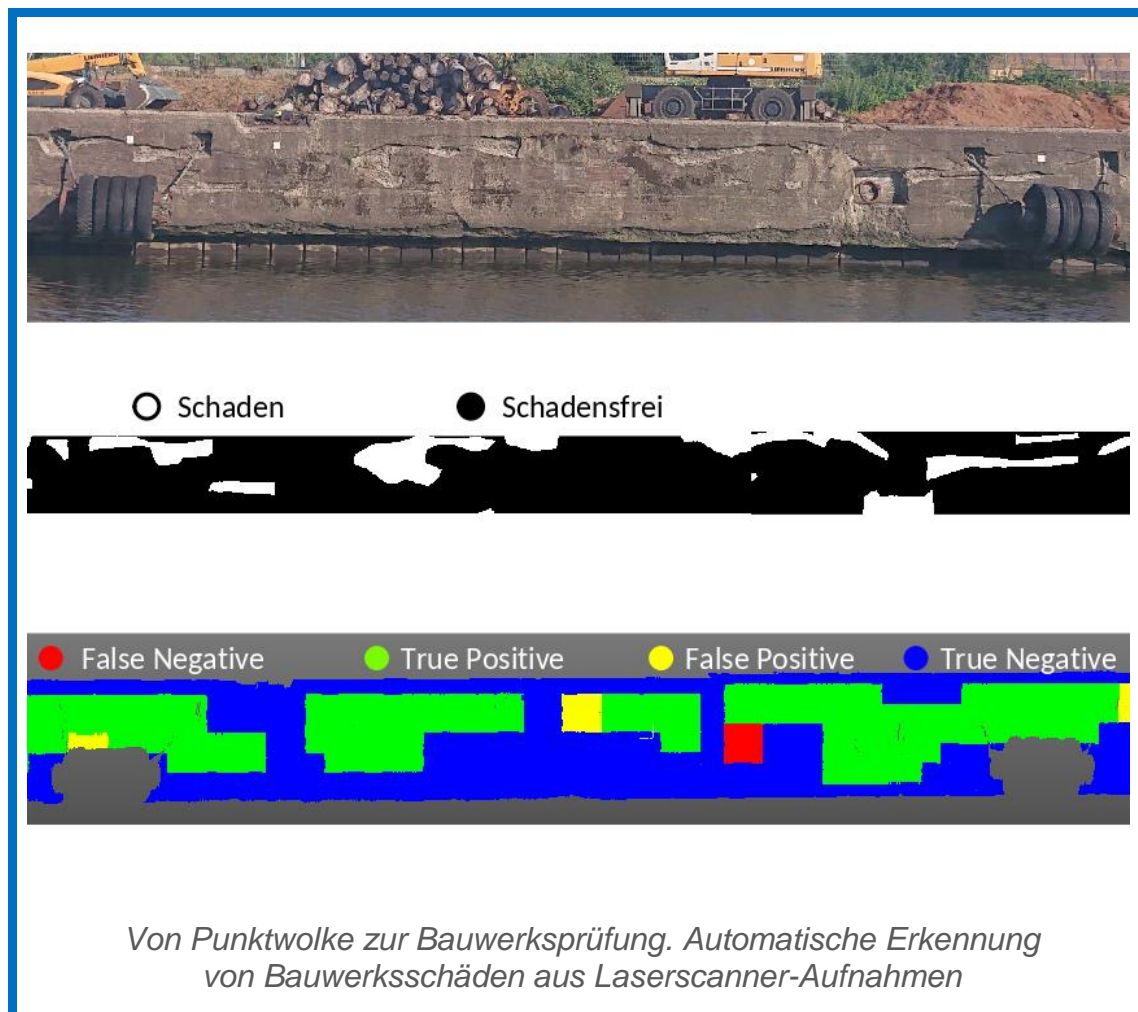


AKTUELLES AUS DER FACHRICHTUNG 2021

April 2022

Folge 72



Impressum

**Jahresberichtsheft Nr. 72 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, Gesamtedaktion), Heiner Denker (IFE), Claudia Sander (IPI),
Monika Sester (IKG),

