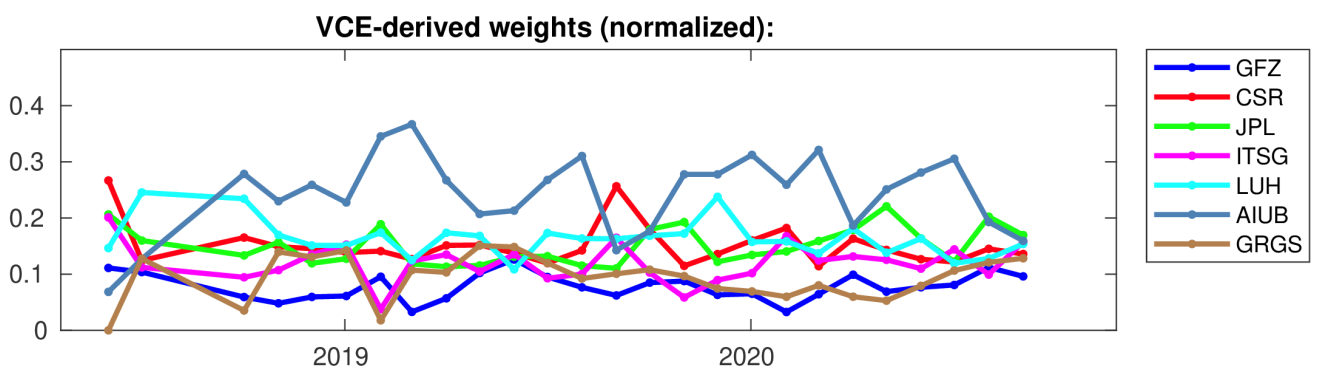


MEASUREMENT PRINCIPLE OF DLLR WITH SOLAR SYSTEM BARYCENTER **B**, GEOCENTER **E**, SELENCENTER **M**, EMITTING LASER SIGNALS AT T_0 AND T_1 (SWITCHING INTERVAL= T_1-T_0) OF STA TO REF1 AND REF2

PROZESSIERUNG VON GRACE FOLLOW-ON SENSORDATEN UND INTERNATIONAL COMBINATION SERVICE FOR TIME-VARIABLE GRAVITY FIELDS (IGOR KOCH, MATHIAS DUWE)

Die beiden Satelliten der Mission GRACE Follow-On sind nun seit über zwei Jahren im Orbit. Sensordaten dieser Satelliten dienen der Berechnung zeitvariabler Schwerefelder. Diese Schwerefelder sind essentiell für das Verständnis von Massenveränderungen im System Erde. Das Institut für Erdmessung operationalisierte im letzten Jahr die Prozessierung von GRACE Follow-On-Daten und veröffentlicht seit dem regelmäßig monatliche Schwerefelder. Für den ersten Release der am Institut berechneten Lösungen werden K-Band-Distanzänderungen verwendet. In folgenden Veröffentlichungen sollen zudem aus dem Lasersystem abgeleitete Distanzänderungen verwendet werden. Der Einfluss der Lasermessungen auf die Schwerefeldbestimmung wird derzeit am Institut untersucht.

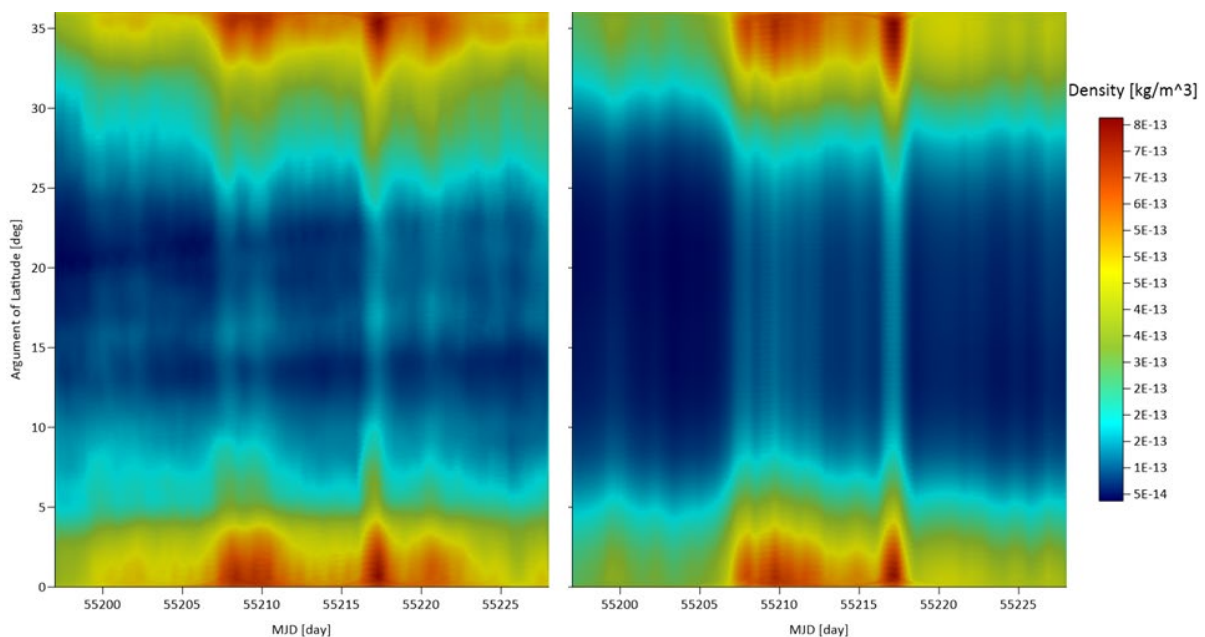
Das Institut für Erdmessung beteiligt sich als Analysezentrum im kürzlich errichteten Combination Service for Time-variable Gravity Fields (COST-G). Innerhalb von COST-G (<https://cost-g.org>) werden monatliche Schwerefelder von europäischen und amerikanischen Analysezentren kombiniert, um den Nutzern konsolidierte Schwerefeldprodukte höherer Qualität bereitzustellen. Beim ersten Release kombinierter GRACE Follow-On-Lösungen, werden die Schwerefelder beteiligter Analysezentren mittels aus Varianzkomponenten-Schätzung erhaltener Faktoren gewichtet. Die Gewichte spiegeln das Rauschverhältnis der Lösungen sowie systematische Unterschiede in der Prozessierung wieder. Diese Gewichte sind im untenstehenden Bild dargestellt. Die Zeitreihe der kombinierten GRACE Follow-On-Lösungen wird monatlich fortgeführt (<https://doi.org/10.5880/ICGEM.COST-G.002>).



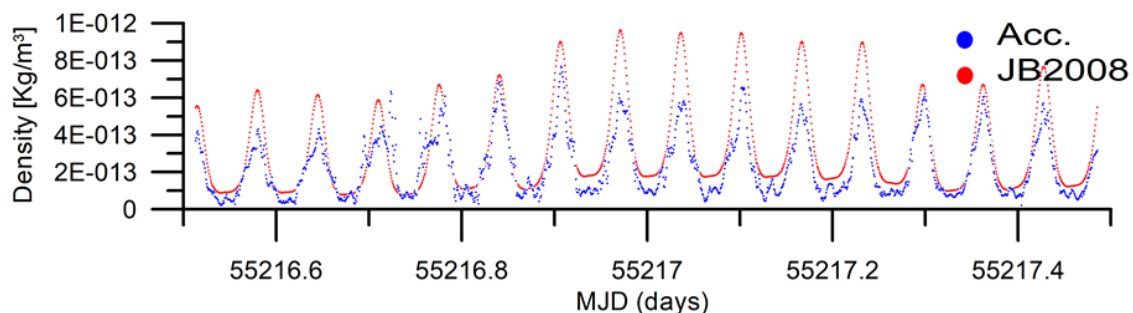
Mittels Varianzkomponenten-Schätzung bestimmte Gewichte für die Kombination monatlicher GRACE-Follow-On-Schwerefeldlösungen innerhalb des Combination Service for Time-variable Gravity Fields (COST-G). GFZ: Deutsches Geoforschungszentrum / Potsdam, CSR: Center for Space Research / Austin, JPL: Jet Propulsion Laboratory / Pasadena, ITSG: Institut für Geodäsie / TU Graz, LUH: Institut für Erdmessung / Leibniz Universität Hannover, AIUB: Astronomisches Institut / Universität Bern, GRGS: Groupe de Recherche de Geodesie Spatiale / Toulouse. Bild: U. Meyer (AIUB).

CALIBRATION OF ACCELEROMETER OBSERVATIONS BASED ON EARTH'S GRAVITY SOLUTIONS AND ITS IMPACT ON THERMOSPHERIC DENSITY VARIATIONS (AKBAR SHABANLOUI, JAKOB FLURY, DFG SWARM SPP-1788, INSIGHT II)

The ultra-precise non-gravitational environmental accelerations observed by accelerometers onboard Low Earth Orbiters (LEOs) such as Swarm and GRACE and GRACE-FO provide a unique opportunity to estimate and monitor the neutral thermospheric density variations. One of the main challenges in using accelerometer for thermospheric mass variations application is the realistic calibration of observations. The scale factor and bias of accelerometers are estimated during retrieval of Earth's gravity field solutions. In this contribution, a realistic accelerometer calibration approach based on Earth's gravity solutions is introduced and its impacts on neutral density variations in some periods are investigated. This approach demonstrates a new potential of using realistic calibrated accelerometers for neutral thermospheric density studies. The neutral thermospheric density estimated from thermospheric density model JB2008 overestimates the thermospheric density estimated based on accelerometer observations onboard GRACE during a very quiet solar activity period on Jan. 2010.



Neutral Thermospheric Density Estimated from Accelerometer Observations onboard GRACE Satellite Mission on Jan. 2010 (Left) and Derived Thermospheric Density from Model JB2008 (Right)

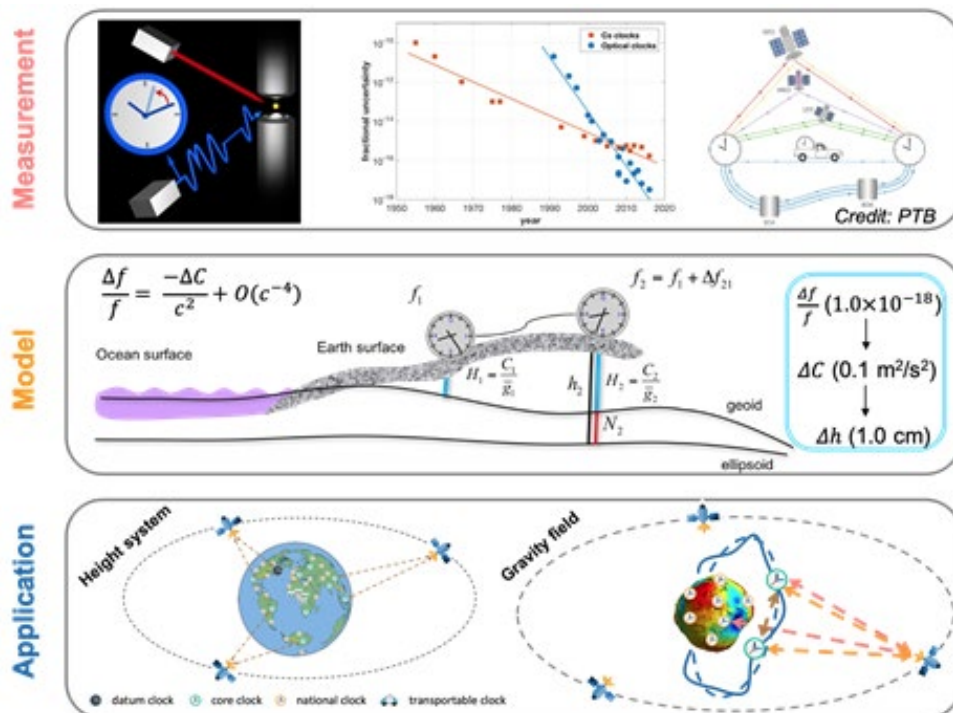


The Neutral Thermospheric Density Profile Estimated from Accelerometer Observations onboard GRACE on 21 Jan. 2010 and Derived Thermospheric Density from Model JB2008

RELATIVISTIC GEODESY WITH CLOCK NETWORKS (DFG, QUANTUMFRONTIERS, HU WU, JÜRGEN MÜLLER)

High-performance clock networks are considered a novel measurement tool in geodesy. The ultra-precise comparison of clocks' frequencies gives direct access to physical height (or gravity potential) differences between two sites over long distances. This concept is expected to be realized at the cm accuracy level in the near future.

In this project, we run dedicated simulations to evaluate and quantify the benefit of clock networks for various geodetic applications before they are put into practice. We demonstrated that clock networks are powerful to unify the practically used local height systems at the targeted centimeter level. They are also an excellent candidate for the establishment of an International Height Reference Frame (IHRF), which has been a long-lasting goal of the International Association of Geodesy (IAG). In addition, we proposed three different scenarios of using clocks in space to determine the Earth's gravity field, i.e., space-to-ground clock comparison, space-to-space clock comparison, and the combined case. The clock measurements with an uncertainty level of 10^{-18} can contribute most to improve the very long-wavelength gravity field determination up to degree and order 12.



High-performance clock networks and their potential for geodetic applications, e.g., realization of a global height reference system (bottom left) and Mapping of the Earth's gravity field (bottom right).

NOVEL SENSORS AND QUANTUM TECHNOLOGY FOR GEODESY (IAG PROJECT, CHAIRED BY JÜRGEN MÜLLER)

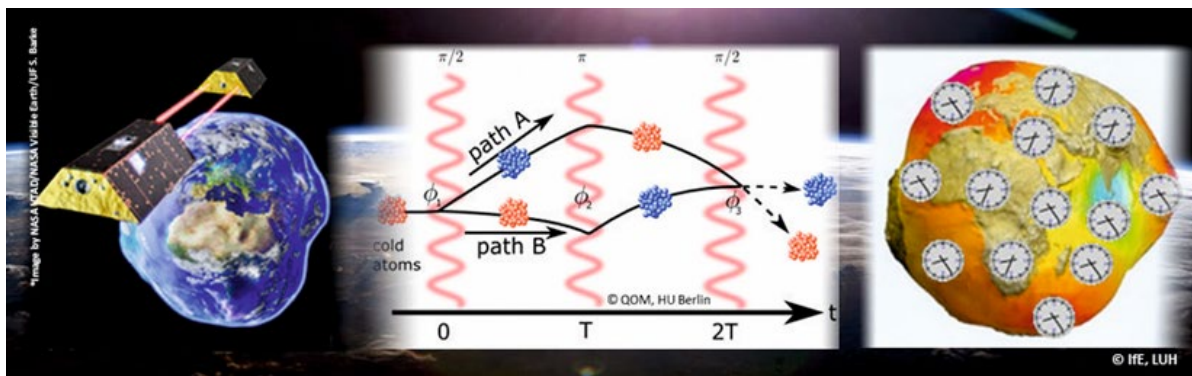
The new IAG Project “Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe)” was established in 2019, see also <https://quge.iag-aig.org>. The core of QuGe is its three working groups addressing essential novel concepts to be elaborated for future applications in geodesy:

WG Q.1: Quantum gravimetry in space and on ground

WG Q.2: Laser interferometry for gravity field missions

WG Q.3: Relativistic geodesy with clocks

The WG's started their activities (consolidation of members, individual meetings, webpage, collaborations, joint initiatives).



In 2020, QuGe also held its official kick-off meeting virtually and started its various initiatives. First activities comprised preparing contributions to various conferences like IAG Scientific Assembly 2021, COSPAR 2021 and at the EGU 2021. To support the QuGe goals, QuGe members contribute to various research projects on investigating novel technology for geodetic applications like the new SFB 1464 TerraQ.

RELATIVISTIC GEODESY WITH CLOCKS (IAG WORKING GROUP, JAKOB FLURY)

Innerhalb des IAG Projektes Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe) wurde im Jahr 2020 die neue internationale Working Group WG3 "Relativistic Geodesy with Clocks" gestartet. Die Gruppe setzt die Arbeit der IAG Joint Working Group "Relativistic Geodesy: First Steps Towards a New Geodetic Technique" (2016 - 2019) fort. Ziel ist es, Konzepte und Perspektiven für die geodätische Nutzung kontinentaler Netzwerke zur optischen Frequenzübertragung zu entwickeln, insbesondere zur Ableitung präziser Höhen- und Potentialunterschiede aus der gravitativen Frequenzrotverschiebung in Standorten optischer Atomuhren. Auf dieser Grundlage wird längerfristig angestrebt, einen atomaren Frequenzstandard in geodätische Höhensysteme zu integrieren. Die Gruppe wird von Gerard Petit (BIPM Paris) und Jakob Flury (IfE) geleitet. Über die Workshops der Gruppe wird auf <https://quge.iag-aig.org/quge-working-groups/232> berichtet. Für einen allgemeinverständlichen Überblick der Verfahren und Perspektiven wird auf das frei zugängliche Feature "Einstein Says: It's 309.7-Meter O'Clock" in der Zeitschrift EOS der American Geophysical Union verwiesen: <https://eos.org/features/einstein-says-its-309-7-meter-oclock>

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK (IKG)

ONLINE NETWORK MONITORING APPLYING MULTIVARIATE STATISTICAL PROCESS CONTROL AND TEMPORAL EXPONENTIAL RANDOM GRAPH MODELS (DFG 412992257, ANNA MALINOVSKAYA)

The application of network analysis has found great success in a wide variety of disciplines; however, the popularity of these approaches has revealed the difficulty in handling networks whose complexity scales rapidly. One of the main interests in network analysis is the online detection of anomalous behaviour. To overcome the curse of dimensionality, we introduce a network surveillance method bringing together network modelling and statistical process control. Our approach is to apply multivariate control charts based on exponential smoothing and cumulative sums in order to monitor networks determined by temporal exponential random graph models (TERGM). This allows us to account for potential temporal dependence, while simultaneously reducing the number of parameters to be monitored.

We demonstrate the effectiveness of the proposed approach by an empirical application, monitoring daily flights in the United States (US) to detect anomalous patterns. Each day is designed as a directed network, where nodes are airports and directed edges define flights between airports. Below is the illustration of the network states where we can see that its topology has considerably changed over time. However, there were no obvious changes when considering the descriptive statistics. Hence, control charts, which are only based on such characteristics, could fail to detect the possible changes in 2019 and 2020. If we represent the network applying the TERGM, we observe extreme changes in the model parameters.

Considering the Exponentially Weighted Moving Average (MEWMA) control chart shown below there are several anomalous behaviours which were detected. The first series of signals in summer 2019 is due to a particularly increased demand for flights during the holidays. The second sequence of signals corresponds to the development of the Coronavirus disease (COVID-19) pandemic. The MEWMA chart signalled a change just two days after a Level 4 “no travel” warning in the US was issued.

To identify smaller and more specific changes in the daily flight data of the US, one could also integrate nodal and edge covariates which would refer to further aspects of the network. Alternatively, different control charts can be applied. Both possible extensions will be examined in future research.

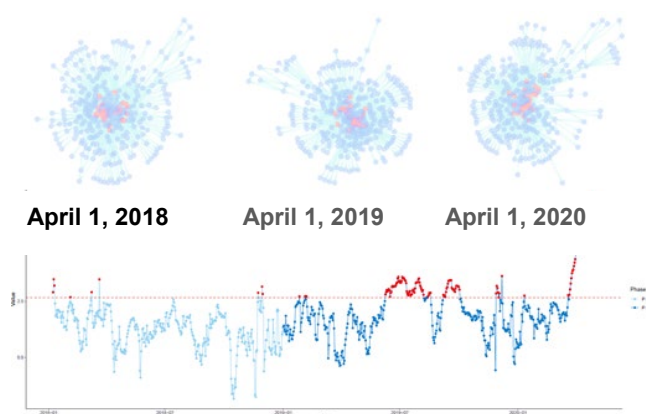
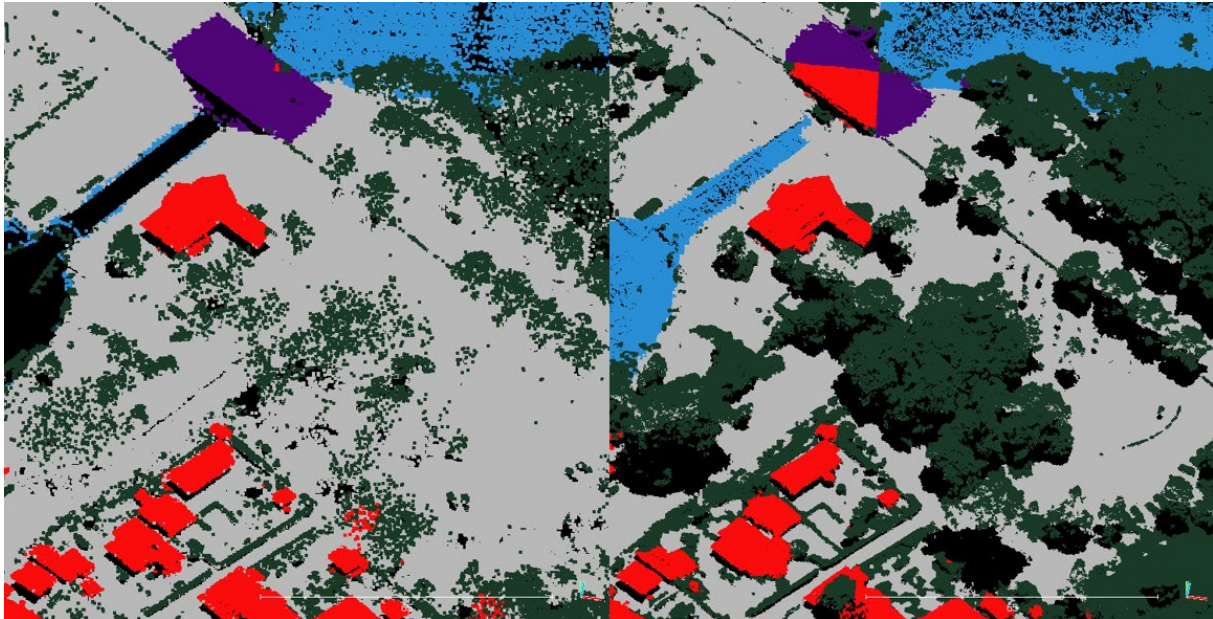


ILLUSTRATION OF THE FLIGHT NETWORK ON APRIL 1 IN EACH OF THE MONITORED YEARS (ABOVE) WITH THE RED COLOURED NODES REPRESENTING THE 30 BUSIEST AIRPORTS. THE LOGARITHMIC MEWMA CONTROL CHART (BELOW) WITH THE HORIZONTAL RED LINE CORRESPONDING TO THE UPPER CONTROL LIMIT AND THE RED POINTS BEING THE OCCURRED SIGNALS.

KLASSIFIKATION VON HOCHAUFGELÖSTEN 3D-PUNKTWOLKEN (FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSVORHABEN ZWISCHEN DEN LANDESVERMESSUNGSÄMTERN NIEDER-SACHSEN, SCHLESWIG-HOLSTEIN UND MECKLENBURG-VORPOMMERN, FLORIAN POLITZ)

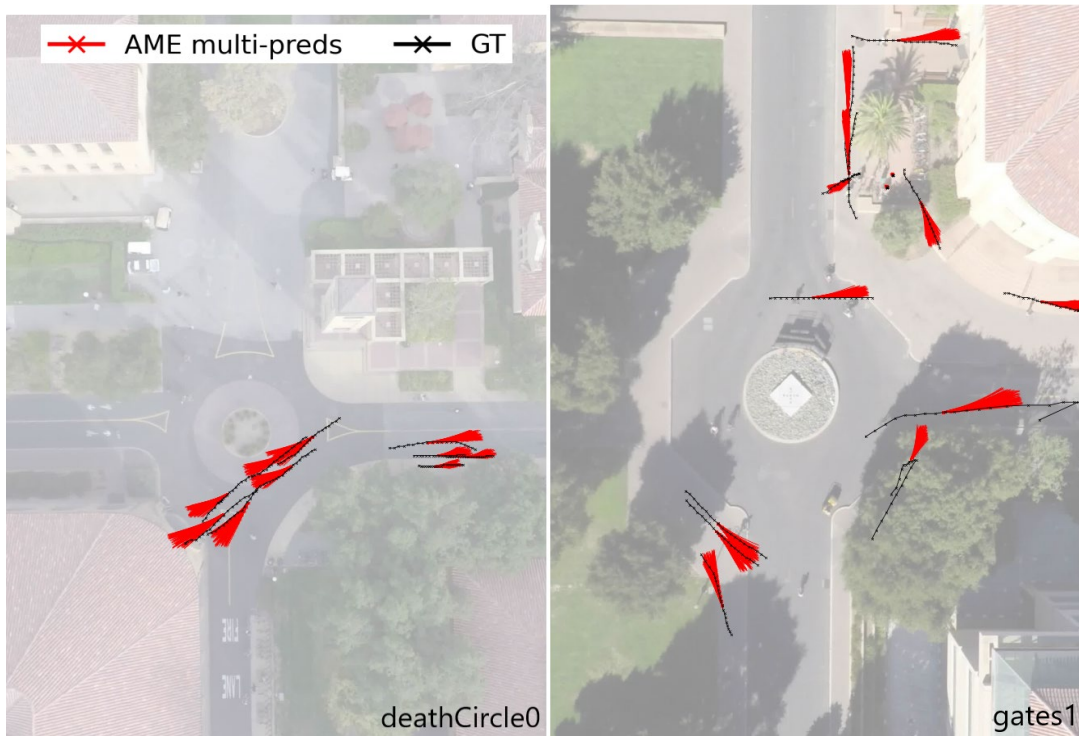
In den Landesvermessungsbehörden liegen flächendeckende, kontrollierte Airborne Laserscanning (ALS) sowie aus Bildflügen mittels dem sogenannten „Dense Image Matching“-Verfahren (DIM) abgeleitete Punktwolkendatensätze vor. Aufgrund der verschiedenen Erfassungsmethoden weisen ALS- und DIM-Punktwolken verschiedene Eigenschaften auf. Der Schwerpunkt des Projektes liegt in der Integration der beiden Punktwolkenarten in die Prozesskette der Landesbehörden.



KLASSIFIKATIONSERGEBNISSE FÜR EINE ALS- (LINKS) UND DIM-PUNKTWOLKE (RECHTS). KLASSEN: GELÄNDE – GRAU, GEBÄUDE – ROT, WASSER – BLAU, NICHT-GELÄNDE – DUNKELGRÜN, BRÜCKE – LILA.

Ein Schwerpunkt des Projektes konzentriert sich auf die gemeinschaftliche Klassifizierung dieser Datensätze, die gemäß AdV-Standard ebenso erweitert werden sollte. Um eine gemeinschaftliche Prozessierung zu ermöglichen, wurde ein rein geometrischer Ansatz gewählt, der die Punktwolke zunächst in Rasterzellen einteilt und dann die Punkte innerhalb einer Rasterzelle in bis zu zwei Verteilungen räumlich trennt, die jeweils mit einer Normalverteilung approximiert wurden. Als Klassifikator wurde ein Convolutional Neural Network Ansatz genutzt, der diese Höhenverteilungen als gerasterte Eingangsdaten nutzt und jeweils für die obere und untere Verteilung eine Klasse prädiziert. Die prädizierten Klassen werden dann von der Raster- auf die Punktebene zurückgeführt. Da die Klassifikation nur auf der Geometrie basiert, wurden verschiedene Normalisierungsmöglichkeiten der Geländehöhe untersucht. Der Klassifikator wurde zuletzt einmal mit ALS- und einmal mit DIM-Daten aus dem Raum Rostock trainiert und konnte erfolgreich Punktwolken aus anderen Gebieten Deutschlands und der Niederlande klassifizieren, ohne dass eine Nachjustierung des Klassifikators notwendig ist. Im nächsten Schwerpunkt des Projektes soll sich mit der Änderungsdetektion zwischen diesen Datensätzen beschäftigen werden.

AMENET: ATTENTIVE MAPS ENCODER NETWORK FOR TRAJECTORY PREDICTION (DGF GRK 1931 SOCIALCARS, HAO CHENG)



MULTI-PATH PREDICTIONS OF HETEROGENEOUS ROAD USERS FROM THE AMENET MODEL.

Accurate trajectory prediction is a crucial task in different communities, such as intelligent transportation systems (ITS) for traffic management and autonomous driving, photogrammetry mapping and extraction, computer vision and mobile robot applications. It enables an intelligent system to foresee the behaviors of road users and make a reasonable and safe decision for the next operation. How an agent moves is affected by the various behaviors of its neighboring agents in different environments.

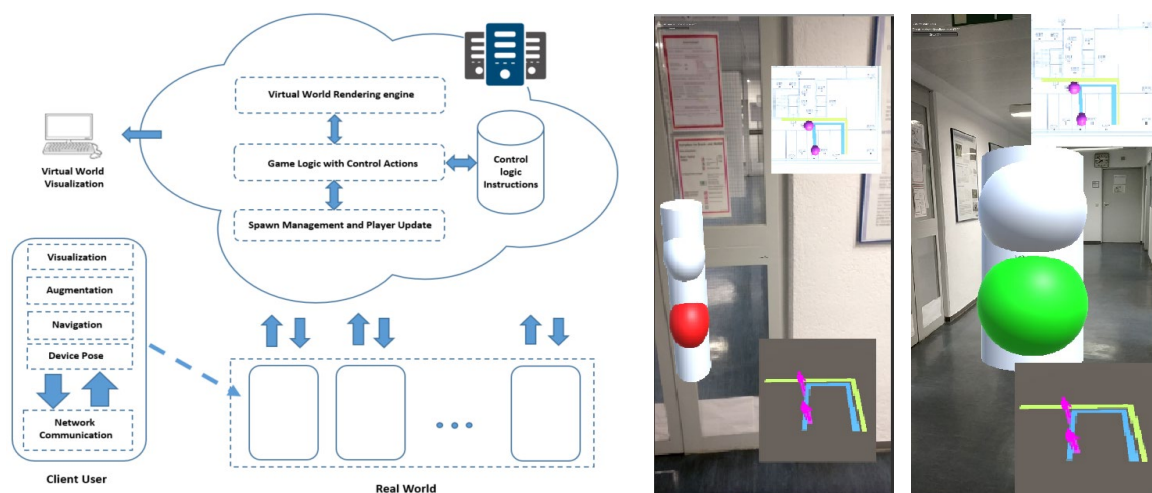
To predict movements, this study proposes an end-to-end generative model named Attentive Maps Encoder Network (AMENet) that encodes the agent's motion and interaction information for accurate and realistic multi-path trajectory prediction. It inherits the ability of deep conditional generative models using Gaussian latent variables for modeling complex future trajectories and learns the interactions between agents by attentive dynamic maps. The interaction module manipulates the information extracted from the neighboring agents' orientation, speed, and position in relation to the target agent at each step and the attention mechanism enables the module to automatically focus on the salient features extracted over different steps. Two encoders learn the representations of an agent's behavior into a latent space: The X-Encoder learns the information from the observed trajectories, while the Y-Encoder learns the information from the future trajectories of the ground truth and is removed in the inference phase.

The efficacy of the model was validated on the benchmark Trajnet that contains various datasets in different real-world environments and the InD benchmark for different intersections. The model not only achieved state-of-the-art performance, but also won the first place on the leader board for predicting 12 time-step positions of 4.8 seconds.

BEHAVIOURAL CONTROL WITH AUGMENTED REALITY SYSTEMS FOR SHARED SPACES (BCARS) (DFG GRK 1931 SOCIALCARS/DAAD, VINU KAMALASANAN)

While shared spaces designs are more focused on improving traffic participant interactions, issues regarding safety are still a concern. These can include a cyclist colliding with a walking pedestrian, a cyclist bumping into vehicles and other priority confusions in such unregulated spaces. While traffic participants interact using gestures and eye contacts, such adhoc approaches still would be confusing and dangerous when there is a conflict of interest and in scenarios when there is no regulation leading to an unforeseen collision.

While AR has been used much in research to demonstrate its capability to visualise virtual content, BCARS focuses on controlling behaviour of traffic participants using augmented reality. The traffic participants are presented with a virtual traffic signal which replicates a conventional traffic control using body worn interfaces like the HoloLens or smartphone displays.



COMPLETE SYSTEM APPROACH FOR BCARS (LEFT FIGURE) AND CONTROL INTERFACES FOR TWO TRAFFIC PARTICIPANTS ALLOWING TRAFFIC PARTICIPANT TO CONTROL BEHAVIOUR (RIGHT FIGURE)

It is a centralised approach where each pedestrian would connect using their client interfaces. The location and position information are updated to the system and used to resolve conflicts in a centralised approach. Each physical interaction is translated to virtual interactions in the virtual space. Conflict detection and its resolution are based on adhoc rules sets in the system. The platform which supports navigation will also support the simulation of traffic participant interactions and the monitoring of behaviour.

The basic prototyping of the system was done using AR frameworks and smartphones to demonstrate the system capability. It was successful in controlling behaviour in a simulated non light of sight collision between pedestrians in an indoor space using the augmented displays.

Dies sind lediglich vier Projektbeschreibungen aus dem ikg. Eine detaillierte Beschreibung aller Projekte findet sich auf den Webseiten des Instituts: www.ikg.uni-hannover.de

Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI)

UAV-BASED THERMAL ANOMALY DETECTION FOR DISTRIBUTED HEATING NETWORKS (AIF-PROJEKT IN KOOPERATION MIT DEM FERNWÄRME-FORSCHUNGSINSTITUT, ARTUOM SLEDZ)

District Heat Systems (DHS) transmit heat in terms of hot water or steam. Loss of media (water or steam) and thus energy is costly and has a negative effect on the environment. It is therefore of great importance to develop strategies to identify and locate possible leaks easily and cost-effectively. To avoid interference with the operating process of a DHS, airborne thermography comes into place. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) as a versatile and low-cost platform fitted with a Thermal Infrared (TIR) camera is a promising alternative to conventional aerial thermography conducted by a manned flight. In this project, IPI is collaborating with Fernwärme Forschungsinstitut Hannover (FFI) and industry partners such as Enercity.

The goal of this project is to develop and test a cost-effective, automated, measurement system for the management of DHS based on thermal imaging. The objective is to define the UAV operation steps for data acquisition and then to identify thermal anomalies related to DHS using image analysis methods. Thermal data acquisition by UAV is followed by photogrammetric processing of TIR images. A thermal orthophoto is created in this way. The next phase is to define thermal irregularities. The Laplacian of Gaussian (LoG) blob detector is used to detect high temperature regions in areas of interest to thermal orthomosaic. The search area for thermal anomalies is defined around the DHS location in the images as defined by

Geographic Information System (GIS) in order to minimize false alarm detection. Finally, segmentation and classification for each detected blob are used to identify thermal anomalies and to minimize additional false alarms.

The figure shows the outcome of the proposed method overlaid with thermal orthomosaic and DHS GIS. Not surprisingly, with respect to DHS-related thermal anomalies, we have therefore observed a significant number of false alarms. Despite the fact that all these thermal anomalies should be examined by a human operator of a DHS, it could still take a lot of effort to inspect all the anomalies. However, many of these false alarms are easy to identify and remove. In particular, irregularities related to 3D artefacts such as houses, street lamps, cars and people can be detected using the GIS building layer and by examining a normalized DSM derived from the DSM used for orthoprojection. In addition, moving objects (cars, people) could be eliminated by comparing flights on different days.



ANOMALY DETECTION: THE POSITIONS OF THE PIPES ARE MARKED WITH BLUE LINES AND THE ANOMALIES ARE SHOWN BY RED

**ANFERTIGUNG MESSTECHNISCHER GUTACHTEN FÜR DIE SEEUNFALL-FORSCHUNG
(AUFTRAGGEBER: BUNDESSTELLE FÜR SEEUNFALLFORSCHUNG, MANFRED
WIGGENHAGEN)**

Im Rahmen dieser Kooperation wurde das Institut mehrfach beauftragt messtechnische Gutachten für die Klärung von Schiffsunfällen anzufertigen. In der Regel werden dazu Amateurvideos oder Digitale Fotos der Situation und zusätzliche Referenzdaten, wie z.B. CAD-Pläne vorgelegt. Die messtechnische Auswertung erfolgt softwarebasiert unter Berechnung von räumlichen Rückwärtsschnitten oder projektiven Transformationen.

Im Jahr 2020 wurden drei verschiedene Themen bearbeitet:

1. In diesem Fall war zu klären, ob zwei Schiffe zu nah aneinander vorbeigefahren waren. Oftmals geraten kleinere Schiffe in den Sog der größeren Containerschiffe. Als Pass- und Kontrollpunkte dienten hier die Maße der im Foto sichtbaren Überseecontainer. Durch räumlichen Rückwärtsschnitt konnte die Entfernung zum Schiff während der Aufnahme des beigebrachten Bildes ermittelt werden.

2. Beim Verladen des konischen Mastes einer Windkraftanlage war die Last aus den Trageschlingen gerutscht. Es war festzustellen, ob die Last korrekt angeschlagen (aufgehängt) worden war. Es konnte nachgewiesen werden, dass der für die Lastverteilung wichtige Schwerpunkt falsch am Objekt markiert worden war und der Mast daher beim Anheben verrutscht war.

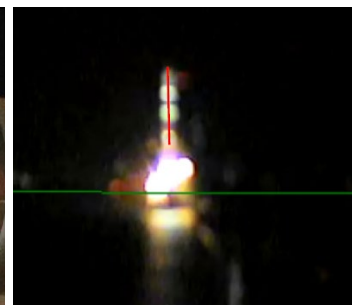
3. Beim nächtlichen Transport einer hohen Last rutschte sie von Bord des Transportschiffes. In mehreren Videoaufnahmen konnte der Winkel gegenüber dem Horizont errechnet und die Situation vor dem Unfall eingeschätzt werden.



MESSUNG DES ABSTANDES ZU EINEM VORBEIFAHENDEN CONTAINERSCHIFF (LINKS)



BERECHNUNG DER LAGE DES MARKIERTEN SCHWERPUNKTS AUF EINER ANGEHOBENEN LAST (MITTE)



MESSUNG DES WINKELS ZUM HORIZONT EINES KRANS VOR DEM SCHIFFSUNFALL

LUFTBILDPROSPEKTION MIT EINEM ULTRALEICHTFLUGGERÄT UND AUSWERTUNG IN EINEM GEOGRAPHISCHEN INFORMATIONSSYSTEM (AUFTRAGGEBER: JOSEF KLEIN, MANFRED WIGGENHAGEN)

Bei der Luftbildprospektion mit Ultraleichtfluggeräten werden meist Unterschiede im Pflanzenwachstum genutzt, um unterirdische Strukturen sichtbar zu machen. Am deutlichsten sichtbar werden diese während der Wachstumsperiode von Mitte Mai bis Mitte Juni. Weitere Vorteile der Prospektion mit dem verwendeten Fluggerät sind:

- ideale Langsamflug-Eigenschaften (ca. 40 km/h) und somit ausreichend Zeit für Navigation, Luftraumbeobachtung und Fotografie,
- gezielte Auswahl der Bildflugzeit zum Verstärken von Abbildungseffekten (Sonnenstand und Schattenwurf),
- Ansteuern mehrerer ausgewählter Ziele unter gleichen Umweltbedingungen.

Nach dem Bildflug erfolgt dann eine erste Sichtung der Ergebnisse mit einem einfachen Bildbetrachtungsprogramm. Hier kommen Filter- und Kontrastverstärkungs-Funktionen zur verbesserten Sichtbarmachung zur Anwendung. Da es sich bei den Luftbildern ausschließlich um Schrägaufnahmen handelt, ist eine Übertragung der Ergebnisse in einen Plan nicht ohne Weiteres möglich. Durch geometrische Entzerrung wird der



ERKENNBARE STRUKTUREN EINES RÖMISCHEN GEBÄUDES IM ORTHOBILDMOSAIK

räumliche Bezug zu einer Karte hergestellt. Hier setzt die photogrammetrische Software (Agisoft-Metashape) an, die diesen Bezug herstellt. Das Ergebnis ist dann ein digitales Orthobildmosaik in einem gängigen geocodierten Bildformat. Für die Berechnung des Orthobildmosaiks werden mehrere aus verschiedenen Perspektiven eines Objektes aufgenommene Fotos genutzt, die sich in einem möglichst großen Bereich überlappen. Der

räumliche Bezug wird durch Passpunkte hergestellt, die man aus vorhandenen Karten, aus Google-Earth oder per GPS-Messung erhält. Für die weiterführende Interpretation der Situation wurden am IPI mehrere eindrucksvolle Ergebnisse berechnet und dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

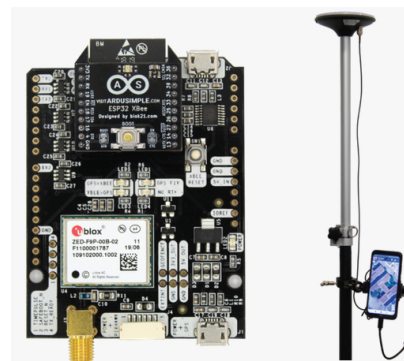
BEREITSTELLUNG VON RTK-PASSPUNKTEN MIT LOW-COST GPS-EMPFÄNGERN FÜR DIE GEOREFERENZIERUNG VON ORTHOBILDMOSAIKEN (AUFTRAGGEBER: TOBIAS REINELT, MANFRED WIGGENHAGEN)

Heutzutage werden vermehrt Daten aus der Befliegung mit Mini-Drohnen zur Verfügung gestellt und für die automatisierte Berechnung von Geländeoberflächen und Orthobildmosaiken genutzt. Für die Datumsfestlegung und geometrische Kontrolle der Ergebnisse werden zusätzlich Passpunkte am Boden gefordert. Diese können mit RTK-Lösungen bereitgestellt werden. Im Rahmen dieses Pilotprojekts wurde ein ARDUSIMPLE GPS-Entwicklungstool eingesetzt, um den SAPOS-Dienst des LGLN zu nutzen und die Korrekturdaten für die Verbesserung der empfangenen GPS-Signale anwenden zu können. Die ARDUSIMPLE-Hardware nutzt das NTRIP-Protokoll um die Korrekturdaten vom SAPOS-Dienst zu verrechnen und bietet die genaue RTK-Lösung direkt auf dem USB-Port des Elektronikboards an. Innerhalb dieses Projekts wurden zwei Szenarien untersucht: 1. Der ARDUSIMPLE GPS-Empfänger sendet Rohdaten (NMEA, Ublox-Format) über einen NTRIP-client zum LGLN, um von dort die Korrekturdaten zu erhalten, die dann in der ublox-Software weiter berücksichtigt wurden oder 2. DER ARDUSIMPLE GPS-Empfänger mit NTRIP-Modul sendet die Rohdaten direkt per Handy-Verbindung zum SAPOS-Server, empfängt und verrechnet die Korrekturdaten und stellt die korrigierten Daten direkt zur Verfügung. Die Daten können in beiden Fällen dann mit gängiger Mapping Software auf dem Handy oder mit dem PC eingelesen und weiterverarbeitet werden. Zur Unterstützung der

beauftragenden Firma wurde zusätzlich ein Python-Programm geschrieben, mit welchem die Koordinaten zur Georeferenzierung von Orthobildmosaiken und zur Visualisierung verarbeitet werden konnten. Der Vergleich der Bodendaten mit Referenzpunkten ergab eine Lagegenauigkeit von +/-8 cm und besser. Bei den RTK-Fix Lösungen waren zeitweise je nach Abschattung im Messgebiet 5-8 Satelliten sichtbar.



GPS-TRAJEKTORIE IM TESTGEBIET "GRAFT" (LINKS)
ARDUSIMPLE HARDWARE MIT ANTENNE (RECHTS)



AUTOMATISCHE DETEKTION VON BOMBENKRATERN IN KRIEGSLUFTBILDERN (LGLN, CHRISTIAN KRUSE)

Zahlreiche Länder wurden während des Zweiten Weltkriegs bombardiert. Auch wenn die letzten Kampfhandlungen mehr als ein dreiviertel Jahrhundert zurückliegen, befinden sich noch immer etliche Blindgänger im Boden. Experten des niedersächsischen Kampfmittelbeseitigungsdienstes (KBD) schätzen, dass 10-15% aller abgeworfenen Bomben nicht explodiert sind. Heutzutage werden die damals auf Überwachungsflügen gemachten Bilder vom KBD genutzt, um potenziell gefährliche Gebiete zu finden. In diesem Zusammenhang ist die Identifizierung von Blindgängern eine zentrale Aufgabe. Typischerweise sind solche Untersuchungen auf besonders gefährdete oder anderweitig relevante Bereiche beschränkt. Der Bearbeitungsaufwand ist jedoch nach wie vor immens, da die Analyse manuell durchgeführt wird. Für viele Anwendungen reicht es jedoch aus, über flächendeckende Informationen über das grundsätzliche Vorkommen von Kriegsbelastungen in Form von "Belastungskarten" zu verfügen. In diesem Zusammenhang sollten kontaminierte Gebiete mit hoher Wahrscheinlichkeit einen oder mehrere Blindgänger enthalten, während nicht kontaminierte Gebiete keinen enthalten sollten. Die automatische Erstellung einer solchen Karte könnte den manuellen Analyseprozess beschleunigen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine automatische Detektion von Bombenkratern in Kriegsluftbildern unerlässlich.

Ziel dieses Projektes ist es, ein Verfahren zur automatischen Detektion von Bombenkratern in Kriegsluftbildern zu entwickeln. In diesem Projekt werden hierfür markierte Punktprozesse genutzt. Dieses Verfahren verknüpft ein starkes Objektmodell mit einem stochastischen Ansatz, wodurch die optimale Konfiguration der Objekte in der Szene gefunden werden kann. Dabei wird eine globale Energiefunktion minimiert, dessen Optimierung durch Reversible Jump Markov Chain Monte Carlo Sampling in Kombination mit Simulated Annealing erfolgt.

Die für die Analysen zu nutzenden Kriegsluftbilder wurden vom KBD bereitgestellt und haben den Schwerpunkt auf ländlichen Gebieten. Da Blindgänger in den Bildern schwer zu erkennen sind, liegt der Fokus auf der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens, wobei die Bombenkrater als Indikatoren für die Gebiete dienen, in denen sich Blindgänger befinden können. So können Aussagen über die Belastung bestimmter Gebiete getroffen und in Belastungskarten dargestellt werden. Dazu wird eine Wahrscheinlichkeitskarte aus den automatischen Detektionen mittels Kerndichteschätzung erzeugt. Durch die Festlegung



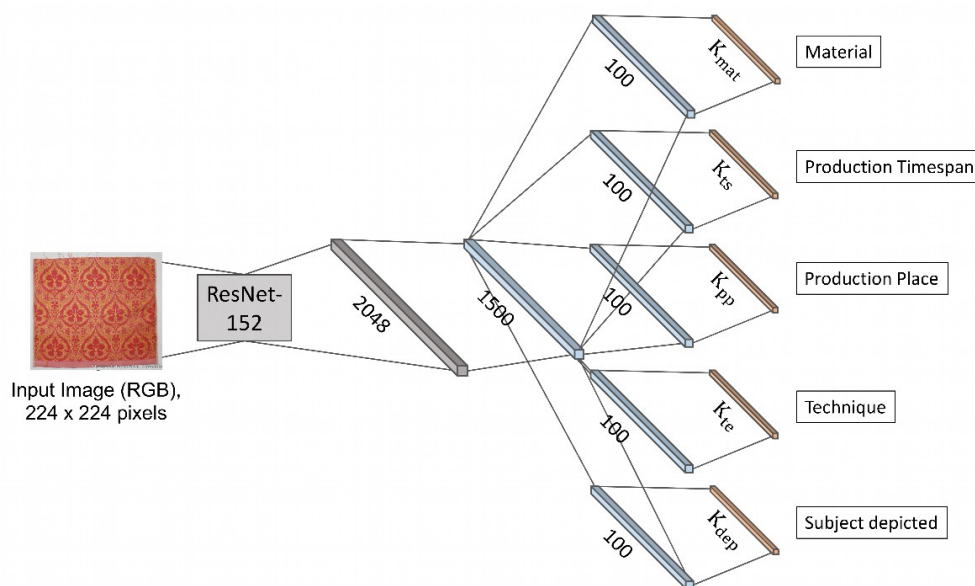
eines Schwellwertes werden Gebiete als potentiell belastet bzw. unbelastet klassifiziert.

AUSSCHNITT EINES KRIEGSLUFTBILDES (LINKS) UND DAS ERGEBNIS DER AUTOMATISCHEN BOMBENKRATERDETEKTION (ZENTREN DER DETEKTIONEN SIND DURCH GELBE PUNKTE MARKIERT) ZZGL. ÜBERLAGERTER BELASTUNGSKARTE MIT FLÄCHEN IN ROT UND GRÜN, DIE POTENTIELL BELASTETE BZW. UNBELASTETE GEBIETE REPRÄSENTIEREN (RECHTS). ROTE FLÄCHEN SIND SOLCHE, IN DENEN SICH MIT HOHER WAHRSCHEINLICHKEIT BLINDGÄNGER BEFINDEN, SODASS ES SINNVOLL IST, EIN EXPERTENTEAM IN DIESES GEBIET ZU ENTSENDEN, UM ES ZU SONDIEREN, D.H. VOR ORT MESSUNGEN MIT GEOPHYSIKALISCHEN SENSOREN DURCHZUFÜHREN.

SILKNOW. SILK HERITAGE IN THE KNOWLEDGE SOCIETY: FROM PUNCHED CARDS TO BIG DATA, DEEP LEARNING AND VISUAL/TANGIBLE SIMULATIONS (EU HORIZON 2020 No. 769504, FRANZ ROTTENSTEINER, MAREIKE DOROZYNSKI, DENNIS WITTICH, DOMINIC CLERMONT)

Die Einordnung von Seidenstoffen hinsichtlich ihrer Eigenschaften, wie zum Beispiel der Entstehungszeit oder dem Herstellungsort, ist von großer Bedeutung für Kunsthistoriker. Aus diesem Grund existieren digitale Sammlungen, in denen Bilder von Seidenstoffen mit zugehörigen Attributen abgelegt sind. Oftmals sind die Annotationen jedoch nur lückenhaft. Um dennoch eine computergestützte Suche in solchen digitalen Sammlungen zu ermöglichen, ist eine automatisierte Vervollständigung der Attribute notwendig. Für Letzteres können Methoden des maschinellen Lernens genutzt werden. Eine besondere Herausforderung hierbei ist die vergleichsweise geringe Anzahl an Trainingsbeispielen sowie eine nicht ausbalancierte Klassen-Verteilung der Trainingsdaten für einige Attribute, sodass für manche Klassen wesentlich weniger Beispiele vorliegen als für andere.

Im Rahmen des EU-H2020 Projekts SILKNOW (<http://silknow.eu/>) werden insgesamt fünf Eigenschaften von Seidenstoffen aus Bildern gelernt: die Entstehungszeit, der Herstellungsort, das Material, die Herstellungstechnik und das abgebildete Motiv. Dies wird mittels vortrainierter neuronaler Netze realisiert, welche an die textilbezogene Klassifikationsaufgabe angepasst werden. Die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Stoffe werden durch Methoden des Multi-Task Learning modelliert. Mittels einer geeigneten Formulierung der Zielfunktion können Trainingsbeispiele berücksichtigt werden, welche nicht für alle Eigenschaften ein Referenzklassenlabel aufweisen. Im Rahmen einer 5-fachen Kreuzvalidierung können Gesamtgenauigkeiten von bis zu 88,7% mit einem zugehörigen mittleren F1-Score von 68,4% für die einzelnen Eigenschaften erreicht werden.



NEURONALES NETZ FÜR MULTI-TASK LEARNING ZUR SIMULTANEN KLASSIFIKATION VON FÜNF EIGENSCHAFTEN VON SEIDENSTOFFEN AUF BASIS VON BILDERN DER TEXTILIEN.

HIGH PRECISION POSE ESTIMATION OF A UAV BY INTEGRATING CAMERA AND LASER SCANNER DATA WITH BUILDING MODELS (DFG, MEHRNOUSH MOHAMMADI)

Unmanned aerial vehicles or UAVs are being utilized more and more everyday due to their flexibility in surveying applications such as land inspection, monitoring, 3D reconstruction and also logistics, rescue missions and so on. In most scenarios, camera is the primary onboard sensor due to its flexibility and economic advantages. To be able to use the data gathered by the camera or cameras, the precise position and attitude of the sensor, also known as pose, is to be estimated. The aim of this project is the integrated, cm-precise and high frequency determination of the trajectory.

This is usually done using a sequence of overlapped images, the interior orientation parameters of the camera and additional data to define the scale and estimate the pose in a global coordinate system. This information can come from GNSS (Global Navigation Satellite System), GPS (Global Navigation System) being the most common example and an IMU (Inertial Measurement Unit). Aside from using additional sensors, one can set up GCPs (Ground Control Points) in the field. The coordinates of these points are known in the global coordinate system and so the sensor can be referenced in that system.

The GNSS/IMU solution faces difficulties in an urban environment, where the satellite signals may not reach the antenna in a direct way when the UAV is flying in a dense building zone. GCPs, on the other hand, are time consuming and costly to set out in the field. On this account, building models were chosen for our urban scenarios. These models are freely available in level of detail 2 (LOD2) from the Lower Saxony survey and Geoinformation administration LGLN.

The processing starts with image matching and finding tie points to relate the images. subsequently, the data from images and building models are used in a so-called hybrid bundle adjustment to robustly estimate the pose. The novelty of this work lies in the addition of laser scanner measurements, which bring simultaneous data with cameras into this hybrid adjustment.

This project uses two cameras with non-overlapping views and a laser scanner. As a first step to use any multi-sensor system, a calibration of the whole system is needed. Assuming a stable platform, this system calibration is achieved by geometrically referencing and synchronizing the three sensors with respect to each other. In other words, the 6DoF or transformation and information about time synchronization for all sensors regarding each other must be determined. Figure below shows the system on the UAV DJI M600.



THE SENSOR PLATFORM WAS DEVELOPED IN COOPERATION WITH STEPHAN SCHULZ, DEPT. OF MECHANICAL ENGINEERING AND PRODUCTION MANAGEMENT, HAW HAMBURG.

THIS PROJECT IS CARRIED OUT IN COOPERATION WITH THE GEODETIC INSTITUTE HANNOVER (GIH).

UPDATING GEOSPATIAL DATABASE BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (KOOPERATION MIT DEN LANDESVERMESSUNGSÄMTERN NIEDERSACHSEN, SCHLESWIG-HOLSTEIN UND MECKLENBURG-VORPOMMERN, CHUN YANG)

Geospatial land use databases contain important information with high benefit for several users, especially in the field of urban management and planning. The number of possible applications of such data increases with a higher level of detail, both in terms of the size of geometrical entities as well as the diversity of land use classes. Because of the fast changes of the land use due to urban growth and land use conversion, such geospatial databases become outdated quickly. This observation motivates the development of an automatic update process for large-scale land use databases. In contrast to land use, which reveals the socio-economic function of a piece of land (e.g. residential, agricultural), land cover describes the physical material of the earth’s surface (e.g. grass, asphalt). The both terms of land cover and land use relate to themselves, which means, a land use object could contain many different land cover elements to form complex structures and meanwhile, a specific land cover can be a part of different land use objects. Thus, land cover and land use classification based on remote sensing data are tasks that pursue different objectives.

Generally speaking, the assignment of class labels to image sites is land cover classification, whereas the assignment of labels to larger spatial entities, typical functional units represented by polygons, is the goal of land use classification. In our project, high-resolution aerial images are the data source for extracting the land use and land cover information, and we employ deep convolutional neural networks (CNN) to achieve both goals with high quality results. Firstly, we do classification of land cover (semantic segmentation), and then use the generated land cover map as well as the original imageries to do classification of land use. In the stage of land use classification, we pursue hierarchical classification in multiple levels simultaneously while keeping consistent with the ALKIS catalogue (see the attached figure).

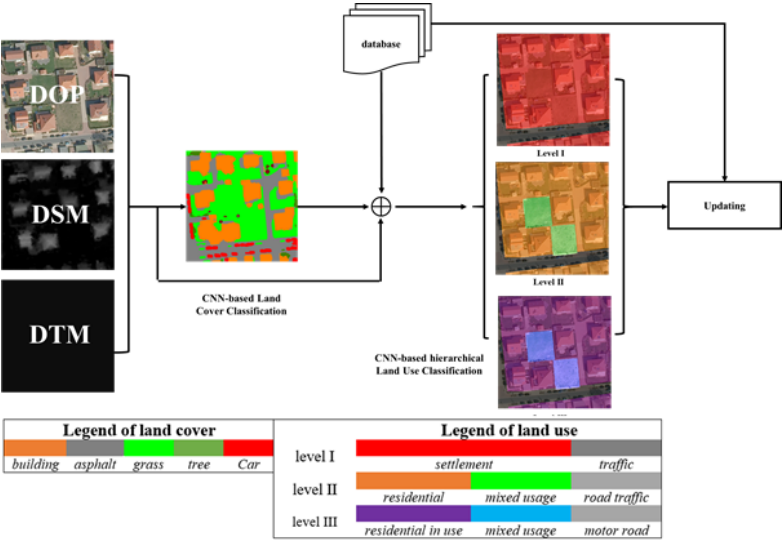
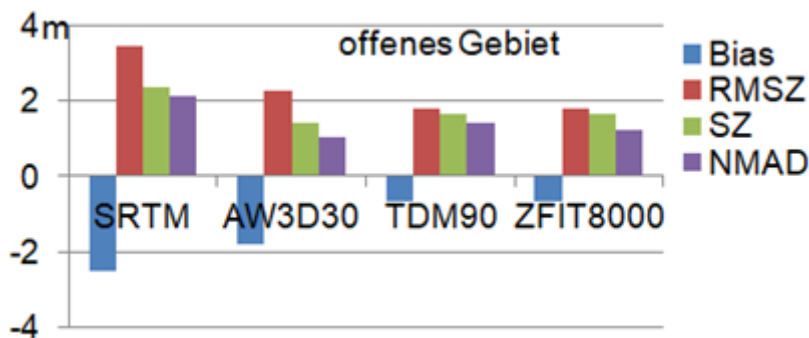


ILLUSTRATION OF THE FROMWORK OF UPDATING GEOSPATIAL DATABASES VIA HIERACHICAL LAND USE CLASSIFICATION IN THREE SEMANTIC LEVELS.

FREI VERFÜGBARE, NAHEZU WELTWEITE HÖHENMODELLE (INSTITUTSPROJEKT, KARSTEN JACOBSEN)

Als nahezu weltweite Höhenmodelle höherer Genauigkeit und Auflösung sind frei verfügbar das SRTM-Höhenmodell von der Shuttle Radar Topography Mission im Jahr 2000, das ASTER GDEM, basierend auf den Bildern des optischen ASTER-Satelliten mit einer Bodenauflösung von 15 m, das ALOS-World-3D (AW3D30), basierend auf den optischen ALOS-Bildern mit 2,5 m Bodenauflösung, - alle mit einem Punktabstand von 1 Bogensekunde (~30m) und das TanDEM-X Höhenmodell (TDM90) mit 3 Bogensekunden Punktabstand. Das ASTER GDEM ist deutlich ungenauer als die anderen und wird nicht weiter betrachtet. Die Oberflächenmodelle unterscheiden sich in der Genauigkeit und den morphologischen Details. Das heute häufig als Standardhöhenmodell eingesetzte SRTM hat sowohl größere systematische Höhenabweichungen als auch eine größere relative Standardabweichung als AW3D30 und TDM90. Die systematischen Abweichungen von TDM90 sind deutlich kleiner als die der anderen. Im offenen Gelände, mit Ausnahme von steilen Berglagen, wo das radarbasierte TDM90 wegen des layovers Nachteile gegenüber optischen Verfahren hat, ist auch die relative Genauigkeit vom TDM90 besser. Die morphologische Qualität von TDM90 ist allerdings geringer als die von AW3D30, was durch den dreifach höheren Punktabstand und die stärkere Mittelbildung von InSAR gegenüber den optischen Punktbestimmungen erklärt werden kann.



GENAUIGKEITSKRITERIEN DER UNTERSUCHTEN HÖHENMODELLE, HÜGELIGES TESTGEBIET IN TEXAS

Die Höhenmodelle wurden in fünf Testgebieten mit flachen bis gebirgigem Gelände durch Vergleich mit Laserscanning Höhen-daten untersucht.

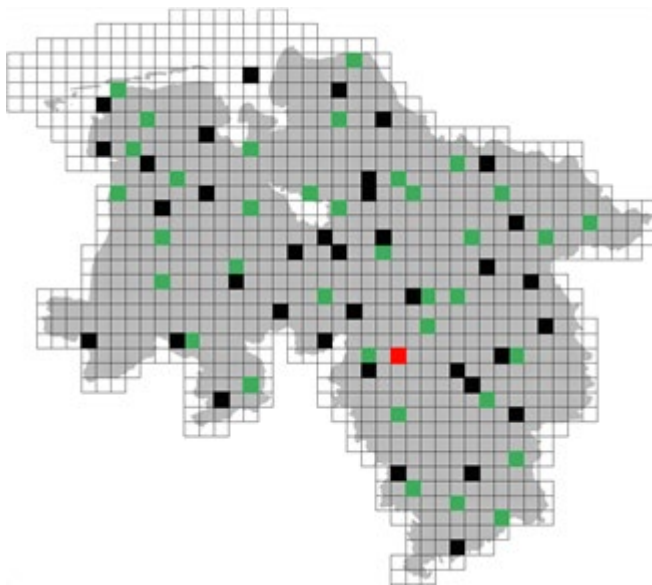
Der Vorteil der besseren morphologischen Details von AW3D30 kann mit der besseren absoluten

Höhengenauigkeit von TDM90 durch Fusion beider kombiniert werden. Mit dem Programm ZFIT werden die AW3D30-Höhen um den gleitenden Mittelwert der AW3D30-Höhendifferenzen gegenüber TDM90 verbessert. In obiger Darstellung wurde ein Radius von 8000 m benutzt (ZFIT8000). Durch die Fusion ändert sich die Standardabweichung von AW3D30 kaum, aber die systematischen Fehler können weitgehend beseitigt werden. Dieser Trend zeigt sich in allen Testgebieten. In dem Testgebiet Düzce, Türkei, sind die Quadratmittel der TDM90-Höhendifferenzen in der Größenordnung von 1,0 m.

TOWARDS BIG DATA FOR LAND COVER UPDATE WITH REMOTE SENSING IMAGERY AND DEEP LEARNING (LGLN HANNOVER, MIRJANA VOELSEN)

Land cover defines the physical material of the earth's surface, such as sealed area or vegetation. The automatic update of land cover databases is of great interest, as land cover changes quickly and the databases get outdated fast. Of great advantage for this task are satellite missions that have a high temporal resolution and cover large parts of the earth's surface continuously. With these large amounts of imagery, it is possible to train classifiers such as Convolutional Neural Networks (CNN) for the task of pixel-wise land cover classification. The challenge is then to provide class labels that match the satellite images as good as possible in order to train the classifier well.

In this project we use multispectral images from Sentinel-2 to automatically update and enrich databases from the German Land Survey Office of Lower Saxony (LGLN). For this we use a CNN to detect six different land cover types: Building, Sealed area, Agriculture, Greenland, Water and Forest. The used training data is extracted from a database of the LGLN that is based



TRAINING DATASET FOR LOWER SAXONY: THE DATA IS SPLITTED INTO TILES OF 8 KM X 8 KM. GREEN: USED FOR VALIDATION, BLACK: USED FOR TESTING, RED: CORRECTED AND USED FOR TESTING

on digital orthophotos and other surveying information that covers the whole area of Lower Saxony. These data must first be adapted to the spatial resolution of 10 m of the Sentinel-2 images. A limiting factor for the Sentinel-2 images is the cloud cover: Parts that are covered by clouds can not be used for classification. For this reason, the 100 km x 100 km Sentinel images are cut into smaller pieces of 8 km x 8 km. Overall, for the area of Lower Saxony, 950 of these smaller tiles exist. These are then divided into training, validation (green) and testing (black and red). As the database includes some incorrect labels, additionally a small part of the test data (marked in red) is corrected manually.

Up to now, test accuracies of up to 90% overall accuracy have been achieved. Challenges arise especially for less represented classes such as water or sealed area. The few samples of these classes can, for instance, be compensated by specific class weights. On the long term, the CNN shall also be used for updating the database. The integration of other sensor, such as radar data from Sentinel-1 for instance, is also planned to mitigate the effect of cloud cover.

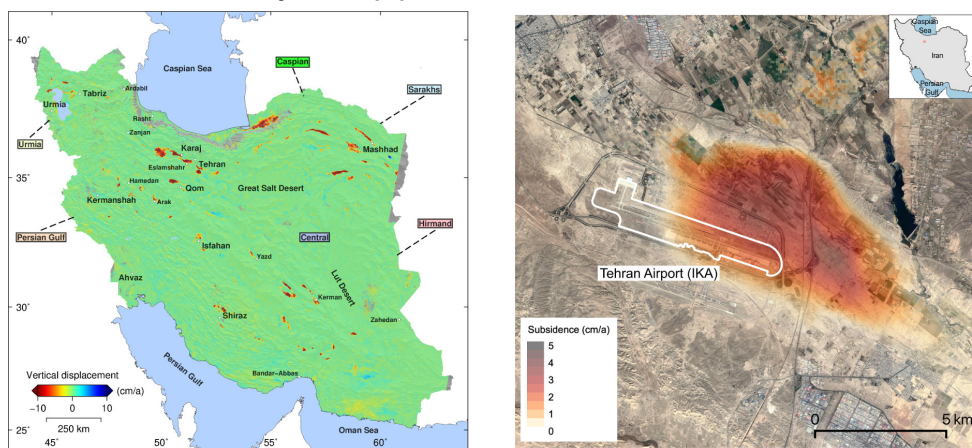
SENTINEL-1 INSAR FOR NATION-WIDE MONITORING OF LAND SUBSIDENCE (INSTITUTSPROJEKT, MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI, MAHDI MOTAGH)

Groundwater depletion is a significant issue in many arid and semi-arid areas of the world and thus, it is vital to quantify its situation. Groundwater modeling and satellite observations such as GRACE provide a global picture of groundwater extraction. On the other hand, direct groundwater measurements contribute to a local and regional assessment of the situation. However, they are expensive, time-consuming, and in some areas not reliable if available at all. As a result, quantifying details of groundwater depletion at a country scale is challenging.

InSAR measurements are used in recent decades to identify and measure land subsidence related to groundwater extraction at a local to regional scale in many rapid depleting areas. Since 2014, the Copernicus Sentinel-1 mission has dramatically increased the potential of InSAR for monitoring surface displacements. It is the first satellite SAR mission specifically designed for InSAR applications and provides data regularly worldwide.

This project benefits from the large stack of Sentinel-1 data acquired over Iran to perform advanced InSAR time series analysis and obtain a high-resolution (100x100 m) map of displacement across the country. The results identified more than 300 local to regional subsidence areas at points exceeding a rate of 30 cm/a.

Six years of data from 2014 to 2020 also allow a long-term analysis of displacement time series for individual points. The time series of displacement are in agreement with point measurements of groundwater level and indicate two general patterns: a trend of subsidence in response to the long-term water extraction and a short-term variation correlated with seasonal discharge/recharge of groundwater. The results suggest that the groundwater issue is a widespread problem threatening water availability in various regions of the country. Furthermore, land subsidence poses a significant hazard to urban areas and infrastructures, such as airports, electricity, and pipelines.



NATION-WIDE DISPLACEMENT MAP OVER IRAN (LEFT) AND LAND SUBSIDENCE THREAT TO TEHRAN INTERNATIONAL AIRPORT (RIGHT)

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

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

Etwaige Hebungen und Senkungen an Verkehrsbauwerken sollen mittels der interferometrischen Auswertung der Radarbilder des Satelliten Sentinel-1 detektiert werden. Für die möglichst hohe Verdichtung der Bodenbewegungsinformationen werden verschiedene Methoden zur Zeitreihenanalyse integriert. Zur effizienten Verarbeitung wird die operationelle Prozesskette in eine Cloud-Umgebung integriert, welche die benötigten Sentinel-1-Daten bereits vorhält (CODE-DE). Anhand von bisher aufgetretenen Schäden an Autobahnen und am Schienennetz (siehe Abbildungen) wird das Verfahren validiert und die Möglichkeiten der Schadensfrüherkennung evaluiert. Das Ziel des Projektes ist die Erstellung einer abgeleiteten, innovativen Risiko-Abschätzungskarte für gefährdete Infrastruktur in Schleswig-Holstein, welche bei Bedarf auch für andere Bundesländer generiert werden könnte.



BEISPIELE FÜR DEFEKTE UND ZERSTÖRTE VERKEHRSINFRASTRUKTUR IN DEUTSCHLAND. ZEILENWEISE VON LINKS NACH RECHTS: A3 AM WIESBADENER KREUZ 2010 (DPA, FREDRIK VON ERICHSEN), RHEINTALBAHN BEI RASTATT 2017 (BADISCHE NEUESTE NACHRICHTEN, DECK), B180 BEI EISLEBEN 2001 (DPA), A20 BEI TRIBSEES 2017 (NDR.DE)

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

This PhD 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. Afterwards, a suitable method has to be found to reconstruct the 3D shapes 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). At the same time, a collaborative tracking of the objects over the time that they can be observed from the UAV should take place. 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. Furthermore, the problem of collaborative tracking has to be solved. 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).



VEHICLE (WHITE CAR) SEEN SIMULTANEOUSLY FROM THE UAV CAMERA (RIGHT) AND LEFT CAMERA OF A MAPATHON VEHICLE EQUIPPED WITH STEREO CAMERAS (LEFT) AT AN INTERSECTION

DISSERTATIONEN UND HABILITATIONEN

GEODÄTISCHES INSTITUT (GIH)

DISSERTATIONEN

Sören Vogel, M. Sc.: Kalman Filtering with State Constraints Applied to Multi-sensor Systems and Georeferencing, 05.08.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Hans-Berndt Neuner (TU Wien), Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön

Bereits seit einigen Jahren wird aktiv an der Entwicklung von autonomen Fahrzeugen geforscht. Allerdings gilt es in diesem Zusammenhang noch einige signifikante Herausforderungen zu lösen. Besonders relevant ist dabei die ständige Gewährleistung und Sicherstellung der Integrität solcher autonomen Systeme. Um ein sicheres Manövrieren in der direkten Umgebung von Menschen gewährleisten zu können, ist eine genaue, präzise, zuverlässige und kontinuierliche Positions- und Orientierungsbestimmung des Fahrzeuges zwingend erforderlich. Im Bezug zu einem übergeordneten erdfesten Koordinatensystem wird dieser Vorgang in der Geodäsie auch als Georeferenzierung bezeichnet. Besonders für komplexe innerstädtische Gebiete existieren jedoch noch keine vollumfänglich zuverlässigen Lösungsmethoden. Die ansonsten geeigneten und daher auch gebräuchlichen Beobachtungen eines Global Navigation Satellite Systems (GNSS) können in dieser Hinsicht in engen Häuserschluchten versagen. Diese Tatsache gilt jedoch nicht nur ausschließlich für autonome Fahrzeuge, sondern lässt sich im Allgemeinen auf jedes kinematische Multisensorsystem (MSS) übertragen.

Gerade auch in der Geodäsie existieren eine Vielzahl solcher MSS, welche eine stets genaue und zuverlässige Georeferenzierung unabhängig von der jeweiligen Umgebung erfordern. Für daraus abgeleitete Folgeprodukte, wie z.B. hochgenaue dreidimensionale Punktwolken für Anwendungen im Rahmen von 3D Stadtmodellen oder Building Information Modelling (BIM), ist dies unverzichtbar. Mit dem Bedarf an neuen Methoden für eine Georeferenzierung unter Aspekten der Integrität, geht zeitgleich auch die Anwendbarkeit von Massendaten einher. Moderne Sensoren zur Erfassung der Umgebung, wie z.B. Laserscanner oder Kameras, werden immer preiswerter und weisen zudem in Relation dazu eine immer höhere Informationsdichte und Genauigkeit auf. Dies führt bei zahlreichen kinematischen MSS zu einem stetigen Anstieg der erfassten Beobachtungsdaten. Viele derzeitige Methoden sind dafür nicht ausgelegt beziehungsweise verwenden stattdessen nur eine zufällige Untermenge der eigentlich verfügbaren Informationen. Zusätzlich beeinflusst dies auch potentielle Ansprüche hinsichtlich möglicher Echtzeitanwendungen.

Steht keine überdurchschnittliche Rechenleistung zur Berücksichtigung der großen Datenmengen zur Verfügung, bieten sich in der Regel rekursive Verfahren an. Dabei wird eine iterative Schätzung der gesuchten Größen durchgeführt, wobei die umfassende Gesamtmenge an Beobachtungsdaten in mehrere einzelne Epochen aufgeteilt wird. Liegen aktuellste Beobachtungen sukzessive pro Epoche vor, kann ein Filteralgorithmus angewendet werden. So wird ebenfalls eine effiziente

Schätzung durchgeführt und es können in Relation zu einer umfassenden Gesamtauswertung im Allgemeinen größere Beobachtungsmengen berücksichtigt werden. Solche Filterverfahren existieren bislang jedoch fast ausschließlich für explizite Beziehungen zwischen den verfügbaren Beobachtungen und den gesuchten Schätzgrößen. Ist dieser mathematische Zusammenhang implizit, was durchaus bei vielen praktischen Fragestellungen der Fall ist, existieren nur sehr wenige Methoden beziehungsweise im Falle der rekursiven Parameterschätzung gar keine. Dieser Umstand geht mit der Gegebenheit einher, dass das Zusammenwirken von impliziten Zusammenhängen mit Restriktionen hinsichtlich der zu schätzenden Parameter bislang noch überhaupt nicht untersucht wurde.

Im Rahmen dieser Arbeit wird daher ein vielseitig einsetzbarer Filteralgorithmus präsentiert, welcher sowohl für explizite als auch für implizite mathematische Zusammenhänge gilt. Zusätzlich werden erstmalig Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Restriktionen auch und insbesondere für implizite Beziehungen gegeben. Die entwickelte Methodik wird anschließend umfassend anhand von Simulationen und praxisrelevanten realen Anwendungsbeispielen validiert und kritisch beurteilt. Die Verwendung von Echtdaten steht dabei in direktem Zusammenhang zu kinematischen MSS und den damit verbundenen Aufgaben der Kalibrierung und Georeferenzierung. Letztere insbesondere in Bezug auf komplexe innerstädtische Umgebungen. In einem derart anspruchsvollen Umfeld sind die Anforderungen an die Georeferenzierung unter Integritätsaspekten von besonderer Bedeutung. Dies wird in dieser Arbeit durch die gleichzeitige Nutzung unabhängiger und komplementärer Informationsquellen realisiert. Dadurch kann eine zuverlässige Georeferenzierung erreicht werden und eine zeitnahe Benachrichtigung bei Integritätsverletzungen erfolgen.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 364 erschienen und ebenfalls in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 856 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Mohammad Omidalizarandi, M. Sc.: Robust Deformation Monitoring of Bridge Structures Using MEMS Accelerometers and Image-Assisted Total Stations, 08.09.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Müller, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Werner Lienhart (TU Graz), Prof. Dr.-Ing. Mohammad Ali Sharifi (University of Tehran)

Today, short- and long-term structural health monitoring (SHM) of bridge structures has received considerable attention. However, permanent, cost-effective, and reliable monitoring are still challenging issues. From a surveying or civil engineer's point of view, vibration-based SHM is often carried out by inspecting the changes in the dynamic responses of bridge structures known as modal parameters, such as eigenfrequencies, eigenforms and modal damping. The use of cost-effective micro-electro-mechanical-systems (MEMS) accelerometers with a high sampling

frequency is becoming more affordable and feasible for the aforementioned monitoring task. Within this dissertation, a three-step scenario is proposed to choose a suitable MEMS accelerometer despite of its purchase price, measurement range and sampling frequency. Firstly, a robust calibration procedure is proposed and implemented to model MEMS related systematic errors such as biases, scale factors, and non-orthogonality angles between the axes. Secondly, a controlled excitation experiment is conducted by using a high-precision shaker. Thirdly, a static test experiment is accomplished over a long period. Robust, accurate, and automatic estimation of the modal parameters is particularly challenging when vibration measurements are contaminated with a high coloured measurement noise, e.g., due to cost-effective MEMS acceleration data. This is even more challenging when the structure is continuously under imposed forces due to moving vehicles or wind. For this purpose, a robust and automatic vibration analysis procedure the so-called robust time domain modal parameter identification (RT-MPI) approach is proposed and implemented. It is a novel approach in the sense of automatic excitation (e.g. ambient) window selection, automatic and reliable identification of initial eigenfrequencies even closely spaced ones as well as robustly and accurately estimating the modal parameters. To estimate frequencies, damping ratio coefficients, amplitudes, and phase shifts, an observation model consisting of a damped harmonic oscillation (DHO) model, an autoregressive model of coloured measurement noise and a stochastic model in the form of the heavy-tailed family of scaled t-distributions with unknown degree of freedom and scale factor, is employed. The aforementioned three parametric models are jointly adjusted by means of a generalised expectation maximisation (GEM) algorithm. The proposed RT-MPI algorithm is also able to estimate amplitudes in a metric unit and with a high accuracy for the recorded acceleration data by means of double integration of the DHO model. The eigenforms are characterised in a subsequent step, and by using the estimated parameters from the GEM algorithm. In addition, having amplitudes in the metric unit allows to characterise deflection eigenforms in their true scales for selected excitation windows within short time intervals. The deformation/displacement monitoring by merely using the MEMS accelerometer is challenging, since it suffers from accuracy degradation with time for absolute position/displacement estimates. Therefore, the MEMS accelerometers and an image-assisted total station (IATS) are fused by performing one-dimensional (1D) coordinate update within the Kalman filtering framework. To generate 1D displacement data from the IATS, video frames of a passive target, that is attached to a bridge structure, are captured by means of a telescope camera of the IATS. A passive target centroid detection algorithm is proposed and implemented, which is robust and reliable with respect to poor environmental conditions, such as low lighting, dusty situations, and skewed angle targets. Next, an angular conversion factor of the telescope camera is calibrated, which allows to convert the generated displacement data from pixel to metric unit.

Experiments are performed in four case studies including simulation, controlled excitation and two real applications of a footbridge structure and a synthetic bridge. The estimated modal parameters are compared and validated by their true values as well as their corresponding estimates

obtained from reference sensors such as reference accelerometer, geophone, and laser tracker. Additionally, the estimated eigenfrequencies and damping ratio coefficients are compared with a well-known covariance driven stochastic subspace identification (SSI-COV) approach. The results show that the MEMS accelerometers are suitable for identifying all occurring eigenfrequencies of the bridge structures. Moreover, the vibration analysis procedure demonstrates that amplitudes are estimated in submillimetre range accuracy, frequencies with an accuracy of better than 0.1 Hz and damping ratio coefficients with an accuracy of better than 0.1 and 0.2% for modal and system damping, respectively. The analysis reveals the superiority of the proposed RT-MPI algorithm compared to the SSI-COV algorithm. Finally, a high accurate displacement time series at the level of submillimetre is generated by fusion of the IATS and the MEMS measurements.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 366 erschienen und ebenfalls in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 859 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

HABILITATIONEN

Dr.-Ing. Hamza Alkhatib: Fortgeschrittene Methoden und Algorithmen für die computergestützte geodätische Datenanalyse, 30.10.2020

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. habil. Hansjörg Kutterer (KIT), Prof. Dr.-Ing. Nico Sneeuw (Universität Stuttgart), Prof. Dr.-Ing. Michael Beer

Die fortschreitende Digitalisierung mit ihren innovativen Technologien stellt zunehmende Anforderungen an Wirtschaft, Gesellschaft und Verwaltungen. Digitale Daten gelten als Schlüsselressource, die hohe Ansprüche u.a. an die Datenverarbeitung stellt, wie z.B. hohe Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit. Besondere Bedeutung sind digitalen Daten mit Raumbezug beizumessen. Digitale Daten stammen im Bereich der Geodäsie und Geoinformatik von Multi-Sensor-Systemen, Satellitenmissionen, Smartphones, technischen Geräten, Computern oder von Datenbanken unterschiedlichster Institutionen und Behörden. „Big Data“ heißt der Trend und es gilt die enormen Datenmengen so breit und so effektiv wie möglich zu nutzen und mit Hilfe von computergestützten Tools, beispielsweise basierend auf künstlicher Intelligenz, auszuwerten. Um diese großen Datenmengen statistisch auszuwerten und zu analysieren, müssen laufend neue Modelle und Algorithmen entwickelt, getestet und validiert werden. Algorithmen erleichtern Geodätinnen und Geodäten seit Jahrzehnten das Leben – sie schätzen, entscheiden, wählen aus und bewerten die durchgeführten Analysen.

Bei der geodätisch-statistischen Datenanalyse werden Beobachtungen zusammen mit Fachkenntnissen verwendet, um ein Modell zur Untersuchung und zum besseren Verständnis eines datengenerierenden

Prozesses zu entwickeln. Die Datenanalyse wird verwendet, um das Modell zu verfeinern oder möglicherweise ein anderes Modell auszuwählen, um geeignete Werte für Modellterme zu bestimmen und um das Modell zu verwenden, oder um Aussagen über den Prozess zu treffen. Die Fortschritte in der Statistik in den vergangenen Jahren beschränken sich nicht nur auf die Theorie, sondern umfassen auch die Entwicklung von neuartigen computergestützten Methoden. Die Fortschritte in der Rechenleistung haben neuere und aufwendigere statistische Methoden ermöglicht. Eine Vielzahl von alternativen Darstellungen der Daten und von Modellen können untersucht werden.

Wenn bestimmte statistische Modelle mathematisch nicht realisierbar sind, müssen Approximationsmethoden angewendet werden, die oft auf asymptotischer Inferenz basieren. Fortschritte in der Rechenleistung und Entwicklungen in der Theorie haben die computergestützte Inferenz zu einer praktikablen und nützlichen Alternative zu den Standardmethoden der asymptotischen Inferenz in der traditionellen Statistik werden lassen. Die computergestützte Inferenz basiert auf der Simulation statistischer Modelle.

Die vorliegende Habilitationsschrift stellt die Ergebnisse der Forschungsaktivitäten des Autors im Bereich der statistischen und simulationsbasierten Inferenz für die geodätische Datenanalyse vor, die am Geodätischen Institut der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover während der Zeit des Autors als Postdoktorand von 2009 bis 2019 publiziert wurden. Die Forschungsschwerpunkte in dieser Arbeit befassen sich mit der Entwicklung von mathematisch-statistischen Modellen, Schätzverfahren und computergestützten Algorithmen, um raum-zeitliche und möglicherweise unvollständige Daten, welche durch zufällige, systematische, ausreißerbehafte und korrelierte Messabweichungen charakterisiert sind, rekursiv sowie nicht-rekursiv auszugleichen. Herausforderungen bestehen hierbei in der genauen, zuverlässigen und effizienten Schätzung der unbekanntem Modellparameter, in der Ableitung von Qualitätsmaßen der Schätzung sowie in der statistisch-simulationsbasierten Beurteilung der Schätzergebnisse. Die Forschungsschwerpunkte haben verschiedene Anwendungsmöglichkeiten in den Bereichen der Ingenieurgeodäsie und der Immobilienbewertung gefunden.

Die Habilitation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 367 erschienen und ebenfalls in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISBN 978-3-7696-5274-1) unter der Nr. 861 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

MITBERICHTE

Erik Edmund Heinz, M. Sc.: Beiträge zur Kalibrierung und Evaluierung von Multisensorsystemen für kinematisches Laserscanning, Universität Bonn. Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann.

Ernest Uwayewu, M.Sc.: Spatial justice in land tenure security. Insights from urban redevelopment in Kigali, Rwanda. Technische Universität München. Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß

Francesco Darugna, M. Sc.: Improving Smartphone-Based GNSS Positioning Using State Space Augmentation Techniques, 18.11.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön, Korreferenten: Prof. Fabio Dovis (Politecnico di Torino), Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Low-cost receivers providing Global Navigation Satellite System (GNSS) pseudorange and carrier phase raw measurements for multiple frequencies and multiple GNSS constellations have become available on the market in the last years. Currently, several smartphones are equipped with a dual-frequency, multi-constellation receiver. The quality of Android-based GNSS measurements has been analyzed, suggesting that they often suffer from low signal-to-noise, inhomogeneous antenna gain and high levels of multipath. This work shows how to tackle several of the currently present obstacles and demonstrates centimeter-level positioning with a low-cost GNSS antenna and a low-cost GNSS receiver built into an off-the-shelf smartphone.

An absolute antenna calibration has been performed for the dual-frequency smartphone Huawei Mate20X. Antenna Phase Center Offset (PCO) and Variations (PCV) have been estimated to correct for the antenna impact on the L1 and L5 phase observations. The impact of antenna corrections has been assessed in different multipath environments using a high-accuracy positioning algorithm employing an uncombined observation model and applying Ambiguity Resolution (AR). After correcting for PCV, successful AR is demonstrated for short-baseline applications. Overall, the antenna calibration is demonstrated being an asset for smartphone-based positioning with AR, showing cm-level 2D Root Mean Square Error (RMSE).

In GNSS-based positioning, a user within a region covered by a network of reference stations can take advantage of the network-estimated augmentation parameters. Among the GNSS error sources, atmospheric delays have a strong impact on the positioning performance and the ability to resolve ambiguities. State Space Representation (SSR) tropospheric and ionospheric corrections are commonly estimated for the approximate user position by interpolation from values calculated for the reference stations. The interpolation quality of the Inverse Distance Weighted (IDW), Ordinary Kriging (OK) and Weighted Least Squares (WLS) techniques during severe weather events and Traveling Ionospheric Disturbances (TIDs) is analyzed. To improve the interpolation performance during such events, modified WLS methods taking advantage of the physical atmospheric behavior are proposed. To support this interpolation approach, external information from Numerical Weather Models (NWM) for tropospheric interpolation and from TID modeling for ionospheric interpolation is introduced to the algorithms.

Two severe weather events in northern Europe in 2017 and one TID event over Japan in 2019 have been analyzed. Specific cases are isolated, showing particular atmospheric variations where significant interpolation errors (e.g., larger than a few cm) can be reduced by up to 20% of the total amount. As a final product of the analysis, tropospheric and ionospheric messages to implement the suggested interpolation are proposed.

Dipl.-Ing. Le Ren: GPS-based Precise Absolute and Relative Kinematic Orbit Determination of Swarm Satellites under Challenging Ionospheric Conditions, 02.09.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Adrian Jäggi (Universität Bern), Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann

Since the first installation of dual-frequency GPS receiver on the TOPEX/Poseidon satellite in 1992, GPS receivers have become a standard equipment for the precise orbit and baseline determination of LEO satellites. In recent years, kinematic orbit determination have attracted much attention, because they are free of models for correcting forces acting on the LEO satellite, which makes it possible to derive the gravity field from the kinematic orbits. The ESA Swarm mission launched on November 22, 2013 consists of three identical satellites in near-polar orbits, Swarm A and C flying almost side-by-side at an initial altitude of 460 km, Swarm B flying in a higher orbit of about 530 km. Each satellite is equipped with a high precision 8-channels dual-frequency GPS receiver for precise orbit determination. Therefore, the Swarm mission offers excellent opportunities to provide temporal gravity field information derived from the kinematic orbits of the satellites for the gap between the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) and its follow-on mission (GRACE-FO). In order to contribute to these studies a software based on Precise Point Positioning (PPP) was developed for kinematic orbit determination in this thesis. The kinematic orbits of Swarm satellites from January 2015 to December 2017 are computed and validated.

The three satellites formation opens up new opportunities to analyze the baseline determination (relative positioning). In this contribution, the kinematic baseline with fixed ambiguities is determined using the GPS double-difference method. Our investigations revealed that carrier phase observations with product baseline 03 can contain half-cycle ambiguities. The half-cycle ambiguities are repaired after reprocessing the raw GPS by ESA in 2018, which increases the rate of ambiguity resolution significantly. Compared with the float solution, the quality of baseline is significantly improved under strong ionospheric scintillations.

Carrier phase observations from on-board GPS receiver are strongly disturbed by ionospheric scintillations, which degrades the kinematic orbits at the geomagnetic equatorial and polar areas and thus the gravity field. Due to the different properties of ionospheric scintillations at the equatorial areas and polar areas, the GPS carrier phase observations suffer also from different types of disturbances. In this contribution, in order to improve the quality of the kinematic orbits, a new method is proposed to filter the high-frequency noise and repair the systematic errors in the phase observations, instead of eliminating or down-weighting the disturbed observations. The kinematic orbits and derived gravity field can be significantly improved. The systematic errors along the geomagnetic equator bands in the gravity field are also successfully eliminated.

Nicolas Garcia Fernandez, M. Sc.: Simulation Framework for Collaborative Navigation: Development – Analysis – Optimization, 08.06.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön, Korreferenten: Prof. Dr. Andreas Wieser (ETH Zürich), Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke.

Applications such as Intelligent Transportation Systems (ITS) heavily rely on a continuous availability of Position, Navigation and Timing (PNT) information in order to guarantee the safety of the users. This goal depends largely on the availability of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) signals. However, it is well known that although GNSS represents a fairly continuous and time stable source of information for the localization, its performance is degraded in urban areas. To overcome the weakness of the GNSS standalone solution, the GNSS measurements are fused with measurements carried out with additional sensors, that increase the awareness of the ego vehicle with respect to the elements of the environment. The development of Vehicle to Everything (V2X) communication protocols enable the expansion of the principle of multi-sensor estimation to multi-vehicle approaches, giving birth to Collaborative Positioning (CP). CP is a network-based navigation technique, that is potentially suitable to increase the performance of the navigation solution, and the robustness against outliers and sensor failures.

The concept of CP resembles a geodetic network in which the nodes (vehicles) are moving. Thus, as in the case of geodetic static networks, the purpose of the dissertation is to aid the understanding of the dynamic network sensitivity with respect to changes in its geometry, changes in the motion of the objects, or changes in the observations. Later, the findings can be used in order to determine the steps to follow in order to achieve an optimum solution. For this purpose, a simulation framework is designed, suitable to cost-effectively and safely reproduce a wide range of collaborative scenarios. In this simulation framework, the measurements carried out with sensors mounted in different vehicles are fused in a Collaborative Extended Kalman Filter (C-EKF) in which the state parameters of all vehicles are simultaneously estimated. Then, the performance of the C-EKF is evaluated in different simulated scenarios, designed in order to highlight the most representative features of the estimation. In particular, the performance of the filter is evaluated by means of Monte Carlo (MC) simulations with different execution strategies, namely localization, localization with landmark uncertainty and SLAM. Then, the response of the estimation to changes in the sensor architecture and sensor measurement quality (changing geometries and observations) is evaluated. Also, the challenges that arise from the changing vehicle dynamics in the estimation are assessed, identifying the most vulnerable situations given a certain selected filter configuration, and establishing strategies that enable the identification of the processing parameters that maximize the performance of the filter.

Finally, the benefits of CP with respect to single vehicle approaches are explored. The initial assumptions are validated in a ten-vehicle collaborative scenario, analyzing the results both, locally (individual nodes) and globally (the whole network). In the local evaluation, the significant advantages of C-EKF are demonstrated, being significantly higher in vehicles with low self-

localization potential. This leads to a global enhanced navigation performance with respect to single vehicle approaches, an amount proportional to the a-priori self localization potential of the vehicles, the number of vehicles and their topological relation.

Hani Dbouk, M. Sc.: Alternative Integrity Measures Based on Interval Analysis and Set Theory, 30.10.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön, Korreferenten: Prof. Dr. Mathieu Joerger (Virginia Tech, Virginia), Prof. Dr.-Ing. Claus Brenner.

Confidence domains for Global Navigation Satellite Systems (GNSSs) positioning and consistency measures of the observations are of great importance for any navigation system, especially for safety-critical applications. Integrity of GNSS applies to a variety of highly demanding tasks, like e.g., precision landing approaches. Consequently, the quality and trust that we put into navigation solutions must be extremely high: Integrity measures this performance, i.e. the ability of the navigation system to timely warn the user when error thresholds, the so-called alert limits are transgressed. Integrity for aviation applications can be provided by ground-based augmented systems or satellite-based augmented systems, which are highly complex and expensive systems. An alternative is Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM), which evaluates the integrity risk (IR) inside the GNSS receiver itself. The IR evaluation is necessary when designing a navigation system to meet the predefined integrity requirements. Currently, there is a big interest in developing RAIM algorithms especially for autonomous driving applications. The IR evaluation involves both assessing the fault detection and exclusion capability and quantifying the impact of undetected faults on the position estimation. There is a variety of RAIM algorithms based on statistical hypothesis tests acting on the measurement or position domain. The residual-based and solution separation RAIMs have gained more interest than the other has and they have been widely implemented over the last three decades. In the past years, new integrity approaches were proposed based on interval mathematics namely set inversion and least-squares.

This thesis presents a newly developed deterministic bounding method based on convex optimization. In this deterministic bounding method, the observation interval bounds (OIBs) are applied on the observation equations that represent constraints for the parameters that have to be satisfied. As a result, a convex polytope is obtained. Consistency measures are obtained by comparing the non-regular polytope with a regular polytope (zonotope) computed solely from OIB and the current geometry. In this thesis, a primal-dual polytope algorithm is used to estimate all possible solutions. The obtained polytope represents exactly the feasible region of the positioning solution. The developed method guarantees the internal reliability that is presented by the minimum detectable bias. In addition, fault detection and exclusion algorithms based on the polytope consistency measures are developed. In addition, a guaranteed protection level is developed that corresponds to a one-relaxed zonotope. Our newly developed polytopic method will be investigated in all aspects and compared to the above-mentioned RAIM algorithms showing the benefits and the drawbacks of each method. To perform all the above-mentioned

interval-based methods the observation interval bounds need to be estimated. Three main methods could be used to determine the OIBs, which will be investigated: a probabilistic approach with predefined IR, sensitivity analysis of the correction models, and expert knowledge.

This work provides the theoretical framework, the mathematical properties, and the geometrical interpretation of the polytope with respect to the positioning problem. A study of the form and orientation of the polytope w.r.t. line-of-sights, number of satellites in view, and random observation errors as well as biases is conducted. In addition, a simulation study of a simple but didactic positioning system for better understanding the geometry of the polytopes and its relation to the navigation geometry is performed. Moreover, an intensive Monte Carlo simulation to study the newly developed RAIM algorithm is performed. Then, real GPS pseudo-range observations from a kinematic test drive will be analyzed, and a comparison between different RAIM algorithms is performed in terms of precision, accuracy, internal reliability, integrity, continuity, and availability.

MITBERICHTE

Dipl.-Ing. Martin Escher: Beiträge zur Modularen Kopplung in der Fahrzeugnavigation, Maschinenbau, TU Braunschweig, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Schön. 15.3.2020

Simon Ollander, M. Sc.: Accurate Positioning in Urban Canyons with Multi-frequency Satellite Navigation, Computer Science, Georg-August-Universität Göttingen, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Schön. 7.12.2020

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

Birgit Kieler: Schema-Matching in räumlichen Datensätzen durch Zuordnung von Objektinstanzen, 21.2.2020.

Referentin: Prof. Monika Sester, Korreferenten: Prof. Jan-Henrik Haurert, Universität Bonn, Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke.

Datenintegration, Datenaustausch und Datenaktualisierungen sind im wissenschaftlichen Umfeld nach wie vor aktuelle Themen. Geoinformationen werden zur Unterstützung in vielen Entscheidungen in Politik, Wirtschaft, Verwaltung, aber auch im Alltag benötigt. Im Datenintegrationsprozess verursacht das Kombinieren verschiedener Datensätze aufgrund struktureller, geometrischer und semantischer Unterschiede erhebliche Probleme.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein zweistufiges Zuordnungsverfahren entwickelt, das einen Beitrag zur geometrischen und semantischen Datenintegration leistet. Im ersten Schritt wurde ein Objektzuordnungsverfahren entwickelt, das Objektkorrespondenzen durch die geometrische Überlagerung zweier Datensätze mit Polygonobjekten bestimmen kann. Mit Hilfe eines Gesamtähnlichkeitsmaß, das sich aus geometrischen und semantischen Parametern zusammensetzt, werden die vom Verfahren identifizierten Objektrelationen bewertet. Das Verfahren kann sowohl einfache (1:1) als auch komplexe (1:n, n:1, n:m) Relationen durch Aggregation von Nachbarobjekten bestimmen.

Das Objektzuordnungsverfahren wurde in drei verschiedenen Testgebieten mit vier unterschiedlichen Datensätzen getestet. Es kann Datensätze mit verschiedenen Maßstäben, z.B. 1:1.000 bis 1:25.000 berücksichtigen. Es wurden Datensätze untersucht, die semantisch vergleichbare, aber auch verschiedenartige Objekte besitzen. Eine Besonderheit ist, dass Datensätze nicht als Partition vorliegen müssen, sondern auch Objektüberlagerungen innerhalb der Datensätze zugelassen sind, auch wenn dies den Suchraum vergrößert.

Durch den Vergleich mit manuell erstellten Referenzzuordnungen zeigt sich im Ergebnis, dass die im Objektzuordnungsverfahren verwendeten sehr einfachen Ähnlichkeitsmaße und festgelegten Schwellwerte in allen Testgebieten sehr hohe Zuordnungsqualitäten erzielen können, in zwei Fällen sogar über 92 %. Und je ähnlicher sich die Maßstäbe der Datensätze sind, desto vollständiger sind auch die richtigen Zuordnungen. Das bedeutet, dass das Verfahren nur sehr wenige falsche Relationen identifiziert und somit für unterschiedliche Datensätze einsetzbar ist.

Im zweiten Schritt des Verfahrens erfolgt die Zuordnung der Objektklassen auf Schemaebene. Dazu werden aus den Ergebnissen der Objektzuordnung Häufigkeitswerte abgeleitet und pro Testgebiet in vier unterschiedlichen Matrizen zusammengefasst. Neben Relationsanteilen wurden auch datensatzbezogene prozentuale Flächenanteile berechnet, die besonders bei großen Maßstabsunterschieden Vorteile bieten. Aufgrund verschiedener Sichtweisen können Häufigkeitsmatrizen auch als bipartite Graphen betrachtet werden.

Für die Zuordnung der Objektklassen wurden existierende Graphalgorithmen verwendet. Neben dem Ansatz des Maximalen Matchings, das nur 1:1 -Schemarelationen in quadratischen Matrizen bestimmen kann, wurde ein heuristisches Verfahren entwickelt, das den Ansatz des Minimalen-2-Schnitts rekursiv anwendet. Mit dem Heuristischen Verfahren können zusätzlich einseitig komplexe Schemarelationen bestimmt werden. Als Ergebnis entstehen in der Zuordnungsmatrix rechteckige Cluster, die sich nicht schneiden und nur pro Zeile und Spalte eine Zuordnung zulassen.

Die Zuordnung der Objektklassen entspricht einer Unterteilung eines Graphen in k Teile, was ein NP -vollständiges Problem beschreibt, für das nach heutigem Kenntnisstand kein Algorithmus mit polynomieller Laufzeit existiert. Um die nicht garantiert optimalen Ergebnisse des Näherungsverfahrens bewerten zu können, wurden verschiedene ganzzahlige lineare Optimierungsverfahren entwickelt und mit dem existierenden Optimierer (IBM ILOG CPLEX Interactive Optimizer 12.5.1.0) gelöst. Das primäre Optimierungsziel ist die Maximierung der Häufigkeiten innerhalb der Cluster, um die Zuordnung der Objektklassen durch die identifizierten Objektrelationen zu bestätigen. Zusätzlich wurde das Erzeugen von ausgewogenen Clustern hinsichtlich der Zellenanzahl pro Cluster als zweites Optimierungsziel eingefügt. Beide Ziele wurden kombiniert, einerseits gleichgewichtet und andererseits durch Einführung eines Ziels als harte Bedingung. Die Lösung mit der größten Durchschnittshäufigkeit pro Zelle wird als beste Lösung ausgewählt.

In den Ergebnissen zeigt sich, dass das Heuristische Verfahren beim Vergleich in den Kategorien Rechenzeit, Schnittmenge zum Matrixgesamtinhalt und zur Referenzzuordnung gegenüber den anderen

Verfahren den ersten Platz belegt. Die Optimierungsverfahren belegen aufgrund der sehr langen Rechenzeiten den zweiten Platz. Der Vergleich der Heuristischen Lösungen mit den besten Optimierungslösungen zeigt, dass in allen Testgebieten die optimalen Lösungen mehr als 91% der Heuristischen Lösungen bestätigen. Das Näherungsverfahren stellt somit einen effizienten Ansatz dar, um das Problem der Objektklassenzuordnung auf Schemaebene automatisch zu lösen.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 359 erschienen und ebenfalls in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 853 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

MITBERICHTE

Marc-Oliver Sonneberg, M.Sc.: Contributions to Sustainable Urban Transport: Decision Support for Alternative Mobility and Logistics Concepts, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Sester.

Max Leyerer, M. Sc.: Gestaltung nachhaltiger Logistik-Konzepte im urbanen Wirtschaftsverkehr: Entscheidungsunterstützung mit Optimierungsmodellen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Sester.

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION (IPI)

Gregor Blott, M. Sc.: Multi-View Person Re-Identification, 15.04.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Korreferenten: apl. Prof. Claus Brenner, Prof. Jürgen Gall, Universität Bonn.

Erscheinungsbasierte Personenwiedererkennung ist eine entscheidende Komponente für unterschiedliche Anwendungen von Kameranetzwerken wie beispielsweise der Sicherheitskamera und der Automatisierungstechnik sowie der Analyse von Kaufverhalten in Geschäften.

Trotz großer Fortschritte in den letzten Jahren, ist die Wiedererkennungsleistung für praktische Anwendungen aufgrund der hohen Variabilität des Aussehens von Personen und einer hohen Szenenkomplexität noch nicht ausreichend gelöst. Das grundlegende Problem kann auch als ungenügende Beobachtungen und eine geringe Variabilität von Beobachtungen bei klassischen Kameraansätzen aufgefasst werden, wodurch Personen nicht eindeutig wiedererkannt werden können und viele Mehrdeutigkeiten entstehen.

In der Arbeit wird ein neues Verfahren für die Personenwiedererkennung vorgestellt, das Bilder von Fischaugenkameras verwendet, die an der Decke montiert sind und in Nadirichtung schauen, um Personen aus unterschiedlichen Ansichten (Multi-View) zu analysieren. Um die verschiedenen Ansichten zu prozessieren, wird auf Basis von domänenspezifischem Vorwissen, geometrischer Sensormodellierung und Deep Learning eine generische Verarbeitungskette präsentiert.

Experimente bestätigen: i) Fischaugenkameras in Nadirichtung sind in der Lage, Bilder von Personen aus unterschiedlichen Blickrichtungen pro

Kamera bereitzustellen. ii) Personenwiedererkennung mit mehreren Ansichten verbessert datensatzspezifisch die Leistungsfähigkeit enorm. iii) Darüber hinaus ist der Ansatz unabhängig von mehr Trainingsdaten oder einer anderen Merkmals-Extraktion-Methode, da wir bewusst diese als generisches und austauschbares Modul ausgeführt haben.

Die Konsequenz dieser Arbeit ist, dass ein neuartiges Verfahren zur Verfügung steht, um Personen aus unterschiedlichen Ansichten zu beobachten und bei gegebenen Beobachtungen aus anderen Kameras, wiederzuerkennen. Hierbei werden bewusst Fischaugenverzeichnungen ausgenutzt.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 356 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. 847 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Dipl.-Ing. Jonas Bostelmann: Systematische Bündelausgleichung großer photogrammetrischer Blöcke einer Zeilenkamera am Beispiel der HRSC-Daten, 06.04.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Korreferenten: Prof. Jürgen Oberst, Technische Universität Berlin, Prof. Ingo Neumann.

In der Arbeit wird ein Verfahren zur photogrammetrischen Auswertung der Aufnahmen einer Zeilenkamera beschrieben. Es wurde zur systematischen Bündelausgleichung großer Blöcke, bestehend aus den Bildstreifen der High Resolution Stereo Camera, entwickelt. Die HRSC umkreist bereits seit Ende 2003 den Planeten Mars. Sie ist an Bord der europäischen Weltraummission Mars Express. Die Kamera wurde unter Berücksichtigung von photogrammetrischen Aspekten entwickelt und liefert stereoskopische Aufnahmen, aus denen sich dreidimensionale Daten ableiten lassen. Die spektralen Kanäle dieser Zeilenkamera zeichnen zusätzlich Farbinformation auf. Da sich benachbarte Streifen überlappen, ist es möglich, photogrammetrische Blöcke zu bilden und großflächige Mosaike zu erstellen. Diese bilden eine einzigartige Grundlage für die Kartierung der Marsoberfläche mit hoher geometrischer Auflösung und Konsistenz. Für eine präzise Passgenauigkeit der Streifen ist es notwendig, die Orientierungsdaten, welche Position und Ausrichtung der Kamera zum Zeitpunkt der Aufnahme beschreiben, in einer Bündelausgleichung zu rekonstruieren.

Die dafür notwendigen Methoden werden in dieser Arbeit in vier Abschnitten beschrieben und entsprechend in der Umsetzung in vier Module eingeteilt. Es handelt sich dabei um: 1) die Vorverarbeitung der Bilddaten, 2) die Bestimmung von Verknüpfungspunkten durch Bildzuordnung, 3) die Bündelausgleichung mit einem Geländemodell als Passinformation sowie 4) die Evaluierung der Orientierungsdaten. Um auch große Blöcke automatisch und systematisch verarbeiten zu können, wird das vorgestellte Verfahren in zwei Stufen unterteilt: In der ersten Stufe wird die äußere Orientierung jedes Streifens zunächst einzeln bestimmt. Um dabei auch hochfrequente Schwingungen, denen die Kamera zum Zeitpunkt der

Aufnahmen mitunter ausgesetzt ist, modellieren zu können, wird für die Bündelausgleichung das Konzept der Orientierungspunkte erweitert: Indem sich die Distanz zwischen den Orientierungspunkten an die örtliche, von der vorliegenden Bildinformation abhängige Verknüpfungspunktzahl anpasst, lässt sich die äußere Orientierung für eine deutlich größere Anzahl von Streifen rekonstruieren, als es bislang möglich war. In der zweiten Stufe werden die Orientierungsdaten aller Streifen eines Blocks in einer gemeinsamen Bündelausgleichung optimiert. Um die dafür notwendigen Verknüpfungspunkte zu bestimmen, wird der Block in Teilblöcke unterteilt. Dazu werden zwei neue Varianten vorgestellt und untersucht. Aufgrund der Heterogenität der Streifen und deren Anordnung sind die resultierenden Verknüpfungspunkte ungleichmäßig im Block verteilt und werden durch einen neu entwickelten Verknüpfungspunktfiler optimiert. Der gesamte Ablauf der Bündelausgleichung ist in beiden Stufen so konzipiert, dass sich große Datenmengen automatisch verarbeiten lassen. Einige dafür notwendige Stellgrößen werden im experimentellen Teil dieser Arbeit empirisch bestimmt. Dabei werden auch rechentechnische Aspekte berücksichtigt.

Für die Experimente stehen 4418 HRSC-Streifen zu Verfügung. Die Orientierungsdaten nach der Bündelausgleichung werden jeweils mit den nominellen Daten verglichen. So wird zunächst der Einfluss des neuen Ansatzes mit variabler Orientierungspunktdistanz systematisch untersucht. Anschließend wird gezeigt, dass sich die Genauigkeit der Daten bei 96,2% der Streifen durch die Bündelausgleichung steigert. Zur Validierung der zweiten Stufe des Verfahrens werden zunächst einzelne Blöcke unterschiedlicher Größe exemplarisch betrachtet. Daraufhin wird die Übertragbarkeit des Verfahrens auf andere Daten anhand von insgesamt 32 regionalen Blöcken bestätigt. Die jeweils resultierenden Orientierungsdaten werden ebenfalls systematisch evaluiert. Es wird dabei aufgezeigt, dass sich die Passgenauigkeit der Streifen für alle Blöcke deutlich steigert: Abweichungen, gemessen als Raumstrecke zwischen Objektpunkten in benachbarten Streifen, reduzieren sich im Durchschnitt von 142,9 m auf 55,3 m.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 365 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. 858 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Maximilian Coenen, M. Sc.: Probabilistic Pose Estimation and 3D Reconstruction of Vehicles from Stereo Images, 25.05.2020

Referent: apl. Prof. Franz Rottensteiner, Korreferenten: apl. Prof. Claus Brenner, Prof. Olaf Hellwich, TU Berlin.

Die Bestimmung der Pose und die 3D Rekonstruktion der Form von Objekten aus Bildinformation ist eine der zentralen Aufgaben der Photogrammetrie. Eine Rekonstruktion der Umgebung und bestimmter Objekte ist Voraussetzung für aktuell relevante Anwendungen, bspw. im Bereich der Robotik oder des autonomen Fahrens. Eine übliche Strategie, um mit dem schlecht konditionierten Problem der Bestimmung von 3D

Objekten aus 2D Bildern umzugehen, ist die Einführung von a priori Wissen über die Objekte in die Rekonstruktion. Hierzu wird ein 3D Modell des Objektes angenommen und so in die Daten eingepasst, dass es mit den Bildbeobachtungen übereinstimmt. Bestehende Repräsentationen von a priori Modellen sind jedoch unzulänglich und die Beobachtungen, die aus den Bildern abgeleitet werden, reichen nicht für eine verlässliche Zuordnung und Einpassung der Modelle aus. Das Ziel dieser Arbeit ist es, geeignete Beobachtungen aus den Bildern zu generieren und zu zeigen, wie die 3D Rekonstruktion von der Nutzung einer verbesserten Objektrepräsentation und einer gemeinsamen Berücksichtigung mehrerer Beobachtungstypen profitieren kann.

Vor diesem Hintergrund werden in dieser Arbeit vorrangig drei wissenschaftliche Beiträge präsentiert, die zum Ziel der Rekonstruktion von Fahrzeugen aus Stereobildern entwickelt wurden. Zum Einen wird ein neuartiges differenziertes Fahrzeugmodell vorgestellt, welches eine vorausgehende Prädiktion des Fahrzeugtyps nutzt, um eine bessere Repräsentation des beobachteten Fahrzeugs zu erhalten. Des Weiteren wird ein Convolutional Neural Network (CNN) präsentiert, welches genutzt wird, um semantische Beobachtungen, wie charakteristische Landmarken oder Kanten der Fahrzeuge, die sich als sehr nützlich für die Modelleinpassung erweisen, aus den Bildern abzuleiten. Das CNN wird außerdem dazu genutzt, um den Fahrzeugtyp sowie die Fahrzeugorientierung zu prädizieren, welche als a priori Wissen in die Modelleinpassung mit einfließen. Zuletzt wird ein umfassendes probabilistisches Modell für die 3D Rekonstruktion entwickelt, welches alle extrahierten Informationen berücksichtigt. Hierzu werden passende Parametrisierungen und Formulierungen der Likelihood-Funktionen sowie der a priori Terme vorgestellt. Ein auf stochastischem Sampling bestehendes Optimierungsverfahren wird für die Inferenz der nicht-konvexen und un stetigen Zielfunktion entwickelt.

Umfangreiche Experimente werden anhand von zwei anspruchsvollen Datensätzen durchgeführt um die Qualität sowie Stärken und Limitierungen des vorgestellten Verfahrens zu analysieren. Der Nutzen, der durch das vorgestellte Fahrzeugmodell sowie durch die einzelnen Komponenten des probabilistischen Modells erzielt wird, kann auf beiden Datensätzen nachgewiesen werden. Ein Vergleich der erzielten Ergebnisse zu verwandten Arbeiten bestätigt die Eignung des entwickelten Verfahrens für die Posenbestimmung und die Rekonstruktion von Fahrzeugen.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 362 erschienen und ebenfalls in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 857 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Alina Maas, M. Sc.: Klassifikation multitemporaler Fernerkundungsdaten unter Verwendung fehlerbehafteter topographischer Daten, 12.03.2020.

Referent: apl. Prof. Dr.-Ing. Franz Rottensteiner, Korreferent/-in: Prof. Stefan Hinz, Karlsruhe Institute of Technology, Prof. Monika Sester.