Rechtlicher Hinweis

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

Urheber- und Kennzeichenrecht

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

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

Das Copyright für veröffentlichte, von der Gesellschaft zur Förderung der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik selbst 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
Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität in der DFG-Forschung auf Platz 1 in Deutschland	3
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Torge zum 90. Geburtstag.....	4
Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Günter Seeber zum 80. Geburtstag	7
Festkolloquium anlässlich der runden Geburtstage von Prof. Wolfgang Torge und von Prof. Günter Seeber	10
Nachruf für Prof. Dr.-Ing. Karl-Wilhelm Schrick.....	10
SFB 1464 Relativistische und quanten-basierte Geodäsie (TerraQ)	12
DFG-Graduiertenkolleg 2159 Integrität und Kollaboration in Dynamischen Sensornetzen (i.c.sens)	13
Internationale Masterabsolventin unserer Fachrichtung mit dem Sonderpreis der Victor Rizkallah-Stiftung ausgezeichnet.....	15
Forschungsarbeiten.....	16
Geodätisches Institut (GIH).....	16
Institut für Erdmessung (ife)	24
Institut für Kartographie und Geoinformatik (ikg).....	41
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI)	46
Dissertationen	55
Organisation von Workshops und Symposien	71
Messen und Öffentlichkeitsarbeit	74
Aus dem Lehrbetrieb	76
Bericht des Studiendekanats	76
Absolventenfeier der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie	78
Internationales	80
Master - und Bachelorarbeiten.....	81
Projektseminare im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik.....	138
Praxisprojekte im Studiengang Geodäsie und Geoinformatik	145
Studentisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt im Studiengang Navigation und Umweltrobotik	148
Aus der Gesellschaft	150
Bericht über die Mitgliederversammlung der Gesellschaft	150
Aufruf Walter-Großmann-Preis der Förderergesellschaft.....	157
Aufruf Bachelor-Preis 2022 der Förderergesellschaft	158
Verleihung des Bachelor-Preises 2021	158
Verleihung des Walter-Großmann-Preises 2021	159
Anhang - Personelles	166

Geodätisches Institut	166
Institut für Erdmessung	170
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	174
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	177
Publikationen und Vorträge	180
Geodätisches Institut	180
Institut für Erdmessung	182
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	187
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	190
Geodätisches Kolloquium	194
Lehrveranstaltungen	195
Geodätisches Institut	195
Institut für Erdmessung	197
Institut für Kartographie und Geoinformatik.....	199
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation	200
Honorarprofessoren und Lehrbeauftragte der Fachrichtung	202

NEUES AUS DER FACHRICHTUNG

GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK DER LEIBNIZ UNIVERSITÄT IN DER DFG-FORSCHUNG AUF PLATZ 1 IN DEUTSCHLAND

Toller Erfolg: Im aktuellen Förderatlas der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG belegt die Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität wiederum den ersten Platz im Fachgebiet "Geophysik und Geodäsie". Mit einem Bewilligungsvolumen von 5,6 Mio € in den Jahren 2017 bis 2019 liegt die Leibniz Universität klar vor den Universitäten Bonn (3,8 Mio €) und Kiel (3,7 Mio €). Wesentlich tragen unter anderem ein Sonderforschungsbereich und zwei Graduiertenkollegs zu diesem Erfolg bei. Die Leistung der LUH-Geodäsie ist umso höher zu werten, als es in Hannover keine Geophysik als Fachgebiet gibt.

An der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie haben insgesamt vier forschungsstarke Institute ihren Schwerpunkt im Bereich "Geodäsie und Geoinformatik": das Geodätische Institut, das Institut für Erdmessung, das Institut für Kartographie und Geoinformatik sowie das Institut für Photogrammetrie und GeoInformation. Zu den größten DFG-Programmen im Berichtszeitraum des Förderatlas zählen der SFB 1128: Relativistische Geodäsie und Gravimetrie mit Quantensensoren - Modellierung, Geo-Metrologie und zukünftige Technologie (geo-Q) sowie das Graduiertenkolleg i.c.sens. Die erfolgreiche Forschung in diesen Programmen konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mittlerweile fortsetzen: Das Graduiertenkolleg i.c.sens wurde verlängert, zudem bewilligte die DFG im Bereich Geodäsie den neuen SFB 1464 TerraQ.

Im Förderatlas fasst die DFG seit nunmehr 30 Jahren Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung zusammen. Das Ranking erfasst den Drittmittelerfolg bei der DFG, der Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE) des Bundes und des Programms Horizon 2020 der Europäischen Union. Der aktuelle Förderatlas bezieht sich auf die Jahre 2017 bis 2019.