Aktuelle topographische Daten (im Folgenden Karten genannt) bilden die Grundlage für verschiedene Anwendungen, wie z.B. die Navigation, die Gefahrenanalyse oder auch die Stadt- und Verkehrsplanung. Eine Möglichkeit zur Aktualisierung veralteter Karten besteht in der Klassifikation aktueller Fernerkundungsbilder mit überwachten Methoden. Um der zeitaufwändigen und somit kostenintensiven manuellen Generierung von Trainingslabels zu entgehen, werden die Labels der Trainingsbeispiele aus der vorhandenen Karte extrahiert. Da die Karte in der Regel nicht mehr aktuell ist, sind einige Trainingslabels fehlerhaft. Der Klassifikator muss daher in der Lage sein mit diesen Fehlern im Training umzugehen, damit die Fehler keine negativen Einflüsse auf das Klassifikationsergebnis haben. In der Literatur werden die Fehler in den Labels der Trainingsdaten oft als *Label Noise* bezeichnet.

In dieser Arbeit wird ein multitemporaler Klassifikator zur Aktualisierung von veralteten Karten vorgestellt, der mit fehlerbehafteten Labels aus einer Karte umgehen kann. Hierfür wird der Random Forest Klassifikator so angepasst, dass gegenüber solchen Fehlern robust wird. Umgesetzt wird dies durch die Integration eines komplexen Fehlermodells in die Berechnung des Informationszuwachses, der dazu dient, beim Training in jedem Knoten eines jeden Baumes eine Entscheidungsgrenze auszuwählen. Der resultierende robuste Random Forest wird in einen auf dem Conditional Random Field (CRF) beruhenden iterativen Prozess integriert. Dieser Prozess berücksichtigt den räumlichen Kontext, die beobachteten Labels der veralteten Karte und die Tatsache, dass Trainingsbeispiele mit fehlerhaftem Label Segmente im Bildraum bilden. Für die gemeinsame Klassifikation von Daten mehrerer Zeitpunkte wird ein multitemporales CRF vorgestellt, welches zusätzlich zu den Labels der veralteten Karte und dem räumlichen Kontext auch temporalen Kontext berücksichtigt.

Das Verfahren wurde anhand von fünf verschiedenen Datensätzen getestet. Zwei Datensätze bestehen aus Fernerkundungsdaten mehrerer Zeitpunkte und realem Kartenmaterial. Die anderen drei Datensätze sind monotemporal und enthalten simulierte veraltete Karten. Für die Evaluierung werden manuell erstellte Referenzen verwendet. Die Ergebnisse der neu entwickelten Methode zeigen in den meisten Experimenten eine höhere Gesamtgenauigkeit als die Ergebnisse des klassischen Random Forest Klassifikators. Das Potenzial der multitemporalen Klassifikation wurde besonders bei den Experimenten mit den hochaufgelösten Datensatz deutlich.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 357 erschienen und ebenfalls in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 848 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Uyen D.-X. Nguyen, M. Sc.: 3D Pedestrian Tracking Using Neighbourhood Constraints, 29.05.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Korreferenten: Prof. Michael Y. Yang, University of Twente, Prof. Monika Sester.

Die auf visuellen Sensoren basierende Fußgängererkennung findet in vielen verschiedenen Bereichen Anwendung, einschließlich dem autonomen Fahren. Die Erkennung liefert dabei nicht nur die Position der Fußgänger, sondern auch deren Bewegung über die Zeit. Diese Informationen helfen Fahrzeugen und Robotern, ihre Umgebung zu erfassen und ermöglichen ihnen so, notwendige Reaktionen zu planen. Neben einer hohen Erkennungsrate ist die Wahrung der Konsistenz nachverfolgter Trajektorien während der Datenzuordnung eines der Hauptprobleme für jede Methode zur Fußgängererkennung.

Dem Tracking-by-Detection-Paradigma folgend wird in dieser Arbeit unter dem Namen 3DTLSR (3D-Fußgängererkennung mit lokaler Strukturverfeinerung) eine neue Methode vorgestellt, die darauf abzielt, Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Konsistenz von nachverfolgten Trajektorien zu verbessern. Die Arbeit beinhaltet dafür vier verschiedene Beiträge. Zunächst wird ein Framework vorgeschlagen, das sowohl 2D-Bild- als auch 3D-Objektrauminformationen kombiniert, um mehrere Fußgänger im 3D-Objektraum zu verfolgen. Dabei werden Erkennung, Erkennung und Vorhersage berücksichtigt und optimiert, um die Ergebnisse im Sinne von Vollständigkeit, Korrektheit und Zuverlässigkeit zu verbessern. Zweitens wird ein Ansatz zur hierarchischen Zuordnung eingeführt, um die Konsistenz von Trajektorien durch Verwendung von geometrischen Hinweisen zu verbessern. Dies erfolgt in zwei Schritten: (1) Ziele, deren Zuordnungen mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt sind, werden als Anker ausgewählt und (2) Vorkenntnisse hinsichtlich geometrischer Änderungen dieser Anker werden verwendet, um unzuverlässige Zuordnungen von Erkennungen zu benachbarten Trajektorien im 3D-Raum zu korrigieren. Darüber hinaus wird ein TCD-Ansatz (Tracking-to-Confirm-Detection) eingeführt, um dem Problem entgegenzuwirken, welches aus qualitativ schlechten Erkennungen resultiert. Damit kann sowohl die Vollständigkeit als auch die Korrektheit der Trajektorien während der Erkennung verbessert werden. Drittens wird ein einfacher Ansatz zur Schätzung und Korrektur der Geschwindigkeit einer nachverfolgten Person vorgeschlagen, welcher auf der Beziehung zwischen bewegten Zielen basiert und fehlende Erkennungen ausgleicht. Viertens werden Bildsequenzen von Fußgängern aus drei verschiedenen Perspektiven mit großem Überlappungsbereich erfasst und in Form des MuVi-Datensatzes vorgestellt. Dieser neue Datensatz kann zur Nachverfolgung auf Basis einer einzelnen oder mehrerer verschiedener Perspektiven verwendet werden und soll die wissenschaftliche Gemeinschaft bei theoretischer wie praktischer Forschung unterstützen.

Durch Experimente auf unterschiedlichen Datensätzen werden die Vor- und Nachteile der vorgeschlagenen Methodik und ihrer einzelnen Komponenten veranschaulicht. Experimentelle Ergebnisse auf dem bekannten KITTI-Tracking-Benchmark, dem ETHMS-Datensatz, sowie auf dem selbst erstellten Datensatz MuVi zeigen, dass der vorgeschlagene Ansatz dem Stand der Technik entspricht und das beste Online-Ergebnis aller untersuchten Methoden liefert. Auf dem ETHMSiv Datensatz erzielt für die meisten Tracking-Metriken mit großem Abstand die besten Ergebnisse. Diese Resultate bestätigen die Wirksamkeit und Allgemeingültigkeit der vorgeschlagenen Methodik zur Fußgängererkennung.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 358 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. 854 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Dipl.-Ing. Andreas Paul: Domänenadaption zur Klassifikation von Luftbildern, 13.03.2020

Referent: apl. Prof. Dr.-Ing. Franz Rottensteiner, Korreferenten: apl. Prof. Claus Brenner, Prof. Jörn Ostermann, Institut für Informationsverarbeitung, Leibniz Universität Hannover.

Flugzeuggestützte Sensorsysteme können innerhalb kurzer Zeit große Datenmengen an hoch aufgelösten Bildern erfassen. Die automatische Extraktion topographischer Objekte aus diesen Luftaufnahmen anhand eines Klassifikators ist ein wichtiges Thema in der Fernerkundung. Dabei werden bei überwachten Methoden die Primitive eines zu klassifizierenden Bildes auf Basis von Bildmerkmalen durch einen Klassifikator einer vordefinierten Objektklasse zugeordnet. Das Anlernen eines solchen Klassifikators erfordert jedoch eine ausreichende Menge an qualitativ hochwertigen Trainingsdaten, deren Generierung sehr kosten- und zeitaufwändig ist. Daher ist es von hoher wirtschaftlicher Relevanz, durch die Nutzung vorhandener Trainingsdaten aus früheren Projekten (Quelldomäne) den Klassifikator auf neue Szenen (Zieldomäne) zu übertragen, ohne neue Trainingsdaten für diese Szenen generieren zu müssen. Auf dem Gebiet des maschinellen Lernens widmen sich dieser Fragestellung die Techniken des Transferlernens, wie z.B. die Domänenadaption (DA).

Diese Arbeit stellt einen neuen Ansatz zur da für die Klassifikation von Luftbildern vor, der ein verbessertes Lernen in der Zieldomäne unter Verwendung vom Wissen aus der Quelldomäne erlaubt. Dabei liegen die gelabelten Trainingsdaten nur in der Quelldomäne vor. Somit besteht das übergeordnete Ziel darin, auf den kostspieligen Aufwand zum Labeling von Trainingsdaten dank der DA verzichten zu können. Vier wesentliche Beiträge werden in der vorliegenden Arbeit zur Umsetzung des Forschungsziels geleistet. Im ersten Beitrag wird ein Ansatz zur DA auf Basis eines diskriminativen probabilistischen Klassifikators, der Logistischen Regression, entwickelt. Der initiale Klassifikator wird zunächst an den gelabelten Trainingsdaten aus der Quelldomäne angelernt. Anschließend erfolgt eine iterative Anpassung des Klassifikators an die neue Verteilung der Daten in der Zieldomäne, indem der Klassifikator an einem hybriden Trainingsdatensatz neu trainiert wird. Dabei werden Instanzen (Trainingsbeispiele) der Quelldomäne entfernt und Instanzen aus der Zieldomäne, denen ein Semi-Label ausgehend vom aktuellen Zustand des Klassifikators zugewiesen wird, dem hybriden Trainingsdatensatz hinzugefügt. Da die Anpassung des Klassifikators durch sukzessive Veränderung des Trainingsdatensatzes erfolgt, erfordert dies geeignete Strategien für die Auswahl der Trainingsinstanzen aus der Quell- und Zieldomäne, die in jeder Iteration entfernt bzw. hinzugefügt werden. Die Entwicklung einer solchen auf den Klassifikator abgestimmten Strategie

stellt den zweiten Beitrag dieser Arbeit dar. Den dritten Beitrag bildet die Integration der Gewichte für Trainingsbeispiele in die Kostenfunktion der Logistischen Regression, die eine Gewichtung der Instanzen direkt beim Training des Klassifikators erlaubt. Dadurch werden zu starke abrupte Änderungen der Parameter des Klassifikators und somit der Entscheidungsgrenze vermieden. Falls die Verwendung von Quellwissen trotz aller Maßnahmen zu einer Verschlechterung des Lernens in der Zieldomäne führt, tritt ein sogenannter negativer Transfer (NT) auf. Die Entwicklung einer Strategie zur Prädiktion von NT stellt den vierten Beitrag dieser Arbeit dar.

Die Experimente anhand von fünf unterschiedlichen Testgebieten zeigen das Potential des neuen Ansatzes. Eine Auswertung ergibt, dass ein positiver Transfer zwischen verschiedenen Gebieten, deren Bilddaten sich in Bezug auf die Bebauungsstruktur der Städte, Aufnahmesensorik, Lichtverhältnisse, saisonale Effekte und Auflösung der Daten unterscheiden, möglich ist. Dabei wirken sich eine große Unähnlichkeit zwischen den Verteilungen der Daten aus beiden Domänen sowie eine starke Überlappung der Merkmalsausprägungen der einzelnen Klassen untereinander sowohl in Quell- als auch in der Zieldomäne negativ auf das Ergebnis der DA aus. Die Experimente zur Prädiktion von NT zeigen außerdem, dass es bis zu einem gewissen Grad möglich ist, Fälle von NT vorherzusagen. Dabei ist die Genauigkeit der Vorhersage auf Basis der vorgeschlagenen Strategie zur Prädiktion von NT gegenüber den alternativen Verfahren leicht im Vorteil.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 360 erschienen.

Jakob Unger, M. Sc.: Integrated Estimation of UAV Image Orientation with a Generalised Building Model, 12.06.2020

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Korreferenten: Prof. Markus Gerke, Technische Universität Braunschweig, Prof. Ingo Neumann, apl. Prof. Franz Rottensteiner.

Die Schätzung von Position und Lage einer Kamera, die in der Photogrammetrie als Bildorientierung bezeichnet wird, ist eine grundlegende Aufgabe, um Informationen darüber zu erhalten, wo sich eine Plattform in der Welt oder relativ zu Objekten befindet. Zunehmend führen unbemannte Luftfahrtsysteme (UAV) als Plattform zu neuen Anwendungen, die zum Teil geringe Flughöhen und spezifische Anforderungen wie geringes Gewicht und niedrige Kosten der Sensoren mit sich bringen. Für die Bildorientierung werden zusätzliche Informationen benötigt, um nicht nur relative Messungen, sondern auch Position und Lage in einem Weltkoordinatensystem bestimmen zu können. Angesichts dieser Anforderungen und insbesondere für Flüge zwischen Hindernissen in städtischen Gebieten sind die klassisch verwendeten Informationen von Navigationssatelliten- (GNSS) und Inertialmesssystemen (IMU) oder auch speziell markierten Passpunkten (GCP) oft nicht verfügbar oder ungenau.

Die hier behandelte Idee ist daher, die Bildorientierung von UAVs auf der Grundlage eines bestehenden generalisierten Gebäudemodells zu

verbessern. Solche Modelle sind in zunehmendem Maße verfügbar und bieten eine Möglichkeit, ungenaue oder nicht verfügbare GNSS-Kamerapositionen und Drifteffekte der Bildorientierung zu kompensieren. Bei UAV-Befliegungen in Straßenschluchten sind die geometrische Genauigkeit und der Detaillierungsgrad solcher Modelle im Vergleich zur hohen Genauigkeit und hohen geometrischen Auflösung der Bildmessungen typischerweise gering. Obwohl das Modell also aufgrund seiner Generalisierung von der beobachteten Szene abweicht, sollen Beziehungen der photogrammetrischen Messungen zum Gebäudemodell gefunden und in der Bildorientierung verwendet werden.

Es werden drei Ansätze zur Zuordnung von Verknüpfungspunkten zu Modellebenen im Objektraum sowie eine hybride Bündelausgleichung zur Bildorientierung mit Hilfe eines generalisierten Gebäudemodells, die global oder fensterbasiert abläuft, vorgestellt. Die Zuordnungen führen zu fiktiven Beobachtungen für den Abstand von Verknüpfungspunkten zu Modellebenen und werden während der Iterationen der Bündelausgleichung verfeinert. Experimente mit einer zwischen Gebäuden aufgenommenen Bildsequenz zeigen eine Verbesserung der Bildorientierung vom Meterbereich rein mit GNSS-Messungen in den Dezimeterbereich bei Verwendung des generalisierten Gebäudemodells mit der einfachsten Zuordnungsmethode auf Basis von Punkt-zu-Ebene-Distanzen. Eine Verbesserung der Punkt-zu-Ebene-Zuordnungen durch die Suche von Ebenen in der Punktwolke wird nicht beobachtet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die entwickelte Methode die UAV-Bildorientierung mit Hilfe eines generalisierten Gebäudemodells erfolgreich verbessert.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 361 erschienen.

MITBERICHTE

Nader H. Aldeeb, M.Sc.: Analyzing and improving image-based 3D surface reconstruction challenged by weak texture or low illumination, Fakultät IV – Elektrotechnik und Informatik, Technische Universität Berlin, Korreferent: apl. Prof. Franz Rottensteiner.

Ann-Katrin Becker, M.Sc.: Registration of historic and modern images in urban rephotography, Universität Osnabrück, 26.06.2020, Korreferent: Prof. Christian Heipke.

Oussama Ennafii, M.Sc.: Semantics aware quality evaluation of 3D building models: a scalable approach, École Doctorale Mathématiques et STIC, Université Paris-Est, Frankreich, Korreferent: apl. Franz Rottensteiner.

Junhua Kang, M.Sc.: End-to-End Dense Stereo Matching based on Full Convolutional Neural network, Wuhan University, 26.11.2020, Korreferent: apl. Christian Heipke.

Dr. Tania Landes: Contribution à la segmentation et à la modélisation 3D du milieu urbain à partir de nuages de points, Université de Strasbourg, Habilitation, 01.12.2020, Korreferent: Prof. Christian Heipke.

ORGANISATION VON WORKSHOPS UND SYMPOSIEN

INSTITUT FÜR KARTOGRAFIE UND GEOINFORMATIK

Philipp Otto: Organisation Statistische Woche 2020 Dresden: Virtueller Hauptvortrag von Jorge Mateu zu "Complex Spatial and Spatio-Temporal Point Process Dependencies", zum Schwerpunktthema "Modeling Spatio-Temporal Data"

MESSEN UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

BERICHT DER KOMMISSION FÜR ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Kommission für Öffentlichkeitsarbeit der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik wurde am 8. Mai 2001 gebildet. Seither arbeitet die Kommission daran, den Studiengang Geodäsie und Geoinformatik öffentlich bekannter zu machen und die Zahl der Studienanfänger/Innen zu erhöhen.

Die Kommission setzte sich 2020 aus folgenden Mitgliedern zusammen:

- Frederic Hake (Vorsitz, GIH)
- Philipp Trusheim (IPI)
- Oskar Wage (ikg)
- Yannick Breva (IfE)
- Anne Ponick (Fachschaft)
- Joel Erfkamp (Fachschaft)
- Peer Pfortemüller (Fachschaft)
- Tanja Grönefeld (Studiendekanat)
- Eva Mentzel (Fakultät)
- Thomas Steinborn (Fakultät)
- Jürgen Ruffer (Förderergesellschaft)

Bei den Veranstaltungen wurde die Kommission von wie üblich vielen Kolleginnen und Kollegen, Studierenden sowie Professorinnen und Professoren unterstützt. Für das Engagement sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Ein besonderer Dank geht auch an die Förderergesellschaft, die die Arbeit der Kommission finanziell und auch wieder beratend unterstützt hat.

Dank großer Flexibilität von Seiten helfender Personen und der Zentralen Studienberatung, konnte trotz der besonderen Situation ein Großteil der üblichen Veranstaltungen angepasst und zumindest online durchgeführt werden. Somit konnte auch dieses Jahr das vielfältige Angebot der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik vielen Schülerinnen und Schülern vorgestellt werden:

Niedersachsentchnikum	20. Januar
Winteruni (online)	03. Februar
St. Ursula (Berufsorientierung)	05. Februar
Bismarckschule (Klimatag)	04. März
Gauß-AG+ (SchülerInnen Kleinprojekt)	Mai - März
Sommeruni (online)	21. Juli
Hochschulinformationstage LUH (online)	14./15. September
Schülerpraktikum (remote am ikg)	26. Oktober - 06. November
BIG B4NG Challenge (Aufgabenblock zu Navigation)	November

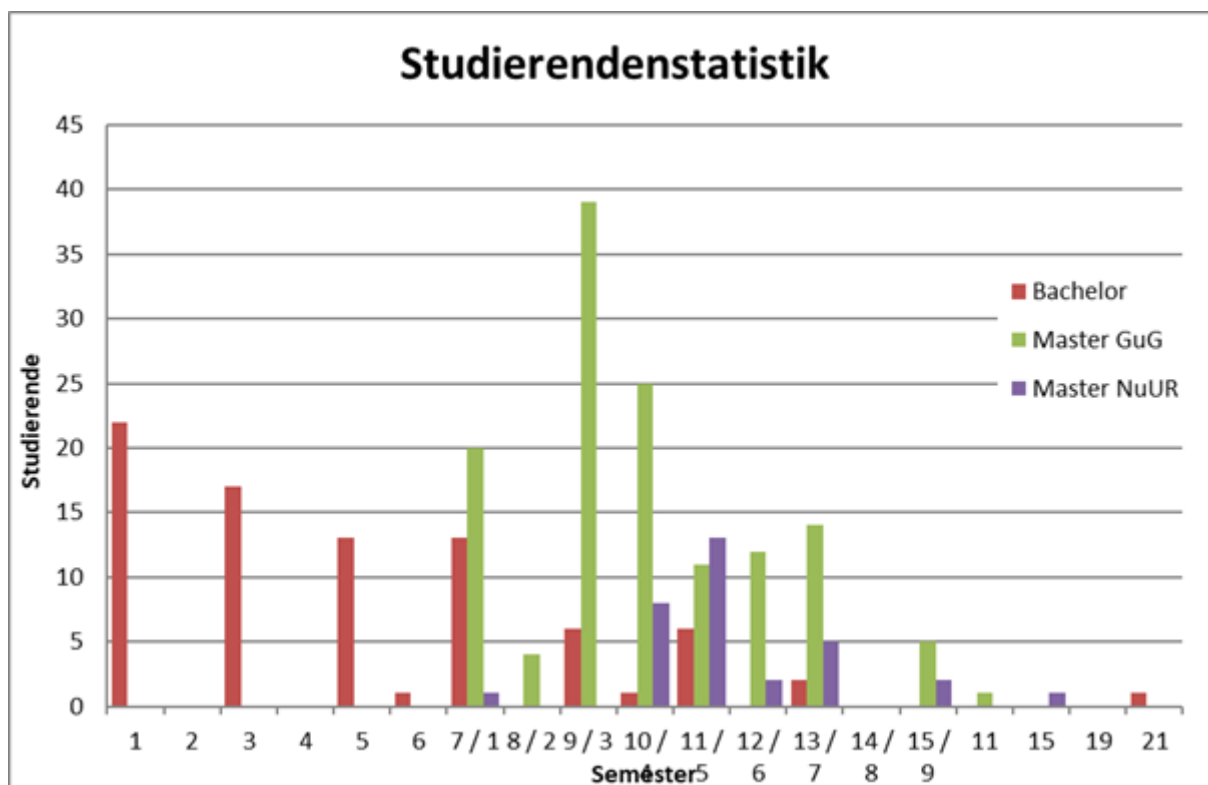
AUS DEM LEHRBETRIEB

BERICHT DES STUDIENDEKANATS

Frau Dr. Nadja Pierau hat im September 2020 die Elternzeitvertretung von Frau Ilka Schwabe, geb. Westendorff, M. A. übernommen. Zusammen mit Frau Dipl.-Ing. Tanja Grönefeld teilt sie sich die Studiengangskoordination.

STUDIERENDENSTATISTIK WS 2020/21

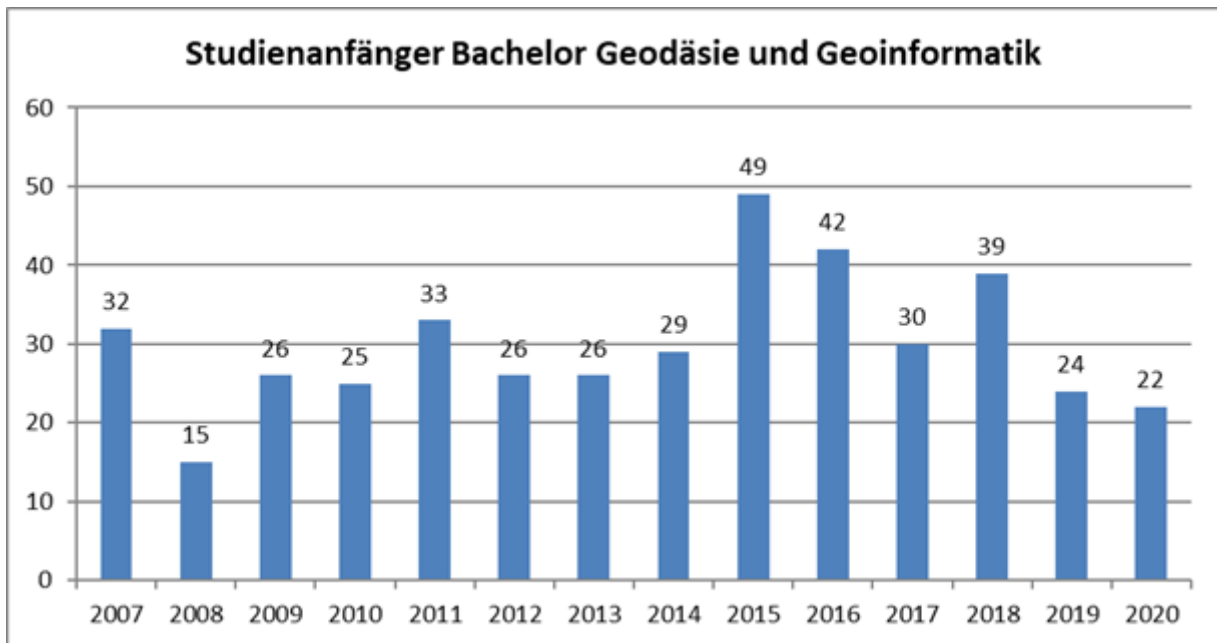
Im Wintersemester 2020/21 sind in den Studiengängen der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik 245 Studierende eingeschrieben. Im Bachelorstudium Geodäsie und Geoinformatik sind davon 82 immatrikuliert, im Masterstudium Geodäsie und Geoinformatik 131 Studierende. Im Masterstudiengang Navigation und Umweltrobotik befinden sich 32 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 32 % im Bachelorstudiengang und circa 26 % im Masterstudiengang GuG ist der Anteil der Studentinnen für Ingenieurstudiengänge weiterhin sehr gut.

Zum Wintersemester 2020/21 haben 22 Studierende das Bachelorstudium aufgenommen. Die genaue Entwicklung ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen. Im zweiten Studienjahr sind 17 Studierende eingeschrieben, in das dritte Studienjahr sind 13 Studierende gewechselt. In höheren Semestern befinden sich 29 Studierende.

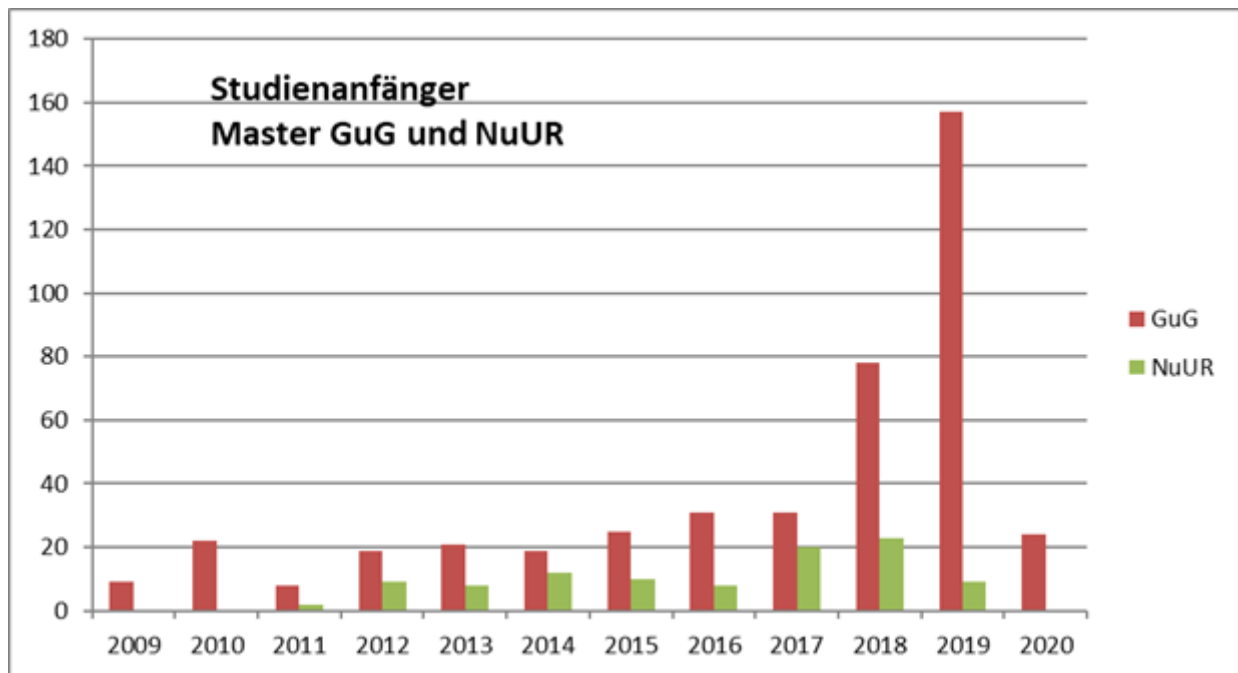


STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG BACHELOR GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2007 - 2020

Im gleichen Zeitraum haben im Master Geodäsie und Geoinformatik 24 Studierende das Studium aufgenommen, von denen rund die Hälfte ihren Bachelorabschluss an einer ausländischen Universität abgelegt haben. Das zeigt weiterhin das große Interesse an englischsprachigen Studienangeboten im Bereich der Geodäsie und Geoinformatik. Mittlerweile hat sich die Zulassung zum Sommersemester im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik etabliert. Auf Grund der weltweiten Pandemie sind die internationalen Bewerbungen und Studienanfänger im Jahr 2020 leider zurück gegangen.

Zurzeit befinden sich noch 32 Studierende im auslaufenden Masterstudiengang Navigation und Umweltrobotik, der 2022 endet. Es ist derzeit geplant ab WS 2021/22 den Bereich der Navigation und Umweltrobotik als Vertiefungsrichtung des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformatik zu integrieren. Zur Umsetzung und zur Neugestaltung wird es im nächsten Berichtsheft detailliertere Informationen geben.

Die Entwicklung der Studienanfängerzahlen in den beiden Masterstudiengängen ist der nachfolgenden Grafik zu entnehmen.



STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG MASTER GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK UND NAVIGATION UND UMWELTROBOTIK VON 2009 - 2020

Es ist auch weiterhin das Ziel, mehr Studierende in den Studiengängen der Fachrichtung aufzunehmen. Dazu werden wie gewohnt die verschiedenen Werbeaktionen der PR-Kommission weitergeführt, die sich im Abschnitt "Bericht der Kommission für Öffentlichkeitsarbeit" wiederfinden.

ABSOLVENTENFEIER DER FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN UND GEODÄSIE

Aufgrund der Corona-Pandemie konnte die traditionelle Absolventenfeier der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, organisiert durch das Institut für Risiko und Zuverlässigkeit, nicht wie gewohnt im Januar stattfinden.

Die Statistiken liegen jedoch vor:

Im Jahr 2020 erreichten 242 Absolventen aus dem Bauingenieurwesen und 48 Absolventen aus der Geodäsie ihren Abschluss.

Vor 25 Jahren machten insgesamt 159 Studierende ihren Abschluss, davon 28 Geodäten. Vor 50 Jahren waren es 198 Absolventen, davon 36 Geodäten.

Die Anzahl der Promotionen/Habilitationen in den drei geladenen Absolventenjahrgängen lauten: 2020: 35/1, 1995: 24/3, 1970: 22/5.

Trotz der fehlenden Feier gibt es in der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik eine Auszeichnung der besten Absolventen in den Studiengängen des Jahrganges.

Im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik wird dieses Jahr Frau Anat Schaper, B. Sc., für den besten Bachelorabschluss geehrt. Frau Vanessa Koppmann, M. Sc., erhält einen Buchpreis für den besten Masterabschluss. Die Ehrungen und Buchpreise werden durch die Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik im Nachgang verliehen.



ABSOLVENTEN

Im Kalenderjahr 2020 haben insgesamt 16 Studierende erfolgreich ihr Bachelorstudium beendet. Im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik gab es ebenfalls 16 Absolventen, im Masterstudiengang Navigation und Umweltrobotik waren es 17 Absolventen. Sie sind in der folgenden Auflistung zu finden:

BACHELOR

Berkel	Jana	Kohlrautz	Lukas
Boie	Finn Lukas	Lachmann	Klarissa Emma
Böllert	Jan Ole	Pilz	Yannik
Fischer	Friderike	Said Ahmad	Basil
Heiken	Max Leonard	Schaper	Anat
Herwig	Antonia	Schimansky	Tim Peter Jörg
Kaminski	Timo	Talle	Nils
Kindervater	Leon	Wittkugel	Freya

MASTER GuG

Al-khrisha	Samaa Fathi Fai.	Koppmann	Vanessa
Canizares	Carolina	Li	Yao
Dierks	Dietlinde	Monni	Angelo
Faust	Hannes	Nagel	Christopher
Handirk	Rebekka	Piter	Andreas
Hartmann	Jan Moritz	Rothert	Johannes Karsten
Khami	Arman	Serhan	Sabrien
Kirty	Chama	Xie	Wenjun

MASTER NuUR

Axmann	Jeldrik	Song	Ming
Diekmann	Nico	Song	Yang
Eberding	Leonard	Töpfer-Isense	Karola Tabea
Huang	Yi	Yin	Mengwei
Krömer	Patrick	Yuan	Yunshuang
Kulemann	Dennis	Yue	Liangwei
Langer	Amadeus	Wedding	Nicolai Ben
Lenz	Maximilian	Zhu	Chen
Shebotnov	Sergiy		

Im Jahr 2020 sind 12 Promotionen abgeschlossen worden. Darunter waren drei Promovierende in diesem Jahr weiblich.

Informationen zum Bachelor- und Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik sowie zum Masterstudium 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 STUDIERENDE IN DER FACHRICHTUNG

Zusammensetzung der Studierendenschaft im Master nach Kontinenten:

1.Semester Master GuG



2.Semester Master GuG



3.Semester Master GuG



4.Semester Master GuG



5.Semester Master GuG



6.Semester Master GuG



Ausländische Austauschstudierende in der Fachrichtung

Gujrathi	Aishwarya	WS 19/20, Indian Institute of Technology Bombay, Indien
Bayasli	Burcu	WS 20/21, Yildiz Teknik Universitesi, Türkei
Lotfi	Faraz	WS 20/21, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Mohammadi	Reza	WS 20/21, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Teimouri	Maryam	WS 20/21, K.N. Toosi University of Technology, Iran

Auslandsaufenthalte von Studierenden der Fachrichtung

Bergen	Christian	SoSe 2020, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spanien
Baasch	Kai	SoSe 2020, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spanien
Fletling	Nina	WS 19/20, Aalto University Espoo, Finnland
Mußgnug	Dennis	WS 19/20, University of New Brunswick, Kanada

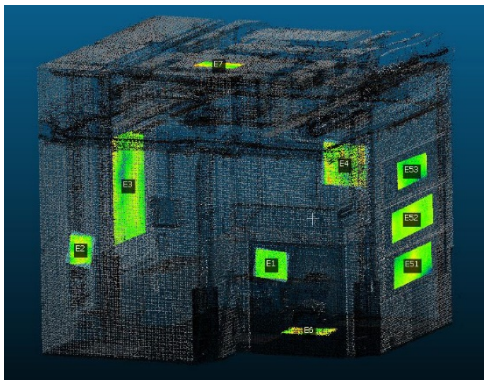
MASTER - UND BACHELORARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

BACHELORARBEITEN

ENTWICKLUNG EINER REFERENZ- UND SIMULATIONSUMGEBUNG FÜR DIE QUALITÄTSANALYSE VON LOW-COST LASERSCANNERN (JAN OLE BÖLLERT, BETREUER: FRANZISKA ALTEMEIER, INGO NEUMANN)

Moderne Autos nutzen vielfältige Sensoren zur Umgebungserfassung. So kommen u.a. low-cost Laserscanner zum Einsatz, die Punktwolken mit vergleichsweise geringer Punktdichte und Qualität generieren. Gerade beim Einsatz dieser kostengünstigen Laserscanner sind Maßnahmen zur Qualitätssicherung erforderlich, um die Einhaltung vorgegebener Genauigkeitsanforderungen an die Punktwolke und daraus abgeleiteter Produkte nachweisen zu können. Die Qualitätsbeurteilung kann im Rahmen einer Rückwärtsmodellierung durch den Vergleich der erzeugten Punktwolke mit Referenzinformationen erfolgen.



REFERENZ-3D-PUNKTWOLKE DES HITEC-LABORS MIT MODELLIERTEN EBENEN.

Das Ziel der Bachelorarbeit bestand in der Entwicklung einer geeigneten Referenzumgebung. Dazu wurde im Hannover Institute of Technology (HITec)-Labor der Leibniz Universität Hannover eine Referenz-3D-Punktwolke generiert und für die Qualitätsanalyse von (low-cost) Laserscannern aufbereitet. Zur Erfassung der Referenzdaten kam ein Laserscanner Zoller + Fröhlich (Z+F) IMAGER 5016 zum Einsatz.

Darüber hinaus wurde das HITec-Labor mit einem Velodyne VLP-16 als exemplarischer low-cost Sensor gescannt. Der Vergleich von in den beiden Datensätzen geschätzten Ebenen liefert einen um

den Faktor 10 kleineren RMSE für die Referenzpunktwolke und bestätigt deren Eignung für die Qualitätsanalyse des gewählten low-cost Laserscanners.

BILDKLASSIFIKATION MIT KÜNSTLICHEN NEURONALEN NETZEN ZUR SCHADENSERKENNUNG AM BEISPIEL VON HAFENSTRUKTUREN (MARVIN SCHERFF, BETREUER: FREDERIC HAKE, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

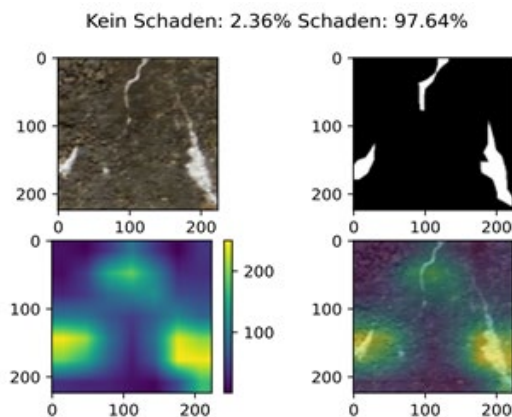
Die alternde Infrastruktur der See- und Binnenhäfen in Deutschland und der demografische Wandel erfordern neue Sichtweisen, Technologien und Methoden bei der Vorbereitung und Durchführung des Lifecycle-Managements. Die bisher personal- und zeitintensiven Arbeitsprozesse müssen durch neue automatisierte Mess- und Analyseprozesse ersetzt werden, um transparent und ressourceneffizient sowie betriebssicher handeln zu können.

Ziel dieser Arbeit war es, eine geeignete Methode zur Erkennung von oberflächlichen Schäden wie Aussinterungen und Salzausblühungen zu entwickeln. Die betrachteten Ansätze basieren allesamt auf faltenden neuronalen Netzen bzw. CNNs, wodurch sie in den Bereich des Machine Learnings fallen.

Somit können Zusammenhänge zwischen den Eingangsbildern und einer Klasse oder einem segmentierten Bereich nicht mehr nur auf Grundlage eines Algorithmus' mit festen Regeln gefunden werden, sondern die Netze können nach manuell vorgefertigten Labelbildern antrainiert werden.

Für die Detektionen der Schäden wurden die folgenden Ansätze trainiert:

- Klassifikation: Transfer Learning mit dem VGG-16 Netz und nachgeschaltetem Grad-CAM Algorithmus
- Klassifikation: Zum Autoencoder umgebautes VGG-16 Netz, die Bildrepräsentation (Ausgabe des Latent spaces bzw. Encoders) wurde nach Kerndichtschätzung durch die Wahl eines optimalen Grenzwertes in die zwei Klassen unterschieden
- Klassifikation & Segmentierung: Texturbasiertes Verfahren nach [Racki et al., 2018], welches in zwei Schritten trainiert wird und Anomalien auf strukturellen Oberflächen erkennt



BEISPIEL EINER SCHADENSERKENNUNG. OBEN LINKS DAS EINGANGSBILD UND OBEN RECHTS DAS ERGEBNIS DER SEGMENTIERUNG

UNTERSUCHUNG DER (POSITIVEN) WIRKUNG EINER GEFÖRDERTEN DORFENTWICKLUNG AM BEISPIEL DER GEMEINDE VARREL (SG KIRCHDORF, LK DIEPHOLZ) (FRIDERIKE FISCHER, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Im Rahmen dieser Arbeit wird untersucht, inwieweit sich eine geförderte Dorfentwicklung auf das zugehörige Untersuchungsgebiet auswirkt. Hierzu wird ein geeignetes Bewertungssystem aus der Literatur erarbeitet und angewandt. Dies wird im Anschluss durch die Befragung der Mitglieder des Gemeinderates im Untersuchungsgebiet validiert. Zudem werden die durchgeführten Maßnahmen im Rahmen der Dorfentwicklung und die Realisierung der Ziele der Dorfentwicklungsplanung im Untersuchungsgebiet vorgestellt.

Als Bewertungssystem zur Beurteilung der Dorfentwicklung wird eine Nutzwertanalyse gewählt. Diesbezüglich werden siebzehn Bewertungskriterien mit jeweiligen Zielgewichten in den Kategorien bezüglich der Umsetzung, der allgemeinen Kriterien, der Versorgung und Infrastruktur sowie der Wirtschaft entwickelt, wobei jede Kategorie an sich ebenfalls mit einem Zielgewicht versehen ist. Außerdem wird eine fünfstellige Bewertungsskala entwickelt.

Das erarbeitete Bewertungssystem wird für ausgewählte Maßnahmen in den Themenbereichen Verkehr sowie Natur und Landschaft angewandt. Darüber hinaus werden die Themenbereiche Verkehr, Versorgung und Dienstleistungen sowie Freizeit und Erholung insgesamt bewertet.

DER DEUTSCHE HYPO REECOX ZUR BESCHREIBUNG DER (BUNDESWEITEN) KONJUNKTURELLEN ENTWICKLUNG DES GRUNDSTÜCKS- UND IMMOBILIENMARKTES (LEON KINDERVATER, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

In der Bundesrepublik Deutschland werden gem. § 192 Abs. 1 BauGB wertermittlungsrelevante Daten zur Ermittlung von Grundstückswerten - u.A. Indexreihen zur Preisentwicklung gem. § 11 ImmoWertV - von den für ein bestimmtes Gebiet zuständigen Gutachterausschuss für Grundstückswerte ermittelt und i.d.R. jährlich veröffentlicht. Diese Auswertungen basieren gem. § 195 Abs. 1 BauGB auf der Kaufpreissammlung.

Neben diesen amtlichen Marktinformationen existiert eine Vielzahl an Indizes aus der Wirtschaft wie z.B. der Deutsche Hypo Real Estate Economy Index (REECOX), der monatlich bundesweit von der bulwiengesa AG seit Januar 2008 berechnet wird.

In den REECOX fließen keine Kauffälle, sondern aktuelle wirtschaftliche und Zinsvariablen mit ein und richtet sich an Akteure auf dem gewerblichen Immobilieninvestmentmarkt. Hierbei stellt sich die Forschungsfrage, ob der REECOX als Zusatzinformation zu den Indexreihen der Gutachterausschüsse auf dem Wohnimmobilienmarkt geeignet ist.

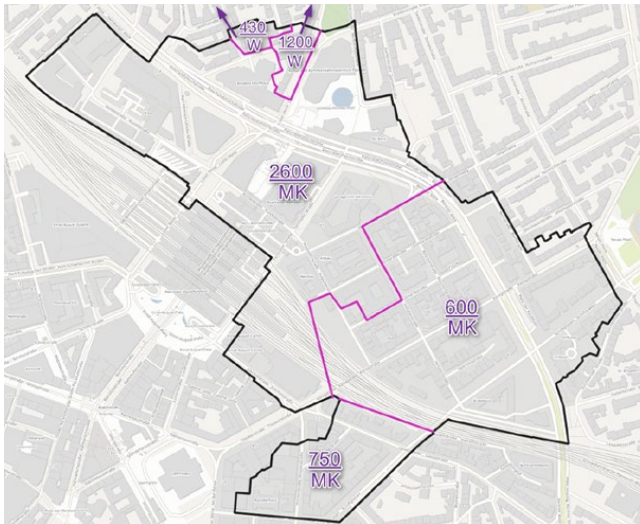
Dazu wird der REECOX mit geeigneten (Boden-) Preisindexreihen auf bundesweiter, niedersachsenweiter und regionaler (Region Hannover) Ebene in zwei Auswertansätzen im Zeitraum Juli 2008 bis Juli 2016 verglichen.

UNTERSUCHUNG DER BODENRICHTWERTZONE 5010 (RASCHPLATZ/KÖNIGSTRASSE, HANNOVER) HINSICHTLICH ZUSCHNITT UND BODENRICHTWERT (NILS TALLE, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Die Arbeit knüpft direkt an das Projektseminar-Ergebnis 2018/2019 an. Die Neuzonierung aufgrund der Art und des Maßes der baulichen Nutzung sowie des Einbeziehens von Mieten liefert eine zufriedenstellende neue Aufteilung der Bodenrichtwertzone 5010.

Es werden drei neue eigene Bodenrichtwertzonen gegründet sowie zwei Teilbereiche mit schon existierenden Bodenrichtwertzonen verschmolzen. Die drei neuen Zonen werden in das Lagewertverfahren mit Zielbaumethodik für die südliche Innenstadt von Hannover mit eingegliedert. Der Fokus des Lagewertverfahrens auf das Investmentpotential und Geschäftsmieten erweist sich als schlüssig und liefert angemessene Lagerelationen in der Innenstadt.

Mit den übernommenen Kalibrierungswerten des Projektseminars werden Bodenrichtwerte für das Jahr 2018 für die neuen Bodenrichtwertzonen bestimmt, die Zone Raschplatz mit 2.600 €/m², die Zone Königstraße mit 600 €/m² und die Zone Lavesstraße mit 750 €/m².



ERGEBNISSE FÜR DIE BRW-ZONE 5010

Eine Plausibilisierung mit dem Mietlageverfahren war nur für den Raschplatz erfolgreich. Eine Plausibilisierung mit den wenigen Kauffällen von unbebauten Grundstücken in den Zonen lieferte bessere Ergebnisse.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Lagewertverfahren brauchbare Ergebnisse liefert und eine gute Alternative zu dem Mietlageverfahren in der Innenstadt ist. Ein großer Vorteil ist auch, dass das Verfahren auch außerhalb der Top-Lagen in den Innenstädten gut funktioniert. Beachtet werden sollte aber die sehr aufwändige Datenbeschaffung, die als Grundlage des Lagewertverfahrens dient. Trotzdem können mit dem Lagewertverfahren mit der Zielbaumethodik brauchbare Bodenrichtwerte für die kaufpreisarmen Lagen in Innenstädte bestimmt werden, eine Anwendung für andere Städte ist möglich.

EINFLUSS VON WINDKRAFTANLAGEN AUF LANDWIRTSCHAFTLICHE BODENPREISE IN NIEDERSACHSEN (SARAH WEBER, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

In dieser Arbeit werden die Einflüsse von Windenergieanlagen auf landwirtschaftliche Bodenpreise in Niedersachsen untersucht. Dies geschieht mittels Kauffalldaten aus der Kaufpreissammlung vom Gutachterausschuss für Grundstückswerte Hameln-Hannover.

Die Bestimmung des Einflusses erfolgt für ausgewählte räumliche Teilmärkte innerhalb der Region Hannover.

Mittels einer multiplen linearen Regressionsanalyse können keine signifikanten Ergebnisse bestimmt werden. Daher werden die Kauffälle miteinander verglichen, welche außerhalb und innerhalb von Windparks liegen.

Die Ergebnisse unterscheiden sich für die zu untersuchenden Regionen. Jedoch kann für einige Regionen ein Anstieg der Bodenpreise von Grundstücken nahe Windenergieanlagen festgestellt werden. Die maximale ermittelte Steigerung des Bodenpreises gegenüber der Preise für Grundstücke außerhalb von Windparks beträgt knapp 70%.

DIE ANALYSE VON LANDNUTZUNGEN UND -BEDECKUNGEN MITTELS LANDSCHAFTSMAßE ZUR ABGRENZUNG VON LÄNDLICHEN UND STÄDTISCHEN RÄUMEN IN NORDRHEIN-WESTFALEN UND THÜRINGEN (SARAH TSCHÖKE, BETREUER: MARKUS SCHAFFERT, WINRICH VOß)

Indikatoren-Sets zur Stadt- und Land-Definition bzw. -Abgrenzung, wie sie amtliche Stellen (bspw. das Thünen-Institut und das BBSR) verwenden, sind so konzipiert, dass sie sich durch verfügbare Daten der amtlichen statistischen Stellen Deutschlands berechnen lassen. Bei der Entwicklung dieser Indikatoren-Sets spielte die zunehmende Verfügbarkeit von amtlichen Geobasisdaten im Zuge von open-data-Strategien noch keine Rolle. Sie arbeiten entsprechend ohne Beachtung von Informationen, die sich aus geometrischen Eigenschaften von Landschaftselementen oder von Flurstücksformen ableiten lassen.

Gleichzeitig bestehen charakteristische Unterschiede bei der Landnutzung / -bedeckung in ländlichen einerseits und in städtischen Räumen andererseits. Entsprechend müssten sich –zumindest prinzipielle und grundsätzliche– Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Räumen auch aus geometrischen Informationen auf Basis von Geodaten ermitteln lassen.

Diese These überprüft die Bachelor-Arbeit am Beispiel von Thüringen und Nordrhein-Westfalen und damit eines alten und eines neuen Bundeslandes mit unterschiedlichen raumstrukturellen Gegebenheiten. Die geometrischen Informationen werden mittels Landschaftsmaßen (engl. landscape metrics) ermittelt, statistisch gefasst und im Kontext von etablierten Raumtypisierungen diskutiert.

MASTERARBEITEN

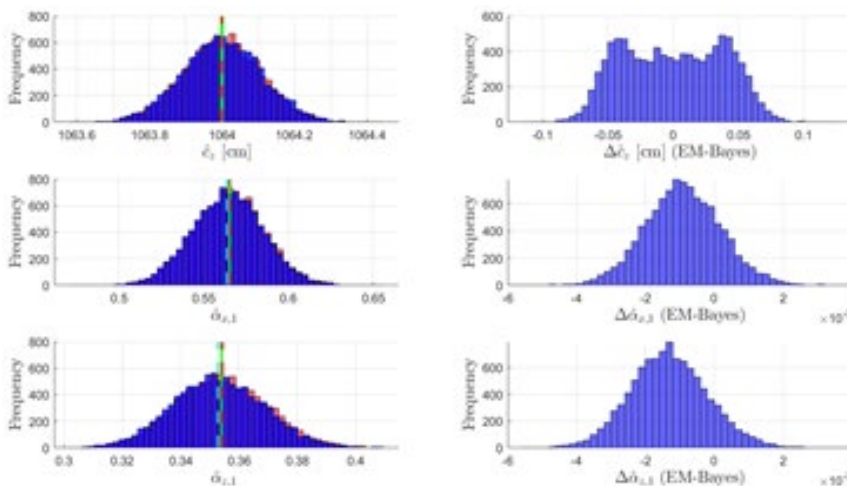
BAYESSCHES ROBUSTES MULTIVARIATES ZEITREIHENMODELL MIT AUTOREGRESSIVEN UND STUDENT T-VERTEILTEN ABWEICHUNGEN (SAMAA FATHI AL-KHRISHA, BETREUER: ALEXANDER DORNDORF, HAMZA ALKHATIB)

Die Schätzung von raum-zeitlichen Modellparametern und deren stochastischen Informationen aus Messungen von räumlichen Daten ist eine wichtige Aufgabe in der Geodäsie. Ein typisches Beispiel hierfür sind GNSS-Messdaten. Diese können als multivariate Zeitreihen modelliert werden, die aus einem deterministischen ("funktionalen") Modell zur Beschreibung des Trends und einem stochastischen Modell zur Beschreibung des korrelierten Messrauschens besteht. Zusätzlich können die Zeitreihen von GNSS-Messungen mit Ausreißern kontaminiert sein. Außerdem können die stochastischen Eigenschaften der 3D-Koordinaten mit den x-, y- und z-Komponenten sehr stark variieren. Das funktionale Modell ist in der Regel nichtlinear hinsichtlich der Trendparameter. Um mit diesen Eigenschaften umzugehen, wurde in einem aktuellen Forschungsvorhaben (vgl. Kapitel Forschungsarbeiten am GIH: Bayessche adaptive robuste Ausgleichung ...) ein Zeitreihenmodell vorgeschlagen, das aus einer additiven Kombination eines multivariaten, nichtlinearen Regressionsmodells mit mehreren univariaten stationären autoregressiven (AR) Prozessen besteht. Das weiße Messrauschen der Komponenten wurde als unabhängig betrachtet und mit einer univariaten skalierten t-Verteilung modelliert. Die Parameter dieses Modells wurden über eine

Maximum-Likelihood-Schätzung mittels eines Generalized Expectation-Maximization (GEM) Algorithmus geschätzt.

Das Ziel dieser Masterarbeit war es, das oben genannte Modell um Vorwissen bezüglich verschiedener Modellparameter zu erweitern. Hierfür musste ein auf Bayesscher Statistik basierender Algorithmus entwickelt werden, der eine robuste und zuverlässige Schätzung der funktionalen Parameter, der Koeffizienten des AR-Prozesses und der Formparameter der t-Verteilung liefert. Die resultierende a-posterior-Dichte wurde mittels Markov-Chain-Monte-Carlo Verfahren (MCMC) approximiert.

Anschließend wurden zur Evaluierung des MCMC-Algorithmus mehrerer Sensitivitätsanalysen mit unterschiedlichen funktionalen und stochastischen Modellen durchgeführt. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zeigen, dass der MCMC-Algorithmus die unbekannt Parameter und ihre stochastischen Eigenschaften zuverlässig schätzen kann.



SENSITIVITÄTSANALYSE MIT 10.000 SIMULATIONEN. LINKE SEITE: DIE GRÜN-GESTRICHELTE VERTIKALE LINIE IST DER WAHRE WERT DER SIMULATION. ROTES HISTOGRAMM: ERGEBNIS DES MCMC-ALGORITHMUS. BLAUES HISTOGRAMM: ERGEBNIS DES GEM-ALGORITHMUS. DIE DAZUGEHÖRIGEN GESTRICHELTEN LINIEN STELLEN DIE MITTELWERTE DER HISTOGRAMME DAR. RECHTE SEITE: DIFFERENZ ZWISCHEN DEN HISTOGRAMMEN DES MCMC- UND GEM-ALGORITHMUS.

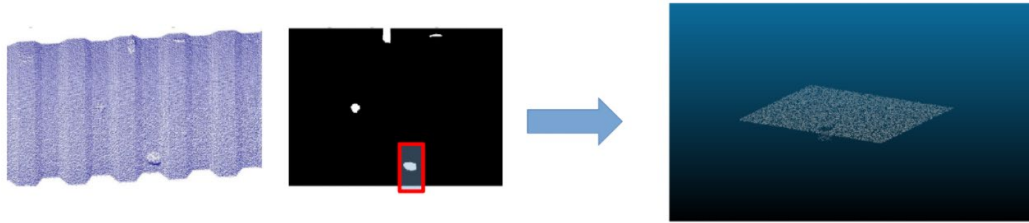
SCHADENSERKENNUNG MIT MACHINE-LEARNING-ALGORITHMEN AM BEISPIEL VON HAFENSTRUKTUREN (HANNES FAUST, BETREUER: FREDERIC HAKE, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

Die alternde Infrastruktur der See- und Binnenhäfen in Deutschland und der demografische Wandel erfordern neue Sichtweisen, Technologien und Methoden bei der Vorbereitung und Durchführung des Lifecycle-Managements. Die bisher personal- und zeitintensiven Arbeitsprozesse müssen durch neue automatisierte Mess- und Analyseprozesse ersetzt werden, um transparent und ressourceneffizient sowie betriebssicher handeln zu können.

Das Ziel der Masterarbeit besteht in der Entwicklung eines Workflows zur Schadenserkennung und -klassifizierung mit Algorithmen des Machine-Learning. Hierzu müssen im ersten Schritt geeignete Trainingsdaten erzeugt werden. Dabei werden Punktwolken auf Basis von grundlegenden Geometrien erzeugt und mit verschiedenen Arten und Stärken von Rauschen kombiniert.

Für die Klassifizierung der Schäden wurden drei verschiedene Netzwerkarchitekturen getestet und mit einander verglichen. Die Netzwerke 3DmFV und PointNet++ haben dabei überzeugende Ergebnisse geliefert. Auffällig ist, dass beide Netzwerke sehr gut mit verschiedenen Rauscharten

umgehen können. Jedoch verschlechtern sich die Ergebnisse sichtbar, sobald das Rauschen die Größe der Schäden erreicht.



SIMULIERTE PUNKTWOLKE MIT ERKANNTEN SCHADENSBEREICHEN

QUALITÄTSBEURTEILUNG VON AUTOMATISIERTE AUS ZEITREIHEN ABGELEITETEN KONVERGENZMODELLEN (CHRISTOPHER NAGEL, BETREUER: FOCKE JARECKI, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

Besonders bei Großbauwerken, bei denen Personen während des laufenden Herstellungsprozesses bereits Zutritt zum Projekt haben oder für Arbeiten am Bauwerk vor Ort sein müssen gilt es, das Bauwerk zu überwachen und somit sowohl sicherheitstechnische Aspekte zu erfüllen, als auch Deformationen erkennen zu können. Ein Ergebnis eines solchen Geomonitorings kann beispielsweise eine Zeitreihe sein, die mittels geodätischer Messinstrumente Konvergenzen zwischen zwei Objektpunkten darstellt.

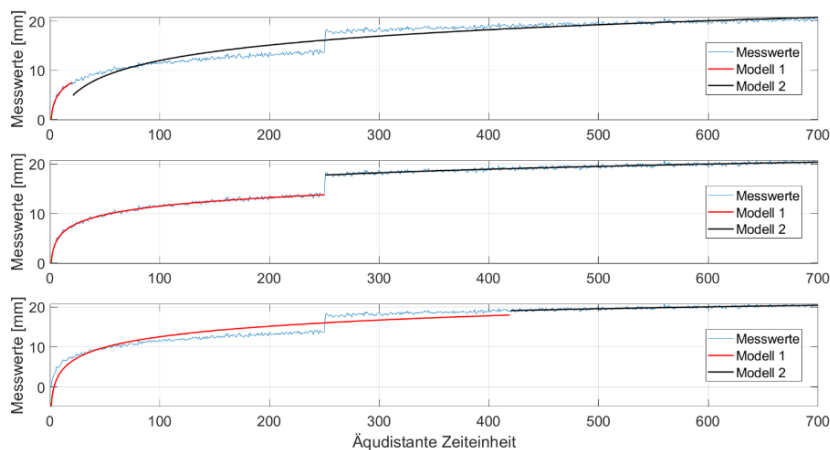
Innerhalb solcher Zeitreihen kann es zu Phänomenen wie Ausreißen oder Sprüngen kommen. Die Ursachen solcher Phänomene sind vielfältig. Eine Erklärung lässt sich in einer veränderten Netzkonfiguration zwischen zwei Messepochen finden. Dies kann entstehen, wenn ein Datumspunkt durch eine Sichtbehinderung nicht anzielbar ist. Die Problematik liegt nun darin, dass die direkt gemessenen Messgrößen zwar korrekt sind, sich für die abgeleitete Größe, wie eine Koordinate, nach der Netzausgleichung eine deutliche Differenz zur vorigen Messepoche zeigt. Die gemessenen Größen sind nicht fehlerhaft, weshalb ein Sprung detektiert und anschließend durch einen Offset korrigiert werden kann.

In der Zeitreihenanalyse und Modellschätzung gilt es, eine Zeitreihe von Sprüngen und Ausreißen zu befreien, um weitere Untersuchungen korrekt durchführen zu können. Daher liegt der Fokus dieser Masterarbeit auf der Detektion von Sprüngen in einer Zeitreihe, zumal für diese Problematik bisher relativ wenig Forschung betrieben wurde. Im Vergleich dazu existiert für die Ausreißerdetektion, zum Beispiel mit dem Ansatz nach W. Baarda (1968), bereits seit vielen Jahren eine etablierte Vorgehensweise. Um die Problematik der Sprungdetektion näher zu beschreiben, wurde indem in dieser Arbeit ein kleiner Überblick über bestehende Ansätze der Sprungdetektion gegeben.

Letztendlich werden verschiedene Algorithmen konfiguriert und anhand von generierten und realen Daten wird ihre Funktionsfähigkeit getestet. Mittels generierter Daten lassen sich Phänomene, wie Sprünge, gezielt in die Zeitreihe einbauen. Mit bekannten Sprungstellen kann eine Aussage über die Richtigkeit der Algorithmen getroffen werden. Durch die mehrmalige Wiederholung der Datengenerierung und Anwendung der Algorithmen kann eine Teststatistik erstellt und ein aussagekräftiges Ergebnis präsentiert werden. Nachdem die Funktionsfähigkeit der Algorithmen bei generierten

Daten bestätigt werden kann, können die Algorithmen auf reale Daten angewandt werden.

Die Algorithmen basieren auf verschiedenen theoretischen Grundlagen aus der Ausgleichsrechnung und Geodäsie. Somit findet der oben genannte Ausreißertest nach Baarda, das Kalman-Filter, die Parameterschätzung nach der Methode kleinste Quadrate und verschiedene Hypothesentest Anwendung. Das Zusammenspiel zwischen einer Parameterschätzung und eines Hypothesentests kann in Abbildung 1 betrachtet werden. Dort werden aus den vorhandenen Beobachtungen zwei logarithmische Modelle geschätzt und mittels eines Hypothesentests der Restriktionen wird eine Aussage zu deren Widerspruch getroffen. Die Vorgehensweise ist durch die drei Grafiken in Abbildung 1 dargestellt. Die Anzahl von Beobachtungen pro Modell ist flexibel, wodurch iterativ eine Beobachtung dem ersten Modell hinzugefügt und dem zweiten Modell entnommen wird.



GENERIERTE DATEN MIT PARAMETERSCHÄTZUNG

ESTIMATION OF SURFACES FROM TLS POINT CLOUDS WITH T-SPLINES REFINEMENT (JAN HARTMANN, BETREUUNG: GAËL KERMARREC, INGO NEUMANN)

Modelling the point clouds mathematically with a free form surface allows to reduce the millions of points recorded by a Terrestrial Laser Scanner to just a few parameters. These latter can be estimated per least-squares adjustment for an improved processing and analysis of the point clouds. Exemplarily, a prediction of the surface at every possible position is possible, for a more reliable deformation analysis based on mathematically defined distance.

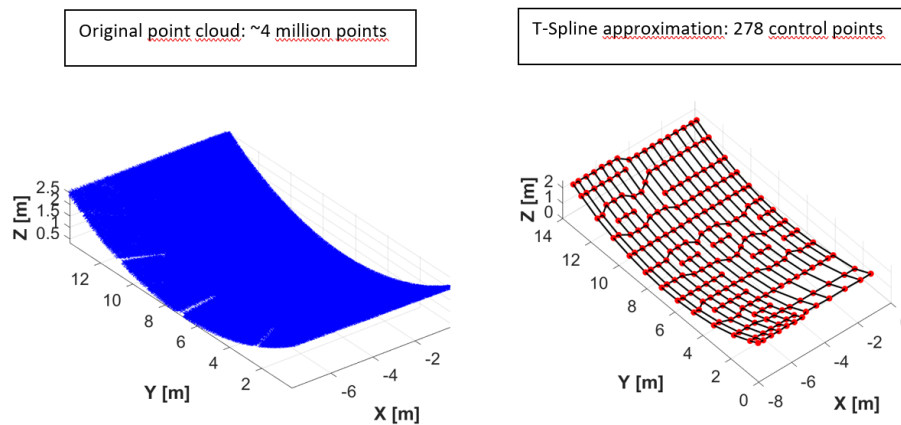
In this master thesis, a powerful and computational efficient alternative to the widely used NURBS was investigated: T-splines surface approximation. This method:

- reduces grandly the computational load as a local refinement is performed, i.e. less parameters have to be estimated,
- avoids at the same time the risky noise fitting.

We have implemented an algorithm to approximate surfaces using T-Splines with the refinement approach proposed by Morgenstern and

Petersheim [2015]. Information criteria and cross validation strategies have shown that T-splines are more efficient to approximate a noisy surface than other refinement approaches such as hierarchical or truncated B-splines.

We further analyzed how the threshold, which determines when a local refinement has to be performed affect the goodness of the approximation. An innovative method, based on the curvature of the surface, was investigated to set up a point-wise threshold with the aim to minimize the number of control points inserted after each iteration. We used both simulated and real data to show the superiority of T-splines approximation with respect to the NURBS approach.



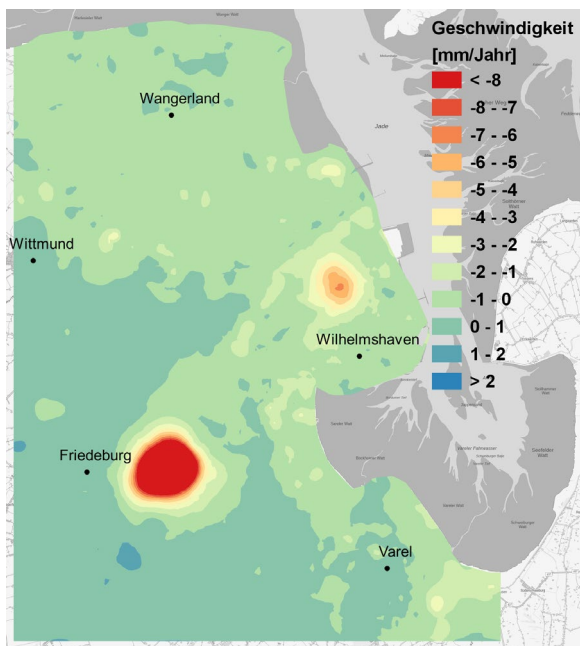
ADVANTAGES OF T-SPLINES HIERARCHICAL REFINEMENT OVER STANDARD GLOBAL APPROACHES OR PROCESSING WITHOUT MATHEMATICAL APPROXIMATION: LOCAL APPROXIMATION ALLOWS TO REDUCE THE POINT CLOUDS TO A FEW PARAMETERS TO ESTIMATE, WITHOUT OVERFITTING

ERWEITERUNG DER RAUM-ZEITLICHEN ANALYSEN VON INSAR-DATEN ZUR GETRENNTEN ABLEITUNG VON BODENBEWEGUNGEN IN VERTIKALER UND HORIZONTALER RICHTUNG (VANESSA KOPPMANN, BETREUER: MARCO BROCKMEYER, HAMZA ALKHATIB, CORD-HINRICH JAHN, INGO NEUMANN)

Deformationen der Erdoberfläche führen zu Veränderungen in den Festpunktfeldern des Landesbezugssystems. Um die Aktualität des integrierten geodätischen Raumbezugs im Land Niedersachsen sicherzustellen, können die beeinflussten Gebiete anhand satellitengestützter Radardaten erkannt und die betroffenen Festpunkte bedarfsorientiert überprüft werden. Ziel dieser Arbeit ist es, die PSI (Persistent Scatterer Interferometrie)-Daten sowohl zeitlich, als auch räumlich zu analysieren und Bodenbewegungen in vertikaler und horizontaler Richtung abzuleiten.

Im Rahmen einer zeitlichen Analyse werden grobe Ausreißer aus den PSI-Zeitreihen entfernt, bevor diese modelliert werden. Der funktionale Zusammenhang setzt sich individuell aus einem polynomialen Trend und einer Schwingung zusammen. Die sorgfältige Wahl des Modells ermöglicht eine effektive Selektion von PSI-Punkten mit einem zu hohen Messrauschen. Die aus den Zeitreihen abgeleiteten Geschwindigkeiten werden in einer räumlichen Analyse, unter Berücksichtigung der Nachbarschaft, auf weitere Ausreißer überprüft.

Die bestimmten Geschwindigkeiten beziehen sich auf die Blickrichtung des Sensors. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse nach räumlicher Strukturanalyse mit anschließender flächenhafter Approximation mittels Ordinary Kriging nur schwer zu interpretieren. Die Projektion auf die Zenitrichtung, unter Vernachlässigung von Horizontalbewegungen, zeigt große systematische Abweichungen. Durch Hinzunahme weiterer, linear unabhängiger Datensätze, kann zusätzlich zur Up-Komponente auch die Geschwindigkeit in East-Richtung bestimmt werden. Dadurch lassen sich die Systematiken weitestgehend entfernen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lagebewegungen, in Abhängigkeit von der Größenordnung der Up-Geschwindigkeiten, ein größeres Einflussgebiet haben, als die in Zenitrichtung.



Der Vergleich mit Bewegungsinformationen aus nivellierten Höhen, tachymetrisch bestimmten Positionen und GNSS-Zeitreihen bestätigt die radarinterferometrisch aufgedeckten Strukturen. Darüber hinaus lässt sich eine Korrelation zwischen den Bodenbewegungen und den Bodenarten feststellen. Aus der Analyse zweier Datensätze, die einen unterschiedlichen Zeitraum abdecken, wird ersichtlich, dass besonders in den Bodenbewegungsgebieten eine jährliche Prozessierung der Daten sinnvoll ist. Die Auswertung eines zweiten Gebietes bestätigt die gewonnenen Erkenntnisse.

FLÄCHENHAFTER APPROXIMATION DER BODENBEWEGUNG

DATENFUSION-KONZEPTENTWICKLUNG ZUR FUSION VON WERTERMITTLUNGSRELEVANTEN DATEN (JOHANNES ROTHERT, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Wie diese Thesis aufgezeigt hat, sind viele wertermittlungsrelevante Daten im Internet vorhanden. Jedoch sind diese Daten nicht einheitlich formatiert, nicht unbedingt zentral abgelegt und die Kategorisierung auf den Portalen ist nur bedingt hilfreich.

Alles in allem ist die Datenbereitstellung sehr heterogen und es herrscht Bedarf an europäischen und nationalen Standards zur Datenbereitstellung. Dabei könnten sich Behörden und Ministerien ein Beispiel an Open Street Map nehmen. Auf der OSM-Plattform werden alle Daten einheitlich gespeichert und das für die ganze Welt. Des Weiteren sind viele Datensätze nur kostenpflichtig verfügbar und auch dies ist nicht deutschlandweit, sondern heterogen dezentral bis auf kommunaler Ebene geregelt.

Die Modellierung und Strukturierung von Geodaten ist in der Gegenwart aufgrund der vorhandenen Möglichkeiten und Standards eine lösbare Aufgabe geworden. Diese Aufgabe könnte von einer weiteren Vereinheitlichung der Datenbereitstellung profitieren und damit weitestgehend automatisiert werden. Der komplexeste Punkt bei der Nutzung von Daten zur Wertermittlung ist die Bestimmung des Nutzwertes. Es ist der einzige Punkt, der nur unter großem Aufwand von Computern übernommen werden kann. In diesem Bereich sind auch heute noch Gutachter und Sachverständige unerlässlich.

Die Datenfusion kann Gutachter und Sachverständige bei ihrer Arbeit unterstützen und zur Vollständigkeit der vorhandenen Daten beitragen, jedoch ist eine Zusammenführung der einzelnen Daten zum Beispiel zu Kategorie-Ergebnissen nur für einzelne Objekte möglich, weil die Gewichtung und die Anzahl der relevanten Daten variieren kann. Diese Aufgabe sollte daher den Gutachtern überlassen werden.

Die Künstliche Intelligenz ist in der heutigen Zeit eine wichtige Technologie, kann aber aufgrund ihrer Eigenschaften nur begrenzt mit den Ergebnissen dieser Thesis interagieren. Insgesamt kann Künstliche Intelligenz zur Wertermittlung beitragen, jedoch nur als Hilfe für den Gutachter und zumindest vorerst nicht als Ersatz.

BACHELORARBEITEN

RINEX MONITORING MIT G-NUT/ANUBIS ZUR EFFIZIENTEN ABLEITUNG VON MULTI-GNSS QUALITÄTSPARAMETERN (FINN BOIE, BETREUER: TOBIAS KERSTEN, CORD-HINRICH JAHN (LGLN), STEFFEN SCHÖN)

Für eine erfolgreiche Auswertung und eine reibungslose Weiterverarbeitung der Multi-GNSS Daten ist eine ausführliche Qualitätsanalyse der Beobachtungsdaten erforderlich. Insbesondere bei großen Projekten, wie der im Jahr 2021 anstehenden, deutschlandweiten GNSS-Kampagne zur Erneuerung und Aktualisierung der geodätischen Grundnetzpunkte ist eine intensive Voranalyse und konsistente Qualitätskontrolle der GNSS-Daten unverzichtbar. In der Kampagne ist das Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) in seiner Rolle als zentrale Rechenstelle für die Qualitätsanalyse zuständig. Die Bewerkstelligung dieser Aufgabe erfordert eine effiziente Methode zur Ableitung und Analyse aussagekräftiger Qualitätsparameter aus den GNSS-Beobachtungsdaten.

Das Ziel der zwischen IfE und LGLN koordinierten Arbeit war es, der Rechenstelle am LGLN Instrumente und Konzepte zu entwickeln, die eine effiziente Bereitstellung wichtiger Qualitätsmerkmale für die Nutzer ermöglichen.

Für die Ableitung der Qualitätsmerkmale aus den Beobachtungsdaten wurde dabei auf die am Geodetic Observatory Pecny (GOP) entwickelte Open-Source Software G-Nut/Anubis zurückgegriffen, die durch sinnvolle Skripte ergänzt wurden. Ein weitgehend automatisierter Ablauf konnte dadurch ermöglicht werden.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS SAPOS RTK-MONITORING MIT DER ABLEITUNG VON QUALITÄTSPARAMETERN (LUKAS KOHLRAUTZ, BETREUER: TOBIAS KERSTEN, CORD-HINRICH JAHN (LGLN), STEFFEN SCHÖN)

Mit dem Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) werden Nutzern Korrekturdaten zur Echtzeitpositionierung mit dem Hochpräzisen Echtzeit Positionierungs-Service (HEPS) bereitgestellt. Die Qualität des HEPS wird bundesweit durch Monitoringstationen überwacht, von denen das Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) drei Stationen zur internen Überwachung und Qualitätssicherung betreibt.

Ziel dieser Arbeit soll es daher sein, den Datenbestand der vergangenen Jahre zu analysieren und darin enthaltene Auffälligkeiten zu interpretieren. Dabei wird besonders auf Zusammenhänge und Unterschiede der verschiedenen Stationen eingegangen, um z.B. lokale Abhängigkeiten festzustellen.

In den Daten dieser Stationen konnten systematische Effekte beobachtet werden. So ist die Verteilung der ermittelten Position im Sommer etwas schlechter als im Winter. Es treten zwar periodische Einflüsse im Stundenbereich auf, diese werden jedoch von einem zufälligen Rauschen überlagert, welche stärker als die detektierbare Systematik ist. Es lassen sich jedoch nur schwer allgemeine Werte aus dem Monitoring ableiten, da

offensichtlich ein großer Einfluss in den unterschiedlichen verwendeten Kombinationen von Empfängern und Antennenausrüstungen besteht.

GNSS IM WALD (JANA BERKEL, BETREUER: JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

Die Qualität und Genauigkeit einer Positionslösung mittels GNSS hängt neben dem eingesetzten Equipment maßgeblich von der jeweiligen Stationsumgebung ab. Aufgrund der geringen Sendeleistung der Satelliten ist eine direkte Sichtverbindung zwischen Satellit und Empfänger erforderlich, da die Signale von umliegenden Objekten wie hohen Gebäuden oder Bäumen beeinflusst werden. Somit ist gerade in bewaldeten Gebieten eine Beeinträchtigung dieser Sichtverbindung zu erwarten.

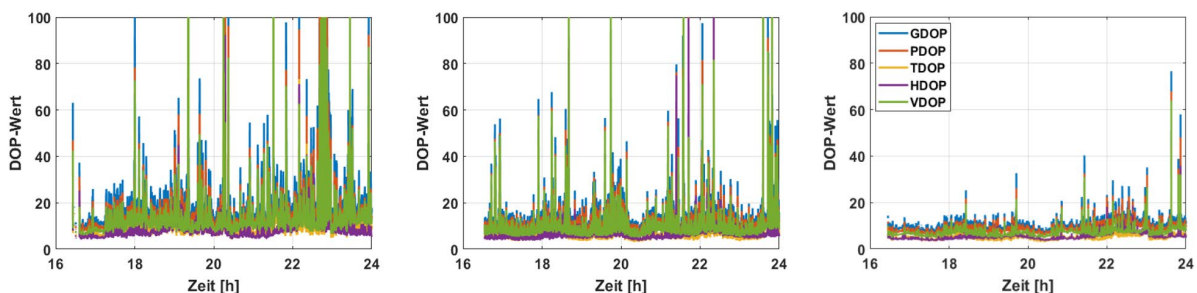


MESSAUFBAU ZUR UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES VON BELAUBUNG AUF DEN GNSS SIGNALEMPFANG.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, inwiefern sich Belaubung im Wald auf den Empfang von GNSS-Signalen und somit auch auf die berechnete Position auswirken. Hierzu wurden die Ergebnisse zweier Stationsumgebungen, zum einen eine bewaldete Umgebung und zum anderen eine Umgebung mit möglichst wenig Sichtbehinderungen, miteinander verglichen.

Neben einer geodätischen Empfängereinheit wurde ein hochsensitiver U-blox-Empfänger und ein ebenfalls hochsensitives Smartphone (Xiaomi Mi8) verwendet. Zur Analyse der Ergebnisse ist insbesondere die Güte der Positionslösung durch einen Single Point Positioning (SPP) Algorithmus untersucht worden. Außerdem wurde die Frage gestellt, inwiefern mit dem Smartphone vergleichbare Ergebnisse zu den anderen GNSS-Ausrüstungen zu erzielen sind.

Im Verlauf der Untersuchung wurde ersichtlich, dass die Ergebnisse der geodätischen Empfängereinheit deutlich besser sind als die des Smartphones. Wird jedoch die technische Auslegung der Empfängereinheit bei der Beurteilung berücksichtigt, sind auch die Ergebnisse des Smartphones besonders in bewaldeter Stationsumgebung vielversprechend.



DOP WERTE IN BELAUBTER STATIONSUMGEBUNG FÜR DEN GEODÄTISCHEN EMPFÄNGER (LINKS), DAS SMARTPHONE SOWIE DEN UBLOX-EMPFÄNGER (LINKS). DER HOCHSENSITIVE UBLOX EMPFÄNGER EMPFÄNGT DIE MEISTEN SATELLITENSIGNALE, WAS ZUR BESTEN GEOMETRIE UND SOMIT ZUM GERINGSTEM DOP-WERT FÜHRT.

SIMULATIONSSTUDIE ZU EINEM DRAG-FREE-SYSTEM FÜR ZUKÜNFTIGE SCHWEREFELDMISSIONEN (KLARISSA EMMA LACHMANN, BETREUER: ANNIKE KNABE, JÜRGEN MÜLLER)

Zukünftige Schwerefeldmissionen sollen hinsichtlich räumlicher und zeitlicher Auflösung sowie Genauigkeit optimiert werden. Aufgrund der Abschwächung des Signals mit zunehmender Höhe, ist die Orbithöhe der Satelliten einer Schwerefeldmission vergleichsweise niedrig. Dadurch wirken auf den Satelliten verstärkt nicht-gravitativ Störkräfte. Das Drag-Free-System kompensiert diese Störbeschleunigungen und verhindert ein Absinken der Flughöhe. Damit dieses System analysiert und bewertet werden kann, werden Simulationen mit Hilfe der High Performance Satellite Dynamics Simulator (HPS) Toolbox durchgeführt. Dabei werden neben den entstehenden Anforderungen an das Drag-Free-System auch die Effekte bezüglich der Bestimmung des Schwerefeldes beachtet. Die Szenarien unterscheiden sich jeweils in den Einstellungen der Orbitparameter und Rauschmodellen sowie Schubbereiche des Ionentriebwerks. Eine stabilere Messung, vor allem in den niederen Frequenzen, wird zusätzlich durch die Verwendung eines Hybrid-Gradiometers gewonnen. Die Verbesserung der räumlichen Abdeckung wird außerdem über eine möglichst geringe Abweichung der Inklination von 90 erreicht. Diese Einstellungen stehen im Kontrast zu den momentan technischen Möglichkeiten des Drag-Free-Systems. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an dieses System. Ein weiterer limitierender Faktor ist der Zusammenhang von Gewicht, Treibstoffverbrauch und Kosten der Mission.

MESSEN VON SCHWEREÄNDERUNGEN, LUFTDRUCKEFFEKT UND ERDGEZEITEN IN HANNOVER MIT DEM GRAVIMETER LCR-D14 (ANTONIA HERWIG, BETREUER: LUDGER TIMMEN, JÜRGEN MÜLLER)

Die Genauigkeit einer Schwerebestimmung ist nicht nur von der instrumentellen Messgenauigkeit abhängig, sondern auch von der Genauigkeit der anzubringenden Schwerereduktionen, wozu neben den Gezeiten auch der variierende Effekt der atmosphärischen Luftdruckmassen modelliert wird. Es wurde eine Registrierung über drei Monate hinweg durchgeführt, woraus zwei Abschnitte des gezeiten- und driftreduzierten Schweresignals über 20 Tage näher untersucht wurden. Die berechneten Luftdruckreduktionskoeffizienten deuteten einen starken instrumentellen Luftdruckeffekt an. Nach einer Untersuchung des Gravimeters in einem Unterdruckbehälter wurde deutlich, dass das Gravimeter einen sehr großen instrumentellen Luftdruckeffekt ausweist. Die Sensorbox des verwendeten Relativgravimeters ist undicht. Da eine Reparatur des Gravimeters nicht möglich ist, empfiehlt es sich, das Instrument nur noch für Messungen mit geringer Genauigkeitsanforderung zu verwenden, z.B. zur Geoidbestimmung.

UNTERSUCHUNGEN ZUR GENAUIGKEIT DES LACOSTE-ROMBERG GRAVIMETERS G-1015 (WERONIKA SZCZEPANIEC, BETREUER: LUDGER TIMMEN, JÜRGEN MÜLLER)

In dieser Arbeit wurde die Genauigkeit einer Schwerebestimmung mit dem Instrument LCR G-1015 untersucht. Die Wiederholbarkeit des Instruments ausgehend von den Untersuchungen zur Drift ist nur teilweise zufriedenstellend. Die Driffaktoren weisen zum Teil signifikante Sprünge auf. Dies hat Einfluss auf die Präzision einer Schweredifferenzmessung. Die Mechanik sowie die Dichtungen sollten in naher Zukunft kontrolliert werden. Beispielsweise gelang während der ersten Messungen und auch später die Entarretierung nur schwerfällig, da das Instrument in den vergangenen Jahren selten genutzt wurde. Anhand der erzielten relativen Genauigkeiten eignet sich das G-1015 vermutlich nur noch zu Untersuchungen im Rahmen von studentischen Übungen, bei denen der Lernerfolg und die praktische Anwendung im Vordergrund stehen, sowie evtl. zur Beobachtung von statischen Zuständen. Die Beobachtung von geodynamischen Prozessen sollte höchstens in Kombination mit zusätzlichen relativ und absolut genaueren Gravimetern erfolgen.

MASTERARBEITEN

MODELLIERUNG EINES QUANTENSENSORS FÜR NAVIGATIONSANWENDUNGEN (NICOLAI WEDDIG, BETREUER: BENJAMIN TENNSTEDT, STEFFEN SCHÖN)

Um die Drift der Navigationslösung einer klassischen Inertialmesseinheit zu kompensieren, wird oft auf ein absolut messendes System wie GNSS zurückgegriffen. Diese Option führt jedoch zum Verlust der Autonomie, und ist in einigen Bereichen wie der Unterwassernavigation, im Weltraum, in Tunneln und teilweise auch im innerstädtischen Bereich nicht dauerhaft gewährleistet.

Eine Option zur Wahrung der Autonomie stellen Quantensensoren dar, bei denen bereits in statischen Messungen der Gravitation und Erddrehrate hervorragende Genauigkeit und Langzeitstabilität festgestellt wurden. Durch aktuelle Forschung ist bereits absehbar, dass diese Sensoren durch geeignete Auswertemethoden ebenfalls Einzug in die Navigation für bestimmte Anwendungsfälle halten werden. Da die enorme Sensitivität der Sensoren gleichzeitig mit einem eingeschränkten Messbereich einhergeht, sind jedoch noch einige technische Probleme zu überwinden um die Sensoren anwendungsspezifisch einsetzen zu können.

Ziel dieser Arbeit war es, einige mögliche Anwendungsfälle auszuloten und die Performance eines solchen Sensors anhand konkreter Beispiele simulativ festzustellen. Dabei konnte eine zuvor bestehende Instanz eines Quantensensors für die Navigation auf einer Ebene erfolgreich für den dreidimensionalen Fall erweitert werden.

Weiterhin wurden einige realitätsnahe Szenarien wie die Navigation eines Zuges und eines Autos simuliert, und die Performance der Navigationslösung evaluiert. In beiden Szenarien konnten die Genauigkeit der berechneten Positionen und Geschwindigkeiten mit Hilfe des Quantensensors verbessert werden.

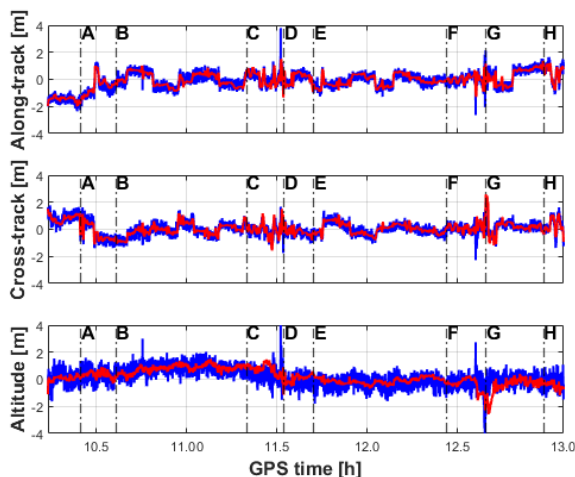
IMPLEMENTIERUNG UND ANALYSE EINES LINEARISIERTEN KALMAN-FILTERS ZUR FLUGNAVIGATION UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VERSCHIEDENER BEWEGUNGSMODELLE (DENNIS KULEMANN, BETREUER: ANKIT JAIN , STEFFEN SCHÖN)

In Anwendungen der zivilen Luftfahrt ist es nötig, einen ununterbrochenen hohen Standard für die Performance der Navigation zu liefern. Für die Navigationsaufgabe werden dabei standardmäßig Beobachtungen von Globalen Satellitennavigationssystemen (GNSS) verwendet. In Bereichen mit hohen Dynamiken, insbesondere engen Kurven mit hohem Roll-Winkel, treten zwei Effekte auf, die die Performance verschlechtern können: Auf der einen Seite muss das Prozessmodell die auftretenden Dynamiken zulassen, damit keine Artefakte in der Navigationslösung auftreten. Außerdem sind diese Bereiche durch eine reduzierte Anzahl an sichtbaren Satelliten und potentielle Mehrwegeeffekte gekennzeichnet. Eine direkte Adaption des Filters ist daher herausfordernd.

In dieser Arbeit wird deshalb anhand einer bekannten Flugtrajektorie und einem linearisierten Kalman-Filter (LKF) der Einfluss verschiedener Bewegungsmodelle untersucht. Konkret wird geprüft, inwiefern die Bewegungsmodelle, die sich durch unterschiedliche Modellierung des Prädiktionsschrittes auszeichnen, die Genauigkeit in dynamischen

Manövern verbessern können und ob eine Erweiterung des Zustandes um die Beschleunigung ebenfalls eine Verbesserung bringt.

Das einfachste Modell ist das Decoupled States Modell, in dem ein Zustand lediglich von seinen vorherigen Zuständen abhängig ist. Weiterhin werden ein Constant Acceleration- (CA), ein Constant Turnrate and Acceleration- (CTRA) und ein Constant Turnrate and Velocity (CTRV)-Modell implementiert. In diesen wird eine konstante Beschleunigung bzw. eine konstante Geschwindigkeit des Objektes angenommen. Das CTRA- und CTRV-Modell nehmen weiterhin eine gemeinsame, konstante



Differenzen der berechneten Trajektorie zur Referenz im b-frame für das Decoupled States Modell (Blau) und das CTRV-Modell (Rot)

Winkelgeschwindigkeit an.

Schließlich kann gezeigt werden, dass die Positionsabweichungen zur Referenztrajektorie – insbesondere in der Höhenkomponente - durch die verschiedenen Modelle bis zu einem Faktor fünf verbessert werden können, was besonders in den dynamischen Manövern von Bedeutung ist. Die zusätzliche Schätzung der Beschleunigungen ermöglicht dabei eine weitere Verringerung der Differenzen.

Die Landesvermessungsbehörden führen in regelmäßigen Abständen Befliegungen durch, in denen mittels Airborne Laser Scanning (ALS) das Landesgebiet erfasst wird. Aus den gewonnenen Daten werden u.A. Gebäudegrundrisse extrahiert, welche mit den Daten des amtlichen Liegenschaftskatasters (ALKIS) abgeglichen werden, um die Datenbank zu aktualisieren. Aufgrund der verschiedenen Erfassungsmethoden, Fehlerinflüssen und Erfassungszeiträumen kann es dazu kommen, dass die Lage von Gebäudegrundrissen in den beiden Datensätzen nicht übereinstimmen. Die Arbeit befasste sich mit der Bestimmung von homogenen Verschiebungsvektoren zwischen in Vektorformat aufbereiteten ALS- und ALKIS-Datensätzen.



VERSCHIEBUNGEN NACH CLUSTERBILDUNG UND ZUORDNUNG ÜBER ZENTROIDE

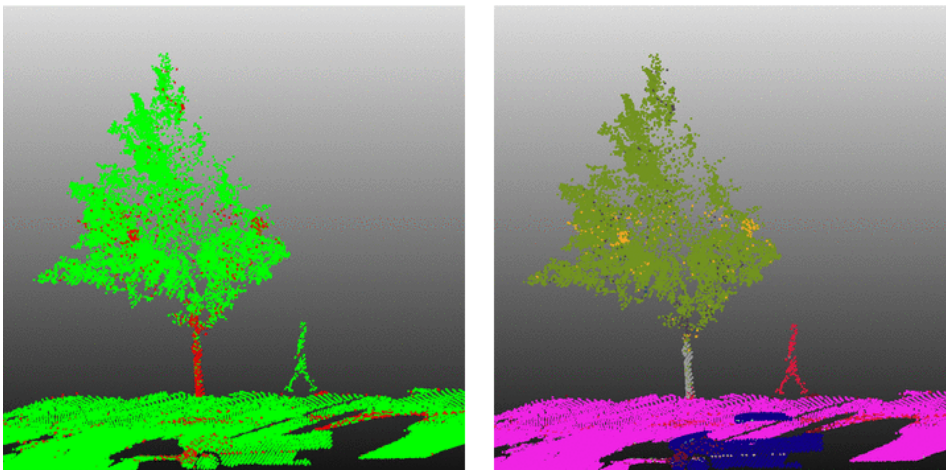
Ziel dieser Arbeit war es, eine höhere Übereinstimmung einzelner Objekte nach der Verschiebung zu erreichen. Zunächst wurden korrespondierende Objekte mittels Nächster-Nachbar-Suche einander zugeordnet und über die Distanz der jeweiligen Zentroide evaluiert. Des Weiteren wurde die Zuordnung über die Eckpunkte verfeinert, die die korrespondierenden Objekte einer Flächenähnlichkeitsprüfung und einer weiteren Distanzprüfung unterzog. Für die Objektpaare, die die Prüfungen bestanden haben, wurden zunächst die Verschiebungen je Objekt berechnet, ehe diese in unterschiedlichen Methoden über den globalen Mittelwert oder verschiedene Clustermethoden (K-Means, Mean-Shift, DBSCAN) aggregiert wurden. Für Objekte, die diese Untersuchungen nicht bestanden haben, wurden die dazugehörigen Verschiebungsvektoren im Anschluss über Interpolation bestimmt. Hierbei wurde Inverse Distance Weighting und die Bestimmung der jeweiligen Clusterzugehörigkeit als Interpolationsmethoden untersucht. Die Arbeit zeigte, dass die angebrachten Verschiebungen eine verbesserte Überlappung der beiden Datensätze erzielen konnte. Die untersuchten Clustermethoden waren im Stande, systematische, lokale Fehler aufzuzeigen. Für Datensätze mit einer hohen Ausgangsüberlagerung konnte keine Verbesserung erzielt werden.

KLASSIFIKATION VON MOBILE MAPPING LiDAR PUNKTWOLKEN (ANAT SCHAPER, BETREUER: CLAUD BRENNER, JULIA SCHACHTSCHNEIDER)

In vielen Anwendungsgebieten der Geodäsie, beispielsweise dem des autonomen Fahrens, gewinnt die automatische Erkennung von Objekten in (urbanen) Regionen an Relevanz. Eingesetzt werden dafür verschiedene Aufnahmesysteme, dessen Daten in Echtzeit analysiert werden müssen. Besonders gut geeignet sind dafür Light Detection and Ranging (LiDAR) Punktwolken.

In dieser Arbeit wird die Klassifikation von LiDAR Punktwolken verschiedener Methoden analysiert und bewertet. Als Datengrundlage dienten Scanstreifen aus einer Messkampagne des Instituts für Kartographie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover. Mit Hilfe der Klassifikatoren Random Forests und Support Vector Machines konnten die einzelnen LiDAR Punkte 16 verschiedenen Klassen zugeordnet werden.

Die Klassifikation mit Random Forests erreicht mit einer Gesamtgenauigkeit in Höhe von 88% bessere Ergebnisse als Support Vector Machines (79% Gesamtgenauigkeit). Die auftretenden Fehlklassifikationsarten sind in beiden Methoden ähnlich, treten jedoch mit Support Vector Machines deutlich häufiger auf. Der Großteil der Fehlklassifikationen ist nachvollziehbar und tritt auf Grund von Ähnlichkeiten in den Merkmalen sowie durch Verwechslungen auf Grund von Verdeckungen oder Überlappungen der Objekte auf. Des Weiteren haben sich beide Methoden als robust gegenüber geringen Parameteränderungen und das Zusammenfügen bzw. Entfernen einzelner Klassen erwiesen. Das Trainieren der Random Forests ohne Merkmale mit geringer Bedeutung hat sich als nicht erfolgreich herausgestellt.



LINKS: KORREKTHEIT DER KLASSIFIKATION, KORREKT KLASSIFIZIERT (GRÜN), FALSCH KLASSIFIZIERT (ROT)

RECHTS: NACH PRÄDIZIERTEN KLASSEN EINGEFÄRBTE PUNKTWOLKE

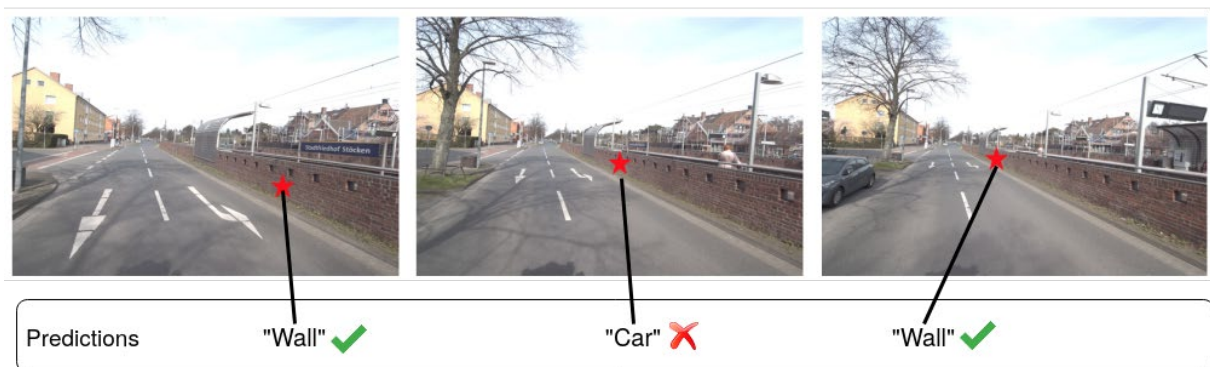
Insgesamt liefert vor allem die Klassifikation mit Random Forests gute und brauchbare Ergebnisse. Support Vector Machines sind auf Grund schlechter Skalierungen für große Datenmengen eher ungeeignet. Um die Klassifikationsergebnisse weiter zu verbessern, sollte eine Verwendung zusätzlicher Merkmale wie beispielsweise die lokale Krümmung oder Omnivarianz geprüft werden. Alternativ könnten verschiedene Radien zur Nachbarschaftsberechnung genutzt und/oder eine Segmentierung der Punktwolke durchgeführt werden.

MASTERARBEITEN

IMPROVING SEMANTIC SEGMENTATION IN A NEW DOMAIN USING 3D CONSISTENCY (MING SONG, BETREUER: CLAUS BRENNER, TORBEN PETERS)

Classification, especially pixel or point-wise classification (semantic segmentation), has great importance in areas such as autonomous driving or robot perception in general. Using these techniques, it is possible to enable a car or robot to develop a meaningful understanding of the environment and act accordingly. The development of deep neural networks opened a new path for such semantic segmentation tasks. While many state-of-the-art networks have good performance on a particular data set, a trained network often has lower performance on other, previously unseen data. This is already the case when the trained network is confronted with data collected by a different sensor model, or with data collected in a new and different environment.

Multi-View Observations

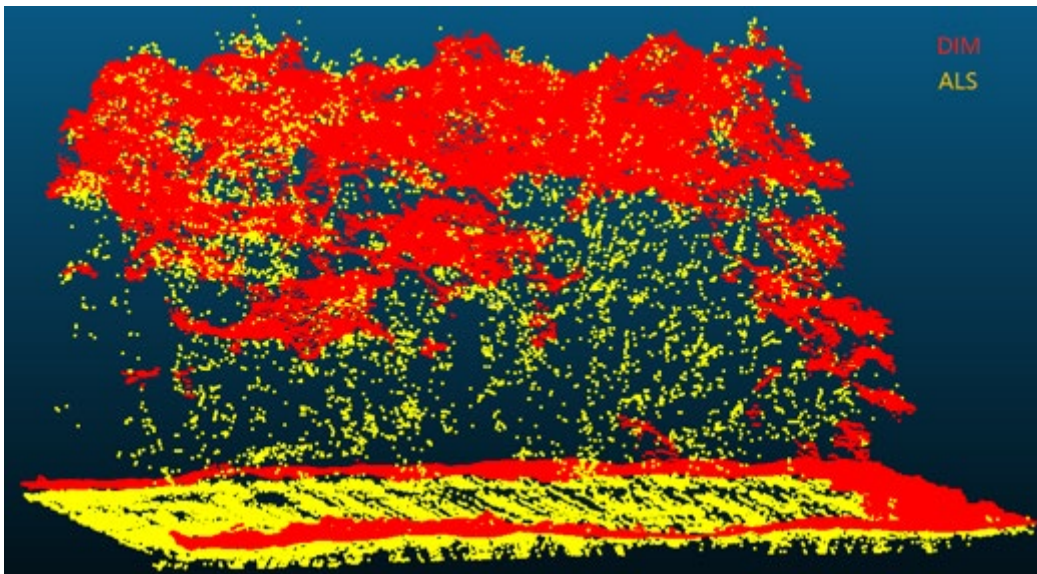


EXAMPLE OF CORRESPONDING PIXELS CLASSIFICATIONS IN DIFFERENT IMAGES.

In this work, we propose to use 3D information to fill the performance gap in semantic segmentation in 2D images. For this, we use 3D point clouds in conjunction with 2D images in a fully calibrated system. The 3D information is used to find corresponding 2D pixels within multi-view images. The trained network makes pixel-wise predictions in each image that may be incorrect in some regions or for certain objects. Since the predictions of pixels coming from the same object should be identical in all observations, we can find and correct outliers by enforcing consistency across all multi-view predictions. The image above shows a simple example with a misidentified "car" point. By assigning the majority class to all predictions, the outlier in this example can be corrected. The main work of this thesis was to develop different combination strategies to correct multi-view predictions of the same object point. This is made possible by computing new features that help detect outlier predictions. Further research was conducted and published following this master's thesis by Peters, Brenner, & Song (2020).

TRANSFORMATION OF POINT CLOUDS USING GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS (BOWEN LU, BETREUER: MONIKA SESTER, FLORIAN POLITZ)

There are currently two most common types of point clouds in the cartography field. One is acquired from airborne laser scanning (ALS) and the other is obtained from the dense image matching algorithm (DIM), which are derived from aerial images. The ALS point cloud has a higher position accuracy and has points in the middle and at the bottom of vegetation because of the laser's penetration. Comparatively, the DIM point cloud only has points on the top of vegetation. The DIM also has its advantages such as containing colour information and a higher point density, but with lower point accuracy. However, established processing software is only optimized for ALS point clouds.



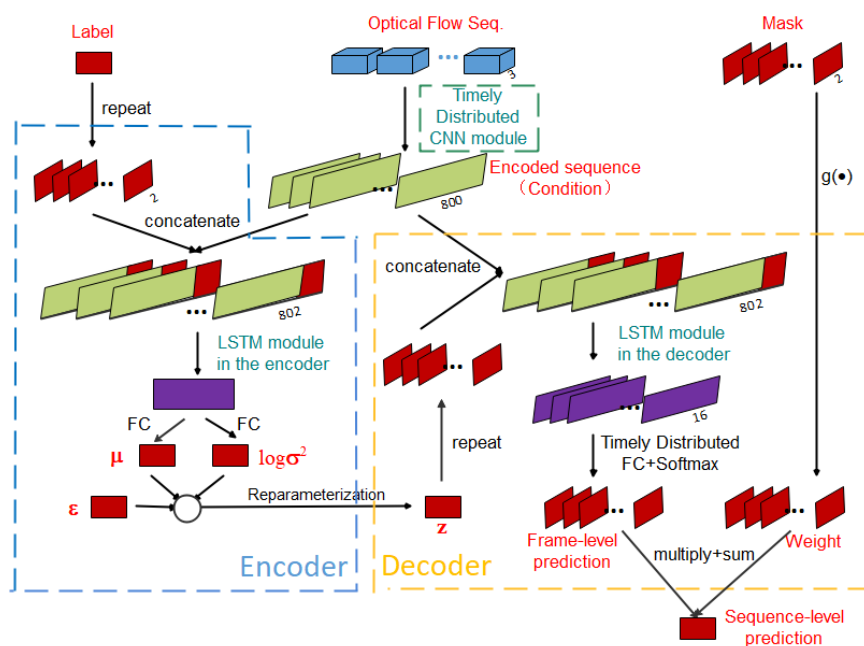
GEOMETRIC DIFFERENCES OF ALS AND DIM POINT CLOUDS

The purpose of this work is to convert DIM point clouds to ALS-like point clouds, which have a more similar geometrical behavior as ALS point clouds; f.e. containing bottom points for vegetation. Ultimately, the thesis tried to improve the performance of transformed point clouds in regard to registration and classification tasks. To achieve this goal, a Generative Adversarial Network (GAN) is trained on rasterized height distribution image pairs (DIM-ALS) of the point clouds. The trained generator is able to predict new height distribution images, which are utilized to distort the DIM point cloud to the ALS-like point cloud. These point clouds are used as a temporary replacement of the original DIM point cloud.

The final results show that the transformed point cloud's performance in registration and classification is improved in most cases, especially for vegetation areas. However, there are still some problems remaining. For example, buildings and bridges with vegetation-like height distributions are still problematic as they are wrongly distorted and as such decrease to vegetation. Hence, there is still room for future work.

INTERACTION CLASSIFICATION BETWEEN VEHICLE AND VULNERABLE ROAD USERS AT A RIGHT-TURN INTERSECTION (LI FENG, BETREUER: BODO ROSENHAHN, MONIKA SESTER, HAO CHENG)

Learning how road users behave is essential for many intelligent systems, such as traffic safety control, intelligent transportation systems, and self-driving cars. However, automated recognition of road users' behavior is very challenging in city traffic that is dynamic and full of uncertainties. One of such locations is temporarily shared space of intersections for vehicle turning, where vehicles are permitted to turn and interact with other crossing road users. In Germany, a turning vehicle at a permissive right-turn intersection often encounters cyclists that are passing by and pedestrians that are cross walking in the conflict areas. It is important to automatically detect the interactions between the turning vehicle and the involved vulnerable road users like pedestrians and cyclists.

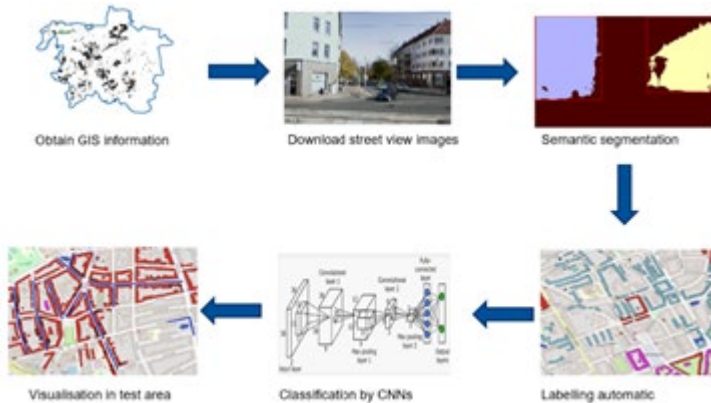


THE PIPELINE OF CONDITIONAL VARIATIONAL AUTO-ENCODER CLASSIFIER FOR INTERACTION CLASSIFICATION

To this end, a Conditional Variational Auto-Encoder (CVAE) classifier that uses motion information captured by applying dense optical flow and object information extracted by a state-of-the-art object detector is proposed in this thesis. Built on the CVAE system, this thesis uses convolutional and recurrent neural networks for learning spatiotemporal features from the motion and object information. In order to train the classifier, a large real-world dataset is manually labeled from traffic video recordings collected at a busy intersection in Germany. In addition, this thesis applies a self-attention mechanism to enable the model to learn the weights between frame-level probabilities, which enhances the performance of the classifier. Furthermore, a sequence-to-sequence model is taken as the baseline model. Compared with the baseline model, the empirical results of the CVAE model using padding method with attention mechanism demonstrate the highest classification accuracy and the least false negative detections.

ESTIMATION OF BUILDING PARAMETERS FROM STREET VIEW IMAGES (XIN HU, BETREUER: YU FENG, BASHIR KAZIMI)

Buildings are important parts of urban area. Their parameters are useful for urban planning, house reconstruction, and navigation. Apart from the aerial images that acquire the information from above, street view images have



PIPELINE OF THE STREET VIEW IMAGE BASED BUILDING PARAMETER ESTIMATION

been identified as an emerging data source to estimate building parameters. A proof-of-concept research is conducted to estimate firstly the building types from street view images. In this work, we proposed an end-to-end approach for building type classification. The street view images are downloaded from Google Street View based on OSM road networks. An automatic labelling process was proposed

to prepare a training dataset. Using the state-of-art Convolutional Neural Networks. Building types of each building instances on the OSM can be classified based on the interpretation of street view image.

CLASSIFICATION OF ROAD ROUGHNESS IN MOBILE MAPPING DATA (WENJUN XIE, BETREUER: YU FENG, UDO FEUERHAKE)



ROAD ROUGHNESS MAP IN HILDESHEIM

Different road surface has different roughness, which is a very important feature for flood simulation, roads maintenance and driving safety assessment. This study aims to classify between different road types based on road roughness using mobile mapping data. The input data is LiDAR point cloud after ground removal. Road surfaces are defined as asphalt, cobblestone, grass area and road boundary four categories. The roughness descriptor is generated using multiple local geometric features and distance histogram. Random forest is used to train a classifier and weighted random forest is used to deal with the imbalanced data problem.

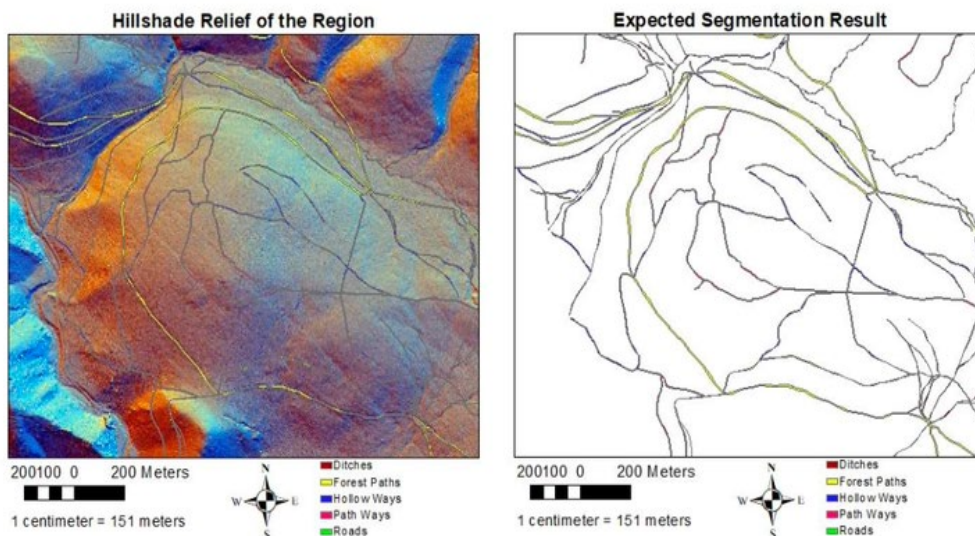
To make the result smoother and more consistent, conditional random field is applied to process the predicted results. Finally, all tiles are merged and rasterized into 25cm grids to generate a road surface map. The result accuracy is 88.6% on training dataset and 84.7% on test dataset. The model results are validated on a large area where the overall accuracy is 82.9%.

SEGMENTATION OF LINEAR TERRAIN STRUCTURES IN DIGITAL TERRAIN MODELS USING DEEP LEARNING (HEYUE ZHANG, BETREUER: MARKUS FIDLER, MONIKA SESTER, BASHIR KAZIMI)

The archaeologists are interested in detecting terrain structures related to historical mining in the Harz Region. They could manually inspect regions of interest and find relevant terrain structures, but the task is time-consuming, so the goal of this thesis is to use deep learning techniques to automate this tedious task for archaeologists.

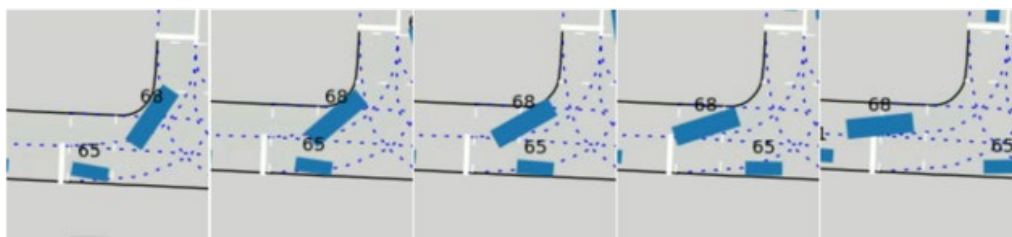
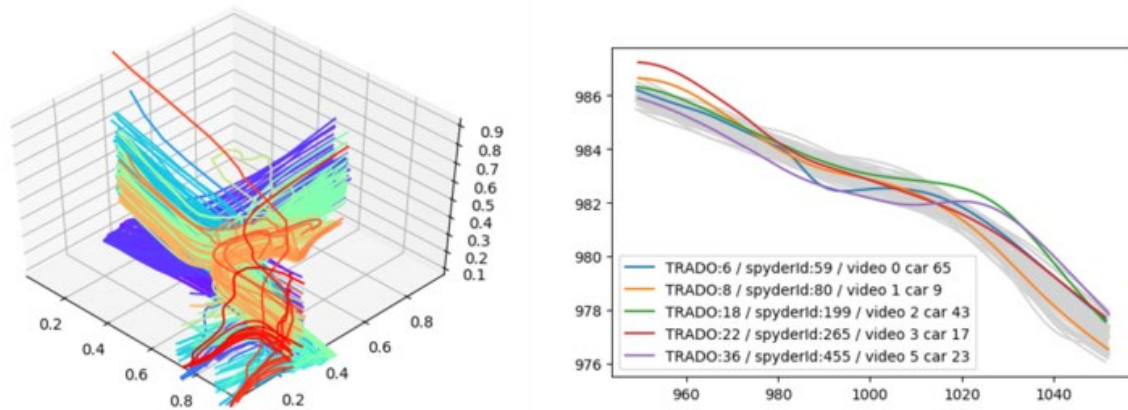
Linear feature is considered as one of the most essential terrain features, which can be representations of not only natural productions such as drainage networks or geological lineaments, but also manual parts including pipelines, road networks, and so on. The previous studies mainly utilized different computer vision techniques to detect the linear terrain structures, but it is not able to classify them. In our case, different neural networks are used to realize the semantic segmentation of our interested terrain structures which content hollow ways, pathways, roads, forest paths, and ditches. However, due to the complexity of identifying the linear structures, the segmentation result can be incomplete so that image processing algorithms are applied to refine the results.