Link zum Förderatlas:

<https://www.dfg.de/sites/foerderatlas2021/index.html>

In zusätzlichen Auswertungen wird die Leistung in den verschiedenen Disziplinen (Fachsystematik der DFG) detailliert ausgewertet. Die Geodäsie und Geoinformatik ist in der Gruppe 315 (Geophysik und Geodäsie) vertreten und findet sich im folgenden Link in der Spalte GPG.

http://www.dfg.de/sites/foerderatlas2021/download/tabellen/dfg-foerderatlas2021_tab_web-10.xls

PROF. DR.-ING. WOLFGANG TORGE ZUM 90. GEBURTSTAG



Wolfgang Reinhold Julius Torge wurde am 4. Juni 1931 in Laubusch, Kreis Hoyerswerda, damals preußische Provinz Niederschlesien, heute Freistaat Sachsen, geboren und feierte somit in diesem Jahr seinen 90. Geburtstag. Er wuchs in Lauban, damals Niederschlesien (östlich der Neiße), heute polnische Woiwodschaft, auf und wurde nach dem Krieg mit seiner Familie nach Nienburg/Weser in Niedersachsen vertrieben. Dort bestand er im Februar 1950 das Abitur und studierte von 1951 bis 1955 an der damaligen Technischen Hochschule Hannover Vermessungswesen. Seine wichtigsten Professoren waren die

Herausgeber grundlegender geodätischer Lehrbücher: Walter Großmann (Vermessungskunde, Ausgleichsrechnung, Geodätische Rechnungen und Abbildungen), Viktor Heissler (Kartographie) und Gerhard Lehmann (Photogrammetrie) sowie der Entwickler des ersten in größerer Anzahl hergestellten Feldgravimeters, Alfred Schleusener. Besonders Walter Großmann und Alfred Schleusener haben den wissenschaftlichen Lebensweg Wolfgang Torges mit dem Schwerpunkt Gravimetrie und der Arbeit in der internationalen Geodäsie wesentlich beeinflusst. Bereits während des Studiums absolvierte er ein Auslandspraktikum beim Finnischen Landesvermessungsamt, was damals noch etwas Besonderes war.

Nach dem Studium arbeitete Wolfgang Torge zunächst zwei Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter von Alfred Schleusener bei der international führenden geophysikalischen Prospektionsfirma Seismos GmbH in Hannover. 1958 entschloss er sich für die Referendarzeit in der Vermessungs- und Katasterverwaltung Niedersachsen, legte 1961 die Große Staatsprüfung ab und arbeitete dort bis 1967 als Vermessungsassessor bzw. Vermessungsrat. Während dieser Zeit war er von 1962 bis 1966 als Wissenschaftlicher Assistent an das Geodätische Institut der TH Hannover abgeordnet und promovierte 1966. Im Jahre 1967 ging er im Auftrag der Deutschen Fördergesellschaft für Entwicklungsländer als Experte im Rahmen des Katasterprojekts „Zentralamerika und Panama“ nach San Salvador. Die Arbeit in den mittelamerikanischen Ländern legte den Grundstein für seine besonderen wissenschaftlichen und persönlichen Beziehungen zu Lateinamerika. Er lernte perfekt spanisch, was ihm bei seinen späteren Forschungsprojekten besonders in Lateinamerika sehr zugute kam. 1968 erhielt er den Ruf als Professor für Mathematische und Physikalische Geodäsie und Gravimetrie sowie Direktor des Instituts für Theoretische Geodäsie der TH Hannover, das 1982 in das heutige Institut für Erdmessung umbenannt wurde. Diesem Institut blieb er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1996 trotz attraktiver Angebote, z.B. einen Ruf an die ETH Zürich 1978, treu.

Die herausragende wissenschaftliche Leistung Wolfgang Torges wird am eindrucksvollsten durch seine mehr als 200 Veröffentlichungen von

1964 bis heute dokumentiert. Die Arbeiten begannen entsprechend der oben genannten wissenschaftlichen Lehre und dem beruflichen Werdegang mit der Ausgleichsrechnung (Trennung systematischer und zufälliger Fehler), Photogrammetrie (Orthophotos) und Kataster (Zentralamerika), um dann den gesamten Bereich der Physikalischen Geodäsie (Gravimetrie und Geoidbestimmung) abzudecken. Es wurden neue Methoden zur Anlage und Ausgleichung von Schwerenetzen (in Deutschland und mehreren Ländern Lateinamerikas und Asiens sowie weltweit vom Nordkap bis nach Kapstadt als Teil des bis heute gültigen International Gravity Standardization Net, IGSN 71) und zur Geoidbestimmung (in Deutschland, Island und ganz Europa) entwickelt und die ersten präzisen Absolutgravimeter wissenschaftlich untersucht und eingesetzt. Daneben stellten die gravimetrischen Erdgezeitenregistrierungen (im Harz und mehreren Stationen in Südamerika und Asien) und deren wissenschaftliche Auswertung einen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten dar.