In this thesis, three neural networks including UNet, CASENet and HRNet are implemented with two image processing algorithms including Region Growing and Hough Transform. After making predictions and optimizing, the evaluation result indicates that the HRNet with Region Growing performs the best result on the input hillshade relief of the region.



DATASET AND EXPECTED RESULTS

TRAJECTORY ANOMALY DETECTION USING SPECTRAL CLUSTERING AND RNN-BASED AUTO-ENCODER (YAO LI, BETREUER: CHRISTIAN KOETSIER, MONIKA SESTER)



THE TRAJECTORIES IN A INTERSECTION IN A 3D PERSPECTIVE (TOP LEFT), DETECTED ANOMALIES (TOP RIGHT), NEAR COLLISION / EVADING CASE BETWEEN TWO VEHICLES (BOTTOM)

Anomaly detection is important, because anomalous behavior may indicate critical events or objects within diverse research areas and application domains. One of such domains is transport, especially integrated urban mobility. Trajectories of moving objects are good representations of their behaviors in surveillance data and useful in detecting anomalous behavior. On one hand, trajectories can provide more agent-based, long-term information comparing with simple physical features. On the other hand, comparing with raw video data, which is usually represented as a sequence of images, trajectory data requires less storage space and computational resources. Moreover, it has a wide variety of sources, such as GPS instruments and laser-scanners.

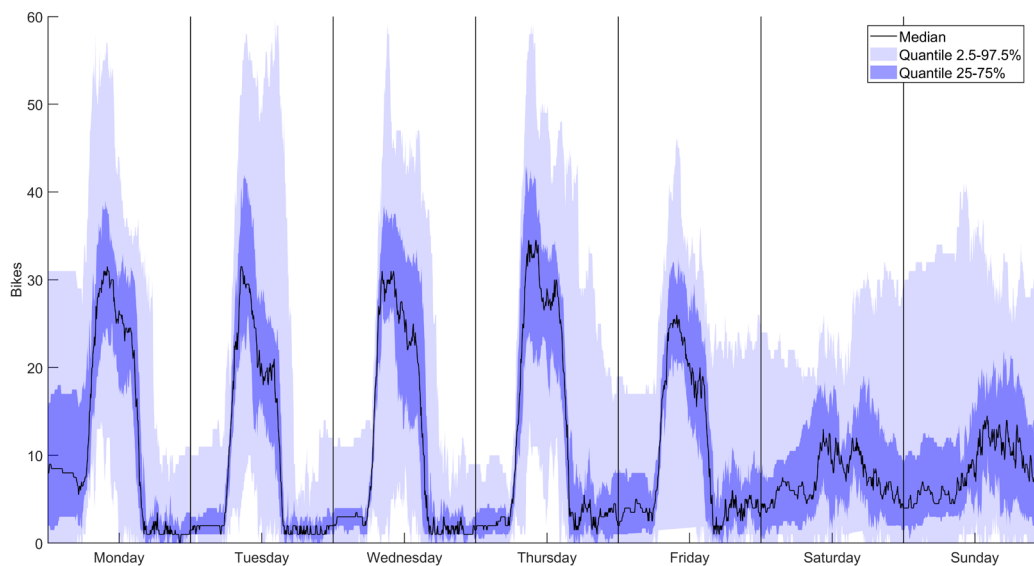
Intuitively, anomaly is something that is different from mainstream. However, due to the variety and complexity of the device location, sampling rate and road structure in real-world scenarios, the extracted trajectories usually vary in spatio-temporal characteristics. Therefore, appropriately defining and analyzing trajectory properties and detecting anomalous patterns is a challenging task.

In this paper, typical examples of traffic anomalies are divided into two catalogs: cluster-based and other anomalies. The former can be detected by cluster algorithms. For instance, U-turns and driving in the wrong direction. The later are all anomalies that not belong to cluster-based anomalies, such as near-collision, over-speeding, reverse and emergence stop.

Several anomaly detection approaches, including supervised and unsupervised methods, are applied, compared and optimized on three datasets. Experiments show that the spectral clustering and thresholding based on auto-encoder distance performs the most accurate results.

SPATIOTEMPORAL FUNCTIONAL DATA ANALYSIS OF HELSINKI'S BIKE SHARING SYSTEM (ANDREAS PITER, BETREUER: PHILIPP OTTO, HAMZA ALKHATIB)

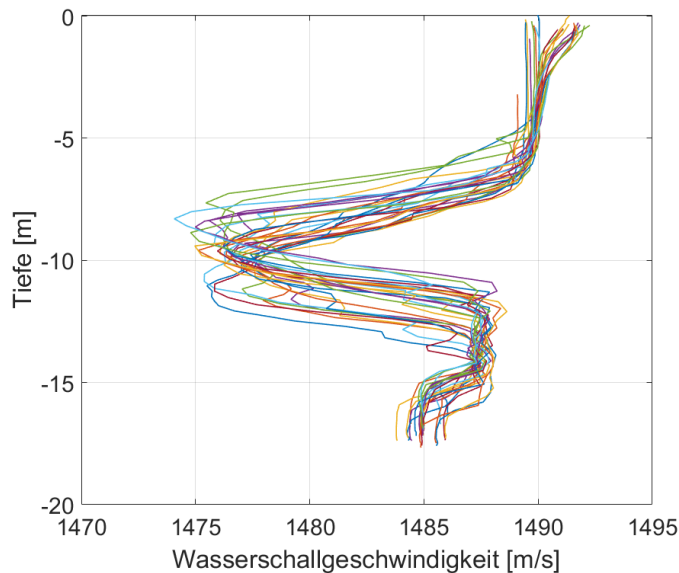
Understanding the usage patterns for bike-sharing systems is essential in terms of supporting and enhancing operational planning for such schemes. Studies have demonstrated how factors such as weather conditions influence the number of bikes that should be available at bike-sharing stations at certain times during the day. However, the influences of these factors usually vary over the course of a day, and if there is good temporal resolution, there could also be significant effects only for some hours/minutes (rush hours, the hours when shops are open, and so forth). Thus, in this paper, an analysis of Helsinki's bike-sharing data from 2017 is conducted that considers full temporal and spatial resolutions. Moreover, the data are available at a very high frequency. Hence, the station hire data is analysed in a spatiotemporal functional setting, where the number of bikes at a station is defined as a continuous function of the time of day. For this completely novel approach, we apply a functional spatiotemporal hierarchical model to investigate the effect of environmental factors and the magnitude of the spatial and temporal dependence. Challenges in computational complexity are faced using a bootstrapping approach. The results show the necessity of splitting the bike-sharing stations into two clusters based on the similarity of their spatiotemporal functional observations in order to model the station hire data of Helsinki's bike-sharing system effectively. The estimated functional influences of the proposed factors are different for the two clusters. Moreover, the estimated parameters reveal high random effects in the data that are not explained by the mean of the process. In this random-effects model, the temporal autoregressive parameter dominates the spatial dependence.



Functional boxplots of the station Itämerentori summarising their spatiotemporal patterns.

INTERPOLATION ZUR BESTIMMUNG RAUMZEITLICH AUFGELÖSTER WASSERSCHALLGESCHWINDIGKEITSPROFILE ZUR GENERIERUNG KONSISTENTER 3D-GEWÄSSERBODENMODELLE (DIETLINDE DIERKS, BETREUER: FRANK THIEMANN, MONIKA SESTER, PATRICK WESTFELD, BSH ROSTOCK)

In dieser Arbeit wurde untersucht, inwiefern eine Kenntnis der raumzeitlich aufgelösten Wasserschallgeschwindigkeit für die Interpolation der Gewässertiefe erforderlich ist. Um die Eigenschaften im Wasser für die Vermessung des Meeresbodens mit Fächerecholoten darzustellen, werden an diskreten Punkten

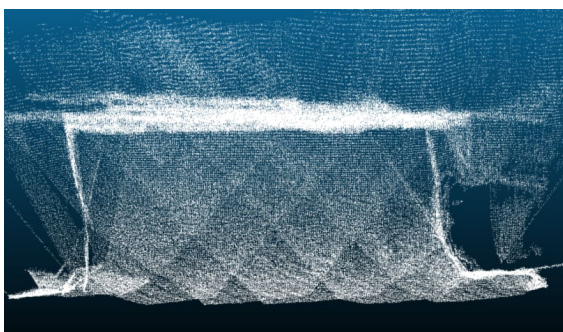


Wasserschallgeschwindigkeitsprofile erstellt. Diese sind jedoch nicht ausreichend, sodass in den Daten der Auswertung Fehler entstehen. Um derartige Fehler zu reduzieren, wird untersucht, wie sich die Fehler entwickeln, wenn

WASSERSCHALLGESCHWINDIGKEITSPROFILE

Wasserschallgeschwindigkeitsprofile aus realen Messungen, berechnet durch Modelle oder durch Interpolation benutzt werden. Um die Datensätze zu vergleichen, wurde eine Analyse an kreuzenden Linien entwickelt.

DETEKTION VON PARKLÜCKEN BASIEREND AUF STEREOSKOPIE (KAROLA TABEA TÖPFER-ISENSEE, BETREUER: LENNART THIELE (BERTRANDT INGENIEURBÜRO GMBH, CLAUDIUS BRENNER))



Punktwolke einer Parklücke (Sicht von oben)

Mit der steigenden Bedeutung von Fahrerassistenzsystemen wächst die Hoffnung, das Sicherheitsrisiko im Straßenverkehr zu minimieren. Neben diesem wichtigen Motiv bietet sich jedoch auch der Einsatz für Komfortfunktionen an. Auf dem Teilgebiet des automatisierten Einparkens bieten neuartige Algorithmen dem Fahrer die Möglichkeit, den Vorgang des Ein- und Ausparkens dem Auto selbst zu überlassen, wobei er jedoch noch selbst eine

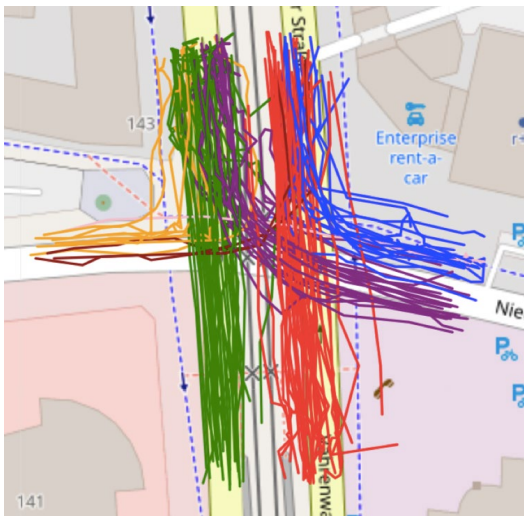
geeignete Parklücke identifizieren muss. Mit der Automatisierung dieser Aufgabe beschäftigt sich diese Masterarbeit, deren Ziel die Entwicklung und Evaluation eines Parklückendetektionsalgorithmus ist, welcher auf Stereoskopie basiert.

Das entwickelte Verfahren beruht auf einer Stereokalibration, gefolgt von einer Bildrektifizierung, einer Korrespondenzanalyse und

Disparitätsbestimmung, sowie der Berechnung einer 3D Punktwolke, auf deren Basis schließlich ein Belegungsgitter erstellt wird, welches zur Bestimmung der Parklückengröße dient.

Zum Testen des Algorithmus wurden 14 Parklücken aus acht Szenarien mit verschiedenen Untergründen und Hintergründen in diversen Größen aufgenommen. Anschließend wurde eine Evaluation des entwickelten Algorithmus durchgeführt. Hierzu wurden die einzelnen Verarbeitungsschritte hinsichtlich ihres Beitrags zum Gesamtfehler analysiert.

TRAJEKTORIEN-ANALYSE AN KREUZUNGEN (CHENXI WANG, BETREUER: STEFANIA ZOURLIDOU, MONIKA SESTER)



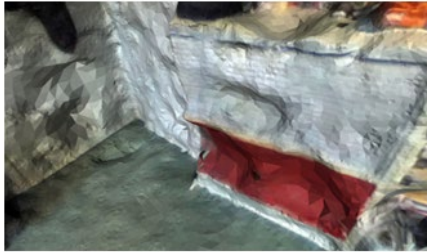
NACH BEWEGUNGSMUSTER GECLUSTERTE TRAJEKTORIEN

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Trajektorien an verschiedenen Schnittpunkten mit verschiedenen Regulierungs-Typen (Ampeln, Vorrang/Vorfahrt gewähren, unkontrolliert) und testet einige Methoden zur Erkennung von Bewegungsmustern hinsichtlich ihrer geometrischen und räumlich-zeitlichen Komponenten. Das heißt, im ersten Fall die geometrischen Wege, denen die Fahrzeuge während der Fahrt durch die Kreuzungen folgen, und im zweiten Fall die Art und Weise, wie sie diesen geometrischen Wegen folgen. Für diesen Bereich werden Methoden des maschinellen Lernens, wie z.B. Clustering-Techniken, verwendet, und die Leistung einiger bekannter Techniken und Algorithmen für Ähnlichkeitsmessungen (DTW, Hausdorff- und

Fréchet-Abstand) und Clustering (Affinitätsausbreitung und Agglomerat-Clustering) werden auf der Grundlage der Clustering-Ergebnisse verglichen. Das an verschiedenen Kreuzungen beobachtete Bewegungsverhalten wird daher mit Hilfe von Clustering-Techniken analysiert, wobei einige Unterschiede in den Bewegungsmustern (Geschwindigkeit und Zeit) je nach der Art der Regulierung, die die Kreuzungen zur Regulierung ihres Verkehrs verwenden, identifiziert werden. Diese Ergebnisse können für die Kategorisierung der Kreuzungen nach den Verkehrsregeln nützlich sein, die moderne Karten mit zusätzlichen Informationen (Verkehrszeichen, Ampeln usw.) anreichern können.

BACHELORARBEITEN

EIGNUNG DER HTC VIVE ZUR ERSTELLUNG VON 3D-MODELLEN VON KLEINEREN INNENRÄUMEN (MAX LEONARD HEIKEN, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

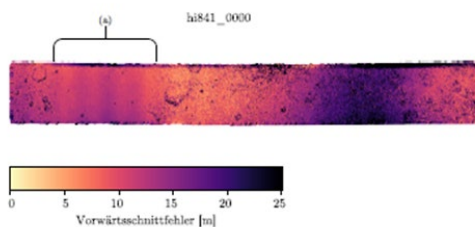


PUNKTWOLKE REKONSTRUIERT MIT HTC VIVE (OBEN), REFERENZPUNKTWOLKE MIT SONY KAMERA AUFGENOMMEN (UNTEN)

Die Photogrammetrie beschäftigt sich mit der Rekonstruktion dreidimensionaler Objekte anhand von Bildaufnahmen des Objekts aus unterschiedlichen Perspektiven. Da sich an der Vorderseite der HTC Vive eine Kamera befindet, stellte sich die Frage, inwiefern diese für photogrammetrische Aufgaben geeignet ist und inwiefern die äußere Orientierung der Videobrille, die durch zusätzliche Sensorik bestimmt wird, zur Genauigkeitssteigerung und z.B. Näherungswertbeschaffung genutzt werden kann. Durch die Arbeit konnte gezeigt werden, dass mit dem System sowohl zusammenhängende Punktwolken als auch Orientierungsdaten im Raum berechnet werden können. Durch die begrenzte Kameraauflösung erreichen die Punktwolken allerdings nicht die Qualität der Referenzmodelle, die mit höher aufgelösten Kameras generiert wurden.

DETEKTION UND ANALYSE HOCHFREQUENTER SCHWINGUNGEN IN DEN BILDDATEN DER HIGH RESOLUTION STEREO CAMERA (HRSC) AUF MARS EXPRESS (TIM PETER JÖRG SCHIMANSKY, BETREUER: JONAS BOSTELMANN)

Ziel dieser Bachelorarbeit war die Entwicklung eines Verfahrens, mit welchem hochfrequente Schwingungen in den Vorwärtsschnittfehlerdaten der HRSC automatisch detektiert werden können. Des Weiteren sollte das Verfahren in der Lage sein, zu überprüfen, ob die Anzahl der schwingungsbelasteten Bildstreifen nach einer Bündelausgleichung reduziert werden konnte. Das zu entwickelnde Verfahren sollte auf alle zu Beginn der Arbeit verfügbaren HRSC-Daten vor und nach einer Bündelausgleichung angewandt werden. Die implementierte Methode zur Detektion von Bildstreifen mit Schwingungen lieferte positive Ergebnisse. Statt einer manuellen Analyse der verbleibenden 1603 Daten (vor) und 4452 (nach) der Bündelausgleichung, war nur noch eine manuelle Überprüfung der 98+66 (2,7%) widersprüchlich zugeordneten Bildstreifen notwendig. Unter der Annahme, dass die Streifen, die in mehr als 95% der



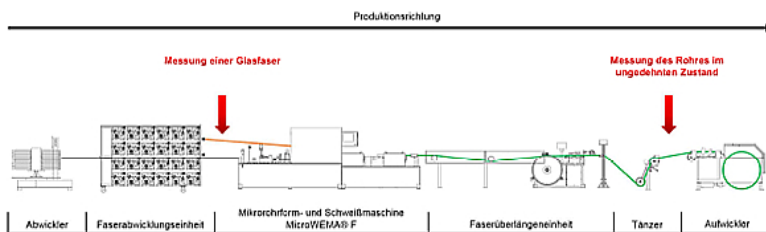
AUFFÄLLIGKEITEN (MÖGLICHE SCHWINGUNGEN) IN HRSC-STREIFEN

Klassifizierungen einer Klasse zugeordnet werden, auch dieser angehören, wurden nur noch 1,3% der Bildstreifen nicht eindeutig zugeordnet. Die Anzahl der Bildstreifen mit Schwingungen konnte durch die Bündelausgleichung um einen Faktor von etwa 100 reduziert werden.

MASTERARBEITEN

UNTERSUCHUNG DER UMSETZUNG EINES KONZEPTEES ZUR ÜBERLÄNGENMESSUNG IN DER FIMT-PRODUKTION (YUSUF YILMAZ, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Faserleiter für die optische Übertragung von Signalen, auch als Lichtwellenleiter oder Lichtleiter bezeichnet, werden je nach Anwendung und Anforderung an die mechanische Stabilität und den Schutz vor Umwelteinflüssen mit einem Mantel aus Kunststoff oder mit einem Metallmantel umhüllt. Fasern im Metallmantel finden beispielsweise bei Seekabeln Anwendung und werden häufig auch in Erdseilen von Hochspannungsleitungen als Kommunikationskanal benutzt. Die Glasfasern müssen um einen Betrag, der als Überlänge bezeichnet wird, länger als die tatsächliche Länge des Rohres sein. Dieser Zustand gewährleistet, dass sich die Glasfasern bewegen können, um das Brechen der Fasern zu verhindern. Ziel dieser Masterarbeit war es, ein Konzept zur Messung der Überlänge während des Produktionsprozesses zu entwickeln und umzusetzen. Das Konzept wurde durch verschiedene Versuche überprüft. So konnten Einflussfaktoren aufgedeckt werden, die die

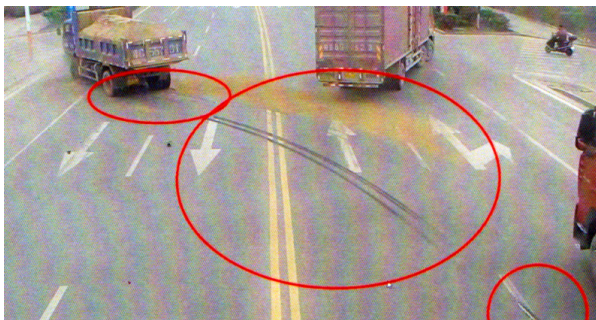


OPTISCHE MESSUNG VON ÜBERLÄNGEN IN DER PRODUKTIONSSTRASSE

Faserüberlänge während der Produktion verändern. Ein optisches Laser-Messsystem zur Längenmessung der Faserleitern wurde in den Untersuchungen als geeignet erachtet und für weitere Anwendungen optimiert.

NUTZBARMACHUNG VON UNFALLVIDEOAUFNAMMEN – AUSARBEITUNG EINES KONZEPTEES FÜR DIE VIDEOBASIERTE VERKEHRSUNFALLAUFNABME (ROMAN PUTTER, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Stationäre Videokameras in den Städten ermöglichen die Aufzeichnung von Verkehrsunfällen im öffentlichen Straßenverkehr. Aus den Videos können zur Rekonstruktion des Unfallverlaufes wichtige Erkenntnisse gezogen werden. Diese Masterarbeit beschäftigte sich mit der Unfallrekonstruktion aus Videoaufnahmen. Mit einem Bewertungsschema wurde die Selektion von Aufnahmen vorgenommen, die für eine weitere Auswertung geeignet sind.

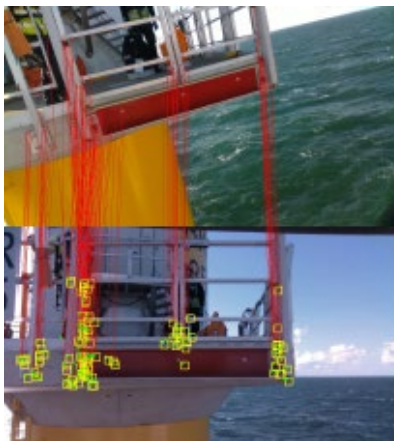


VIDEOBILD EINER UNFALLSITUATION AUS CHINA

Durch Fahrversuche und Vergleichen mit verfügbaren Datensätzen konnte gezeigt werden, dass die Auswertung der Videosequenzen auch zur Berechnung von Einlauf- und Kollisionsgeschwindigkeiten geeignet ist, die mit Streuungen von bis zu +/- 3 km/h ermittelt werden konnten.

AN OPTIMIZED IMAGE STITCHING APPROACH FOR AUTOMATIC MOTION COMPENSATED OFF-SHORE-GANGWAY (YANG SONG, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN) - IN KOOPERATION MIT DER ROBERT BOSCH GMBH, STUTTGART

When transferring people and load from moving platforms (the transport ship) to the fixed platform (the offshore wind-turbine) by an off-shore gangway, there are many challenges such as safety, waste of time waiting for smooth sea, the state of operator, etc. Therefore an automated and autonomous application needs to be developed. In this thesis, the motivation and application context of a gangway docking system were investigated. Some necessary theoretical backgrounds about an optimized image stitching method, which can solve the problem of large view-point change of the images when stitching were discussed.

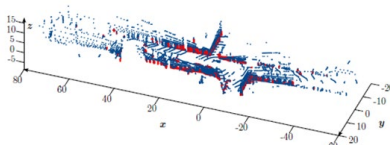
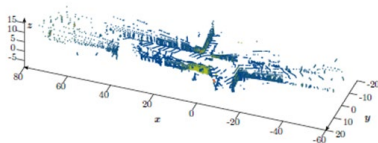


MATCHED RESULT FOR SMALL VIEWPOINT CHANGE (LEFT), RESULT FOR LARGE VIEWPOINT CHANGE (RIGHT)

Comparing with the normal Scale Invariant Image Matching (SIIM) method, the optimized Image Matching by Affine Simulation (IMAS) showed some advantages. The experiments were carried out with separate optimization operations and could show the potential of the IMAS method.

UNTERSUCHUNG VON DISTANZBASIERTEN DESKRIPTOREN FÜR DIE MERKMALSBASIERTE LOKALISIERUNG (JELDRIK AXMANN, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN) - IN KOOPERATION MIT DER VOLKSWAGEN AG, WOLFSBURG

Für das hochautomatische Fahren ist eine genaue Kenntnis der Fahrzeugposition erforderlich. Eine zuverlässige und genaue Lokalisierung basierend auf Landmarken ist jedoch in unstrukturierten Umgebungen nicht möglich. Die Feature-basierte Lokalisierung stellt eine Methode dar, die Fahrzeugposition unabhängig von Landmarken zu bestimmen. Durch die Zuordnung von während der Fahrt ermittelten und in einer Karte hinterlegten Features erfolgt schließlich die Lokalisierung.



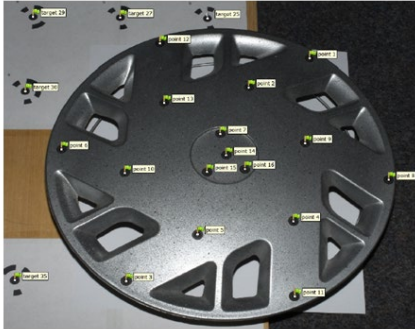
PUNKTWOLKE AUS MESSFAHR 1, (OBEN), (ROT: HOHE INTENSITÄT, BLAU: GERINGE INTENSITÄT) EXTRAHIERUNG MIT DELL-DESCRIPTOR (UNTEN)

In dieser Masterarbeit wurden Deskriptoren basierend auf Distanz- und räumlichen Informationen mit dem Ziel entwickelt, auch bei geringer Punktdichte Muster aussagekräftig beschreiben zu können.

Die Evaluation der entwickelten Deskriptoren zeigte, dass die entwickelten Deskriptoren eine Möglichkeit bieten, eine von der Punktdichte und dadurch auch von der Distanz unabhängige Beschreibung zu erhalten. Des Weiteren können die Deskriptoren erfolgreich für die Odometrie-Berechnung sowie Lokalisierung genutzt werden und die Positionsgenauigkeit eines seriennahen GNSS-Empfängers verbessern.

INVESTIGATION OF 3D MODELS CALCULATED FROM VIDEO SEQUENCES (MD BELAL HOSSAIN, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Die Durchführung photogrammetrischer Aufnahmen von Objekten im Nahbereich erfordert je nach Komplexität des Objektes eine umfangreiche Aufnahmeplanung. Generell muss für die Structure-from-motion-Verfahren eine große Menge sich gut überlappender Bilder vorgehalten werden. In dieser Arbeit war zu untersuchen, ob die Nutzung von Videoaufnahmen zu einer Vereinfachung des Aufnahmeprozesses führen kann. Später können

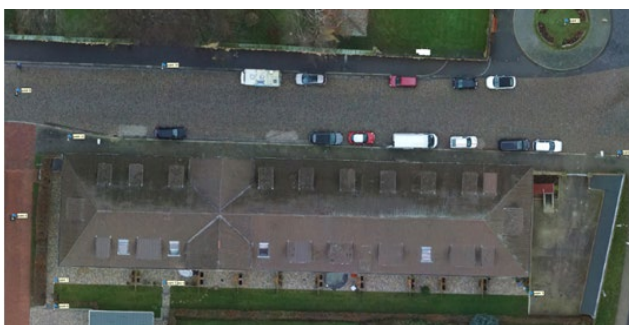


REFERENZKÖRPER MIT KONTROLLPUNKTEN

aus der großen Anzahl an Einzelbildern (Aufnahme mit 25-30 f/sec) individuell Bilder mit geeignetem Basis-Abstandsverhältnis ausgewählt werden, um ein lückenloses 3D Modell rekonstruieren zu können. In dieser Arbeit wurden verschiedene Versuche mit Referenzkörpern und Kontrollpunkten durchgeführt, mit denen die Qualität der berechneten Ergebnisse nachgewiesen werden konnte. Es wurde gezeigt, dass der Einsatz von Videokameras eine flexible Möglichkeit ist, um mit vertretbarem Aufwand vollständige 3D-Modelle berechnen zu können.

QUALITY ASSESSMENT OF ORTHOMOSAIC IMAGES CALCULATED ON PHOTOGRAMMETRIC SOFTWARE (MOSTAFA KASHEF, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Structure-from-motion-Verfahren auf der Basis von Luftbildern aus unbemannten Flugsystemen (UAV) ermöglichen die vollautomatische Berechnung flächendeckender 3D-Rekonstruktionen des beflogenen Gebietes. Da in den meisten Fällen die genutzte Kamera simultan innerhalb der Bündelausgleichung kalibriert wird, war in dieser Arbeit u.a. zu untersuchen, wie gut die Lagegenauigkeit der automatisch generierten Orthobildmosaik ist. Durch Nutzung von zusätzlichen RTK-Passpunkten war auch die erreichte absolute Punktgenauigkeit zu untersuchen.



ORTHOBIIDMOSAIK MIT RTK-KONTROLLPUNKTEN

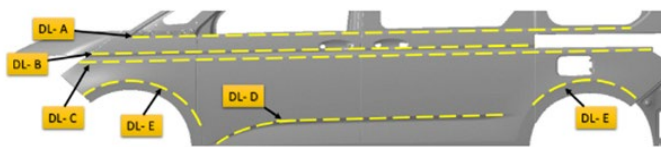
In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass Fehler und Lücken in den Oberflächenmodellen, die für die Orthobildberechnung genutzt wurden, zu Lagefehlern in den Ergebnissen führten, die nur durch zusätzliche Bilder, zusätzliche überlappende Flugstreifen und eine dichtere Befliegung minimiert werden konnten.

Generell konnte aber die hohe Anzahl von Eingangsbildern (>350) auf eine sinnvolle Anzahl von ca. 20% reduziert und damit ein vergleichbar gutes Ergebnis erzeugt werden. Bedingung dafür sind stabile und vorkalibrierte Kameras.

ANALYSE VON DESIGNLINIEN AM BEISPIEL T7 FÜR DAS WERK VWN HANNOVER (SABRIEN SERHAN, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN) – IN KOOPERATION MIT VW NUTZFAHRZEUGE, HANNOVER

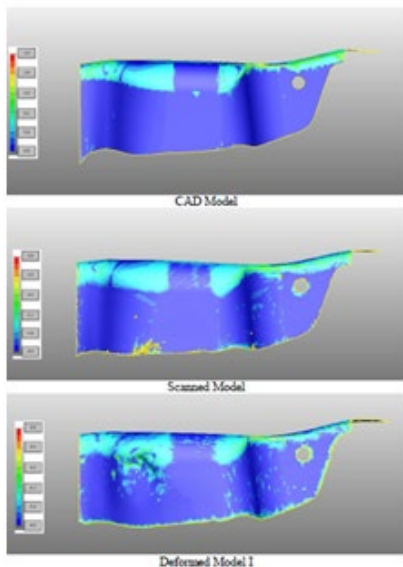
Heute beruhen die Entscheidungsgründe für den Kauf eines Fahrzeugs neben den technischen Daten vornehmlich auf dessen äußerem Eindruck. Daher bildet das Design in der Automobilbranche ein zentrales Thema. Besondere Elemente am Fahrzeug sind die sogenannten Designlinien. Sie teilen Bereiche des Fahrzeugs in verschiedene Abschnitte auf und nehmen daher eine besonders wichtige Rolle im Erscheinungsbild des Fahrzeugs ein. Bei dem neu geplanten Fahrzeug ist das Interesse an den Designlinien besonders hoch. In dieser Arbeit wurden die Designlinien des Volkswagen Transporters T7 analysiert und auf ihren qualitativen Zustand überprüft. Im Rahmen der Masterarbeit wurde auf die Ansätze des ‚Smoothing-Spline‘ und der ‚Bezier-Interpolation‘ für die Analyse der Designlinien zurückgegriffen. Anhand der Auswertesoftware ATOS der Firma GOM war es möglich, die mathematischen Berechnungsmethoden anzuwenden und

die Ergebnisse zu bewerten. Die Auswertungen der Daten haben gezeigt, dass sich die Geometrie der Designlinien mit den gewählten Ansätzen qualitativ hochwertig und nachvollziehbar bestimmen lassen.



DESIGNLINIEN AM SEITENTEIL DES TRANSPORTERS T7

QUALITY CONTROL OF SHEET METAL PARTS USING OPTICAL METROLOGY (CHAMAN KIRTY, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

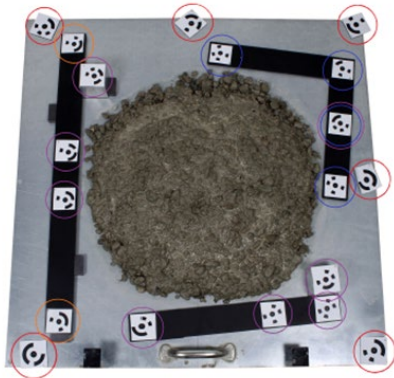


VISUALISIERUNG DER GAUßSCHEN KRÜMMUNGEN AM WERKSTÜCK

Die Qualitätskontrolle von Metallteilen innerhalb des Produktionsprozesses stellt nach wie vor eine große Herausforderung dar. Werden z.B. im Presswerk bei Volkswagen in Wolfsburg Fahrzeugtüren im Minutentakt hergestellt, wird ein geeignetes Messverfahren benötigt, um möglichst online und zeitnah die Einhaltung der Toleranzen überprüfen zu können, um ggf. umgehend die Werkzeuge nachzustellen. Hier spielt die optische 3D-Messtechnik mit Streifenprojektionssystemen eine große Rolle. Geometrische Differenzen, die sich einerseits aus der abweichenden Fertigung, andererseits aber auch aus der Genauigkeit des eingesetzten Messverfahrens ableiten, sind innerhalb vorgegebener Toleranzen zu halten. Anhand mehrerer Testkörper und Szenarien konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass z.B. mit der Berechnung Gaußscher Krümmungswerte die Oberfläche von Metallteilen geprüft und Abweichungen von der Soll-Geometrie sicher detektiert werden können.

3D-REKONSTRUKTION VON BETONOBERFLÄCHEN MIT METHODEN DER NAHBEREICHSPHOTOGRAMMETRIE (AMADEUS LANGER, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Frischbeton ist einer der meist verwendeten Baustoffe im modernen Bauwesen. Umso bedeutender ist dessen ständige Qualitätssicherung. Für vollständige Analysen sind heutzutage immer noch aufwendige Laboruntersuchungen notwendig. Direkt an der Baustelle können nur rudimentäre Eigenschaften getestet werden. In dieser Arbeit wurde als Alternative zu den etablierten Testverfahren die mögliche Anwendung von



BETONPROBE MIT MARKERN UND REFERENZPUNKTEN

Bildmessmethoden auf Frischbeton-Oberflächen untersucht. Hierfür wurde eine geeignete Aufnahmekonstruktion geplant und realisiert. Mit Methoden der Nahbereichspho­to­grammetrie erfolgte eine Rekonstruktion der aufgenommenen Frischbeton-Oberflächen. Des Weiteren wurde untersucht, welche Genauigkeiten bei der Rekonstruktion erreichbar sind, und wie diese von der Anzahl an Bildern abhängt. Das Ergebnis stellen Realisierungsvorschläge in Abhängigkeit von Aufwand, Bildmaterial und Qualitätsanspruch dar. Diese grundlegenden Untersuchungen ebnen den Weg zur Etablierung photogrammetrischer Messmethoden im Baubereich.

TASK-ENVIRONMENTS FOR EVALUATING LEARNING AND AUTONOMY IN AI ARCHITECTURES (LEONARD EBERDING, BETREUER: CHRISTIAN HEIPKE, KRISTINN R. THÓRISSON) – IN KOOPERATION MIT DER REYKJAVIK UNIVERSITY

Since the field of artificial intelligence (AI) was first given that name in 1956, different methodological research approaches have resulted in a split into two branches, "narrow" artificial intelligence (AI) and artificial general intelligence (AGI). One of the problems persisting is the unavailability of methods for measuring generality of narrow AI systems. Some researchers have argued that a task-theory which describes the complexity and difficulty of tasks might give an insight into the system's generality. Before such a task-theory exists, however, a better insight into the chosen methodologies and an evaluation of its strengths and weaknesses is key to assess the progress of both, narrow and AGI research. This thesis proposes a novel evaluation platform SAGE (Simulator for Autonomy & Generality Evaluation) which has two main goals. First, the gap between general and narrow machine intelligence (GMI and NMI, respectively) can be bridged by providing a single platform on which both, NMI and GMI aspiring systems, can be evaluated. Second, by providing full adjustability of most of the complexity dimensions of task-environments proposed in the literature, different levels of generality can be tested and evaluated, assessing the progress towards "thinking machines". In this work the requirements of a general evaluation platform have been identified, an insight is given into the implementation strategy of SAGE and how these requirements were met, and first results of evaluating two different deep reinforcement learners are presented. The importance of parameter isolation is further discussed and the possibilities of SAGE for future application for a broad range of AI systems is presented.

POSENSCHÄTZUNG DURCH DETEKTION UND VERFOLGUNG VON KÜNSTLICHEN MARKERN FÜR DIE PLANETARE ERKUNDUNG (PATRICK KRÖMER, BETREUER: PHILIPP TRUSHEIM, FRANZ ROTTENSTEINER, WOLFGANG STÜRZL) – IN KOOPERATION MIT DEM INSTITUT FÜR ROBOTIK UND MECHATRONIK, DLR OBERPFAFFENHOFEN

Diese Arbeit stellt einen neuen Ansatz zur indirekten Verfolgung eines AprilTag Markers mit einer monokularen Kamera vor. Die entwickelte Methode liefert eine metrische Posenschätzung des Markers auch dann, wenn er das Sichtfeld der Kamera verlässt. Dies wurde durch die Verwendung einer keyframe-basierten direkten Odometrie, die durch einen sphärischen Bildzuordnungsalgorithmus angereichert wurde, um eine 3D-zu-2D-Verfolgung durchzuführen, realisiert. Die Skalierung der Pose wird dabei durch die Fusion einer Tiefenkarte, die den Marker repräsentiert und von der die Ausdehnung bekannt ist, und einer solchen aus einer automatischen Stereoprozessierung erreicht. Weiterhin wurde ein Fehlermodell entwickelt, das für jede Pose eine Unsicherheitsabschätzung liefert, um die Zusammenführung mit Posenschätzungen aus anderen Quellen zu ermöglichen. Die Arbeiten erfolgten unter Berücksichtigung einer Anwendung zur Unterstützung des Landeanflugs eines Mikro-Luftfahrzeugs in einem realen Szenario. Die Ergebnisse, die während dieser Arbeit erzielt wurden, sind vielversprechend.

UNTERSUCHUNG VON VISUELLER LOKALISIERUNG MIT HILFE MEHRERER KOOPERIERENDER KAMERAS (MAXIMILIAN LENZ, BETREUER: PHILIPP TRUSHEIM)

Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung eines Konzepts zur kooperativen Lokalisierung mehrerer dynamischer Kameras. Dieses soll durch das Verfahren der Bündelausgleichung gelöst werden. Die Kameras bewegen sich in einer Szene, dabei nehmen sie Bilder auf. Diese enthalten Beobachtungen anderer Kameras sowie zusätzlich Beobachtungen von Verknüpfungspunkten im Raum. Durch die Bewegung der Kameras ist ihre Position abhängig von der Zeit. Dies soll durch ein zeitlich abhängiges funktionales Modell berücksichtigt werden. Als zusätzliche Beobachtungen stehen die Positionen der Kameras in einem globalen System zur Verfügung. Es soll überprüft werden, inwieweit die kooperative Lokalisierung das Ergebnis einer einzelnen Kamera verbessern kann. Hierfür werden simulierte Daten verwendet. Zur Lösung wird ein Verfahren der Bündelausgleichung adaptiert, dieses fusioniert alle zur Verfügung stehenden Beobachtungen in einem Ausgleichungssystem. Das funktionale Modell der gegenseitigen Beobachtung der Kameras enthält eine lineare Interpolation der Position der beobachteten Kamera. Die Unbekannten sind die äußeren Orientierungen der Kameras für jedes Bild sowie die Positionen der Verknüpfungspunkte. Da ein nicht-lineares funktionales Modell vorliegt, wird das Ausgleichungsproblem durch ein iteratives Gauß-Markov-Modell gelöst. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die theoretische Präzision der Unbekannten als auch die Genauigkeit im Vergleich zu den Referenzwerten der Simulation durch die kooperative Lokalisierung verbessert werden. Das Ergebnis verbessert sich bei der Kooperation zweier Kameras um ca. 50% in der Präzision und in der Genauigkeit. Zudem wird die Ursache der Verbesserung untersucht. Hier ergibt sich, dass die gegenseitigen Beobachtungen der Kameras das Ergebnis nur geringfügig verbessern. Der Hauptgrund für die Verbesserung ist die Beobachtung identischer Verknüpfungspunkte.

IMAGE-BASED QUALITY CONTROL USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CHEN ZHU, BETREUER: ARTUOM SLEDZ, FRANZ ROTTENSTEINER, TILL GRÜBLER) – IN KOOPERATION MIT DER ROBERT BOSCH GMBH BAMBERG

The inspection of product quality is an integral part of a production process. For many applications, such as the production of parts and components for the automotive industries, a fast and robust automated quality visual inspection has received increasing attention in the product quality control. However, traditional automated optical inspection (AOI) based on machine vision is limited in defect detection due to two significant challenges. On the one hand, the traditional approach is to use hand-crafted features, which may lead to a sub-optimal selection of features. On the other hand, automatic defect localization is hard to be achieved by using traditional AOI, because the defects must be defined and adapted by the inspector. Recently, convolutional neural networks (CNN) have emerged as a powerful tool for many classification tasks. In this work, we firstly delved into CNN transfer learning techniques and investigated the feasibility of using a pre-trained VGG-16 model for PEG (Polyethylene Glycol) defect detection. Then we proposed a new CNN model named PEGNet, which achieves impressively high performance in the inspection of a PEG dataset with an accuracy of 99.5%. In addition, defects are localized by applying Gradient-weighted Class Activation Mapping. All of the approaches, including a baseline method provided by the commercial Halcon software, the fine-tuned VGG-16 method as well as our proposed method are evaluated on a PEG dataset, and the experimental results demonstrate that the elaborately designed CNN model performs well.

EXTRINSIC CALIBRATION OF A 3D LIDAR AND CAMERA USING MUTUAL INFORMATION (SUPRIYA MOHAN, BETREUER: DIMITRI BULATOV) – IN KOOPERATION MIT DEM IOSB, ETTLINGEN

With the advent of different sensor technologies, data acquired from more than one type of sensor are fused. In this thesis these are aerial images and a 3D point cloud from LiDAR. As for images, the reflectance value or brightness information from LiDAR varies for different objects like buildings, roof tops, vegetation or water bodies. Using this brightness information (reflectance) or radiometric grayscale data of the LiDAR, a synthetic image is generated from the 3D point cloud. Pose estimation between the synthetic and the aerial image is then performed. Here the assumption is that, a calibrated camera is used to compute the six parameters for pose estimation in the following ways: (a) sparse correspondences between the images are obtained using SIFT/SURF interest operators; (b) the closest 3D LiDAR and the 2D image points are used to estimate the initial projection matrix using the PnP (perspective n-point) method; (c) using this projection matrix, dense matching is carried out using mutual information as similarity measure.

RE-ENGINEERING THE PAST: COUNTRYWIDE GEO-REFERENCING OF ARCHIVAL AERIAL IMAGERY (HOLGER HEISIG, BETREUER: CHRISTIAN HEIPKE) – IN KOOPERATION MIT DER UNIVERSITÄT SALZBURG

Luftbildarchive (LBA) stellen eine einzigartige und relativ ungenutzte Ressource für die Bewertung langfristiger Umweltveränderungen mit einer sehr hohen räumlichen Auflösung dar. Ein Haupthindernis für die breitere Nutzung von LBA liegt in der Schwierigkeit, für die Bilder eine präzise Georeferenzierung zu erstellen, die eine Beobachtung von Veränderungen der Landschaft auch über mehrere Jahre erst möglich macht. Herr Heisig präsentiert in seiner Arbeit einen hochautomatisierten photogrammetrischen Prozess zur Lösung dieser Aufgabe, der auf der kommerziellen Software HAP (Historical Air Photo) der Firma PCI Geomatics beruht. Der Prozess ersetzt aufwändige manuelle Koordinatenmessungen von Passpunkten in Bildern durch die Zuordnung der historischen Bilder zu aktuellen Orthophotos unter Berücksichtigung eines Digitalen Höhenmodells. Die sich daraus ergebende Fülle von Beobachtungen wird algorithmisch gefiltert und in einer Bündelblockausgleichung verwendet, um die endgültigen Bildorientierungen zu berechnen.

Der vorgeschlagene Arbeitsablauf wurde erfolgreich eingesetzt, um eine komplette Abdeckung historischer Luftbilder der Schweiz zu orientieren. Die erzielten Genauigkeiten sind vergleichbar mit denen, die mit klassischen Workflows erzielt werden (diese beinhalten eine manuelle Passpunktmessung aus digitalen Referenzdaten). Herr Heisig zeigt weiter, dass sich der Workflow als mindestens fünfmal so effizient wie das klassische Vorgehen erweist, während die benötigten Rechenressourcen beherrschbar sind.

DEEP DOMAIN ADAPTATION FOR SEMANTIC SEGMENTATION OF REMOTELY SENSED IMAGES BASED ON ACTIVATION DISTRIBUTION MATCHING (YUNSHUANG YUAN, BETREUER: FRANZ ROTTENSTEINER, DENNIS WITTICH, CHRISTIAN POSS) - IN KOOPERATION MIT BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG, MÜNCHEN

Domain adaptation (DA) is a very important topic in machine learning because labelling data manually is very expensive especially for semantic segmentation. DA is essential to leverage labelled data in the source domain for better performance of classification in the target domain. This thesis addresses DA for semantic segmentation which is rarely researched but very necessary in the field of remote sensing. A computational efficient fully convolutional neural network (FCN) is proposed to solve the classification task in this study. Two statistic-based methods, Maximum Mean Discrepancy (MMD) and deep Coral, are introduced to deal with deep DA and are the key points of this thesis. They were rarely used before for semantic segmentation. However, they are possible to decrease the distribution discrepancy between source and target representations. Experiments are conducted where activation distributions of an intermediate layer in the encoder of FCN are matched with both methods. The results show that deep Coral performs better than MMD. Based on the model after deep Coral adaptation on the intermediate layer, additional small accuracy gain can be obtained by further aligning the output logits layer with deep Coral. At last, appearance adaptations between synthetic and real dataset

and between two remote sensing datasets are performed using Cycle GAN. It shows that it can not guarantee the mitigation of the distribution discrepancy problem of feature representations between two remote sensing datasets while it can dramatically decrease the discrepancy between synthetic and real dataset.

STITCHING OF OVERLAPPING IMAGES OF MINERALS FROM SCANNING ELECTRON MICROSCOPES (MENGWEI YIN, BETREUER: FRANZ ROTTENSTEINER, DENNIS WITTICH)

In mineralogy, analysing the chemical components of crystals existing in igneous rocks can make contribution to forecast the volcanic eruption. In the laboratory, it's possible to use scanning electron microscope (SEM) to scan a thin section of igneous rocks in order to acquire images of crystals. However, due to the working mechanism of SEM, it cannot get the whole image of the thin section at one time, but acquire a patch image every time showing the part of thin section. This paper proposes a feature-based image stitching algorithm to stitch a series of patch images scanned by SEM into a large mosaic image by applying a geometrical and radiometric alignment. First, after obtaining a series of patch images, the dimension of a mosaic image will be calculated and a reference image will be obtained and fixed on the mosaic image. Then an algorithm for feature extraction is used to extract image features for each patch image, and rough match the feature points according to the image feature descriptors. RANSAC will then be used to refine the matched feature points. These refined feature point pairs will be used to estimate the parameters for geometrical transformation. A global adjustment method is mentioned in this paper to estimate the parameters. A geometrical alignment is implemented after obtaining the estimated parameters. In the next stage, the model for radiometric alignment is selected and the parameters is estimated again with the global adjustment method. Due to the reason that the true adjustment parameters are unknown, it's unable to know whether the algorithm correctly predicted the transformation parameters. Therefore, a synthetic dataset is generated by predefined basic transformation parameters. The designed algorithm is used to stitch the synthetic images to the mosaic image and calculate the transformation parameters afterwards. By comparing the predefined transformation parameters and the parameters calculated by algorithm, the quality of image stitching algorithm is discussed.

IMPROVING THE CLASSIFICATION OF LAND USE OBJECTS USING DENSE CONNECTIVITY OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (ASHIWARYA GUJRATHI, BETREUER: CHUN YANG, CHRISTAIN HEIPKE) - IN COOPERATION WITH K.M. BUDDHIRAJU, INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY BOMBAY, INDIA

Land use is an important variable in remote sensing which describes the functions carried out on a piece of land in order to obtain benefits and is especially useful to the personnel working in the fields of urban management and planning. The land use information is maintained by national mapping agencies in geo-spatial databases. Commonly, land use data is stored in the form of polygon objects; the label of the object indicates land use. The main goal of classification of land use objects is to update an existing database in an automatic process. Recently, Convolutional Neural Networks (CNN) have been widely used to tackle this task utilizing high

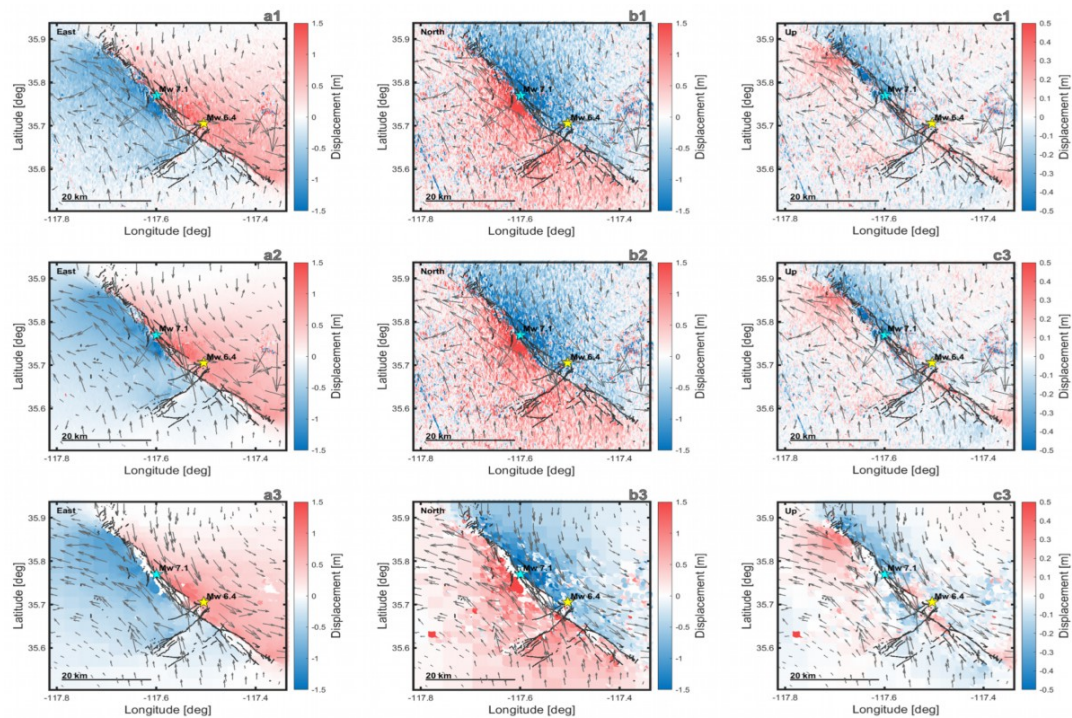
resolution aerial images (and derived data such as digital surface model). One big challenge classifying polygons is to deal with the large variation in their geometrical extent. For this challenge, we decompose polygons into regular patches of fixed size. The decomposition leads to two sets of polygons: small and large, where the former suffers from a lower identification rate. In this paper, we propose CNN methods which incorporate dense connectivity and integrate it with intermediate information via global average pooling to improve land use classification, mainly focusing on small polygons. We present different network variants by incorporating intermediate information via global average pooling from different stages of the network. We test our methods on two sites; our experiments show that the dense connectivity and integration of intermediate information has a positive effect not only on the classification accuracy on the whole but also on the identification of small polygons.

With the advent of different sensor technologies, data acquired from more than one type of sensor are fused. In this thesis these are aerial images and a 3D point cloud from LiDAR. As for images, the reflectance value or brightness information from LiDAR varies for different objects like buildings, roof tops, vegetation or water bodies. Using this brightness information (reflectance) or radiometric grayscale data of the LiDAR, a synthetic image is generated from the 3D point cloud. Pose estimation between the synthetic and the aerial image is then performed. Here the assumption is that, a calibrated camera is used to compute the six parameters for pose estimation in the following ways: (a) sparse correspondences between the images are obtained using SIFT/SURF interest operators; (b) the closest 3D LiDAR and the 2D image points are used to estimate the initial projection matrix using the PnP (perspective n-point) method; (c) using this projection matrix, dense matching is carried out using mutual information as similarity measure.

RESOLVING 3D COSEISMIC DEFORMATION OF THE 2019 Mw 7.1 RIDGECREST EARTH-QUAKE USING RADAR AND OPTICAL DATA (CAROLINA CAÑIZARES, BETREUER: MAHDI MOTAGH)

Measuring displacements associated with earthquakes offers information such as the geometry of the rupture fault, the released energy and the ground displacement. The objective is to provide a methodology to retrieve information in the near-field of an earthquake affected area by combining radar and optical measuring techniques, by also considering different weighting cases for the observations. This methodology is applied in the surroundings of Ridgecrest, California, which was affected after a Mw 6.4 and Mw 7.1 earthquake that took place on July, 2019.

There are already studies which have focused their attention in this particular earthquake. However, this case was motivated by the fact that the combination of radar and optical images for 3-dimensional displacement retrieval, obtained from weighted and non-weighted least squares adjustment, has not yet been assessed before. In this way, the results contributed to have a better understanding of the affected area and its surroundings, which leads not only to a better monitoring of the fault and the mitigation of possible future risks within the study area, but also to replicate this methodology in any other place of the world where ground displacement has been observed from radar and optical sensors.



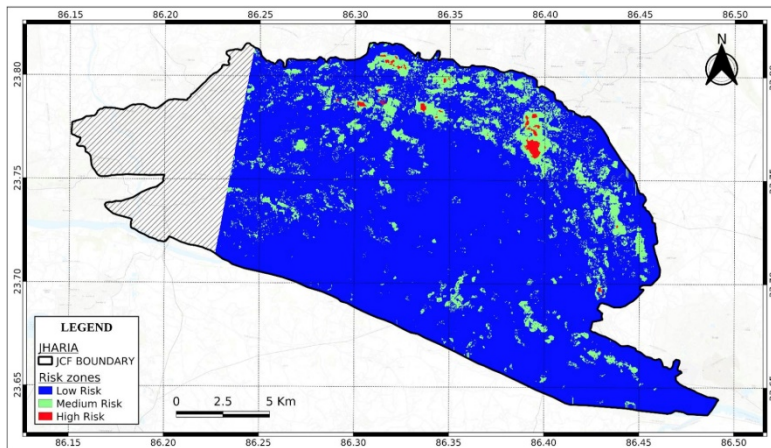
3-DIMENSIONAL DISPLACEMENT MAPS FOR COMBINATION OF SENTINEL-1 INTERFEROMETRY + OFFSET TRACKING PRODUCTS AND AFTER LSA CONSIDERING NO WEIGHTS (A1, B1, C1), WEIGHTS FROM FAR FIELD (A2, B2, C2), AND WEIGHTS FROM SEMI-VARIOGRAM (A3, B3, C3). FAULTS AND EARTHQUAKE EPICENTERS DATA COURTESY OF USGS

MULTI-SENSOR ANALYSIS OF COAL FIRE INDUCED LAND SUBSIDENCE IN JHARIA COALFIELDS, INDIA (VAMSHI KRISHNA RAO KARANAM, BETREUER: MAHDI MOTAGH IN COOPERATION WITH KAMAL KAIN, INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY ROORKEE, INDIA)

Subsidence due to coal mining is an increasingly prominent concern in the management of the coalfields. Jharia coalfields, Jharkhand are the oldest and one of the largest coalfields in India. Due to poor management of the coal mines in the past, land subsidence due to coal fires has become a common phenomenon in Jharia. Throughout the year, several factors such as coal fires, seepage of rainwater into mines, and illegal settlements above the abandoned mines contribute to the mining-induced subsidence. Due to such varied causes, subsidence in mining areas is temporally and spatially irregular. Traditional techniques using GPS, leveling, and total station are tedious, time-consuming, and can measure subsidence only on a point basis.

For the study, satellite imagery from thermal, and microwave regions of the electromagnetic spectrum are used to deduce the effect of coal fires on mining-induced subsidence. The study is divided into two phases to monitor the change in the land subsidence phenomenon induced by coal fires. Phase I includes Nov 2017- Apr 2018, and phase II is from Nov 2018- Apr 2019. The spatial relation between subsidence and coal fires has been analyzed. 60 Sentinel-1, C- band images captured in ascending and descending direction are used for the PSInSAR analysis. The thermal Infrared data acquired from the Landsat-8 thermal band (band 10) are used to derive the Land Surface Temperature of the study area. The Sentinel-1 data are pre- processed using SNAP. The PSI analysis is carried out using the Stanford Method for Persistent Scatterers (StaMPS) method. GACOS

model is applied using the TRAIN toolbox for minimizing the atmospheric errors. The results are decomposed into vertical and east-west displacement, substantially to quantify the subsidence caused by the subsurface coal fires. The coal fields are divided into 8 zones based on the subsidence patterns and analyzed separately. A risk map is generated using the deformation data, coal fires data, and Land Use Land Cover map for the study area.

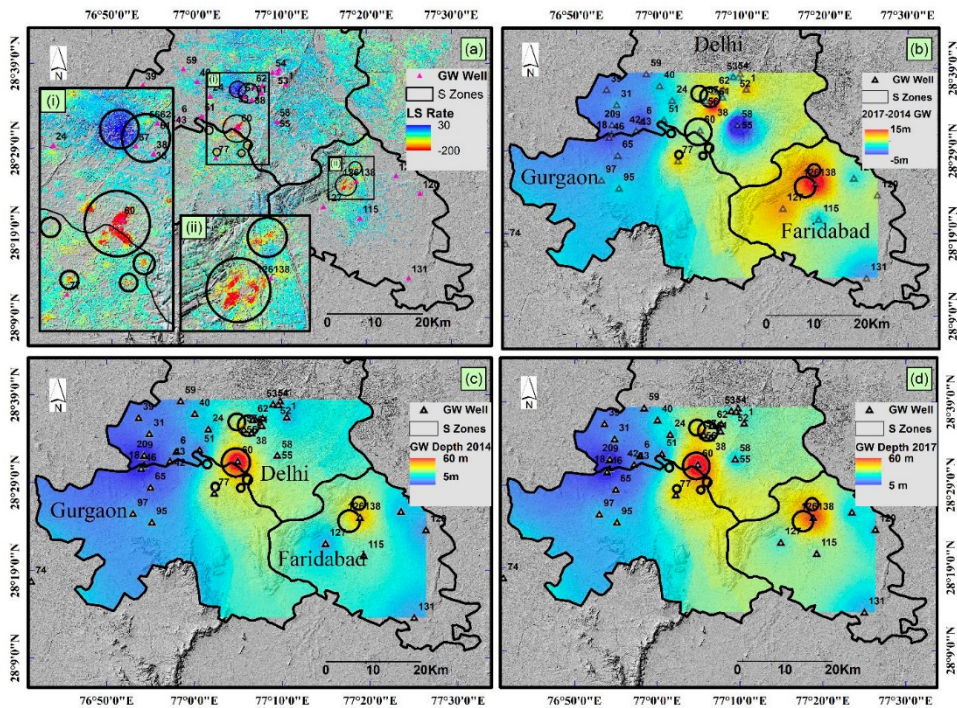


RISK MAP OF JHARIA COAL FIELDS, OBTAINED BY COMBINED ANALYSIS OF THERMAL INFRA-RED REMOTE SENSING DATA WITH THE SYNTHETIC APERTURE RADAR DATA

IMAGING LAND SUBSIDENCE INDUCED BY GROUNDWATER EXTRACTION OVER NCR USING RADAR INTERFEROMETRY (SHAGUN GARG, BETREUER: MAHDI MOTAGH IN COOPERATION WITH J. INDU, INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY BOMBAY, INDIA)

The groundwater exploitation induced land subsidence is a well-known phenomenon and has been documented in places like Tokyo, Jakarta, Tehran, and Mexico. Delhi- the capital of India, is the fifth most populous city in the world, with a population density of nearly 30,000 people per square mile. Like other global megacities, Delhi is also facing the looming groundwater crisis due to urbanization and illegal pumping and is considered as a critical zone by the government of India. The rapid extraction of groundwater and supporting physiography and hydrogeology of this region makes it prone to land subsidence.

This study demonstrates the results of the Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) time series analysis of the NCR Delhi region using Persistent Scatterer Interferometry (PSInSAR). By constructing single-master interferograms derived from Sentinel-1 ascending and descending SAR datasets acquired between 2014 and 2020, time series of land subsidence in the region was computed. The interferometric processing was done using SNAP followed by time-series analysis using Stanford Method for Persistent Scatterers (StaMPS). To remove the tropospheric error, a phase-based linear correction was applied using the TRAIN toolbox. Line of Sight velocities are then decomposed into the vertical and east-west direction to visualize the uplift and deformation more clearly. Finally, the results were compared with in-situ groundwater observation wells to study the correlation between the two.



THE RELATION BETWEEN LAND SUBSIDENCE AND GROUNDWATER EXTRACTION. (A) REPRESENTS THE DEFORMATION VELOCITY IN A VERTICAL DIRECTION (MM/YEAR) ESTIMATED FROM PS-INSAR. THE SMALL SUBSIDENCE FEATURES ARE ZOOMED IN (A- I, II). THE SUBSIDENCE ZONE IS DEMARCATED USING BLACK CIRCLES AS SHOWN IN (A-I, II). FIG (C) & FIG (D) REPRESENTS THE GROUNDWATER DEPTH OF 2014-2020 RESPECTIVELY. FIG (B) REPRESENTS THE CHANGE IN GROUNDWATER LEVEL FROM 2014-2020. THE DEMARCATED S-ZONES ARE OVERLAID ON THE GROUNDWATER DEPTH MAP OF 2014 AND 2017. THE S-ZONE EXACTLY MATCHES THE HIGH GROUNDWATER DEPTH REGIONS. THE GROUNDWATER DEPTH AND SUBSIDENCE ARE IN GOOD AGREEMENT WITH EACH OTHER

STUDIENARBEITEN

ANALYSIS OF MONOCULAR, VISUAL-INERTIAL SLAM ALGORITHMS (JIE SCHITTER, BETREUER: CHRISTIAN HEIPKE, TAKASHI FUSE – IN KOOPERATION MIT DER UNIVERSITY OF TOKYO)

Recent visual-inertial SLAM algorithms are utilized in many, to some extent mainstream applications. This thesis looks into the potential of applying underlying methods on the productive environment of high-grade aircraft cabin completion. To begin with, fundamental characteristics and working principles of VSLAM and inertial navigation are described. Based on the respective shortcomings of both fields of research, the thesis derives the necessity of monocular VISLAM techniques and illustrates their potential benefit. Hereafter, the structure of representative algorithms is examined qualitatively in more detail. The survey is complemented by a short review of prospective research frontiers.

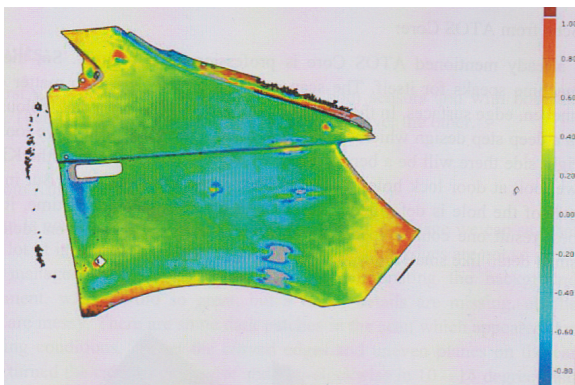
CNN-BASED DEPTH MAP ENHANCEMENT USING UNCERTAINTY INFORMATION (HUILING TAO, BETREUER: MAX MEHLTRETTNER)

The reconstruction of dense depth information from two or more images is a well-known task in the field of photogrammetry, commonly approached by dense stereo matching. However, such matching procedures typically suffer from limited performance in challenging regions of an image, such as occluded and weakly textured areas. To address this problem, a Convolutional Neural Network-based approach is presented in this thesis that improves an arbitrary initial depth map by predicting depth residuals.

For this purpose, information on the uncertainty of the initial depth estimates is used, while different approaches to model the relationship between this uncertainty and the depth residuals to be predicted are investigated in the context of this work.

BUILDING AN ECONOMICAL 3D MODEL WITH KINECT V2B AND COMPARE IT WITH PROFESSIONAL 3D SCANNER ATOS CORE (KRISHNA MANOJ AAVULA, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Im Rahmen dieser Studienarbeit wurde die Qualität eines rekonstruierten 3D Modelles, welches mit einem Microsoft Kinect Sensor erfasst wurde, untersucht. Hierzu wurden verschiedene Erfassungen unterschiedlicher Szenarien vorgenommen.

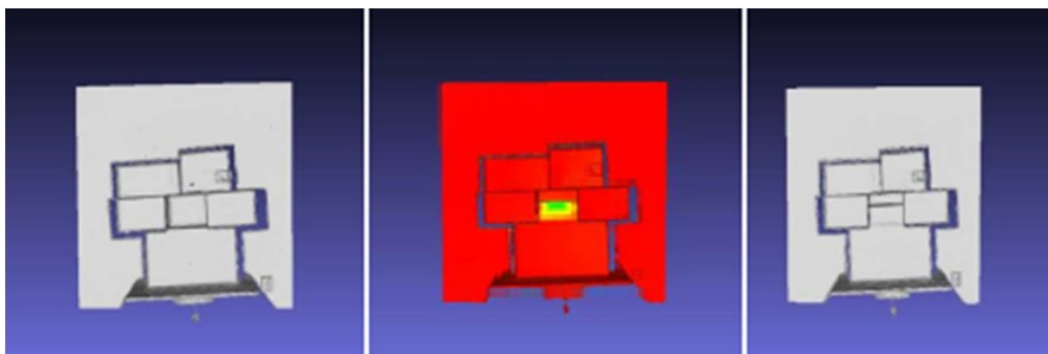


PUNKTWOLKE DES FAHRZEUGBLECHS, ERFASST MIT KINECT SENSOR

Die Erfassung eines Fahrzeugblechs wurde zusätzlich in höherer Genauigkeit mit einem GOM ATOS Streifenmesssystem durchgeführt. Gegen diese Referenz geprüft, ergab sich, dass die Kinect Punktwolken hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und geometrischer Korrektheit für einfache Anwendungen durchaus geeignet sind. Abweichungen gegenüber der Referenz von bis zu 1 mm auf der Oberfläche wurden vornehmlich an den Rändern der Objekte detektiert.

HOLLOW SPACE DETECTION WITH TOF SENSOR (ROHIT DILIP SHETE, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Time of flight (TOF) sensors are used to generate a polygonal mesh by illuminating the object scene with modulated light and measuring the phase delay of reflection. This study work could show that TOF sensors were capable to acquire 3D data from single view acquisition for the detection of empty spaces in a room. This is useful to organize loading on pallets and containers or warehouses. The work has investigated the precision, processing performance and possible costs. It proposes a first step towards the application of TOF sensors for real time 3D imaging in the field of smart warehousing and logistics. Post processing of the mesh and depth images has been performed with MeshLab and Cloud Compare.

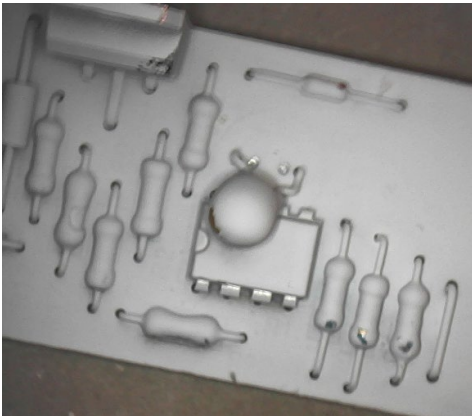


WAREHOUSE SITUATION:

(LEFT) PROJECTION OF OCCUPIED SPACE, (MIDDLE) DETECTED FREE SPACE, (RIGHT) DIFFERENCE IN SPACE

METHODEN DER OPTISCHEN MESSTECHNIK ZUR DREIDIMENSIONALEN ERFASSUNG VON ELEKTRONIKPLATINEN (JAYA GUTTALA, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht, Elektronikplatinen dreidimensional zu erfassen und hinsichtlich der korrekten Bauteilbestückung zu überprüfen. Für die dreidimensionale Rekonstruktion wurde zunächst ein photogrammetrisches Bündel aus mehreren Makroaufnahmen für die Rekonstruktion mit signalisierten Passpunkten gerechnet. Zusätzlichen wurden auch Messungen mit dem



Streifenprojektionssystem GOM ATOS durchgeführt. Aufgrund von vielen Verdeckungen und Spiegelungen war die Aufnahme und Auswertung der Makroaufnahmen ohne zusätzliche Musterprojektion nicht wirtschaftlich durchführbar. Das Streifenprojektionssystem spielte hier seine Vorteile aus, allerdings mussten reflektierende Bauteiloberflächen vorher weiß eingesprüht werden.

VORBEREITETE ELEKTRONIKPLATINE ZUR ERFASSUNG MIT GOM ATOS 500

STUDY OF DIFFERENT CAMERA AND 3D SCANNING SENSORS FOR THE SUPERVISION OF AN AUTOMATED WAREHOUSE SYSTEM (THAMARAI KANNAN, BETREUER: MANFRED WIGGENHAGEN)

In this student work different 3D sensors have been investigated. The technical specifications of the sensors for close and mid range applications, along with different kinds of lenses were compared. The study helps to select appropriate sensors/lenses for the further application of automated supervision systems, warehouse monitoring and tracking systems. Important and successful (Intel) Real Sense sensors are:
-The D415 camera, which features a rolling shutter stereo camera pair, standard projector and a full HD RGB camera. The sensor is ideal for stationary and slow moving applications.



-The D435 camera features a global shutter stereo camera pair, wide angle projector and full HD RGB camera and is more suitable for applications where there is significant movement in the scene.

REALSENSE D435 SENSOR

PROJEKTSEMINARE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

TIME-VARIABLE GEODETIC SIGNALS AT THE IFE OBSERVATORY OBSERVATORY RUTHE/SARSTEDT (IFE AND IPI)

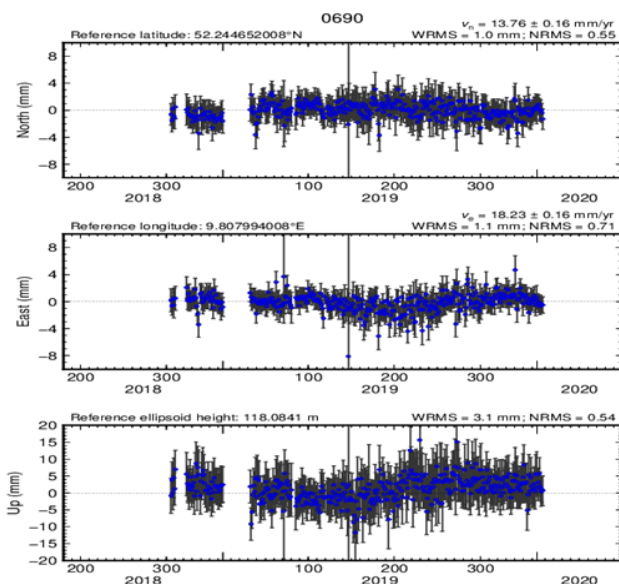
BETREUENDE: AKBAR SHABANLOUI, SANAZ VAJEDIAN, IGOR KOCH AND JAKOB FLURY

The objective of this project is to study, analyze and define the deformation in Ruthe station through period of time starting from 12th of January 2016 till 7th of January 2020. Two techniques adopted in this project for the analysis of long-term data to define the deformation in Ruthe station (0690). First technique by using RINEX data from GNSS receiver located in Ruthe 0690 observatory for the time period of (1st of November 2018 - 7th of January 2020). Second technique by analyzing InSAR data acquired from SENTINEL-1A ascending satellite over Ruthe observatory for the time period of (12th of January 2016 – 23rd of October 2019). The main idea for understanding the stability of Ruthe station through long-term GNSS time series is to use stations from IGS network to form the reference network in post processing, to relatively estimate Ruthe station position, time series and velocity based on double difference approach. RINEX observations for Ruthe station 0690 and other network station data have been downloaded from 1st of November 2018 until 7th of January 2020 for processing.

GAMIT/GLOBK as processing software were used for estimating precise GNSS permanent station. GAMIT (program solve) incorporates a weighted least squares algorithm to estimate the relative positions of a set of stations, orbital and Earth-rotation parameters, zenith delays, and phase ambiguities by fitting to doubly differenced phase observations which are then input to GLOBK to combine the data with estimate positions and velocities. The estimated time series of positions and velocities resulted from processing the whole data in both GAMIT/GLOBK. There is an apparent trend and

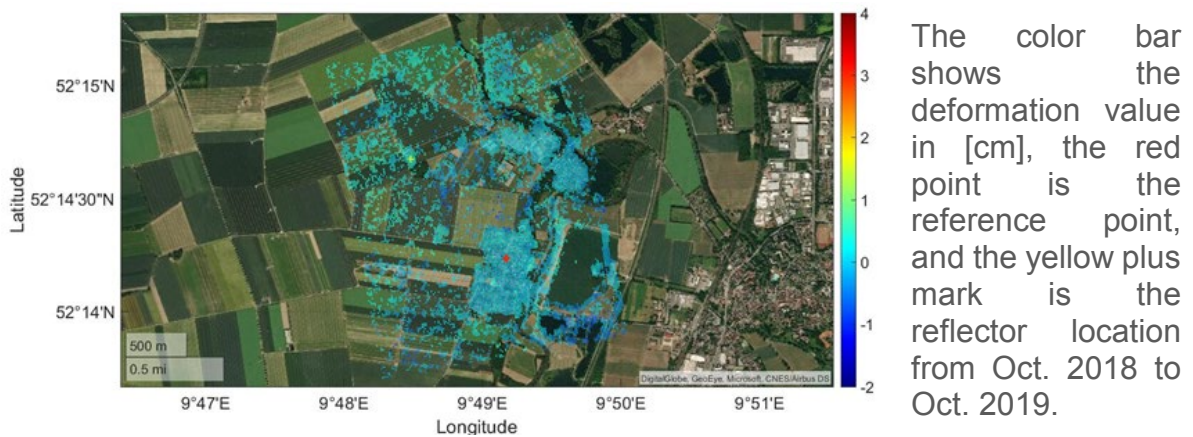
seasonality shown in the time series.

To start with InSAR analysis technique, 112 radar images are downloaded from ASF (Alaska Satellites facility) acquired from sentinel-1a ascending satellite level2-SLC data starting from 12. Jan 2016 and ending at 23. Oct 2019, the images consists of 3 sub swaths, the used sub swath in this project is the 2nd which covers Ruthe observatory. In order to estimate the deformation 1590 are generated using GMTSAR software.



POSITION TIME SERIES OF STATION RUTHE (0690) FROM NOVEMBER 2018 TO JANUARY 2020

The derived time series analysis is used then to estimate deformation for each date, the used technique called small baseline subset (SBAS) which is based on LSA, where the observations are the phase values of each pixel from all interferogram, and the unknown is the deformation of each pixel for each data, the output from SBAS is the deformation map.



DEFORMATION MAP FROM INSAR FOR RUTHE STATION, SOUTHERN HANNOVER, GERMANY.

A comparison between GNSS derived deformation in LOS direction and (brown line) InSAR deformation in LOS direction (blue line) at the station Ruthe shows the reasonable deformation results. It is recommended to have a further investigation to improve the InSAR deformation results by modeling the tropospheric effect using different techniques, such as applying a precise atmospheric model or power-law model. The used reference point in this project was a point with good coherence over buildings in the nearby city due to the small crop of interferograms, it is possible to use larger crop and use a different reference point over a near GNSS antenna but also far enough, e.g. a station in Braunschweig with known deformation to extract real deformations from both GNSS and InSAR techniques.

Studierende: Tamer Helmy Abdelhamid Ibrahim, Amina Alo, Samaa Fathi Faiz Al-khrisha

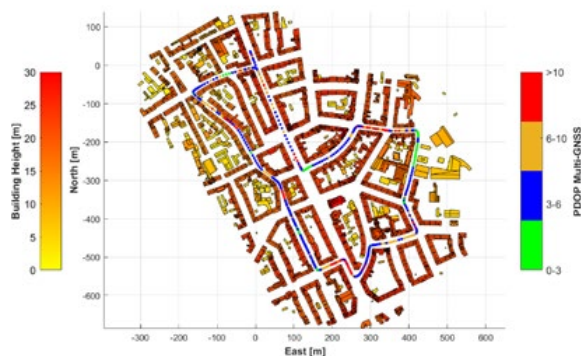
VERBESSERUNG VON MULTI-GNSS LÖSUNGEN MITTELS 3D GEBÄUDE- UND BAUMMODELLEN
BETREUENDE: NICOLÁS GARCÍA FERNÁNDEZ, LUCY ICKING, JOHANNES KRÖGER, FABIAN RUWISCH

Ziel des zweisemestrigen Projektseminars (Sommersemester 2020 und Wintersemester 2020/2021) war die Untersuchung von urbanen GNSS Beobachtungen und Verbesserung von GNSS Lösungen in kinematischen Szenarien.

Die städtischen GNSS Beobachtungen unterliegen starken Herausforderungen durch Abschattungen sowie Signalstörungen wie Diffraktion und Mehrwegeeffekte, die die Genauigkeit und Präzision der Positionslösung signifikant verringern kann. Bis heute gibt es keine ausgereiften Methoden, die diese Effekte eliminieren können.

Um diese Effekte genauer zu untersuchen, wurden zwei kinematische Experimente aus urbanen Gebieten herangezogen, in denen verschiedene geodätische und hochsensitive Empfänger eingesetzt wurden. Dabei wurde eine Trajektorie bis zu 20 Mal abgefahren, um Wiederholbarkeiten analysieren zu können.

Für eine detailliertere Auswertung der Signalstörungen wird ein von der Stadt Hannover frei zur Verfügung gestelltes 3D Gebäudemodell sowie Standort- und Metadaten von Bäumen aus OpenStreetMap und eigenen RTK-Messungen hinzugezogen.



**KLASSIFIZIERUNG GÜNSTIGER UND UNGÜNSTIGER
SATELLITENKONSTELLATIONEN IN URBANEN BEREICHEN.
HIER AUS DEM SÜDSTADT-EXPERIMENT**

Mit dem Gebäudemodell lassen sich Bereiche mit günstigen und ungünstigen Satellitenkonfigurationen klassifizieren, in der Abbildung beispielhaft anhand des PDOP gezeigt. So lässt sich erkennen, dass eine enge Straßenschlucht für einen hohen PDOP sorgt und somit eine besonders herausfordernde Umgebung darstellt.

Im nächsten Schritt werden Baumdaten hinzugezogen, um im Gebäudemodell nicht enthaltene Informationen zu ergänzen und die Signaleigenschaften durch Abschattung von Bäumen oder

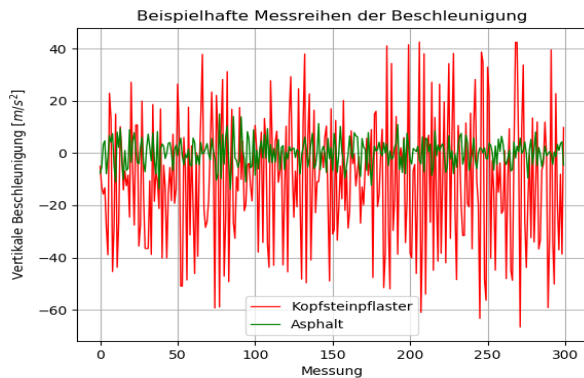
Gebäuden zu unterscheiden und besser zu charakterisieren. Dabei konnte mithilfe der Modelle bestätigt werden, dass die Signalstärke von Gebäuden und Bäumen unterschiedlich beeinflusst wird.

Bei der Berechnung einer PPP Lösung führen die geringe Beobachtungszahl und vielen Phasenunterbrechungen zu Schwierigkeiten in der Kontinuität und Präzision. Mit den Ergebnissen aus der Signalanalyse können Gewichtungsinformation gewonnen werden, die in die Algorithmen der Positionsberechnung einfließen und zu einer robusteren Lösung führen.

Studierende: Jana Berkel, Finn Boie, Vimal Chawda, Himanshu Gupta, Max Heiken, Kim Janecki, Qianwen Lin, Dennis Mußnug, Anat Schaper

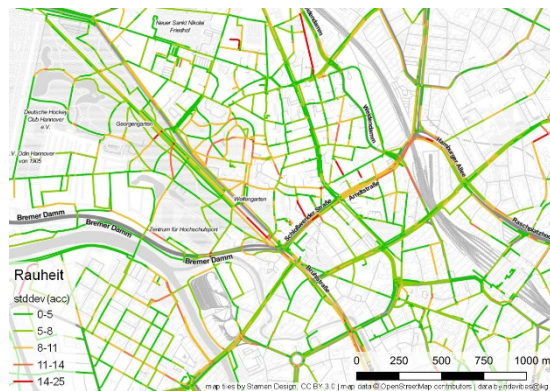
RIDE VIBRATIONS: KOMFORT ROUTING FÜR RADFAHRENDE - TEIL II + III (IKG)
 BETREUENDE: CHRISTIAN KOETSIER, UDO FEUERHAKE, OSKAR WAGE

Das Fahrrad wird von der breiten Öffentlichkeit zunehmend als ernstzunehmendes Fortbewegungsmittel - insbesondere im urbanen Raum - wahrgenommen. Doch bei der alltäglichen Nutzung fällt auf: Die Untergrundqualität und somit der Fahrkomfort variieren stark. Wo die kürzeste Route verläuft, können Radler inzwischen aus gängigen



ZWEI BEISPIELMESSREIHEN VON VERTIKALEN BESCHLEUNIGUNGEN UNTERSCHIEDLICHER INTENSITÄTEN AUF KOPFSTEINPFLASTER (ROT) UND ASPHALT (GRÜN).

Navigationsdiensten ableiten. Wie bequem sie auf diesen Wegen an ihr Ziel gelangen, aber weniger. Im IKG-Projektseminar "Ride Vibrations" wurde von Studierenden eine webbasierte Navigationsanwendung entwickelt, die für Fahrräder komfortable Alternativrouten präsentiert.



EINE KARTE DER ERMITTELTEN UNTERGRÜNDE, VON GLATT (DUNKELGRÜN) NACH UNEBEN (DUNKELROT).

Grundlage ist eine für Smartphones am IKG entwickelte App "RideVibes". Sie zeichnet die Fahrdynamik mit der integrierten Sensorik auf. Das Smartphone muss dabei lediglich während der Fahrt in einer Halterung am Fahrradlenker fixiert sein. Die App loggt per GNSS verortete Daten, wie die auf das Smartphone wirkenden Beschleunigungen, auf. Diese können nach der Fahrt selektiv und anonymisiert zur Analyse hochgeladen werden. Aus den auf diese Weise gewonnen vertikalen Beschleunigungen werden letztendlich Komfortfaktoren, wie ein Index der Oberflächenrauigkeit, abgeleitet. Diese werden genutzt, um die gemessenen Wegsegmente bei zukünftigen Routenberechnungen passend zu gewichten.

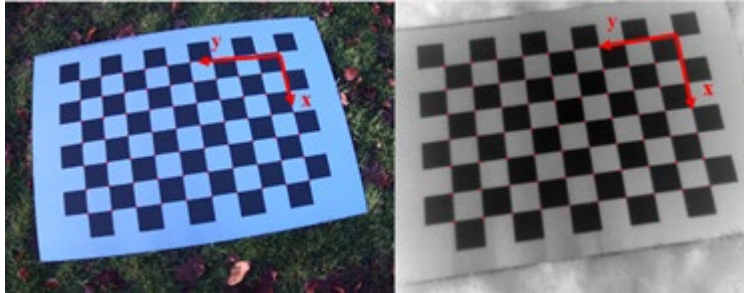
Siehe <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-367-2020>

Studierende im WS19/20 und SS20: Thido Beening, Samsondeen Dare, Anne Ponick, Niklas Maximilian Schild

UAV-BASED THERMOGRAPHY (IPI)

BETREUENDE: FRANZ ROTTENSTEINER, ARTUOM SLEDZ, PHILIPP TRUSHEIM

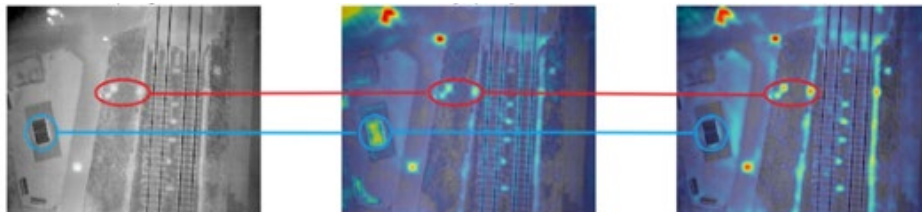
The goal of the two-semester project seminar was to evaluate UAV-based thermography. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to collect temperature information has increased in recent years. Due to their high versatility and low cost compared to thermal flights by a manned aircraft, thermal infrared (TIR) cameras are widely used for thermal and photogrammetric 3D data acquisition of objects. For the first part of this project was conducted during the winter semester of 2019/2020, an optical camera and a TIR camera were incorporated into the UAV and were used



STEREO CALIBRATION PAIR: OPTICAL IMAGE ON THE LEFT, TIR IMAGE ON THE RIGHT. RED AXIS SHOW THE AXIS ORIGIN.

as a stereo camera system. As part of the objectives for this project, the calibration of the cameras has been carried out, estimating the intrinsic parameters of both cameras as well as the relative orientation between the two cameras. Using optical and TIR images collected by the UAV, the

results of tie-point based image alignment for both cameras were evaluated in terms of precision determined by the calculation of the error between the Real Time Kinematic (RTK) and the photogrammetric measurement of the Ground Control Points (GCPs). The topic of automatic GCP detection was addressed and evaluated for both camera types as well. During the summer semester of 2020, the second part of the project seminar dealt with hot spot identification in TIR images. The key concept is that a hot spot, a region (group of pixels) in a TIR image with a higher average temperature than the



SALIENCY MAP OF A TIR IMAGE. TIR INPUT IMAGE IS SHOWN ON THE LEFT, WHERE BRIGHTER INTENSITY REPRESENT HIGHER TEMPERATURE. CENTRAL AND RIGHT IMAGES SHOW SALIENCY MAP OVERLAY, WHERE RED AND ITS HUE REPRESENT SALIENCY. IN THE CENTRE IS SHOWN ORIGINAL ITTI'S METHOD, WHILE COLD TABLE MARKED WITH BLUE IS SALIENT. RIGHT IMAGE SHOWS THE PROPOSED METHOD WHERE ONLY HOT SPOTS ARE SALIENT AND COLD SPOTS ARE DISMISSED.

surrounding area, is salient, i.e. draws the attention of the human eye in image. The saliency model proposed by Itti et al. (1998a)) was taken as a basis and a particular adaptation was

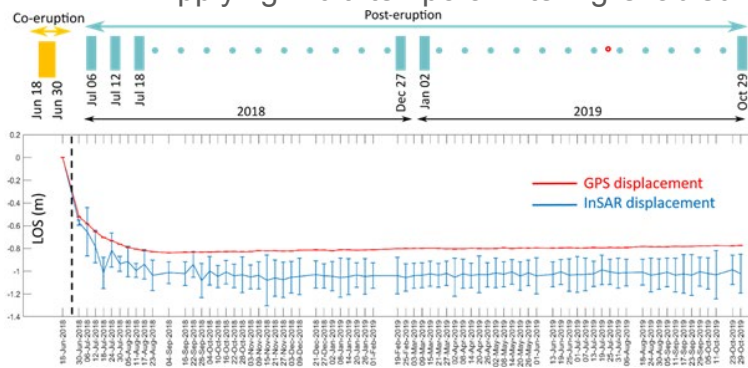
designed to ensure that the original approach was in line with the hot spot detection objective. Due to the lack of color information in the TIR images, color features were rejected from the saliency model. It has been shown that one such change is to restrict the center-surrounding difference, which is a key step in the saliency model suggested by Itti et al. (1998a)), to only positive values. As a consequence, only hot spots become salient and cold spots are dismissed. The final decision on the hot spot position was made by applying a threshold to the determined saliency map.

Studierende: Aravinthkumar Balasubramanian, Deepak Savanur, Dingxin Jin, Md Abdullah Al Faisal, Neeharika Mandala Gunasekhar, Gurpreet Singh, Hafiz Shahzad

**RADAR INTERFEROMETRY IN PRESENCE OF LARGE AND COMPLEX DEFORMATION (IPI),
BETREUENDE: FRANZ ROTTENSTEIER, SANAZ VAJEDIAN, DENNIS WITTICH**

Interferometric SAR (InSAR) analysis is a well-known method to estimate surface deformation. However, due to the complex phase gradient caused by large coseismic displacement, SAR data, cannot form a correlated interferometric phase in the near field area. Therefore, this study proposed an adaptive method to retrieve displacement caused by geophysical hazards such as landslides and volcanoes. The processing scheme consists of two steps: estimating large deformation corresponding to the co-event process and resolving slow-rate deformation related to the post-event phenomena. To overcome the SAR interferometric problem in the near-field area, we utilized image-alignment techniques and implement them on Sentinel-1 satellite data amplitude images. We applied both sparse and dense optical flow method to retrieve the large offset in both along and across-track directions. We modified several aspects of the offset tracking, including feature extraction, and sparse feature matching based on Lukas-Kanade.

To increase the offset tracking performance, we established a pre-processing analysis before image matching containing noise removal techniques. It includes Sigma Lee and multi-temporal de-noising methods. Applying multi-temporal filtering enabled us to improve the noise removal



TIME SERIES PLOT DIVIDED INTO CO-ERUPTION AND POST-ERUPTION. BLUE AND RED PLOTS INDICATE TIMESERIES DEFORMATION RESOLVED FROM INSAR AND GNSS OBSERVATIONS, RESPECTIVELY.

process by decreasing the speckle noise by averaging many multi-temporal images within the stacking analysis.

As the second step, to estimate the post-event process's low-rate deformation, we used SBAS time series analysis using all possible pairs with short spatial and temporal baselines. This analysis

helped us to produce a larger number of interferograms and reduce other effects like decorrelation and atmospheric effects.

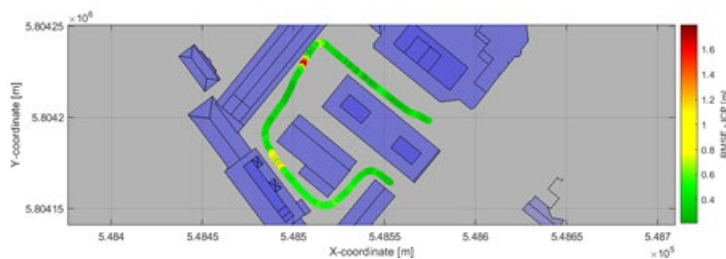
We implemented adaptive methods for two different events; First was a large landslide event in the Mela-Kaboud region in Iran that was triggered after a massive earthquake of Mw 7.3. The second case study was related to the Volcano eruption in Siera-Negra, where we implement both offset tracking and SBAS analysis to measure the large co-eruption and slow-rate post-eruption. We used GNSS observations to evaluate the estimated displacement maps. The figure shows a good agreement in measuring the large displacement of the co-eruption event as blue and red lines show ~50 cm displacement along the line of sight direction. The post-eruption time series plots resulting from the InSAR processing follow the GNSS time series with a ~20 cm bias.

Studierende: Buerlike Alai, Xiangyu Bao, Moustafa Elesawy, Mohsen Soleymanghezgelgechi, Seyedeh Razieh Hosseini

GEOREFERENZIERUNG UND VALIDIERUNG VON LASERSCANNER-BASIERTEN MULTISENSORSYSTEMEN (GIH),

BETREUENDE: SÖREN VOGEL, HAMZA ALKHATIB, ROZHIN MOFTIZADEH

Am Geodätischen Institut wurde sich in den beiden Projektseminaren im Sommersemester 2020 und Wintersemester 2020/2021 mit der Georeferenzierung und Validierung von Laserscanner-basierten Multisensorsystemen beschäftigt. Dabei ist die ausgehende Fragestellung, inwieweit kinematische Multisensorsysteme auch in herausfordernden Umgebungen (wie z.B. innerstädtischen Bereichen) genau, zuverlässig und vollständig georeferenziert werden können. Ansonsten häufig verwendete Lösungsstrategien basieren auf GNSS-Beobachtungen und IMU-Daten, welche jedoch in langgestreckten Straßenzügen mit hoher Bebauung schnell an ihre Grenzen stoßen und nur Genauigkeiten von einigen Dezimeter bis Meter ermöglichen. Grund hierfür sind sowohl Mehrwegeeffekte und Abschattungen als auch zeitabhängige Drifteffekte der inertialen Messwerte.



GEFILTERTE GEOREFERENZIERUNG EINES KINEMATISCHEN MULTISENSORSYSTEMS AUF BASIS VON ZUSÄTZLICHEN OBJEKTRAUMINFORMATIONEN. DIE FARBSKALAR GIBT DIE JEWEILIGE ABWEICHUNG PRO EPOCHE ALS RMSE ZU EINER REFERENZPUNKTWOLKE AN.

Um diesen Herausforderungen entgegenzuwirken sollten bestehende Ansätze zur Integration von zusätzlichen Objektrauminformationen in einem Filteralgorithmus zur Georeferenzierung erweitert und auf Basis echter Daten getestet werden. Diese Zusatzinformationen beziehen sich hauptsächlich auf die

Laserscannerbeobachtungen, welche mit digitalen 3D Stadt- und Geländemodellen verknüpft werden sollten. Daneben wurde auch an einem verbesserten physikalischen Modell zur Prädiktion der Zustandsparameter im Filteransatz gearbeitet, welches nun auch GNSS- und IMU-Beobachtungen berücksichtigt und hinsichtlich des Systemrauschens präziser abgestimmt ist.

Neben der (Weiter-)Entwicklung des Filteransatzes zur Georeferenzierung bildete die Validierung der dabei erzielten Ergebnisse auf Basis unterschiedlicher Qualitätsparameter den zweiten Schwerpunkt des Projektseminars. Hierfür wurde u.a. eine hochgenaue statische Referenzpunktwolke im Bereich des Innenhofes zwischen Hauptmensa und dem Eckgebäude Nienburger Str. / Am Schneiderberg aufgenommen. Auf Basis dieser konnten sowohl flächen- als auch parameterbasierte Qualitätsanalysen durchgeführt werden. Im Hinblick auf die weiträumige Erfassung mit Fahrzeug-basierten Multisensorsystemen wurde zudem ein automatischer Ansatz entwickelt, welcher epochenweise automatisch geeignete geometrische Primitive (z.B. Ebenen, Zylinder) in einer kinematisch erfassten Punktwolke identifiziert und zur Qualitätsbeurteilung mit zugehörigen Objekten in einer Referenzpunktwolke statistisch vergleicht.

Studierende: Dominik Ernst, Jan Jüngerink, Tamer Ibrahim, Paula Lippmann, Timo Kaminski, Leon Kindervater, Lukas Kohlrutz, Leon Siebert

BESTIMMUNG VERGLEICHBARER LAGEN FÜR DIE STADT HANNOVER MITTELS GIS (GIH),
BETREUENDE: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß

Ziel dieses Projektes ist die Erstellung einer Karte gleichwertiger Lagen für das Gebiet der Stadt Hannover. Diese Karte soll zur Identifizierung von Kauffällen in vergleichbaren Lagen im Zuge einer Verkehrswertermittlung dienen. Die Grundlage für die Methodik sowie die Vorgehensweise stellt das Modell von [BAKKER, 2018] dar, welches in einem Geoinformationssystem (GIS) implementiert wird. Das Modell von [BAKKER, 2018] vereint alle relevanten Lageinformationen aus Geodaten miteinander, sodass die Geodaten für die Aufgaben der Wertermittlung und für die Markttransparenz genutzt werden können. Aufgestellt wurde das Modell einst für ganz Niedersachsen als Untersuchungsgebiet.

Im Rahmen dieses Projektes dient als Untersuchungsgebiet die Stadt Hannover. Diese wird nach Nutzungsarten (sachlicher Teilmarkt) getrennt untersucht, wobei explizit die Lagen für Wohn- und kommerzielle Nutzung analysiert werden.

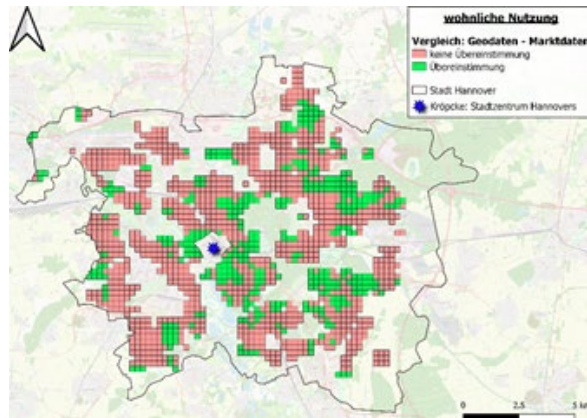
Als Datengrundlage für die Analyse fungieren sowohl frei verfügbare Geodaten als auch Marktdaten. Im Zuge der Geodaten werden Distanzen zu Einrichtungen der Daseinsvorsorge sowie Faktoren der Verkehrsanbindung als Standortindikatoren betrachtet. Bei den Marktdaten liegt der Fokus auf Mieten und Bodenrichtwerten. Die gesammelten Daten werden zu Rasterdaten aggregiert. Dabei wird für die wohnliche Nutzung ein Gitter mit einer Gitterweite 250m x 250m verwendet, während bei der kommerziellen Nutzung ein gröberes Gitter mit 500m x 500m Anwendung findet. Der Bereich der Innenstadt wird mit einem sehr feinen Gitter mit Gitterweite 50m x 50m untersucht, da hier die Daten auf kurzen Distanzen stark variieren können.

Entsprechend wird jeder Standortfaktor, der im Rahmen der Geodaten Anwendung findet, in Klassen aufgeteilt. Da sich jeder Indikator in Form von Distanzen darstellen lässt, werden auf Grundlage der Untersuchungen von [BAKKER, 2018] drei Klassen je Indikator gebildet. So kann eine Entfernung zu einem Objekt als „gut“, „moderat“ oder „schlecht“ klassifiziert werden. Entsprechend werden Punkte von 1 bis 3 vergeben und im Ergebnis gewichtet addiert.

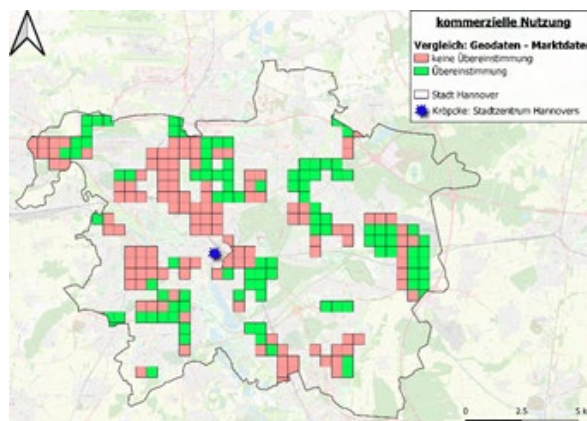
Die Klassifizierung der Marktdaten erfolgt auf anderem Wege. Hier wird die Verteilung der Werte betrachtet, wobei festzustellen ist, dass die Werte sowohl sehr stark als auch sehr schnell schwanken. Durch Betrachtung der Verteilung lassen sich daher keine Klassen gleicher Schrittweite bilden, sondern unterschiedlicher Größe. Auch hier werden drei Klassen mit der Bewertung 1 bis 3 gebildet, die ebenfalls im Ergebnis gewichtet addiert werden.

In einem finalen Schritt werden die beiden einzelnen Ergebnisse, die auf den Geodaten bzw. den Marktdaten basieren, miteinander verglichen und verschnitten. In den folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse für die wohnliche Nutzung, die kommerzielle Nutzung und die kommerzielle Nutzung in der Innenstadt (um das Stadtzentrum „Kröpcke“) dargestellt. Dabei ist festzustellen, dass es bei der wohnlichen Nutzung bei etwa zwei Dritteln der Daten zu keiner Überschneidung von Geo- und Marktdaten kommt (rote Punkte). Die grünen Punkte weisen eine Überschneidung zwischen Geo- und Marktdaten auf. Besonders auffällig ist dabei die

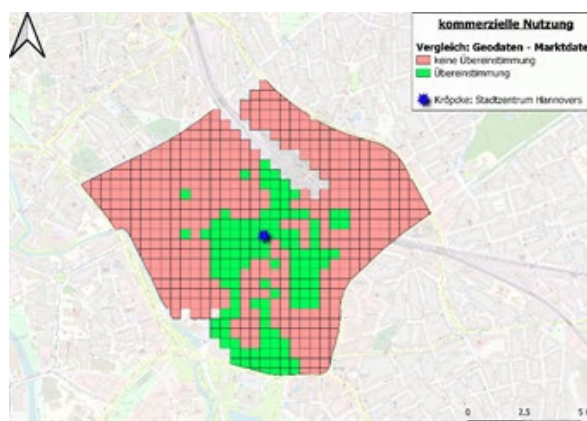
Übereinstimmung in den Bezirken Südstadt-Bult, Ricklingen, Nordstadt, Vahrenwald-List, Bothfeld und Kirchrode. Bei der kommerziellen Nutzung fällt auf, dass die Anzahl der Überschneidungen und die Anzahl ohne Überschneidungen in etwa übereinstimmen. Besonders gut stimmen die Geo- und Marktdaten in den Bezirken Buchholz- Kleefeld, Misburg-Anderten und Vahrenwald- List überein. Keine Übereinstimmung gibt es besonders in Hannover- Nord und Linden- Limmer. In der Innenstadt um den „Kröpcke“ überwiegen keine Überschneidungen, lediglich direkt um das Stadtzentrum und im Süden davon kommt es zu Überschneidungen zwischen Geo- und Marktdaten.



ERGEBNIS WOHNEN



ERGEBNIS GEWERBE



ERGEBNIS GEWERBE CITY

Studierende: Aravinthkumar Balasubramanian, Sharon Dornbusch, Ismail Genctürk, Franziska Hannig, Anjan Kar, Malin Langhoff, Olga Shkedova

PRAXISPROJEKTE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

PRAXISPROJEKT TOPOGRAPHIE (IKG), BETREUER: FRANK THIEMANN, MALTE SCHULZE

Die Kontaktbeschränkungen der Coronazeit erforderten auch beim Praxisprojekt Topographie Anpassungen bei der Durchführung, da sowohl eine Gruppenfahrt, als auch eine Anreise in Fahrgemeinschaften nicht möglich waren. Auch die Einweisung der Studierenden in die Messgeräte hätte sich unter Abstandsgebot sehr schwierig gestaltet. Wir hatten uns daher dazu entschieden, die Übung weitgehend mit ArcGIS im Home-Office durchzuführen. Damit die Studierenden das Gelände besichtigen konnten, musste ein mit ÖPNV erreichbares Objekt gewählt werden. Unsere Wahl fiel auf den Hinüberschen Garten in Marienwerder. Der Landschaftsgarten an der Leine wird von einigen Dünen durchzogen, sodass ausreichend Geländestruktur vorhanden ist. Anstelle einer tachymetrischen Aufnahme wurde die Topographie aus Airborne-Laserscan-Daten erfasst.

Die 14 GuG- und zwei Nebenfach-Studierenden bearbeiteten jeweils das gesamte Gebiet. Zunächst wurden aus den ALS-Punktwolken in ein Gitter-DGM gerechnet. Dieses



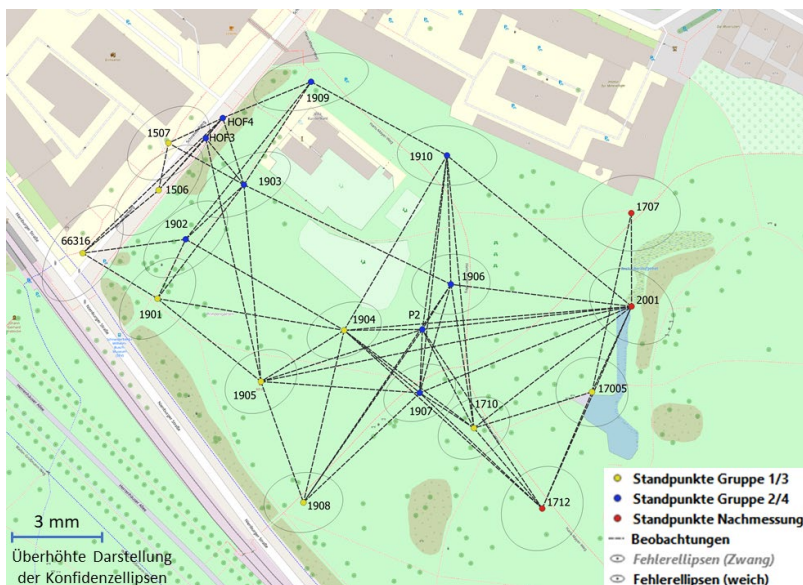
HÖHENLINIENPLAN VOM HINÜBERSCHEN GARTEN (NORDTEIL)

wurde anschließend mittels verschiedener Schummerungen und Höhenlinien visualisiert. Nach einer ersten Feldbegehung in kleinen Gruppen wurden anhand dieser Visualisierungen Objekte wie Wege, Gräben und Böschungen erfasst. In regelmäßigen kleinen und großen Videokonferenzen wurden der Fortschritt besprochen und offenen Fragen geklärt.

Nach Fertigstellung des Höhenlinienplans fanden die Feldvergleiche statt, bei denen die mitunter nur undeutlich erkennbaren Geländeformen genau in Augenschein genommen und der Plan entsprechend korrigiert wurde.

Am Praxisprojekt „Ingenieurgeodäsie“ in 2020 haben zwölf Studierende aus dem 4. Bachelorsemester teilgenommen. Die Betreuung erfolgte durch je zwei wissenschaftliche Mitarbeiter und studentische Hilfskräfte seitens des GIH. Die Messungen und Auswertungen fanden im Zeitraum vom 20. - 31.07.2020 statt. Auch das Praxisprojekt stand unter dem Einfluss der COVID-19-Pandemie. Daher erfolgte die örtliche Durchführung nicht wie in den letzten Jahren im Raum Bad Salzdetfurth, sondern auf dem Campus der Leibniz Universität Hannover im Prinzen Garten/Schneiderberg.

Ziel war die Erneuerung des Hochschulfestpunktfeldes im Prinzen Garten zwischen GIH (Schneiderberg) und Welfenschloss. Hierzu wurden tachymetrische Netzmessungen, auf mehreren Standpunkten und mehreren Sätzen sowie Präzisionsnivelements zur Höhenbestimmung durchgeführt. Nach örtlicher Begehung entstand ein Ablaufplan der Messungen, mit den wesentlichen Kriterien Genauigkeitsvorgaben ($\sigma_{Lage} \leq 3 \text{ mm}$, $\sigma_{Höhe} \leq 0,5 \text{ mm}$) und Effizienz (zeitlich optimierte Durchführung). Im Anschluss erfolgten die praktischen Arbeiten in vier Gruppen und an vier Tagen.



NETZPLAN PRINZENGARTEN MIT BEOBSACHTUNGEN UND KONFIDENZELLIPSEN

Des Weiteren wurden Teile des Eckgebäudes (Schneiderberg/Nienburger Str), insbesondere die Dachflächen durch statisches terrestrisches Laser-scanning erfasst. Das Ziel war die Erstellung einer hochgenauen Referenzpunkt-wolke für aktuell am GIH laufende Forschungsprojekte.

Hierzu wurden mit einem Laserscanner (Z+F IMAGER 5016) mehrere statische Scans durchgeführt.

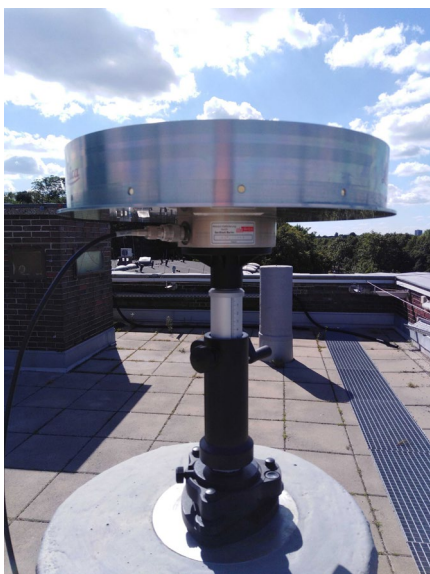
Anschließend erfolgte die Transformation in das ETRS89 (UTM-Abbildung) über mehrere vorhandene Referenznetzpunkte. Das Ergebnis war eine Referenzpunkt-wolke mit einer Genauigkeit von ($\leq 5 \text{ mm}$), welche zukünftig zu Validierung von kinematischen Anwendungen, wie z.B. eines UAV-basierte Multi-Sensor-Systems, verwendet werden kann.

Die abschließende Auswertung und Vorstellung der Ergebnisse erfolgte online. Das Resümee aller Beteiligten war sehr positiv, konnten doch zum größten Teil die entfallenden praktischen Messungen der Lehrveranstaltung Ingenieurgeodäsie des SoSe 2020 kompensiert werden.

Studierende: Jan-Eric Bewer, Mareike Brekenkamp, Joel Erfkamp, Christoph Evensen, Birte Friedrichs, Sebastian Heidweiler, Suman Khanal, Jonas Körding, Konstantin Liske, Mark Oppermann, Max van der Linde, Rieke Völl

Aufgrund der aktuellen Covid-19 Situation wurde das diesjährige Praxisprojekt Landesvermessung, anders als in den Vorjahren, in der Leibniz Universität Hannover sowie den umliegenden Parkanlagen unter Einhaltung der Hygieneregeln durchgeführt. Dabei haben die 11 Studierenden des 6. Bachelorsemesters verschiedene Forschungsfragen aus dem Bereich der GNSS-Positionierung analysiert. Die Studierenden wurden dabei von zwei Betreuern sowie einer studentischen Hilfskraft begleitet. In der ersten Woche des Projekts sind die erforderlichen Messdaten erhoben worden, sodass diese in der zweiten Woche im Homeoffice ausgewertet und detailliert analysiert werden konnten. Die Ergebnisse sind in einem Abschlussbericht zusammengefasst und am 31.07.2020 vor einem Fachpublikum in einer Online-Präsentation vorgestellt worden.

Jedem Studierenden wurde eine Forschungsfrage zugewiesen, die er mit der Software Leica Infinity sowie den erhobenen Messdaten beantworten sollte. Die praktischen Messungen wurden jedoch von jedem Studierenden durchgeführt, dazu zählen RTK-Messungen mit variierendem Abstand vor einem Gebäude (ca. 7-9 m hoch). Die Auswertung zeigte, dass ein Abstand von 10 m notwendig ist, um die geforderte RTK-Genauigkeit zu erreichen. Außerdem wurden GNSS-Messung einer Nullbasislinie analysiert, um die Performance eines Low-Cost-Empfängers und eines geodätischen Empfängers in urbanen Gebieten zu untersuchen. Es zeigte sich, dass der Low-Cost-Empfänger mehr Satellitensignale empfangen kann. Des Weiteren sind GNSS-Messungen auf bekannten Punkten durchgeführt worden, wobei bei einigen Punkten ein Antennenwechsel oder ein kompletter Neuaufbau des Stativs innerhalb einer Session verrichtet worden ist. Ein solcher Antennenwechsel bzw. Neuaufbau besaß keinen signifikanten Einfluss auf die geschätzte Position. Des Weiteren wurde ein kleines GNSS-Netz auf dem Messdach des Geodätischen Instituts



VERSTELLBARER HÖHENADAPTER

Hannover gemessen. Um Deformationen zu simulieren, ist eine Antenne mittels eines speziellen Höhenadapters kontinuierlich gesenkt worden (Bild). Es stellte sich heraus, dass Höhenänderungen mittels GNSS erst ab einer Absenkung von 10 mm detektiert werden können. Außerdem wurden die GNSS-Messung einer Messdachstation in verschiedene Sessionlängen aufgeteilt. Die Ergebnisse zeigten, dass bereits ab einer Sessionlänge von 30 Minuten eine sub-cm Genauigkeit erreicht werden kann. Ab einer Sessionlänge von 3 Stunden konnten keine signifikanten Genauigkeitssteigerungen mit Verlängerung der Sessionlänge erzielt werden.

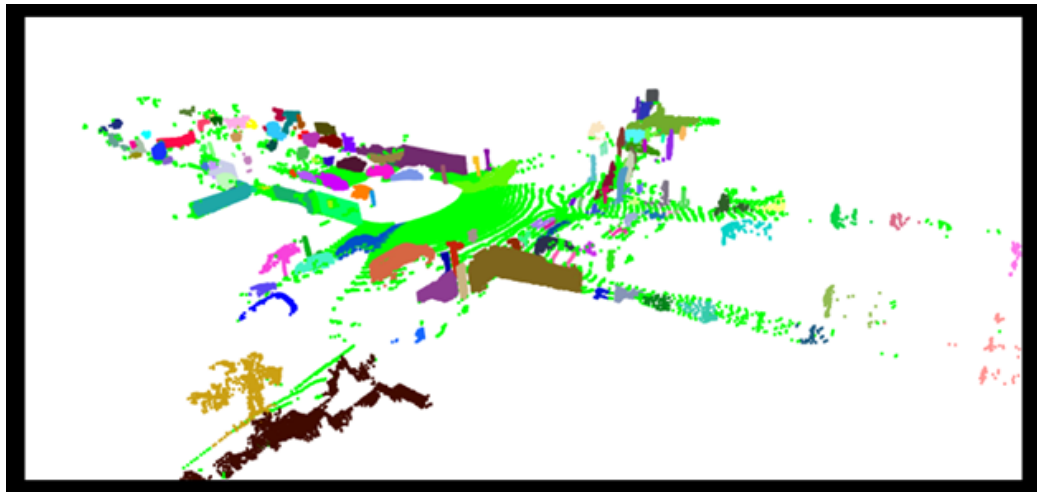
PRAXISPROJEKTE IM STUDIENGANG NAVIGATION UND UMWELTROBOTIK

LIDAR-PUNKTWOLKENSEGMENTIERUNG VON VERKEHRSTEILNEHMERN (IKG)

BETREUER: STEFFEN BUSCH

Im Praxisprojekt II segmentierte ein Studierender verschiedene Punktwolkendatensätze mittels Clusterverfahren. Die Datensätze wurden von verschiedenen 360° LiDAR auf Fahrzeugdächern im täglichen Verkehr aufgenommen. Dem Studierenden wurden drei Datensätze mit 3D Bounding Boxen für Objekte und ein Datensatz des IKG ohne Bounding Boxen zur Verfügung gestellt. Die Validierung der Clusteransätze wurde auf Basis der richtig segmentierten Punkte vorgenommen. Zu diesem Zweck wurden nur Objekte, für die es eine BB gibt, berücksichtigt und die segmentierten Punkte auf diesen Objekten gezählt. Nach dem Vergleich verschiedener Clusterverfahren wurde das, auf der einer hierarchischen Dichteanalyse basierende, HDB-SCAN als das geeignetste Verfahren gewählt und die Performance auf den verschiedenen Datensätzen verglichen. Schließlich konnte die Performance durch das Entfernen der Bodenebene unter Verwendung des RANSAC Algorithmus gesteigert werden und liegt für alle Datensätze mit einem F1-Score von über 0.8 auf einem hohen Niveau.

Studierender: Christian Grannemann



HDB-SCAN SEGMENTIERTE PUNKTWOLKE

STUDENTISCHES FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSPROJEKT

BESTIMMUNG DES OPTIMALEN PROZESSRAUSCHENS FÜR BEWEGUNGSMODELLE IN DER FLUGNAVIGATION (IFE), BETREUER: DENNIS KULEMANN

Die NuUR-Studierenden unter Leitung des IFE beschäftigten sich dieses Wintersemester mit der Bestimmung eines optimalen Prozessrauschens für verschiedene Bewegungsmodelle mit Anwendung in der Flugnavigation. Während in Flugmanövern mit geringen Dynamiken eine ausreichend hohe Navigationsperformance gewährleistet werden kann, treten in dynamischen Manövern und insbesondere in engen Kurven größere Abweichungen auf. Diese Abweichungen konnten bereits in einer vorhergehenden Masterarbeit, die als Basis dieses Projektes verwendet wird, durch die Implementierung verschiedener Bewegungsmodelle verbessert werden. In diesem Projekt soll nun der Fokus auf die Optimierung des Prozessrauschens gelegt werden, welches zunächst für die dynamischen Manöver bestimmt und anschließend in einem adaptiven Kalman-Filter verwendet werden soll.

Zur Bestimmung des optimalen Prozessrauschens wird zunächst eine Monte-Carlo Simulation – mit verschiedenen Einstellungen - über die Bereiche der dynamischen Manöver durchgeführt und so ein optimales Prozessrauschen ermittelt. Dieses wird dann in einem adaptiven Kalman-Filter verwendet, der anhand eines Schwellwertes auf Basis gemessener Drehraten, zwischen Kurven und Geraden unterscheidet. Zusätzlich werden für die Werte des Prozessrauschens MATLAB-interne Optimierungsverfahren verwendet und mit den zuvor erzielten Ergebnissen verglichen. Schließlich kann eine Verbesserung der Abweichung insbesondere in Bereichen mit dynamischen Manövern, aber auch entlang der gesamten Trajektorie erreicht werden.

Studierende: Kai-Niklas Baasch, Leonard Göttert, Felix Kock

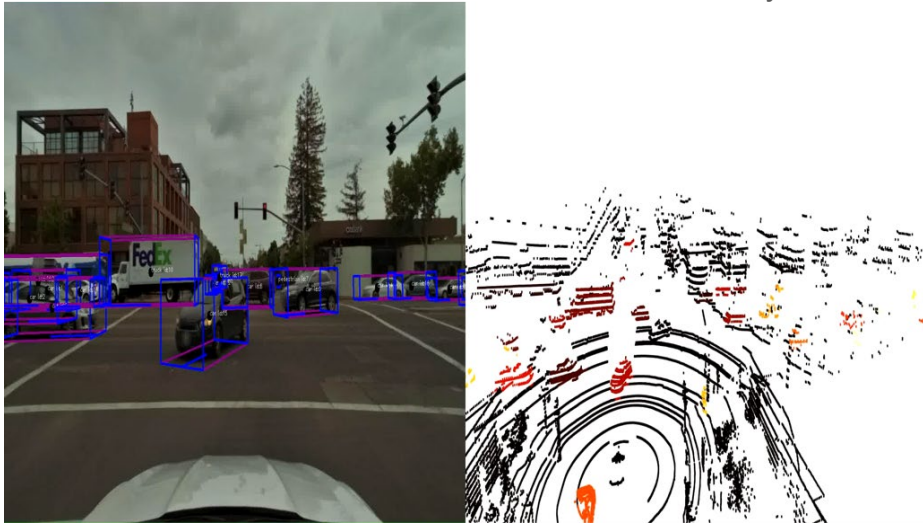
DETEKTION/TRACKING VON VERKEHRSTEILNEHMER MITTELS NEURONALEN NETZWERKEN (IKG), BETREUER: STEFFEN BUSCH

Unter Leitung des IKG segmentierten die Studierenden dieses Wintersemester Fahrzeuge, Fußgänger und Radfahrer in Punktwolken und Bildern mittels Neuronaler Netze. Ziel des Projektes ist die Evaluierung der Performance aktueller Neuronaler Netze auf Datensätzen, die nicht während des Trainings genutzt worden sind, um eine generelle Aussage zur Güte der Vorhersagen auf eigenen Datensätzen zu treffen und die Abhängigkeit der Netzwerke zu spezifischen Sensorsetups zu überprüfen. Den Studierenden wurden zwei weitverbreitete Datensätze (Waymo & Nusences) in einem einheitlichen Format und ein Remote Zugriff auf eine Grafikkarte zur Verfügung gestellt.

Zunächst unterschieden die Studierenden drei Ansätze: Der erste Ansatz verwendet ein mono Kamerabild, um eine 3D Bounding Box (BB) zu schätzen, der zweite Ansatz verwendet ein Voxelgrid für die Vorhersage der BB und der dritte Ansatz reichert die unstrukturierte Punktwolke mit Bildinformation an. Die Studierenden teilten die Themengebiete unter sich auf und wählten zunächst jeweils eine Netzwerkstruktur auf Basis der Literatur aus. Anschließend wurde die Leistung, der vom Autor trainierten Netze, auf den Datensätzen überprüft, bevor die Gewichte der Netze durch

ein eigenes Training auf den Datensatz angepasst wurden. Als Validierungsmaß verwendeten die Studierenden die „Intersection over Union“ der resultierenden BB, wobei eine Überlappung von 50% als Schwellwert für richtig erkannte Objekte festgelegt wurde. Insgesamt stellte jeder Studierende vier Netzwerkkonfiguration gegenüber: die vortrainierte, zwei jeweilig auf einem Datensatz und eine auf beiden Datensatz trainierte. Die Performance wurde für jeden Datensatz getrennt und auf der Vereinigung beider Datensätze verglichen.

Studierende: Christian Granemann, Maximilian Meyer, Pascal Schade

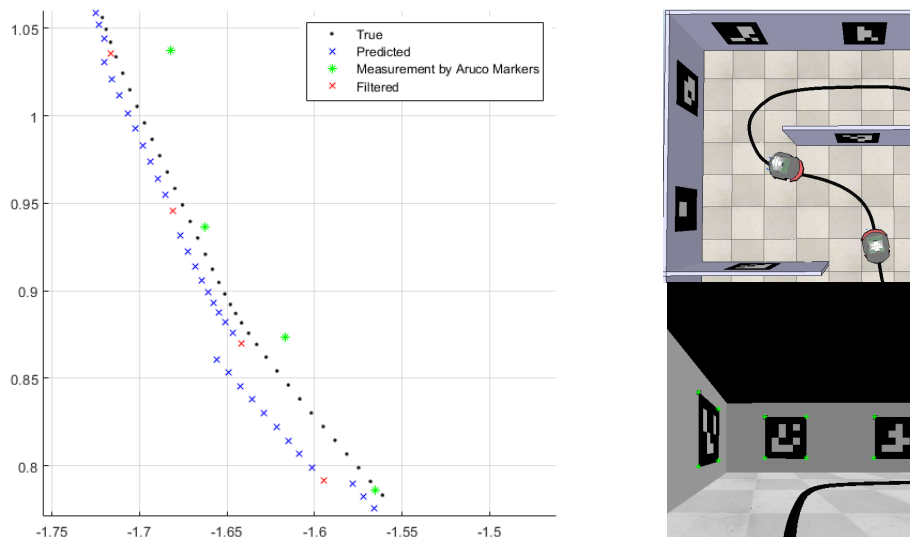


TRAININGSDATEN: FRONTKAMERASICHT MIT 3D BOUNDING BOXEN (LINKS) UND NACH OBJEKT ID EINGEFÄRBTE PUNKTWOLKE (RECHTS)

GEOREFERENCING OF MOBILE ROBOTS IN A SIMULATED ENVIRONMENT (GIH)

BETREUER: MOHAMMAD OMIDALIZARANDI

This project carried out by four students from 4th and 5th semester of the master program of “Navigation und Umweltrobotik”. The COVID-19 pandemic situation motivates us to benefit simulation software, the so-called “CoppeliaSim”, which is highly flexible in designing an environment. It allows to reduce cost and labor works. However, it is a free software for educational purposes. Besides, it saves healthiness in current pandemic situation. Such simulation environment opens a new window in engineering fields in particular, engineering geodesy, with many applications. In this project, we discover multiple possibilities to georeference moving robots inside the simulated environment. Working inside a simulation environment has its own advantages and challenges. We examine various possibilities to retrieve the position and orientation of a moving robot in a simulated environment. For this purpose, three different types of sensors are used, which are wheel encoder, cameras and total stations.



PART OF A TRAJECTORY OF ROBOT 1 IN WORLD COORDINATE SYSTEM (LEFT), SCHEME OF THE COPPELIASIM SOFTWARE (RIGHT)

First, we use the wheel encoders to retrieve motor ticks of the left and right motors and to calculate a 2D position and heading with a simple motion model known as odometry. Next, passive targets (Aruco markers) are placed on the simulated walls, which are captured by a camera. From the captured images, the camera position and orientation are estimated using the corners of the Aruco markers in pixel and their corresponding known 3D world coordinates. We also design a scenario where two robots move around, both carrying a total station and a target (prism) on top. The two robots observe each other and providing information about the position of the one robot in the another robot coordinate system. The use of the aforementioned Aruco targets are particularly of interest, while two robots lose the measurements of each others. Therefore, the position of the robots can be still estimated in a global coordinate system. Finally, all the above mentioned scenarios are combined in an extended kalman filter. The odometry is used to predict the position and the measurements provided by the camera and the total stations are used in the filtering step.

Students: Marion Zielinski, Thorben Freitag, Fan Wu, Qin Yuanzheng

AUS DER GESELLSCHAFT

BERICHT ÜBER DIE MITGLIEDERVERSAMMLUNG DER GESELLSCHAFT

Aufgrund der Corona-Pandemie musste die Mitgliederversammlung 2020 leider verschoben werden. Daher entfallen in diesem Fördererheft auch die Informationen über die Mitgliederehrungen, die Mitgliederentwicklung, der Kassenbericht und Haushaltsplan 2020/21. Sie werden schnellstmöglich nachgereicht.

Als neuer Termin ist der 16.11.2021 für eine zusammengefasste Mitgliederversammlung der Jahre 2020 und 2021 vorgesehen.

BERICHT ZUR GROSSEN GEODÄTISCHEN EXKURSION 2020

Aufgrund der Corona-Pandemie musste die Große Geodätische Exkursion 2020 leider entfallen.

BERICHT DER FACHSCHAFT

Trotz der erschwerten Umstände war auch in 2020 die Arbeit im Fachrat ein fester Bestandteil des Alltags der aktuell 21 darin vertretenen Studierenden.

Zum Jahresbeginn wurde auf dem Winterball gemeinsam mit dem Fachrat Bauingenieurwesen erstmals der studentische Preis für Lehre an unserer Fakultät verliehen. Aus dem Fachbereich Geodäsie konnte Herr Akbar Shabanloui mit dem Modul 'Geodynamik und Geokinematik' das Rennen als bester Übungsleiter für sich entscheiden.

Im April wurde dann, wie auch die gesamte Lehre an der Universität, die Fachratsarbeit auf Online-Betrieb umgestellt. Die im Sommersemester geplante Konferenz der Geodäsiestudierenden (KonGeoS) in Bonn wie auch das International Geodetic Student Meeting (IGSM) in Thessaloniki mussten zur Enttäuschung vieler Studierender abgesagt werden.

Die Mitarbeit in den verschiedenen Gremien der Universität (u.a. Studienkommission, Fakultätsrat, PR-Kommission, Studentischer Rat, Fachschaftenkonferenz) konnte auch in den Online-Formaten aufrechterhalten werden.

Im Oktober stand wie in jedem Jahr die Einführung der neuen Erstsemester an, an deren Organisation sich der Fachrat jedes Jahr in hohem Maße beteiligt. Diese konnte zum Glück der neuen Studierenden wenigstens in hybrider Form stattfinden, sodass Führungen in Kleingruppen über das Campusgelände und eine persönliche Begrüßung möglich waren.

Im Dezember beteiligten sich Studierende des Fachrats außerdem an der ersten digitalen KonGeoS, ausgerichtet durch die Fachschaft der HCU Hamburg.

Über die gewöhnliche Fachratsarbeit hinaus stand in diesem Jahr auch die Organisation des IGSM im Mai 2021 an. Alle zwei Wochen wurden in gesonderten Sitzungen die Planungen der verschiedenen Arbeitsgruppen zusammengetragen und koordiniert. Leider ist es nun auch in diesem Jahr nicht möglich, eine solche Veranstaltung in Präsenz durchzuführen. Das Orga-Team plant aber auf Hochtouren an einer Online-Variante und ist zuversichtlich, dass in 2022 das erste IGSM nach einer dann 3-jährigen Pause in Hannover stattfinden kann.

NEUE GESCHÄFTSSTELLENADRESSE EINGERICHTET



Die Geschäftsstelle der Förderergesellschaft wurde im Januar 2020 in das Geodätische Institut (GIH) verlegt. Frau Dipl.- Betriebswirtin (FH) Christine Bödeker, Mitarbeiterin des GIH, betreut die Geschäftsstelle und ist als zentraler Anlaufpunkt für Ihre Fragen und Anregungen unter geschaeftsstelle@hannover-foerdert-geodaesie.de zu erreichen.

NEUE WEBSEITE UND EMAIL-ADRESSEN DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Die neu gestaltete Website der Förderergesellschaft finden Sie unter der folgenden URL: <https://www.hannover-foerdert-geodaesie.de/>

Dort sind auch die neu eingerichteten Email-Adressen für den Vorstand und für die Schatzmeisterin zu finden:

Vorstand: vorstand@hannover-foerdert-geodaesie.de

Schatzmeisterin: schatzmeisterin@hannover-foerdert-geodaesie.de

EINRICHTUNG EINES NEWSLETTER-VERTEILERS

Mit der neuen Website wurde auch ein Verteiler für einen Newsletter erstellt, um die Förderer zukünftig auf diesem Weg auf Neuigkeiten und Aktuelles hinweisen zu können. Dafür wurde im Oktober 2020 zum ersten Mal ein Newsletter mit aktuellen Informationen per Email an alle Mitglieder verteilt. Für die Zukunft können hierin auch Anregungen der Mitglieder aufgenommen werden. Vorschläge dafür bitte gern an unsere Geschäftsstellen-Kollegin Christine Bödeker (s.o.).

AUFRUF WALTER-GROSSMANN-PREIS 2021 DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Zur Erinnerung an Prof. Dr.-Ing. E.h. Walter Großmann stiftet die Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover den „Walter-Großmann-Preis“. Der Preis besteht aus einer Verleihungsurkunde sowie einem Geldbetrag von € 2.000,-. 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 2019 bis 30. September 2021 eingereicht und beurteilt wurde.

Eine allgemeinverständliche, öffentlichkeitswirksame Darstellung (Presseartikel) des betreffenden Forschungsbereichs ist bis zum 30.09.2021 einzureichen bei

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

Später eingehende Bewerbungen können nicht berücksichtigt werden.

Die Anforderungs- und Verfahrensdetails sind in der Beitrags- und Förderrichtlinie der Förderergesellschaft nachzulesen (siehe Jahresberichtsheft Nr. 68 (2017), Seite 142/143) und auf der Website unter <https://www.hannover-foerdert-geodaesie.de/de/mitgliedschaft-und-foerdernde-organisationen/informationen-und-dokumente/>.

AUFRUF BACHELOR-PREIS 2022 DER FÖRDERERGESELLSCHAFT

Die Förderergesellschaft ruft Studierende der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der LUH, die 2021 erfolgreich den Bachelorabschluss erlangt haben, dazu auf, sich um den Bachelor-Preis 2022 zu bewerben. Die Vorschläge sind bis zum Ende des Jahres an den Vorstand der Förderergesellschaft zu richten und sollen spätestens am 31. Dezember bei Dr. Ludger Timmen oder Christine Bödeker eingereicht werden.

Die Anforderungs- und Verfahrensdetails sind in der Beitrags- und Förderrichtlinie der Förderergesellschaft nachzulesen (siehe Jahresberichtsheft Nr. 68 (2017), Seite 143/144) und auf der Website der Förderergesellschaft unter

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

AUSLANDSAUFENTHALT AN DER AALTO UNIVERSITY IN ESPOO, FINNLAND

NINA FLETLING, 30.12.2019 – 30.06.2020

Das erste Halbjahr 2020 habe ich in Finnland verbracht, um dort ein Semester an der Aalto University in Espoo zu studieren. Meinen Aufenthalt im Land der tausend Seen und der Millionen Saunen habe ich zwischen kalten, dunklen Wintertagen und kurzen Nächten um Mittsommer sehr genossen - trotz der ziemlich genau in der Mitte des Semesters einsetzenden COVID-19 Pandemie. Wie auch in Deutschland blieben die Ungebäude ab Mitte März verschlossen und innerhalb weniger Tage waren meine Kurse auf digital umgestellt. Ich habe es mir jedoch nicht nehmen lassen, vor Ort zu bleiben bei den Abstand und Privatsphäre liebenden Finnen.



20200515_CAMPUS": HAUPTGEBÄUDE DER AALTO UNIVERSITY

Das finnische Frühlingssemester ist in drei Perioden unterteilt, die jeweils aus sechs Wochen mit Vorlesungen und Übungen sowie einer direkt anschließenden Prüfungswoche bestehen. Die meisten Kurse sind nur eine Periode lang, wodurch man sich immer für einen relativ kurzen Zeitraum auf zwei bis drei Themen konzentrieren kann. Der Arbeitsaufwand ist ähnlich hoch wie zu Hause an der Leibniz Universität Hannover, jedoch ist er anders verteilt, was ich als sehr angenehm empfunden habe. Das Bearbeiten der teilweise

notenrelevanten Hausübungen und vor allem das Lernen für die Prüfung erschienen mir entspannter als in Deutschland. Generell herrscht ein sehr freundliches Miteinander zwischen Studenten, Dozenten und Professoren

und durch das dort typische gegenseitige Duzen begegnet man sich viel mehr auf Augenhöhe.

Ich habe aus dem Masterstudiengang "Geoinformatics" die Kurse "Advanced Laser Scanning", "Advanced Remote Sensing" und "Advanced Spatial Analytics" besucht. In den beiden erstgenannten wurden verschiedenste Anwendungen und Analysemethoden gelehrt und in begleitenden Übungen selbstständig mit Punktwolken und Fernerkundungsdaten gearbeitet.

In der Veranstaltung "Advanced Spatial Analytics" gab es neben den klassischen Vorlesungen und Übungen noch ein Projekt in Kleingruppen. Das Thema war frei wählbar, wobei die zuvor gelernten Methoden eingesetzt werden sollten. Hierbei ist hervorzuheben, dass Finnland, was Open Data betrifft, im weltweiten Ranking vorne mit dabei ist und wir daher freien Zugriff auf verschiedenste Datenbanken und Shapefiles hatten. Meine Gruppe hat den Einfluss verschiedener Parameter auf die Zeckenpopulation und die Häufigkeit von Borreliosefällen in Finnlands Gemeinden untersucht.

Ein Auslandssemester bietet auch die Möglichkeit, etwas über den Tellerrand zu blicken. Da ich vorab erfahren hatte, dass Finnlands einziges Radioobservatorium Metsähovi, das unter anderem für VLBI eingesetzt wird, an die Aalto University angegliedert ist, wollte ich gerne zwei Kurse aus dem Bereich Astronomie besuchen. Der Kurs "Introduction to Space" gab eine Übersicht über Themen wie Sonnenwinde, Strahlung von Himmelskörpern sowie die Entwicklung von Sternen und Galaxien und ging mit verschiedenen Berechnungen sehr in die Tiefe. In "Astronomical View on the World" hingegen ging es nicht so sehr um fachliche Details, sondern mehr darum, ein Bewusstsein für die Astronomie zu schaffen. Wir haben von der Bedeutung von Himmelskörpern in früheren Hochkulturen erfahren, verschiedene Entdeckungen im Laufe der Jahrhunderte kennengelernt und mit aktuellen Forschungsthemen und der Frage, wie wahrscheinlich außerirdisches Leben ist, abgeschlossen.

Auch wenn man an der Uni und im finnischen Alltag sehr gut mit Englisch zurechtkommt, war ich trotzdem daran interessiert, ein bisschen Finnisch verstehen und sprechen zu können und die uns völlig ungeläufige Grammatik kennenzulernen. Daher habe ich mit großer Freude die von der Uni angebotenen Sprachkurse genutzt und kann jetzt ein wenig Smalltalk betreiben.



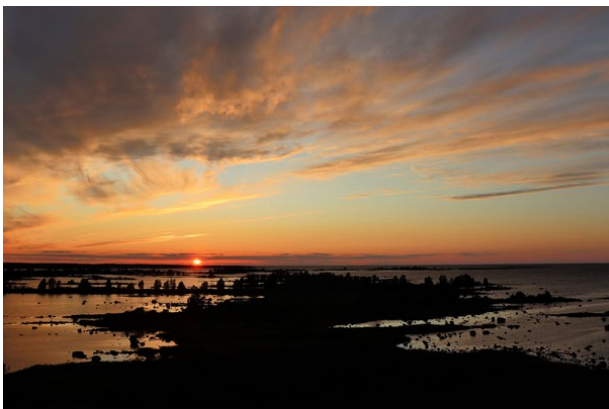
20200607_KOLI": SEEN UND WÄLDER SOWEIT DAS AUGENREICHT IM KOLI-NATIONALPARK

Das finnische Studentenleben ist sehr aktiv. Die Studenten sind nach Fachrichtungen in sogenannten Gilden organisiert, deren Mitglieder man anhand von farblichen Overalls unterscheiden kann. Daneben gibt es noch zahlreiche weitere studentische Vereine für die unterschiedlichsten Interessengemeinschaften. Es werden jede Menge Events und auch Exkursionen organisiert. Viele Veranstaltungen finden im Studentendorf am Campus statt. Typisch

finnisch ist dabei, dass viele Locations eine Sauna im Nachbarraum haben, die im Laufe des Abends angeheizt und gut genutzt wird.

Die Universität befindet sich in der Stadt Espoo direkt an der Grenze zur Hauptstadt Helsinki. In dieser hatte ich recht zentral ein Zimmer in einem Studentenwohnheim. Da der ÖPNV in der Region sehr gut ausgebaut ist, war ich in 20 Minuten mit Bus oder Metro am Campus. Und später, in Zeiten des Homeoffice, konnte ich von dort aus bei langen Spaziergängen Helsinki sehr gut kennenlernen. Insgesamt ist die Stadt sehr lebenswert, der nächste Park ist nicht weit und da Helsinki auf einer Halbinsel liegt, ist man auch schnell am Wasser. Mit Zug, Bus oder Auto kommt man sehr gut ins Umland und in die weite Landschaft Finnlands. Ich bin froh, dass ich in den ersten und letzten Wochen meines Aufenthaltes einige Ausflüge nach Lappland sowie in verschiedene Städte und Nationalparks machen konnte.

Alles in allem hatte ich trotz der Umstände eine sehr schöne Zeit in Finnland. Neben der fachlichen Weiterbildung konnte ich auch Land und Leute kennenlernen und wurde oft positiv überrascht, wie angenehm es sich in Finnland leben lässt.



20200620_KVARKEN“: MITTSOMMER IM STARK VON DER POSTGLAZIALEN LANDHEBUNG GEPRÄGTEN KVARKEN-ARCHIPEL



NUUKSIO-NATIONALPARK UNWEIT VON HELSINKI

GEODÄSIE AN DER UNIVERSITY OF NEW BRUNSWICK (UNB) IN FREDERICTON IM OSTEN KANADAS

DENNIS MUßGNUG, 06.01.2020– 18.03 2020(AUFGUND DER CORONA-PANDEMIE AB 19.03. -30.04.2021 ONLINE-SEMESTER AUS DEUTSCHLAND)

Mit den Vorbereitungen für mein Auslandsemester im Winter 2020 begann ich ein halbes Jahr vor Antritt der Reise. Das heißt, es galt sich eine Unterkunft vor Ort zu suchen, einen gültigen Reisepass zu beantragen und ich musste mich um das notwendige Visum kümmern sowie finanzielle Unterstützung aufgrund der anfallenden Kosten beantragen. Bei der Suche nach einer Unterkunft stand mir Dave Andrews zur Seite, der als Ansprechpartner für internationale Studierende fungiert. Schlussendlich entschied ich mich für eine Bewerbung auf ein Zimmer in den auf dem Campus gelegenen Wohnungen, eine Zusage erhielt ich kurz vor meiner Abreise. Das Visum für Studierende, welche vorhaben, nur ein Semester Kanada zu besuchen, entspricht dem normalen Touristenvisum (ETA).

Dr. Robert Kingdom, welcher als Dozent und Studierendenbetreuer tätig ist, stand mir bei der Suche der passenden Kurse zur Seite. Schließlich hatte



SONNENAUFGANG ÜBER DEM CAMPUS

ich mich für die Kurse „Marine Geology and Geophysics“, „Gravity Field in Geomatics“, „Digital Image Processing“ und „Web Mapping & Geospatial Web Services“ entschieden. Das Belegen von vier bis fünf Kursen pro Semester ist an kanadischen Universitäten üblich. Im Vergleich zur Leibniz Universität, in welcher das Belegen von 6 Kursen pro Semester gängig ist, klingt es vergleichsweise wenig. Der Aufwand pro Kurs variiert jedoch sehr. Das heißt, es gab Kurse, bei denen man ein Lehrbuch innerhalb eines Semesters vollständig durcharbeitete, jede Woche ein Quiz beantworten musste,

ein Projekt durchführte und am Ende des Semesters eine Klausur schrieb. Folglich gab dieser Kurs mehr Credits und ist für kanadische Studenten Pflicht. Im Gegensatz dazu, gibt es Kurse, die mit weniger Aufwand zu bestehen waren.

Bereits zu dem Zeitpunkt bestand an der UNB die Möglichkeit der Onlinelehre. „Web Mapping & Geospatial Web Services“ war ein Onlinekurs. Hierfür hatte ich Zugriff auf Erklärungsvideos. Durch eine erfolgreiche Abgabe der zugehörigen Übung wurde das nächste Thema freigeschaltet und der Prozess wiederholte sich.

Basierend auf meinen Erfahrungen, waren die Kursgrößen ähnlich bis kleiner als an der Leibniz Universität. Wir waren im Kurs „Gravity Field in Geomatics“ nur fünf Teilnehmer. Deswegen hat unser Dozent Dr. Robert Kingdom in diesem Fall keine klassische Vorlesung gehalten, sondern die Themen mit uns gemeinsam erarbeitet. Dies führte dazu, dass die Lernatmosphäre sehr entspannt war und zum Fragenstellen einlud. Des Weiteren lag ein Fokus der UNB auf der Marinen Geodäsie. Der Kurs „Marine Geology and Geophysics“ gab einen interessanten Einblick. Wir arbeiteten das ganze Semester über an einem Projekt, welches sich mit der Vermessung und Untersuchung eines von uns gewählten Meeresgebietes beschäftigte. Bei dem Projekt ging es darum, sich mit der Planung und einem Kosten-Nutzen-Plan auseinander zu setzen, um möglichst wirtschaftlich dieses Gebiet zu vermessen. In keinem meiner Kurse musste ich Midterms schreiben. Dabei sind diese eigentlich gängig in den meisten Kursen und viele meiner Kommilitonen verbrachten deswegen ihre Nachmittage in den zahlreichen Bibliotheken, welche auf dem Campus verteilt sind. Fast jede Fakultät hat ihre eigene Bibliothek, die zugehörige Literatur bereithält und Arbeitsplätze zur Verfügung stellt.



ICH AM BAY OF FUNDY

Leider verkürzte die COVID-19 Pandemie meinen Aufenthalt und ich musste Mitte März 2020 die Rückreise antreten. Glücklicherweise konnte ich 2 Kurse von Deutschland aus noch online beenden. Die Umstellung auf Online-Vorlesungen und -Prüfungen, ging aus meiner Sicht erstaunlich schnell. Innerhalb einer Woche wurden alle Kurse zu Onlinekursen umgestaltet, die Prüfungen wurden angepasst oder mündliche Prüfungen wurden über Video-Meetings durchgeführt. Auf Grund der Pandemie war es mir leider nicht möglich an geplanten praktischen Übungen teilzunehmen.

Da ich auf dem Campus lebte, hatte ich einen Mitbewohner, der sehr aufgeschlossen war und mir Fredericton sowie den Campus zeigte. Außerdem nahm er mich mit zu diversen Aktivitäten außerhalb des Campus. Auf dem Campus war ein Pub, welcher von den Studierenden betrieben wurde und viele unterschiedliche Angebote und Veranstaltungen in der Woche anbot. Dementsprechend war er bei vielen Studierenden ein beliebter Anlaufpunkt und ein guter Ausgleich zum anstrengenden Lernalltag. Des Weiteren wurden von dem International Office immer wieder Veranstaltungen organisiert, bei denen ich weitere internationale Studierende kennenlernen konnte. Am Einführungstag habe ich dort sehr nette Studentinnen aus Dänemark, Finnland, Schweden und Österreich kennengelernt. Mit diesen habe ich dann Touren in den Fundy National Park und nach Boston gemacht. In der reading break war es mir dann noch möglich, einer großen Leidenschaft, dem Snowboarden nachzugehen. Hierfür habe ich das Skigebiet in Mont Tremblant in der Nähe von Montreal besucht.



DIE BILL THROPE WALKING BRIDGE FÜHRT ÜBER DEN SAINT JOHN RIVER UND VERBINDET DEN NORDEN UND SÜDEN VON FREDERICTON

Alles im allem habe ich die kurze Zeit, die ich dort hatte, sehr genossen und bin dankbar, diesen Schritt gegangen zu sein. Ich habe einen neuen Blick auf Lehre und Lehrmethoden bekommen in Kanada, neue Freunde gefunden und in Dr. Robert Kingdom einen weiteren Ansprechpartner zu Fragen über Physikalische Geodäsie gefunden.



DER ATLANTIK AM BAY OF FUNDY HAT MIT DIE GRÖßTE EBBE UND FLUT. DER UNTERSCHIED BETRÄGT MEHR ALS 9 METER.

VERLEIHUNG DES BACHELOR-PREISES 2020



Die Förderergesellschaft hat Frau Paula Lippmann, B.Sc., (Foto) den Bachelorpreis 2020 verliehen. Dieser Preis ist mit 500,- € dotiert und ehrt ihre Leistungen für die Allgemeinheit in besonderer Anerkennung ihrer Schlüsselkompetenzen. Frau Lippmann hat sich über Jahre im Studium sehr erfolgreich im Sinne der sozialkommunikativen Kompetenzen engagiert, was sowohl in der Fachrichtung als auch von der Förderergesellschaft gewürdigt wird. Der Preis wird jährlich gemeinsam mit der Leibniz Universitätsgesellschaft e.V. verliehen.

Paula Lippmann, B. Sc.,
Trägerin des Bachelor-
Preises 2020

ANHANG - PERSONELLES

GEODÄTISCHES INSTITUT

MITARBEITER

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

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

Dr.-Ing. **Hamza Alkhatib**, AG-Leiter im Bereich "Geodätische Auswertemethoden"

Franziska Altemeier, M. Sc., DFG-Graduiertenkolleg i.c.sens

Dr. **Kwabena Obeng Asiama**, Flächen- und Immobilienmanagement

Jörn Bannert, M. Sc., Flächen- und Immobilienmanagement

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

Alexander Dorndorf, M. Sc., Immobilienbewertung in kaufpreisarmen Lagen durch ein robustes Bayesisches hedonisches Modell (DFG)

Alice Gebauer, M. Sc., Flächen- und Immobilienmanagement, Projekt InDaLE (ab 01.02.2020)

Dr.-Ing. **Ilka von Gösseln**, Effizienzoptimierung und Qualitätssicherung ingenieurgeodätischer Prozesse (bis 31.03.2020)

Frederic Hake, M. Sc., Hybride 3D Bestandsdatenerfassung und Modell-gestützte Prüfung von Verkehrswasserbauwerken (BMVI)

Jan Hartmann, M. Sc., Qualitätsgerechte Virtualisierung von zeitvariablen Objekträumen (ab 01.10.2020, BMVI)

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

Dr. **Gaël Kermarrec**, Auswertung und Beurteilung von TLS-Daten und flächenhafte Modellierungen

Arman Khami, M. Sc., Fusion von Laser- und Bilddaten für die UAV-Positionierung (ab 01.04.2020)

Johannes Link, B. Eng., Mechatroniklabor und Administration

Rozhin Moftizadeh, M. Sc., DFG-Graduiertenkolleg i.c.sens

Bahareh Mohammadivojdan, M. Sc., Flächenhaftes Monitoring von Bodenbewegungen

Mohammad Omidalizarandi, M. Sc., Raum-zeitliches Monitoring von Brückenbauwerken mittels Low-Cost-Sensorik

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

Prof. Dr.-Ing. **Wilhelm Tegeler**, Vermessungstechnische Sammlung

Sören Vogel, M. Sc., Georeferenzierung und Kalibrierung von MSS

Martin Waßink, M. A., Stipendiat im Rahmen des Niedersächsischen Promotionsprogramms 2015 zum Thema "Dörfer in Verantwortung"

Weï Xu, M.Sc., CSC-Stipendiat im Bereich der “Optimization of the surface model and real-time monitoring based on laser scanning and finite element method”

EXTERNE DOKTORANDEN

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

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

Dipl.-Ing. **Reinhard Mundt**, Ableitung von Bodenrichtwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke

Dipl.-Ing. **Ulrich Stenz**, 3D-Punktwolken-Fusionierung und Prozessmodelle für die Qualitätsanalyse von TLS-Daten

FWJ-FREIWILLIGES WISSENSCHAFTLICHES JAHR

Kamiel-Karl Heidberg, Freiwilliges Wissenschaftliches Jahr (bis 31.07.2020)

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACH-GREMIEN

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

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

Mitglied im International Federation of Surveyors Young Surveyors' Network (FIG) Arbeitsgruppe für „Land policy instruments for spatial development (Commission 8)“

Mitglied im Editorial Board der Survey Review.

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

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

Mitglied in den 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)

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

Mitglied in der Abteilung Ingenieurgeodäsie der DGK

Mitglied in der AG „Öffentlichkeitsarbeit“ der DGK

Vorstandsmitglied im ASBau “Akkreditierungsverbundes für Studiengänge des Bauwesens”

Vorstandsmitglied der Graduiertenakademie der Leibniz Universität Hannover

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

Leiter des DVW – AK 3 “Messmethoden und Systeme”

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

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

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

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

Mitglied des Vorstandes des Landesverbandes Niedersachsen des VDV

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

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

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

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

Mitglied im Vorstand des TRUST-/ARL-Promotionskollegs “Räumliche Transformation”

Mitglied im DVW – AK 6 "Immobilienwertermittlung"

Mitglied im Editorial Board der ZfV, Bereich Landmanagement

Mitglied der Europäischen Akademie für Bodenordnung / European Academy of Land Use and Development (EALD).

Mitglied des Beirates für Kommunalentwicklung Rheinland Pfalz

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

Ehrenamtlicher Gutachter des Oberen Gutachterausschusses für Grundstückswerte in Niedersachsen und des Gutachterausschusses in Hameln-Hannover

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

MITARBEITER

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

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

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

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

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

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

Yannick Brevia, M. Sc., Positionierung und Navigation, Antennenkalibrierung

Hani Dbouk, M. Sc., DFG-GRK i.c.sens: Alternative Integritätsmaße mittels Intervallmathematik

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

Mathias Duwe, M. Sc., Sensordatenfusion und Erdschwerefeld

Dr.-Ing. **Nicolas Garcia Fernandez**, DFG-GRK i.c.sens: Optimale kollaborative Positionierung

Petra Heldt-Bertrand, M. A., Sekretariat, Sekretariat GRK i.c.sens

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

Dr. Alireza HosseiniArani, DLR-SI, F&E: Satellitengravimetrie, (seit 01.11.2020)

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

Dr. **Ankit Jain**, BMWI: GNSS und Uhren

Dr.-Ing. **Tobias Kersten**, Kinematischer Teststand Navigation, BMWI: Quantum Optics Inertial Sensors Research

Anniko Knabe, M. Sc., Schwerefeldbestimmung mit Satelliten

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

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

Klaus-Dieter Köhling, (15%) IT-Support: System- und Anwendungsbetreuung (seit Juni 2019)

Dr.-Ing. **Thomas Krawinkel**, BMWI: GNSS und Uhren

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

Dennis Kulemann, M. Sc., Positionierung und Navigation (seit 01.10.2020)

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

Thomas Maschke, B. Eng., Technik

Bärbel Miek, Sekretariat

Dr.-Ing. **Le Ren**, DFG: GPS Ionosphärenmodellierung, kinematische Orbits der ESA SWARM Mission (bis 31.08.2020)

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

Dr.-Ing. **Akbar Shabanloui**, ESA-Projekt 3D Earth und DFG Projekt Swarm Insight II

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

Jingyao Su, M. Sc., DFG-GRK i.c.sens: GNSS observation uncertainty with interval mathematics (seit 15.07.2020)

Dr.-Ing. **Sergei Svitlov**, ESA-Project: 'SWARM DISC: Support to accelerometer data analysis and processing'

Benjamin Tennstedt, M. Sc., BMWI: Quantensensoren für die Inertialnavigation, BMWI: Quantum Optics Inertial Sensors Research

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

Dr.-Ing. **Adelheid Weise**, Exzellenzcluster QF: Gravimetrie

Dr.-Ing. **Matthias Weigelt**, Exzellenzcluster QF: Geschäftsführung

Dr. **Mona Weyrauch**, Vorbereitung / Geschäftsführung SFB TerraQ (seit 01.06.2020)

Dr.-Ing. **Hu Wu**, Exzellenzcluster QF: Uhrennetzwerke, relativistische Geodäsie

Mingyue Zhang, B. Sc., Stipendium aus China und Exzellenzcluster QF: Lunar Laser Ranging

EHRUNGEN



Dr.-Ing. Akbar Shabanloui erhält Preis für Lehre

Beim diesjährigen Winterball haben die Studierenden der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie erstmals Preise an ihre Dozenten vergeben. Den Preis der Kategorie "Bester Übungsleiter" erhielt Dr.-Ing. Akbar Shabanloui vom Institut für Erdmessung.

Akbar Shabanloui, Dozent und Übungsleiter des Kurses "Geodynamik und Geokinetik", zeichne sich durch seine vielfältigen Lehrmethoden aus.

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIIEN

Biskupek, L.: Mitglied der IAG Sub-Commission 1.4 joint with IAU Commission A2 and IERS Joint Working Group on Consistent realization of TRF, CRF, and EOP

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

International Association of Geodesy (IAG) Fellow

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

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

Advisor International Service for the Geoid (ISG)

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

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

Member EGM2020 Working Group

Flury, J.: Mitglied der DGK (Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften)

Sprecher der DGK Sektion Lehre (seit 2018)

Co-Chair der IAG QuGe Working Group 3 "Relativistic Geodesy with Clocks"

Mitglied des Advisory Boards des ESA Swarm Data, Innovation and Science Cluster (DISC)

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 1.1.2012 bis 31.12.2017 deren Vorsitzender

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

Mitglied im DVW-Vorstand (seit 1.1.2011)

IAG-Vertreter im Nationalen Komitee für Geodäsie und Geophysik (NKGG), seit Dezember 2011 NKGG-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

Leiter des DVW-AK7

Sprecher des DFG Graduiertenkollegs i.c.sens: Integrität und Kollaboration in dynamischen Sensornetzen

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

Timmen, L.: Geodätische Leitung des nationalen Arbeitskreises Geodäsie und Geophysik (AKGG)

Mitglied, IAG Working Group JWG 2.1.1: Establishment of a global absolute gravity reference system

Mitglied, IAG Working Group WG 2.1: Techniques and metrology in terrestrial (land, marine, airborne) gravimetry

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

MITARBEITER

Prof. Dr.-Ing. habil. **Monika Sester**, Geschäftsführende Leiterin

apl. Prof. Dr.-Ing. **Claus Brenner**, Mobile Mapping und Robotik

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

Dr. **Mohamed Abdelaal**, Network Control System for autonomous cars (DFG i.c.sens) (bis Juli 2020)

Jeldrick Axmann, M. Sc., Lokalisierung mittels Maximum Consensus (DFG-i.c.sens) (seit Juli 2020)

Steffen Busch, M. Sc., dynamische kooperative Karten (DFG-SPP)

Hao Cheng, M. Sc., Erkennung von Verhalten in Shared Spaces durch Deep Learning aus Trajektorien (DFG-SocialCars)

Yu Feng, M. Sc., Data Mining in sozialen Netzwerken (BMBF)

Dr.-Ing. **Udo Feuerhake**, Dezentrale Interpretation von Bewegungstrajektorien; Fußballanalyse am Computer

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

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

Jens Golze, M. Sc., Trajektorienanalyse

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

M. **Bashir Kazimi**, M. Sc., Automatische Erkennung archäologischer Strukturen in Lidardaten (MWK – Pro*Niedersachsen)

Christian Koetsier, M. Sc., Mobiler Mensch (MWK Mobilise)

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

Yao Li, M. Sc., mixed traffic in shared space (DFG-SocialCars) (seit Juni 2020)

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

Torben Peters, M. Sc., integre Karten durch Deep Learning (DFG-i.c.sens)

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

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

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

Dipl.-Ing. **Malte Jan Schulze**, Systemadministration, Geodatenintegration, Geländemodellierung

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

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

Yunshuang Yuan, M.Sc., Collective Perception - Data Fusion and Visualisation (DFG-SocialCars) (seit Juni 2020)

Qianqian Zou, M. Sc., Incremental acquisition of hierarchical models (DFG-i.c.sens) (seit September 2020)

Stefania Zourlidou, M. Sc., Trajektorienanalyse

EXTERNE DOKTORANDEN

Yajie Chen, M. Sc., 3D Punktwolkeninterpretation - Betreuung zusammen mit IPI

GÄSTE

Juntao Yang, M. Sc., China University of Geosciences, (1.9.2019-31.8.2020)

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 im wissenschaftlichen Beirat des ZGeoBW

Vorsitzende der DFG-Senatskommission für Erdsystemforschung

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

Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats des ZGeoBW

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

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

Mitglied der Jungen Braunschweiger Wissenschaftlichen Gesellschaft (JBWG)

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

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

MITARBEITER

Prof. Dr.-Ing. **Christian Heipke**, Photogrammetrie und Fernerkundung
Prof. Dr. **Mahdi Motagh**, S-Professor Radarfernerkundung in Verbindung mit dem GFZ Potsdam
apl. Prof. Dr. techn. **Franz Rottensteiner**, Photogrammetrische Bildanalyse
em. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. **Gottfried Konecny**, Emeritusprofessor
Dipl.-Ing. **Uwe Bolte**, Systemadministration
Uwe Breitkopf, M. Sc. Systemadministration (bis 31.12.2020)
Lin Chen, M. Sc., Bildzuordnung mit Deep Learning Methoden
Yajie Chen, M. Sc., 3D Punktwolkeninterpretation
Dominic Clermont, M. Sc., Deep Learning Bildanalyse (bis 30.09.2020)
Dr.-Ing. **Maximilian Coenen**, Analyse von Stereobildsequenzen (bis 31.05.2020)
Mareike Dorozynski, M. Sc., Convolutional Neural Networks
Sara El Amrani, M. Sc., Fahrzeugdetektion und Verfolgung aus terrestrischen und Luftbildern (seit 01.02.2020)
Aishwarya Gujrathi, M. Tech., Detektion und Verfolgung von Personen mit Hilfe von Stereoaufnahmen (seit 01.04.2020)
Dr.-Ing. **Mahmud Haghshenas Haghghi**, Fernerkundung und Radarinterferometrie (seit 16.10.2020)
Dr.-Ing. **Karsten Jacobsen**, Geometrie von Luft- und Satellitenbildern
Christian Kruse, M. Sc., Erkennung von Kriegsschäden in Luftbildern
Akram Mahan, M. Sc., Radarinterferometrie
Max Mehlretter, M. Sc., Zuverlässige stereoskopische 3D Rekonstruktion
Mehrnoush Mohammadi, M. Sc., Orientierungsbestimmung von UAV Szenen mit Hilfe von Gebäudemodellen (seit 01.02.2020)
Dr.-Ing. **Uyen Nguyen**, Personenverfolgung in Bildsequenzen (bis 31.07.20)
Andreas Piter, M. Sc., Monitoring von Verkehrsinfrastruktur mit bildgebendem Radar (seit 01.12.2020)
Annette Radtke, Sekretariat ISPRS
Claudia Sander, Sekretariat
Artuom Sledz, M. Sc., Thermalauswertung für Fernwärmeanwendungen
Philipp Trusheim, M. Sc., 3D Punktbestimmung in dynamischen Netzen
Dr.-Ing. **Sanaz Vajedian**, Radarfernerkundung (bis 15.09.2020)
Mirjana Voelsen, M. Sc., Aktualisierung topographischer Datenbanken mit Fernerkundungsdaten
Xin Wang, M. Sc., Orientierung ungeordneter Bilddaten
Dr.-Ing. **Manfred Wiggenhagen**, Nahbereichsphotogrammetrie
Dennis Wittich, M. Sc., Deep learning
Chun Yang, M. Sc., Convolutional Neural Networks

Externe Doktoranden

Dipl.-Geogr. **Andre Kalia**, Permanent Scatterer Interferometrie (BGR)

Dipl.-Ing. **Murat Ürün**, Nahbereichsphotogrammetrie (VW-Nutzfahrzeuge)

Gäste

Prof. Gilson da Costa, UERJ, Rio de Janeiro, August 2019-Juli 2020, Deep learning for remote sensing

Aishwarya Gujrathi, IIT Bombay, September 2019 - März 2020, Deep learning image analysis

Vamshi Krishna Rao Karanam, IIT Roorkee, Okt. 2019 - Juni 2020, Radarinterferometrie

Shagun Garg, IIT Bombay, Okt. 2019 – Juni 2020, Radarinterferometrie

Dr. Thomasz Kogut, University Koszalin, Sept. 2020, Digitale Photogrammetrie und Laserbathymetrie

EHRUNGEN



Im Februar 2020 wurde **Xin Wang, M.Sc.**, für seinen zusammen mit Franz Rottensteiner und Christian Heipke im Mai 2019 in der Fachzeitschrift Photogrammetric Engineering & Remote Sensing veröffentlichten Beitrag mit dem Titel "Robust structure from motion based on relative rotations and tie points" mit dem ESRI Awards for Best Scientific Paper in Geographic Information Systems ausgezeichnet.



Dennis Wittich, M.Sc., erhielt im August 2020 für seinen beim XXIV ISPRS Kongress in Nizza eingereichten Beitrag "Deep domain adaptation by weighted entropy minimization for the classification of aerial images" den Best Young Author Award der Kommission II, die sich mit Photogrammetrie beschäftigt.



Dr.-Ing Alina Maas erhielt am 16. Oktober 2020 für ihre im Frühjahr am IPI abgeschlossene Dissertation zum Thema "Klassifikation multitemporaler Fernerkundungsdaten unter Verwendung fehlerbehafteter topographischer Daten", die sowohl theoretisch als auch hinsichtlich der erreichten praktischen Ergebnisse einen bemerkenswerten Stand erreicht hat, den Preis der Victor Rizkallah-Stiftung. Betreut wurde die Arbeit von Prof. Franz Rottensteiner.

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

Heipke, C.: Präsident 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 in 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

Mitglied des Comité Scientifique-Technique (CST), IGN-Paris

Departmental Academic Advisor, Dep. of Land Surveying and Geoinformatics, The Hong Kong Polytechnic University

Jacobsen, K.: Stellvertretender Vorsitzender der ISPRS Arbeitsgruppe I/4 „Calibration and Validation of Satellite Sensors“

Stellvertretender Vorsitzender der EARSeL Special Interest Group „3D Remote Sensing“

Stellvertretender Vorsitzender des DGPF Arbeitskreises „Sensoren und Plattformen“

Externer Gutachter des Geodäsiestudienganges der Universität Nairobi

Motagh, M.: Mitglied der Redaktionsleitung der Zeitschriften *Journal of Geodynamics* und *Remote Sensing*

Rottensteiner, F.: Vorsitzender der Arbeitsgruppe II-4 “3D Scene reconstruction and Analysis” der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (ISPRS)

Schriftleiter für das Fachgebiet “Photogrammetrie” der Zeitschrift “PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science”

AUSLANDSAUFENTHALTE

Mirjana Voelsen hat im Rahmen des DAAD-Projektes “Deep Learning for Semantic Segmentation of Remote Sensing Data” einen Forschungsaufenthalt vom 24.02.-27.03.2020 an der Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasilien verbracht.

WORKSHOPS

Rottensteiner, F.: Durchführung des Fortbildungskurses “3D Sensing, Scene Reconstruction and Semantic Interpretation”, EuroSDR EduServ18 e-learning Kurs mit Vorbereitungsseminar in Paris, 02.03.2020 bzw. 30.03.–10.04.2020.

PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

GEODÄTISCHES INSTITUT

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Alkhatib, H.; Neumann, I.; Kreinovich, V.; Van Le, C. (2020): Why LASSO, EN, and CLOT: Invariance-Based Explanation, Ngoc Thach N., Kreinovich V., Trung N.D. (eds) Data Science for Financial Econometrics. Studies in Computational Intelligence, vol 898. Springer, Cham, DOI: 10.1007/978-3-030-48853-6_2
- Kargoll, B.; Kermarrec, G.; Korte, J., Alkhatib, H.(2020): Self-tuning robust adjustment within multivariate regression time series models with vector-autoregressive random errors, Journal of Geodesy, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01376-6>
- Kargoll, B.; Omidalizarandi M.; Alkhatib H. (2020): Adjustment of Gauss-Helmert Models with Autoregressive and Student Errors, International Association of Geodesy Symposia. Springer, Berlin, Heidelberg, DOI:https://doi.org/10.1007/1345_2019_82
- Kermarrec G.; Kargoll, B.; Alkhatib, H.(2020): On the impact of correlations on the congruence test: a bootstrap approach On the impact of correlations on the congruence test: a bootstrap approach Case study: B-spline surface fitting from TLS observations, Acta Geodaetica et Geophysica, DOI: 10.1007/s40328-020-00302-8
- Kermarrec, G.; Alkhatib, H.(2020): On the BIC for determining the number of control points in B-spline surface approximation in case of correlated observations, Journal of Geodetic Science, Band 10: Heft 1, DOI: 10.1515/jogs-2020-0110
- Kermarrec, G.; Hartmann, J.; Faust, H.; Hartmann, K.; Besharat, R.; Samuel, G.; Lixian, C.; Alkhatib, H.(2020): Understanding hierarchical B-splines with a case study: approximation of point clouds from TLS observations, zfv 4/2020, DOI: 10.12902/zfv-0313-2020
- Kermarrec, G.; Kargoll, B.; Alkhatib, H.(2020): Deformation Analysis Using B-Spline Surface with Correlated Terrestrial Laser Scanner Observations—A Bridge Under Load, Remote Sensing, 12(5), 829, DOI:<https://doi.org/10.3390/rs12050829>
- Moftizadeh, R.; Bureick, J.; Vogel, S.; Neumann, I.; Alkhatib H.(2020): Information-Based Georeferencing by Dual State Iterated Extended Kalman Filter with Implicit Measurement Equations and Nonlinear Geometrical Constraints, 2020 IEEE 23rd International Conference on Information Fusion (FUSION), DOI: 10.23919/FUSION45008.2020.9190414
- Neumann, I., Kreinovich V.; Nguyen, T.N. (2020): How to Gauge a Combination of Uncertainties of Different Type: General Foundations, Sriboonchitta, S.; Kreinovich, V. and Yamaka, W. (eds.): Behavioral Predictive Modeling in Economics, Springer, Cham, Switzerland, 2021, pp. 195-201.
- Omidalizarand, M.; Herrmann, R.; Marx, S.; Kargoll, B.; Paffenholz, J.-A.; Neumann, I.(2020): A validated robust and automatic procedure for vibration analysis of bridge structures using MEMS accelerometers, Journal of Applied Geodesy, 14(3), 327-354, DOI: <https://doi.org/10.1515/jag-2020-0010>
- Paffenholz, J.-A., von Gösseln, I., Bureick, J., Diener, D., Neumann, I.(2020): Hochpräzises und hochfrequentes Monitoring eines weltweiten einmaligen Gleisverwerfungsversuches., Wunderlich, T. (Hrsg.): Ingenieurvermessung '20. Beiträge zum 19. Internationalen Ingenieurvermessungskurs München, 2020. Berlin: Wichmann Verlag.
- Stenz, U.; Hartmann, J.; Paffenholz, J.-A.; Neumann, I.(2020): High-Precision 3D Object Capturing with Static and Kinematic Terrestrial Laser Scanning in Industrial Applications - Approaches of Quality Assessment, In:Remote Sensing 12(2), 290, DOI: 10.3390/rs12020290
- Twum, K. O., Asiama, K., Ayer, J., & Asante, C. Y.(2020): Gender, land and food access in ghana's suburban cities: A case of the adenta municipality., Land, 9(11), DOI: <https://doi.org/10.3390/land9110427>
- von Gösseln, I.; Hake, F.; Faust, H.; Neumann, I. (2020): Optimierung des Ablaufplans und der Durchführung von tachymetrischen Netzmessungen, In: Wunderlich, T. (Hrsg.): Ingenieurvermessung '20. Beiträge zum 19. Internationalen Ingenieurvermessungskurs München, 2020. Berlin: Wichmann Verlag, S. 223-238., ISBN: 978-3-87907-672-7
- Voß, W., Bakker, K.(2020): Nutzung von Geodaten für das Landmanagement - Modellierung der Lagequalität aus freien Geodaten, GeoForum MV 2020 - Geoinformation als Treibstoff der Zukunft, DOI: https://doi.org/10.30844/geoforum_2020 , ISBN: 978-3-95545-338-1

Xu, W.; Neumann, I.(2020): Finite element analysis based on a parametric model by approximating point clouds, Remote Sensing, 12, 518, DOI: 10.3390/rs12030518

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

Hake, F.; Herrmann, M.; Alkhatib, H.; Hesse, C; Holste, K; Umlauf, G; Kermarrec, G; Neumann, I. (2020): Damage Detection for Port Infrastructure by Means of Machine-Learning-Algorithms, In: FIG (Hrsg.) Proceedings of FIG Working Week 2020. Amsterdam, Netherlands, ISBN: 978-87-92853-93-6

Hesse, C., Holste K., Neumann; I. (2020): 3D Hydromapper, ein innovatives Mobile Mapping System zur Erfassung von Wasserbauwerken., Wunderlich, T. (Hrsg.): Ingenieurvermessung '20. Beiträge zum 19. Internationalen Ingenieurvermessungskurs München, 2020. Berlin: Wichmann Verlag.

Hesse, C.; Krause, N. L.; Frenz, M.; Neumann, I.; Hake, F.; Paffenholz, J.-A.(2020): Kinematisches Laserscanning zur statischen Bewertung großer Brückenbauwerke, In: Gerke, M.; Riedel, B. (Hrsg.): Tagungsband GeoMonitoring 2020. GeoMonitoring. Braunschweig, 12-13 März, 2020, S. 65–78, DOI: 10.15488/9341

Mohammadivojdan, B.; Alkhatib, H.; Brockmeyer, M.; Jahn, C.-H.; Neumann, I. (2020): Surface Based Modeling of Ground Motion Areas in Lower Saxony, In: Gerke, M.; Riedel, B. (Hrsg.): Tagungsband GeoMonitoring 2020. GeoMonitoring. Braunschweig, 12-13 März, 2020, S. 107–123, DOI: 10.15488/9344

Piter, A.; Otto, P.; Alkhatib, H.(2020): A Spatiotemporal Functional Model for Bike-Sharing Systems - - An Example based on the City of Helsinki, Cornell University, arXiv:2012.10746, arXiv: 2012.10746

Voß, W., Schröder, J. (2020): Die Große Transformation: Gesellschaftliche Herausforderungen zwischen Stadt und Land, UniMagazin – Forschungsmagazin der Leibniz Universität Hannover Ausgabe 03/04-2020, S.8-11.

DISSERTATIONEN

Omidizarandi, M. (2020): Robust Deformation Monitoring of Bridge Structures Using MEMS Accelerometers and Image-Assisted Total Stations, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover, Nr. 366

Vogel, S. (2020): Kalman Filtering with State Constraints Applied to Multi-sensor Systems and Georeferencing, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover, Nr. 364

HABILITATIONEN

Alkhatib, H. (2020): Fortgeschrittene Methoden und Algorithmen für die computergestützte geodätische Datenanalyse, Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover, Nr. 367

BÜCHER/BUCHBEITRÄGE

Kötter, Th., Fehres, J., Voß, W., Thomas, J. (2020): Entwicklung ländlicher Räume, Kummer/ Kötter/ Kutterer/ Ostrau: Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen, ISBN: 978-3-87907-676-5

Reuter, F., Voß, W., Ziegenbein, W. (2020): Immobilienwertermittlung, Kummer/ Kötter/ Kutterer/ Ostrau: Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen, ISBN: 978-3-87907-676-5

Voß, W. (2020): Potentiale des autonomen Fahrens für die Stadt- und Siedlungsentwicklung, Oppermann/ Stender-Vorwachs: Autonomes Fahren, ISBN: 978-3-406-73285-0

VORTRÄGE UND POSTER

Moftizadeh, R.; Bureick, J.; Vogel, S.; Neumann, I.; Alkhatib H. (2020): Information-Based Georeferencing by Dual State Iterated Extended Kalman Filter with Implicit Measurement Equations and Nonlinear Geometrical Constraints, 2020 IEEE 23rd International Conference on Information Fusion (FUSION), DOI:10.23919/FUSION45008.2020.9190414

Mohammadivojdan, B.; Alkhatib, H.; Brockmeyer, M.; Jahn, C.H.; Neumann, I. (2020): Surface Based Modelling of Ground Motion Areas in Lower Saxony, GeoMonitoring 2020, Braunschweig, 12-13 March 2020, Presentation

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Abdelaal M., Schön S. (2020): Predictive Path Following and Collision Avoidance of Autonomous Connected Vehicles, *Algorithms*, 13(3):1–13, DOI: 10.3390/a13030052
- Darugna, F., Wübbena, J.B., Wübbena, G., Schmitz, M., Schön, S., Warneke, A. (2020): Impact of robot antenna calibration on dual-frequency smartphone-based high-accuracy positioning: a case study using the Huawei Mate20X, *GPS Solut* 25, 15 (2021), DOI: 10.1007/s10291-020-01048-0
- Dbouk H., Schön S. (2020): Reliable Bounding Zones and Inconsistency Measures for GPS Positioning using Geometrical Constraints, *Acta Cybernetica*, 24(3):573-591, DOI: 10.14232/actacyb.24.3.2020.16
- Esparza A, J Arzate, L Timmen, J Silliker, M Schilling (2020): High precision measurements of Absolute Gravity in México: the Jalisco Block changes in gravity triggered by distant earthquakes. *Geofisica internacional* 59 (3), 155-168
- Falk R., Pálinkáš V., Wziontek H., Rülke A., Val'ko M., Ullrich C., Butta H., Kostelecký J., Bilker-Koivula M., Näränen J., Prato A., Mazzoleni F., Kirbaş C., Coşkun I., Van Camp M., Castelein S., Bernard J.D., Lothhammer A., Schilling M., Timmen L., Iacovone D., Nettis G., Greco F., Messina A.A., Reudink R., Petrini M., Dykowski P., Sękowski M., Janák J., Papčo J., Engfeldt A., Steffen H. (2020): Final report of EURAMET.M.G-K3 regional comparison of absolute gravimeters, *Metrologia* 57 (1A), p. 07019, DOI: 10.1088/0026-1394/57/1A/07019
- Fischer, C., Sester, M., Schön, S. (2020): Spatio-Temporal Research Data Infrastructure in the Context of Autonomous Driving, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2020, 9, 626
- Handirk, R., Piter, A., Jensen, A., Koppmann, V., Mainz, J., Nagel, C., Brevia, Y., Icking, L., Kröger, J. und Schön, S. (2020): Performance Evaluation Of Geodetic Real Time Kinematic Units Under Various Signal Reception Conditions, The European Navigation Conference (ENC), Dresden, Germany, accepted
- Heine, N., Matthias, J., Sahelgozin, M., Herr, W., Abend, S., Timmen, L., Müller, J., Rasel, E. (2020): A transportable quantum gravimeter employing delta-kick collimated Bose-Einstein condensates, *European Physics Journal D*, 74:174, DOI: 10.1140/epjd/e2020-10120-x
- Icking L., Kersten T., Schön S. (2020): Evaluating the Urban Trench Model for Improved GNSS Positioning in Urban Areas, *IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)*, April 20-23, Portland, OR, USA, DOI: 10.1109/PLANS46316.2020.9109998, ISBN: 978-1-7281-0244-3
- Icking, L., Ruwisch, F. and Schön, S. (2020): Doppler As A Quality Indicator For GNSS-based Urban Navigation - An Evaluation With Different Receivers And Clocks, *European Navigation Conference*, Dresden (accepted)
- Jain A., Krawinkel T., Schön S., Bauch A. (2020): Performance of miniaturized atomic clocks in static laboratory and dynamic flight environments, *GPS Solutions* 25, 5 (2021), DOI: 10.1007/s10291-020-01036-4
- Jain A., Schön S. (2020): Influence of Receiver Clock Modeling in GNSS-based Flight Navigation: Concepts and Experimental Results, *IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)*, April 20-23, Portland, OR, USA, DOI: 10.1109/PLANS46316.2020.9109925, ISBN: 978-1-7281-0244-3
- Jain, A. and Schön, S. (2020): Comparison and Evaluation of Clock-aided and Classical Multi-GNSS Flight Navigation, *European Navigation Conference*, Dresden (accepted)
- Kersten T., Paffenholz J.-A. (2020): Feasibility of Consumer Grade GNSS Receivers for the Integration in Multi-Sensor-Systems, *Sensors* 2020, 20(9), 2463, DOI: 10.3390/s20092463
- Koch I., Flury J., Naeimi M., Shabanloui A. (2020): LUH-GRACE2018: A New Time Series of Monthly Gravity Field Solutions from GRACE. In: *International Association of Geodesy Symposia*. Springer, Berlin, Heidelberg, https://doi.org/10.1007/1345_2020_92
- Kröger J., Brevia Y., Kersten T., Schön S. (2020): Robot-based calibration of Multi-GNSS receiver antennas using real satellite signals, In: *14th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, March 15-20, Virtual Conference, Copenhagen, Denmark
- Lasser M., Meyer U., Jäggi A., Mayer-Gürr T., Kvas A., Neumayer K.H., Dahle C., Flechtner F., Lemoine J.-M., Koch I., Weigelt M., Flury J. (2020): Benchmark data for verifying background model implementations in orbit and gravity field determination software, *Adv. Geosci.*, 55, 1–11, 2020, <https://doi.org/10.5194/adgeo-55-1-2020>
- Lin, M., Denker, H., Müller, J. (2020): Gravity Field Modeling Using Tesseroids with Variable Density in the Vertical Direction, *Surveys in Geophysics*, 41:723-762, DOI: 10.1007/s10712-020-09585-6

- Müller, J., Wu, H. (2020): Using quantum optical sensors for determining the Earth's gravity field from space, *Journal of Geodesy* 94, DOI: 10.1007/s00190-020-01401-8
- Philipp D., Hackmann E., Lämmerzahl C., Müller J. (2020): The Relativistic Geoid: Gravity Potential and Relativistic Effects, *Physical Review D*, 101(6):064032, DOI: 10.1103/PhysRevD.101.064032
- Riedel Al-Masoudi, A., Benkler, E., Dörscher, S., Gerginov, V., Grebing, C., Häfner, S., Huntemann, N., Lipphardt, B., Lisdat, C., Peik, E., Piester, D., Sanner, C., Tamm, C., Weyers, S., Denker, H., Timmen, L., Voigt, C., Calónico, D., Cerretto, G., Costanzo, G. A., Levi, F., Sesia, I., Achkar, J., Gu'ena, J., Abgrall, M., Rovera, D., Chupin, B., Shi, C., Bilicki, S., Bookjans, E., Lodewyck, J., Le Targat, R., Delva, P., Bize, S., Baynes, F. N., Baynham, C. F. A., Bowden, W., Gill, P., Godun, R. M., Hill, I. R., Hobson, R., Jones, J. M., King, S. A., Nisbet-Jones, P. B. R., Rolland, A., Shemar, S. L., Whibberleyand, P. B., Margolis, H. S. (2020): Direct comparisons of European primary and secondary frequency standards via satellite techniques. *Metrologia* 57(2020) 045005 (19pp), <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab6745>
- Ruwisch F., Jain A., Schön S. (2020): Characterisation of GNSS Carrier Phase Data on a Moving Zero-Baseline in Urban and Aerial Navigation, *Sensors* 2020, 20(14), 4046, DOI: 10.3390/s20144046
- Schilling, M., Wodey, É., Timmen, L., Tell, D., Zipfel, K., Schlippert, D., Rasel, E., Müller, J. (2020): Gravity Field Modeling for the Hannover 10 m Atom Interferometer, *Journal of Geodesy* 94(12):122, DOI: 10.1007/s00190-020-01451-y, arXiv: 2003.04875
- Schön, S. (2020): Integrity - a topic for photogrammetry?, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLIII-B1-2020, 2020 XXIV ISPRS Congress (2020 edition), DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-565-2020
- Tennstedt B, Schön S. (2020): Dedicated calculation strategy for atom interferometry sensors in inertial navigation, *IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)*, April 20-23, Portland, OR, USA, DOI: 10.1109/PLANS46316.2020.9110142, ISBN: 978-1-7281-0244-3
- Timmen, L., Rothleitner, C., Reich, M., Schröder, S., Cieslack, M. (2020): Investigation of Scintrex CG-6 Gravimeters in the Gravity Meter Calibration System Hannover, *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten - avn*, Vol. 127(4), S. 155-162
- Weise, A., Timmen, L., Deng, Z., Gabriel, G., Rothleitner, C., Schilling, M., Voigt, C. (2020): Observing ocean mass variability with spring gravimeters – storm surge induced signals on the North Sea island Helgoland, *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten - avn*, Vol. 127(4), S. 163-173
- Wu, H., Müller, J. (2020): Towards an International Height Reference Frame Using Clock Networks, *International Association of Geodesy Symposia*. Springer, Berlin, Heidelberg, DOI: 10.1007/1345_2020_97
- Zhang, M., Müller, J., Biskupek, L. (2020): Test of the equivalence principle for galaxy's dark matter by lunar laser ranging, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 132:25, DOI: 10.1007/s10569-020-09964-6

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Dbouk, H., Schön, S., Neumann, I., Kreinovich, V. (2020): When Can We Be Sure that Measurement Results Are Consistent: 1-D Interval Case and Beyond, *Applied Mathematics Commons and Computer Engineering Commons*
- Gillot P., Cheng, B., Karcher, R., Imanaliev, A., Timmen, L., Merlet, S., Santos, F. (2020): Calibration of a superconducting gravimeter with an absolute atom Gravimeter. arXiv preprint arXiv:2007.10291
- Herr, W., Heine, N., Matthias, J., Abend, S., Timmen, L., Müller, J., Rasel, E.M. (2020): A transportable absolute Quantum Gravimeter employing collimated Bose-Einstein condensates. *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 21986
- Kröger, J., Kersten, T., Bрева, Y., Schön, S. (2020): Multi-GNSS Receiver Antenna Calibration, *FIG Working Week 2020*, May 10-14, Amsterdam, The Netherlands, DOI: 10.15488/9812
- Schilling, M., Wodey, E., Timmen, L., Tell, D., Zipfel, K. H., Schlippert, D., Schubert, C., Rasel, E. M., Müller, J. (2020): Vertical Gravity Profile in a 10 m Atom Interferometer, arXiv: 2003.04875
- Singh, V., Biskupek, L., Müller, J., Zhang, M. (2020): Impact of non-tidal station loading in LLR. <http://arxiv.org/abs/2012.05831>
- Biskupek, L., Müller, J., Torre, J.-M. (2020): Benefit of New High-Precision LLR Data for the Determination of Relativistic Parameters. <http://arxiv.org/abs/2012.12032>

DISSERTATIONEN

Garcia Fernandez, N.: Simulation Framework for Collaborative Navigation: Development - Analysis – Optimization, Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Nr. 855, München 2020 (Gleichzeitig veröffentlicht in: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover ISSN 0174-1454, Nr. 363, Hannover 2020), ISBN: 978-3-7696-5267-3

SONSTIGE BEITRÄGE

Müller, J.: Unsere Expertise – einfach Geodäsie. zfv 4/2020, editorial, S. 1, 2020

Müller, J., Biskupek, L (2020): Science from LLR. In: International Laser Ranging Service 2016-2019 Report (eds. C. Noll and M. Pearlman), NASA/TP-20205008530, 2-11 – 2-12 (literature to 2-19)

Müller, J., Hofmann, F., Biskupek, L., Schreiber, U. (2020): Lunar Associate Analysis Centers - IFE/FESG (Institut für Erdmessung/Forschungseinrichtung Satellitengeodäsie), Germany. In: International Laser Ranging Service 2016-2019 Report (eds. C. Noll and M. Pearlman), NASA/TP-20205008530, 7-63 – 7-65

Viswanathan, V., Mazarico, E., Merkowitz, S., Williams, J.G., Turyshev, S.G., Currie, D.G., Ermakov, A.I., Rambaux, N., Fienga, N., Courde, C., Chabé, J., Torre, J., Bourgoïn, A., Schreiber, U., Eubanks, T.M., Wu, C., Dequal, D., Dell’Agnello, S., Biskupek, L., Müller, J., Kopeikin, S. (2020): Extending Science from Lunar Laser Ranging. A white paper submitted to the Committee on the Planetary Science Decadal Survey (2023-2032) of The National Academies of Sciences

VORTRÄGE UND POSTER

Biskupek L., Zhang M., Müller J. (2020): Benefit of new high-precision LLR data for the determination of relativistic parameters, Vortrag, QuantumFrontiers Workshop (online), 4./5. Mai 2020

Breva, Y., Kröger, J., Kersten, T., Schön, S. (2020): Codephase center corrections for multi GNSS signals and the impact of misoriented antennas, Geophysical Research Abstracts 22 (2020), EGU2020-9846, DOI: 10.15488/9796

Duwe M., Koch I., Flury J., Shabanloui A. (2020): Processing of GRACE FO satellite to satellite tracking data using the GRACE SIGMA software, Presentation, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2020, 26.-29. October 2020, online, <https://doi.org/10.5194/gstm2020-3>

Flury J. (2020): Geodesy - Surveying a Restless Planet. Lunch Lecture, ESA Headquarters Paris, 3.3.2020

Knabe A., Wu H., Schilling M., Müller J. (2020): Hybridization of atomic and electrostatic accelerometers for satellite control and gravity field recovery, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-9893, DOI: 10.5194/egusphere-egu2020-9893

Koch I., Flury J., Duwe M., Shabanloui A. (2020): GRACE and GRACE-FO processing at IfE/LUH, Presentation, COST-G Team Meeting 2020, 13.-15. January 2020, ISSI Bern, Switzerland

Koch I., Duwe M., Flury J., Shabanloui A. (2020): Processing of GRACE-FO satellite-to-satellite tracking data using the GRACE-SIGMA software, EGU General Assembly 2020, 4.-8. May 2020, online, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20851>

Kröger J., Breva Y., Kersten T., Schön S. (2020): Robot-based Calibration of Multi-GNSS Receiver Antennas Using Real Satellite Signals, In: 14th European Conference on Antenna and Propagation (EuCAP), March 15-20, Poster, Virtual Conference, Copenhagen, Denmark

Kulemann, D., Jain A., Schön S. (2020): Evaluation verschiedener Bewegungsmodelle für die Flugnavigation, Frontiers of Geodetic Science Digital, 13 - 15 Oktober 2020, Berlin, Germany

Lasser M., Mayer-Gürr T., Kvas A., Koch I., Lemoine J.-M., Neumayer K.H., Dahle C., Flechtner F., Flury J., Meyer U., Jäggi A. (2020): Benchmark data for verifying background model implementations in orbit and gravity field determination software, EGU General Assembly 2020, 4.-8. May 2020, online, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-18877>

Meyer U., Lasser M., Jäggi A., Flechtner F., Dahle C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Bourgoïn S., Koch I., Groh A., Förste C., Eicker A., Meysignac B. (2020): Combination Service for Time-variable Gravity Field Solutions (COST-G) – GRACE-FO operational combination, Presentation, GRACE/GRACE-FO Science Team Meeting 2020, 26.-29. October 2020, online, <https://doi.org/10.5194/gstm2020-16>

Müller, J. (2020): Erdbeobachtung mit Quanten und Relativität, Vortrag, Phaeno, Wolfsburg, 13.2.2020

- Müller, J. (2020): Aktivitäten der DGK-Abteilung Erdmessung. DGK Jahressitzung (online), 25.-27.11.2020
- Müller, J. (2020): Status Report 2020 on IAG Project Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe), QuGe Kick-off Meeting (online), 3.12.2020
- Müller, J. (2020): IAG Project - Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe), Meeting of QuGe WG on Relativistic Geodesy with Clocks (online), 21.12.2020
- Schilling, M., Wodey, É., Timmen, L., Tell, D., Zipfel, K., Rasel, E.M., Müller, J. (2020): Gravity field modelling for the Hannover 10 m atom interferometer, Vortrag, Frontiers of Geodetic Science, Online, 14.10.2020
- Schilling, M., Wu, H., Knabe, A., Müller, J. (2020): Novel sensor concepts for future gravity field satellite missions, Vortrag, The present and future of Satellite Gravimetry, 18.-20. November 2020, IIT Kanpur, India (online)
- Shabanloui A., Flury J. (2020): Calibration of accelerometer observations based on Earth's gravity solutions and its impact on thermospheric density variations , Online Swarm SPP Colloquium, 03-04 June 2020 (online)
- EGU General Assembly 2020, 4.-8. May 2020, online, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20851>
- Singh, V., Biskupek, L., Müller, J., Zhang, M. (2020): Non-Tidal Station Loading Impact at Lunar Laser Ranging Observatories, Vortrag, Frontiers of Geodetic Science, Online, 14.10.2020 (online)
- Timmen, L., A. Weise, Ch.Rothleitner, M. Reich, St. Schroeder, M. Cieslack (2020): Untersuchung von mehreren ScintrexCG-6 Gravimetern im Hannover Schwerereferenzsystem, Vortrag, Terrestrische Gravimetrie in Deutschland (3. Workshop), Institut für Geodäsie und Geoinformation, 10. - 11.03.2020, Bonn
- Timmen, L., Gerlach, C., Rehm, T., Völksen, C., Voigt, C. (2020): Zugspitze und Wank: Absolutgravimetrie 2004 bis 2019 mit FG5(X)-220, Vortrag, Arbeitskreis Geodäsie und Geophysik, 27.-30.10.2020, Grimma
- Timmen, L., Jahr, T., Voigt, C. (2020): Gravimetric tides, surface tilts and gravity currents, Vortrag, Arbeitsgruppe "Wave Interactions between the Atmosphere, the Ocean and the Solid Earth in the German Marginal Seas", 2. Treffen, Universität Hamburg, 07.02.2020
- Timmen, L. Weise, A. (2020): Gravimetrically measured vertical displacement of the Earth's surface in the North Sea, Vortrag, General Assembly of Cluster of Excellence QuantumFrontier, 4.5.2020 (online)
- Timmen, L., A. Weise, Ch.Rothleitner, M. Reich, St. Schroeder, M. Cieslack (2020): Untersuchung von mehreren ScintrexCG-6 Gravimetern im Hannover Schwerereferenzsystem, Vortrag, Terrestrische Gravimetrie in Deutschland (3. Workshop), Institut für Geodäsie und Geoinformation, 10. - 11.03.2020, Bonn
- Wu, H., Müller J. (2020): Optical clocks for gravity field observation and further geodetic applications, Vortrag, QuantumFrontiers Workshop, 4./5. Mai 2020 (online)
- Wu, H. and Müller, J. (2020): Optical clock networks and their application in geodesy, Quantum Alliance Community Event, 11-12 November, 2020, Germany
- Wu, H., Müller, J., Knabe, A. (2020): Optical clocks for gravity field observation and further geodetic applications, European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2020, 4-8 May, 2020, Vienna, Austria (online), EGU2020-10476 (online)

DATENSÄTZE

- Koch I., Duwe M., Flury J., Shabanloui A. (2020): Dataset: LUH-GRACE-FO-2020, Data Repository Leibniz University Hannover, DOI: 10.25835/0062546
- Meyer U., Lasser M., Jaeggi A., Dahle C., Flechtner F., Kvas A., Behzadpour S., Mayer-Gürr T., Lemoine J.-M., Koch I., Flury J., Bourgogne S. (2020): International Combination Service for Time-variable Gravity Fields (COST-G) Monthly GRACE-FO Series. V. 01, GFZ Data Services, DOI: 10.5880/ICGEM.COST-G.002

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Antoniuk, A., Merk, M., Otto, P. (2020): Spatial Statistics, or how to extract knowledge from data, To appear: Handbook of Big Geospatial Data. Springer Handbook Series in Computer Science
- Bienzeisler, L., Lelke, T., Wage, T., Thiel, F., Friedrich, B. (2020): Development of an Agent-Based Transport Model for the City of Hanover Using Empirical Mobility Data and Data Fusion, *Transportation Research Procedia*, Volume 47, 2020, Pages 99-106 DOI:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.073> ISSN: 2352-1465
- Cheng, H. Johora, F., Sester, M., Müller, J. (2020): Trajectory Modelling in Shared Spaces: Expert-Based vs. Deep Learning Approach?, *International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*
- Cheng, H., Liu, H., Hirayama, T., Shinmura, F., Akai, N., Murase, H. (2020) : Automatic Interaction Detection Between Vehicles and Vulnerable Road Users During Turning at an Intersection, 2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)m DOI:10.1109/IV47402.2020.9304554
- Cheng, H., Liao, W., Ying Yang, M., Sester, M., Rosenhahn, B. (2020): MCENET: Multi-Context Encoder Network for Homogeneous Agent Trajectory Prediction in Mixed Traffic, 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) DOI:10.1109/ITSC45102.2020.9294296, arXiv:2002.05966
- Cheng, H., Zourlidou, S., Sester, M. (2020): Traffic Control Recognition with Speed-Profiles: A Deep Learning Approach, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi9110652>
- Feng, Y., Brenner, C., Sester, M. (2020): Flood severity mapping from Volunteered Geographic Information by interpreting water level from images containing people: A case study of Hurricane Harvey, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 169, 301-319.
- Feng, Y., Brenner, C., Sester, M. (2020): Learning a Precipitation Indicator from Traffic Speed Variation Patterns, *Transportation Research Procedia*, 47, 203-210.
- Feng, Y., Yang, C., Sester, M. (2020): Multi-scale Building Maps from Aerial Imagery, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 41-47. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-41-2020
- Garthoff, R., Otto, P. (2020):Spatiotemporal procedures for the statistical surveillance of spatial autoregressive models with heavy tails, *Communications in Statistics - Simulation and Computation* (online first) DOI:10.1080/03610918.2020.1779294
- Golze, J., Zourlidou, S., Sester, M. (2020):Traffic regulator detection using gps trajectories, *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, 16(1):321.DOI:<https://doi.org/10.1007/s42489-020-00048-x>
- Johora, F.T, Cheng, H., Müller, J.P., Sester, M. (2020): An Agent-Based Model for Trajectory Modelling in Shared Spaces: A Combination of Expert-Based and Deep Learning Approaches, *Proceedings of the 19th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*.
- Kamalasanan, V., M. Sester (2020): Behaviour control with augmented reality systems for shared spaces, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 591-598. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-591-2020
- Kazimi, B., Thiemann, F., Sester, M. (2020): Detection of Terrain Structures in Airborne Laser Scanning Data using Deep Learning, *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 5(2). DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-493-2020
- Merk, M. S., Otto, P. (2020): Directional spatial autoregressive dependence in the conditional first- and second-order moments, *Spatial Statistics* (online first)
- Peters T., Brenner C.(2020):Conditional Adversarial Networks for Multimodal Photo-Realistic Point Cloud Rendering, *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* DOI:10.1007/s41064-020-00114-z
- Politz, F., Sester, M., Brenner, C. (2020): Geometry-based Point Cloud Classification Using Height Distributions, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, V-2-2020, 259–266. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-259-2020
- Wage, O., Feuerhake, U., Koetsier, C., Ponick, A., Schild, N., Beening, T., Dare, S. (2020): Ride Vibrations: Towards Comfort-Based Bicycle Navigation, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B4-2020, 367–373DOI:<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-367-2020>

Sester, M. (2020): Analysis of mobility data—A focus on Mobile Mapping Systems, *Geo-spatial Information Science*, 23(1), 68-74.

Sester, M. (2020): Cartographic generalization, *Journal of Spatial Information Science*, 2020(21), 5-11.

Wang, C., Zourlidou, S., Golze, J., Sester, M. (2020): Trajectory analysis at intersections for traffic rule identification, *Geo-spatial Information Science*, 11(4):1–10. DOI: <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1843374>

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

Koetsier, C., Peters, T., Sester, M. (2020): Learning the 3D Pose of Vehicles from 2D Vehicle Patches, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 683-688. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-683-2020

Leichter, A., Werner, M., Sester, M. (2020): Feature-extraction from all-scale Neighborhoods with Applications to Semantic Segmentation fo Point Clouds, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 263-270. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-263-2020

Peters, T., Brenner, C., Song, M. (2020): Improving Deep Learning based Semantic Segmentation with Multi View Outlier Correction, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 711-716. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-711-2020

Schachtschneider, J., Brenner, C. (2020): Creating multi-temporal Maps of Urban Environments for improved Localization of Autonomous Vehicles, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 317-323. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-317-2020

DISSERTATIONEN

Birgit Kieler (2020): Schema-Matching in räumlichen Datensätzen durch Zuordnung von Objektinstanzen, DGK Reihe C, München 2020, ISBN 978-3-7696-5265-9, 138 S. (identisch mit / identical with: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover ISSN 0174-1454, Nr. 359, Hannover 2020)

SONSTIGE BEITRÄGE UND POSTER

Fuest, S., Grüner, S., Vollrath, M., Sester, M. (2020): Evaluating different Cartographic Design Variants for visually communicating Route Efficiency, *AutoCarto 2020*.

Cheng, H., Liao, W., Tang, X., Ying Yang, M., Sester, M., Rosenhahn, B. (2020): Exploring Dynamic Context for Multi-path Trajectory Prediction

Kamalasanan, V., Sester, M. (2020): Living with Rules: An AR Approach, 19th International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2020) (Poster)

Malinovskaya, A., Otto, P. (2020): Online network monitoring, arXiv:2010.09398

Malinovskaya, A., Otto, P., Peters, T. (2020): Statistical learning for change point and anomaly detection in graphs arXiv:2011.06080

Merk, M. S., Otto, P. (2020): Estimation of the spatial weighting matrix for regular lattice data -- An adaptive lasso approach with cross-sectional resampling, arXiv:2001.01532

Rözer, V., Peche, A., Berkhahn, S., Feng, Y., Fuchs, L., Graf, T., Haberlandt, U., Kreibich, H., Sämann, R., Sester, M., Shehu, B., Wahl, J., Neuweiler, I. (2020): Impact-based early warning for pluvial floods, *EGU General Assembly Conference Abstracts* (p. 10507)

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Alba Pagán, E.; Gaitán Salvatella, M.; Pitarch, M. D.; León Muñoz, A.; Moya Toledo, M.; Marin Ruiz, J.; Vitella, M.; Lo Cicero, G.; Rottensteiner, F.; Clermont, D.; Dorozynski, M.; Wittich, D.; Vernus, P.; Puren, M.(2020): From silk to digital technologies: A gateway to new opportunities for creative industries, traditional crafts and designers. The SILKNOW case, In: Sustainability 12(19), paper 8279. DOI:10.3390/su12198279
- Chen, L.; Rottensteiner, F.; Heipke, C.(2020): Deep learning based feature matching and its application in image orientations. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2, pp. 25–33. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-25-2020
- Chen, X., Peng, J., Motagh, M., Zheng, Y., Shi, M., Yang, H., Jia, Q. (2020): Co-seismic deformation of the 2017 Ms 7.0 Jiuzhaigou Earthquake observed with GaoFen-3 interferometry. - International Journal of Remote Sensing, 41, 17, 6618-6634. <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1742945>
- Clermont, D.; Dorozynski, M.; Wittich, D.; Rottensteiner, F.(2020): Assessing the semantic similarity of images of silk fabrics using convolutional neural networks. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2, pp. 641–648. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-641-2020
- Eberding, L.; Sheikhlari, A.; Thórisson, K.(2020): SAGE: Task-Environment Platform for Autonomy and Generality Evaluation. In: Goertzel B., Panov A.I., Potapov A., Yampolskiy, R. (Eds.), Artificial General Intelligence.
- Heipke C., Rottensteiner F.(2020): Deep learning for geometric and semantic tasks in photogrammetry and remote sensing, Geo-spatial Information Science, 23:1, 10-19. DOI:10.1080/10095020.2020.1718003
- Höllmann M., Mehlretter M., Heipke C.(2020): Geometry-based regularisation for dense image matching via uncertainty-driven depth propagation. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2-2020, 151–159. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-151-2020
- Jacobsen, K.(2020): Calibration and Validation of CORONA KH-4B to Generate Height models and Orthoimages, ISPRS Annals Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., V-1-2020, 151–155, 2020, DOI:10.5194/isprs-annals-V-1-2020-151-2020
- Kruse, C.; Rottensteiner, F.; Heipke, C.(2020): Using redundant information from multiple aerial images for the detection of bomb craters based on marked point processes. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2, pp. 861–870. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-861-2020
- Neves A.K., Körting T.S., Fonseca L.M.G., Girolamo Neto C.G., Wittich D., Costa G.A.O.P., Heipke C.(2020): Semantic segmentation of Brazilian savannah vegetation using high spatial resolution satellite data and U-Net. In: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-3-2020, 505–511. DOI:10.5194/isprs-annals-V-3-2020-505-2020
- Nguyen U., Heipke C.(2020): 3D Pedestrian Tracking Using Local Structure Constraints. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (166), 347-358. DOI:10.1016/j.isprsjprs.2020.05.002
- Sefercik, U., Alkan, M., Atalay, C., Jacobsen, K., Büyüksalih, G.(2020): Optimising the Achievable Information Content Extraction from WorldView-4 Stereo Imagery, PFG, Vol 88, 449-461. Springerlink, DOI:10.1007/s41064-020-00127-8
- Shamshiri, R., Motagh, M., Nahavandchi, H., Haghshenas Haghghi, M., Hoseini, M. (2020): Improving tropospheric corrections on large-scale Sentinel-1 interferograms using a machine learning approach for integration with GNSS-derived zenith total delay (ZTD). - Remote Sensing of Environment, 239, 111608. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111608>
- Sheikhlari, A.; Thórisson, K.; Eberding, L.(2020): Autonomous Cumulative Transfer Learning. In: Goertzel B., Panov A.I., Potapov A., Yampolskiy, R. (Eds.), Artificial General Intelligence, Lecture Notes in Artificial Intelligence No. 12177, Springer International Publishing, 306-316. DOI:10.1007/978-3-030-52152-3_32
- Stefanova Vassileva, M., Motagh, M., Walter, T. R., Wetzel, H.-U., Senyukov, S. L. (2020): The 29 March 2017 Yuzhno-Ozernovskoe Kamchatka Earthquake: Fault Activity in An Extension of the East Kamchatka Fault Zone as Constrained by InSAR Observations. - Bulletin of the Seismological Society of America, 110, 3, 1101-1114. <https://doi.org/10.1785/0120190174>

- Tang, W., Motagh, M., Zhan, W. (2020): Monitoring active open-pit mine stability in the Rhenish coalfields of Germany using a coherence-based SBAS method. - *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 93, 102217. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102217>
- Wang X., Heipke C. (2020): An Improved Method of Refining Relative Orientation in Global Structure from Motion with a Focus on Repetitive Structure and Very Short Baselines. In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 86(5): 299-315, 2020.
- Wang, X.; Xiao, Teng.; Kasten, Y. (2020): A hybrid global image orientation method for simultaneously estimating global rotations and global translations. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2*, pp. 95-104. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-95-2020
- Wittich, D. (2020): Deep domain adaptation by weighted entropy minimization for the classification of aerial images. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2*, pp. 591–598. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-591-2020
- Yang, C.; Rottensteiner, F.; Heipke, C. (2020): Investigations on skip-connections with an additional cosine similarity loss for land cover classification. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-3*, pp. 339–346. DOI:10.5194/isprs-annals-V-3-2020-339-2020
- Yang, C.; Rottensteiner, F.; Heipke, C. (2020): Exploring semantic relationships for hierarchical land use classification based on convolutional neural networks. In: *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-2*, pp. 599–607. DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2020-599-2020
- Zhu, C., Wang, Z., Li, P., Motagh, M., Zhan, L., Jiang, Z., Long, S. (2020): Retrieval and Prediction of Three-Dimensional Displacements by Combining the DInSAR and Probability Integral Method in a Mining Area. - *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 1206-1217. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2978288>

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Andrade, R.B., Costa, G.A.O.P., Mota, G.L.A., Ortega, M.X., Feitosa, R.Q., Soto, P.J., Heipke, C. (2020): Evaluation of semantic segmentation methods for deforestation detection in the amazon. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B3-2020, 1497–1505. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1497-2020
- Feng, Y., Yang, C., Sester, M. (2020): Multi-Scale Building Maps from Aerial Imagery. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B3-2020, pp. 41–47. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-41-2020
- Gujrathi A., Yang C., Rottensteiner F., Buddhiraju K.M., Heipke C. (2020): Improving the classification of land use objects using dense connectivity of convolutional neural networks. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B2-2020, 667–673. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-667-2020
- Heipke, C. (2020): New ISPRS services for members and the ISPRS community at large. *GIM International*, (34) 3/4, 2020, p. 33/34.
- Jacobsen, K., Ludwig, R.R. (2020): CORONA-Höhenmodelle und Orthofotos, 40. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Stuttgart – Publikationen der DGPF, Band 29, 2020
- Kang J., Chen L., Deng F., Heipke C. (2020): Improving disparity estimation based on residual cost volume and reconstruction error volume. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B2-2020, 135–142. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2020-135-2020
- Sledz A., Unger J., Heipke C. (2020): UAV-based thermal anomaly detection for distributed heating networks. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B1-2020, 499–505. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-499-2020
- Soto, P.J., Costa, G.A.O.P., Feitosa, R.Q., Happ, P.N., Ortega, M.X., Noa, J., Almeida C.A., Heipke, C. (2020): Domain adaptation with CycleGAN for change detection in the amazon forest. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B3-2020, 1635–1643. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1635-2020
- Trusheim, P., Heipke, C. (2020): Precision of visual localization using dynamic ground control points. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B1-2020, 363-370. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-363-2020
- Voelsen, M., Bostelmann, J., Maas, A., Rottensteiner, F., Heipke, C. (2020): Automatically generated training data for land cover classification with CNNs using Sentinel-2 images. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B3-2020, 767–774. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-767-2020

BÜCHER, BUCHKAPITEL

Jäger, E., Patzsche, S., Heipke, C. (2020): Geotopographie und Photogrammetrie. In: Kummer, K., Kötter, T., Kutterer, H., Ostrau, S. (Eds.): Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen. vde-Verlag, Berlin, ca. 1280 Seiten, ISBN 978-3-87907-676-5, S. 439-494. ISBN: 978-3-87907-676-5

DISSERTATIONEN

Blott, G. (2020): Multi-View Person Re-Identification. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 356, Dissertation, Hannover, 2020. ISSN: 0174-1454

Bostelmann, J. (2020): Systematische Bündelausgleichung großer photogrammetrischer Blöcke einer Zeilenkamera am Beispiel der HRSC-Daten. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 365, Dissertation, Hannover, 2020. ISSN: 0174-1454

Coenen, M. A. (2020): Probabilistic pose estimation and 3D reconstruction of vehicles from stereo images. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 362, Dissertation, Hannover, 2020. ISSN: 0174-1454

Maas, A. E. (2020): Klassifikation multitemporaler Fernerkundungsdaten unter Verwendung fehlerbehafteter topographischer Daten. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 357, Dissertation, Hannover, 2020. ISSN: 0174-1454

Nguyen, U. (2020): 3D Pedestrian Tracking Using Neighbourhood Constraints. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 358, Dissertation, Hannover, 2020. ISSN: 0174-1454

Paul, A. (2020): Domänenadaption zur Klassifikation von Luftbildern. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 360, Dissertation, Hannover, 2020. ISSN: 0174-1454

Unger, J. (2020): Integrated Estimation of UAV Image Orientation with a Generalised Building Model. In: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, ISSN 0174-1454, Nr. 361, Dissertation, Hannover, 2020. ISSN: 0174-1454

DATENPUBLIKATIONEN

Coenen, M. (2020): Dataset: ICSENS Stereo image vehicle dataset. DOI:10.25835/0078519

Nguyen, U. (2020): Dataset: ICSENS Multi-view pedestrian tracking dataset. DOI:10.25835/0082741

VORTRÄGE UND POSTER

Canizares, C., Motagh, M., Haghshenas Haghghi, M. (2020): Resolving 3D coseismic deformation of the 2019 Mw 7.1 Ridgecrest earthquake using radar and optical data - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-13659>

Dorozynski, M. (2020): Deep Learning zur Analyse von Seidenstoffen, intergeo digital 2020, 13.10.2020

Garg, S., Motagh, M., Jayaluxmi, I. (2020): Land Subsidence in Delhi, India investigated using Sentinel-1 InSAR measurements - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-21138>

GHOSH, B., Motagh, M., Haghshenas Haghghi, M., Maghsoudi, S. (2020): Automatic Flood Monitoring based on SAR Intensity and Interferometric Coherence using Machine Learning - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-12954>

Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2020): Monitoring groundwater depletion in Iran from space: results from gravity and InSAR observations - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-17885>

Heipke, C.: Satellitenfernerkundung für Aufgaben der Landesvermessung, Copernicus Workshop, LGLN, Hannover, 10.02.2020

Heipke, C.: Deep learning in Photogrammetrie und Fernerkundung, 5. Arbeitstreffen der Initiative 3D-Geländemethoden in den Geowissenschaften“, Göttingen, 11.02.2020

- Heipke, C.: Photogrammetrische Bildsequenzanalyse: Personendetektion, -verfolgung und -wiedererkennung, DLR-Kolloquium „Hochauflösende Optische Sensoren für die Raumfahrt“, Institut für Optische Sensorsysteme, Berlin, 02.03.2020
- Heipke, C.: Mapping of planet Mars – the HRSC experience, Key Note, 41th Asian Conference on Remote Sensing, Deqing, 09.11.2020 (online)
- Jacobsen, K. (2020): Evaluation of Height Models, Spatial Data Quality 2020, Malta, 3rd International Workshop Spatial Data Quality, Eurogeographics / EuroSDR
- Krishna Rao, V., Motagh, M., Jain, K. (2020): Land Subsidence In Jharia Coalfields, Jharkhand, India – Detection, Estimation And Analysis Using Persistent Scatterer Interferometry - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-21118>
- Ma, D., Motagh, M., Liu, G. (2020): Permafrost degradation monitoring by InSAR at different spatial resolution in Sanjiangyuan region, China, - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20173>
- Motagh, M., Roessner, S., Akbari, B., Behling, R., Stefanova Vassileva, M., Haghshenas Haghighi, M., Wetzel, H.-U. (2020): Landslides triggered by 2019 extreme rainfall and flood events in Iran: Results from satellite remote sensing and field survey - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-10715>
- Roessner, S., Behling, R., Motagh, M., Wetzel, H.-U. (2020): Multi-scale analysis of landslide occurrence and evolution using optical and radar time series - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20702>
- Rottensteiner, F. (2020): Überwachte Klassifikationsverfahren für Aufgaben in Photogrammetrie und Fernerkundung, Copernicus Workshop, LGLN, Hannover 11.02.2020
- Rottensteiner, F. (2020): Classification of Land Cover and Land Use based on Deep Learning, IEEE GRSS-Young Professional & ISPRS Student Consortium Summer School, online, 30.10.2020.
- Stefanova Vassileva, M., Al-Halbouni, D., Dahm, T., Motagh, M., Walter, T. R., Wetzel, H.-U. (2020): Rapidly accelerating subsidence in Maceió (Brazil) analyzed by multi-temporal DInSAR analysis and 2d geomechanical modeling - Abstracts, EGU General Assembly 2020 (Online 2020). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-19905>
- Voelsen, M.: Automatic change detection and update of high-resolution topographic databases using Sentinel-2 imagery, GIMethods 2020 - PhD Colloquium der DGK, 01.10.2020

GEODÄTISCHES KOLLOQUIUM

WINTERSEMESTER 2019 /20

Dienstag, 05.11.2019: Dr. Konrad Wenzel, CEO nFrames, Stuttgart, Thema: Photogrammetrie und Computer Vision für landesweite Oberflächenvermessung

Dienstag, 19.11.2019: Prof. Dr.-Ing. Monika Sester, Institut für Kartographie und Geoinformatik, Leibniz Universität Hannover, Thema: Stadtmonitoring mit modernen Sensoren und Analysemethoden

Dienstag, 10.12.2019: Matthias Hack und Dominik Wellmann, Abteilung Ländliche Entwicklung und Agrarwirtschaft, Sektorvorhaben „Land-governance“, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Thema: Land matters - Bodenordnung und Landmanagement in der Deutschen Entwicklungszusammenarbeit

Dienstag, 07.01.2020: Prof. Dr. Stephan Nebiker, Institut Geomatik, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Muttenz, Schweiz, Thema: Bildbasiertes 3D Mobile Mapping - Entwicklung und Zukunftsperspektiven

Dienstag, 21.01.2020: Prof. Dr. techn. Thomas Hobiger, Institut für Navigation, Universität Stuttgart, Thema: Navigation von teil-/autonomen Luftfahrzeugen

SOMMERSEMESTER 2020

Im Sommersemester fand aufgrund der Coronapandemie kein Geodätisches Kolloquium statt.

LEHRVERANSTALTUNGEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WS 19/20 UND SS 20

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Sensorik	Prof. Neumann / Dr. von GösseIn / Bureick / Dorndorf / Hake	1	4	1
Grundlagen geodätischer Auswertemethoden	Prof. Neumann / Kermarrec	2	3	2
Ausgleichsrechnung und Statistik	Prof. Neumann / Dr. Alkhatib	3	3	1
Mess- und Rechenverfahren in der Ingenieurgeodäsie	Dr. von GösseIn / Altemeier	3	3	2
Ingenieurgeodäsie	Hartmann / Khami	4	3	2
Schätz- und Prädiktionsverfahren	Prof. Neumann / Dr. Alkhatib	4	3	1
Praxisprojekt Ingenieurgeodäsie	Hartmann / Khami	4	10 Tage	
Multi-Sensor-Systeme	Dr. Paffenholz / Diener	5	2	2

Flächen- und Immobilienmanagement

Grundlagen der Stadt- und Regionalplanung	Prof. Voß / Bannert	1	2	1
Immobilienmanagement	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 WS 19/20 UND SS 20

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Kinematic Measurement Processes in Engineering Geodesy	Vogel / Omidalizarandi	2 G	2	1
Introduction into Geodetic Data Analysis	Dr. Alkhatib/Moftizadeh / Mohammadivojdan	1/2G	1	1
Schätz- und Optimierungsverfahren	Kermarrec / Dorndorf	1 N	2	1
Projektseminar II: „From TLS observations to B-splines surface: Hierarchical Approach“	Dr. Alkhatib / Kermarrec	2 G	-	8
Projektseminar: “Determination of comparable locations for the city of Hannover from geodata using GIS “	Prof. Voß / Bannert	2 G	-	8
Projektseminar I und Hauptseminar: „Georeferencing and validation of a laser scanned-based multi-sensor system“	Dr. Alkhatib / Vogel	2 G	-	8
Industrial Surveying (W)	Prof. Neumann / Mohammadivojdan	2 G	1	2
Selected Topics of Geodetic Data Analysis (W)	Prof. Neumann / Dr. Alkhatib / Dorndorf	2 G	2	1
Recursive State Estimation (W)	Dr. Alkhatib / Vogel	3 G	2	2
Ingenieurgeodäsie, Aktuelle Aspekte (W)	Prof. Neumann	3 G	1	-
Analysis of Deformation Measurements (W)	Prof. Neumann / Mohammadivojdan	3 G	1	1

Flächen- und Immobilienmanagement

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Land Management and Real Estate Economics II	Prof. Voß / Asiama	2 G	2	1
Land Tenure and Land Policy (W)	Prof. Voß / Asiama	2 G	-	2
Rural and Village Development (W)	Prof. Voß / Asiama	2 G	2	-
Städtebauliche Projektentwicklung (W)	Dr. Wolf	3 G	2	-
Flächenmanagement III (W)	Prof. Voß	3 G	1	1
Öffentliches Vermessungswesen	Liebig	3 G	1	-
Real Estate Economics III	Prof. Voß	3G	1	-

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WS 19/20 UND SS20

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Wirtschaftlichkeitsbewertung von Immobilien (EX: Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen Bau, TU Braunschweig)	Prof. Voß	5	2	-

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

Institut für Erdmessung

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozent / Assistent	Sem.	V	Ü
Grundlagen der Erdmessung	Prof. Flury / Duwe	3	4	1
Grundlagen der GNSS und Navigation	Prof. Schön / Breva	4	2	2
Mathematische Geodäsie	Dr. Denker / Knabe	5	1	1
GNSS II	Prof. Schön / Breva / Kröger	5	1	1
Physikalische Geodäsie	Prof. Müller / Dr. Timmen / Knabe	5	2	1
Gravimetrie I	Dr. Timmen	5	1	-
Geodätische Weltraumverfahren und Praxisprojekt	Prof. Müller / Knabe + Breva / Kröger	6	3	2
Landesvermessung	Dr. Jahn / Dr. Krawinkel	6	2	1
Praxisprojekt Landesvermessung und GNSS	Breva / Kröger	6	10 Tage	

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozent / Assistent	Sem.	V	Ü
Positionierung und Navigation	Prof. Schön / Breva	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: Geodäsie und Geoinformatik IfE	Dr. Shabanloui	2+3 G	-	4/4
Projektseminar: Geodäsie und Geoinformatik IfE/PosNav	Prof. Schön / Icking / Kröger	2+3 G	-	4/4
Orbit Calculation and Relativistic Modelling in Geodesy (W)	Prof. Müller / Knabe	2+3 G	2	2
Inertialnavigation (W)	Prof. Schön / Tennstedt	2+3 G/N	2	2
GNSS Receiver-Technologie (W)	Prof. Schön	3 G	2	2
Schwerefeldmodellierung (W)	Dr. Denker	3 G	1	1
Signalverarbeitung in der Erdmessung (W)	Dr. Denker / Dr. Timmen	2 G	2	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 / Timmen	2 G	3	1
Aktuelle Satellitenmissionen (W)	Prof. Müller / Knabe	3 G	2	2
Advanced Concepts for Positioning and Navigation	Prof. Schön / Ren / Breva	1+2 G	2	1
Geodynamik und Geokinematik	Dr. Shabanloui	2+3 G	3	1
Approximation methods and numerical techniques (W)	Prof. Flury	2 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung; G: Master GuG, N: Master Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR ANDERE FACHRICHTUNGEN IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Approximation und Prädiktion raumbezogener Daten (EX: M.Sc. Geowissenschaften und M.Sc. Umweltingenieurwesen, LUH)	Prof. Flury	2	2	1

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Informatik für Ingenieure	Prof. Brenner / Peters	1	2	1
Einführung in GIS und Kartographie I	Thiemann	1	1	1
Einführung in GIS und Kartographie II	Thiemann	2	1	1
Praxisprojekt Topographie (Schlussübung)	Thiemann / Schulze	2	10 Tage	
Bachelorprojekt	Politz / Prof. Otto	4	-	3
Geoinformationssysteme I / Geländemodellierung	Prof. Sester / Feng	4	2	1
Geoinformationssysteme II	Prof. Sester / Fischer	5	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Internet - GIS	Dr. Feuerhake / Fischer / Cheng / Kazimi	1 G	2	1
GIS in der Fahrzeugnavigation	Prof. Brenner / Schachtschneider	2 G/N	1	1
GIS III – Anwendungen und neue Forschungsrichtungen (W)	Prof. Sester / Dr. Feuerhake / Westenber	2 G	3	-
Geodateninfrastrukturen (W)	Dr. Willgalis	2 G	2	-
Hauptseminar	Prof. Sester und Mitarbeiter	2 G	-	2
GIS – Praxis II (W)	Thiemann	3 G	-	2
GIS und Geodateninfrastruktur	Thiemann / Schulze / Politz	1 N	2	1
Laserscanning – Modellierung und Interpretation	Prof. Brenner / Leichter	3 G/N	1	1
SLAM und Routenplanung	Prof. Brenner	3 G/N	2	1
Geosensornetze	Prof. Sester / Dr. Feuerhake	3 N	2	1
Praxisprojekt NuUR I	Busch / u.a.	1 N	-	2
Praxisprojekt NuUR II	Prof. Brenner / Busch / u.a.	2 N	-	4
Studentisches F&E Projekt NuUR	Prof. Brenner / Busch, u.a	3 N	-	4
C++ - Kurs für NuUR	Busch	1 N		1
Mechatronik Labor	Busch			1
Big Geospatial Data	Prof. Otto / Malinovskaya	2 G/N	2	-
Modelling Spatio-temporal and Network Data	Prof. Otto	G	4S	
Projektseminar "RideVibes - Fahrradrouting"	Dr. Feuerhake / Koetsier / Wage	2+3 G	-	4/4

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master Navigation und Umweltrobotik

LEHREXPORTE FÜR ANDERE FACHRICHTUNGEN IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozenten	V	Ü
Geo-Informationssysteme (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geowissenschaften)	Schulze / Politz	1	1

(EX) Lehrexpert für andere Fachrichtungen

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Einführung Programmieren I	Dr. Wiggenhagen	1	1	2
Einführung Programmieren II	Dr. Wiggenhagen	2	1	1
Digitale Bildverarbeitung	Prof. Rottensteiner / Clermont	2	2	1
Grundlagen der Photogrammetrie I	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	3	3	1
Luftbildphotogrammetrie	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	4	2	1
Fernerkundung	Prof. Heipke / Kruse	6	2	2
Bachelorseminar	Prof. Heipke und Mitarbeiter	3+4		4

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WS 19/20 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Photogrammetric Computer Vision	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	1 G/N	2	1
Bildanalyse I (W)	Prof. Rottensteiner / Wittich	2 G/N	2	1
Bildanalyse II (W)	Prof. Rottensteiner / Wittich	3 G/N	1	1
Mathematic Aspects of Computer Vision (W)	Dr. Bulatov	3 G/N	1	1
Optische 3D Messtechnik (W)	Dr. Wiggenhagen	2 G	2	1
Operat. Fernerkundung (W)	Dr. Storch	3 G	1	-
Radarfernerkundung (W)	Prof. Motagh	2 G	2	1
Forschungsprojekt (W)	Dr. Vajedian	4 G	-	2
Photogrammetrie und Fernerkundung in der Praxis (W)	Voelsen	3 G	2	-
Business Administration for Engineers (W)	Claussen	2 G/N	1	-
Führung als Qualifikation im Ingenieurberuf (W)	Dr. Mayr	3 G/N	1	-

Geodätisches Hauptseminar / Kolloquium	Prof. Heipke und Mitarbeiter	1 G	-	-
Projektseminar	Prof. Heipke und Mitarbeiter	2+3 G	-	-
Praxisprojekt Navigation und Umweltrobotik	Prof. Heipke und Mitarbeiter	2+3 N	-	-
3D Image processing (Auflagenkurs)	Prof. Rottensteiner / Dr. Wiggenhagen	1 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung; G: Master GuG, N: Master Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WS 19/2 UND SS 20

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
G&G für Bauingenieure (EX: Bau- und Umweltingenieurwesen, B.Sc.)	Dr. Wiggenhagen / Unger	1	2	2
Mechatronik Labor (EX: Mechatronik und Robotik)	Dr. Wiggenhagen	2+3	-	1
Remote Sensing (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geographie und Geowissenschaften, WATENV B.Sc. und M.Sc.)	Dr. Vajedian	div.	1	1

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

ANMERKUNG

Eine Reihe der Veranstaltungen aus dem B.Sc.- und M.Sc.-Studium Geodäsie und Geoinformatik sowie Navigation und Umweltrobotik ist offen für Studierende anderer Fächer (u.a. Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik und Robotik, Computergestützte Ingenieurwissenschaften, Mathematik, Physik)

HONORARPROFESSOREN UND LEHRBEAUFTRAGTE DER FACHRICHTUNG

HONORARPROFESSOREN

Es lesen nicht mehr:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Augath (Bestellung: 1993), (ehem. Geodätisches Institut TU Dresden)

Hon.-Prof. PD 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

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. K.-W. Schrick, Regierungsdirektor a.D. (Bestellung: 1967), ehem. Deutsches Hydrographisches Institut

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Schroth (Bestellung: 1998), BLOM Deutschland GmbH, a.D.

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, Ltd. Vermessungsdirektor (seit 2006), Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN), Landesvermessung und Geobasisinformation Vorlesung: Landesvermessung

Dr.-Ing. Werner Mayr (seit 2017), Welzheim, Vorlesung: Führung als Qualifikation im Ingenieurberuf

Dr. 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 und Grundlagen der Stadt- und Regionalplanung.

Dr.-Ing. Stefan Willgalis (seit 2019), Ministerium für Inneres und Sport, Geodateninfrastrukturen