Von ganz besonderer Bedeutung sind die Lehrbücher von Wolfgang Torge: „Geodäsie“ (1. Auflage in Deutsch 1975, englisch „Geodesy“ 1980, spanische Übersetzung 1983, chinesische Übersetzung 1984 und 1993, russische Übersetzung 1999, griechische Übersetzung 2000; 4. Auflage in Englisch gemeinsam mit Jürgen Müller 2012) sowie „Gravimetry“ (1989), die bis heute Standardwerke an den Universitäten in aller Welt geworden sind. Daneben ist „Die Geschichte der Geodäsie in Deutschland“ (1. Auflage 2007, 2. Auflage 2009) eine sehr übersichtliche und komplette Darstellung der Geodäsie von ihrem Ursprung im Altertum bis zur Modernen in Deutschland. Die Entwicklung der internationalen Geodäsie mit dem Schwerpunkt von der vom preußischen General J. J. Baeyer gegründeten Mitteleuropäischen Erdmessung 1962 bis zur Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) ist in mehreren Veröffentlichungen in verschiedenen Zeitschriften (insbesondere Journal of Geodesy und zfv) ausführlich dargestellt.

Die verantwortliche Arbeit Wolfgang Torges in nationalen Gremien begann 1969 mit seiner Wahl als Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK), deren Vorsitzender er von 1987 bis 1990 wurde. Von 1971 bis 2002 war er Schriftleiter der „Zeitschrift für Vermessungswesen“ (zfv), von 1979 bis 1983 Vorsitzender des Nationalen Komitees für Geodäsie und Geophysik und von 1975 bis 1978 Vorsitzender der DFG-Senatskommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung. In internationalen Projekten war Wolfgang Torge, wie oben beschrieben, bereits seit seiner Abordnung als wissenschaftlicher Assistent im Geodätischen Institut der TH Hannover unter Walter Großmann aktiv. Die wissenschaftliche Mitarbeit konzentrierte sich dann auf die Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG). Von 1976 bis 1983 war er Sekretär und anschließend von 1983 bis 1987 Präsident der IAG-Sektion „Schwerefeldbestimmung“, 1987 bis 1991 Vizepräsident und 1991 bis 1995 Präsident der IAG. Während dieser Zeit hat Wolfgang Torge sehr viele Aktivitäten und Projekte initiiert, u.a. war er Kongressdirektor der XVIII. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) in

Hamburg 1983. Besonders hervorzuheben ist die Einberufung der konstituierenden Tagung zur Gründung des Geozentrischen Referenzsystem für Südamerika (spanisch SIRGAS) in Asunción, Paraguay, an dem sämtliche Länder Südamerikas teilnahmen und das bis heute in Lateinamerika als Durchbruch zur länderübergreifenden Kooperation in der Geodäsie gesehen wird. Aus einem „Netz“ von 7 südamerikanischen ITRF93-Stationen sind 85 im ITRF2014 geworden.

Die Ehrungen, die Wolfgang Torge erhalten hat sind sehr vielfältig. Die Wichtigsten sollen hier erwähnt werden: 1980 wurde er Mitglied der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft, 1990 Ehrenmitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften und korrespondierendes Mitglied der Argentinischen Nationalen Ingenieur-Akademie. 1991 erhielt er die Friedrich-Robert-Helmert-Gedenkmünze des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVW) und wurde Fellow der IAG. 1995 erhielt er die Ehrung als Honorarprofessor des Instituts für Seismologie in Wuhan, China, und wurde Ehrenpräsident der IAG. 2019 wurde er zum Fellow der IUGG ernannt.

Wolfgang Torge hat sich zweifellos um die Geodäsie in Deutschland und der internationalen Gemeinschaft äußerst verdient gemacht. Er hat mit seiner vermittelnden und niemals konfrontierenden Art sehr viele Menschen überzeugt und positiv eingestellt. Das hat insbesondere seinen Schülern bei ihrem Weg in eine wissenschaftliche oder praktische Tätigkeit sehr geholfen. Ausführliche Darstellungen finden sich in den Festschriften zu seinem 60. und 70. Geburtstag (Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover Nr. 172 und 241), zu denen auch einige seiner mehr als 20 Doktoranden wissenschaftliche Arbeiten beigetragen haben. Seine Schüler, Freunde und Kollegen gratulieren Wolfgang Torge aus ganzem Herzen zu seinem Jubiläumsgeburtstag und wünschen ihm für die Zukunft alles Gute, besonders in dieser von der Covid-19-Pandemie geprägten Zeit.

Hermann Drewes,
München

PROF. DR.-ING. PROF. H.C. GÜNTER SEEBER ZUM 80. GEBURTSTAG



Günter Seeber, der am 10. Februar seinen 80. Geburtstag begangen hat, wurde in Rastenburg/Ostpreußen geboren. 1960 begann er sein Studium in Mathematik mit Nebenfächern Geographie und Astronomie mit dem Ziel des Lehramtes an der Universität Münster. Er wechselte zum WS 1961 nach Bonn und startete mit dem Studium des Vermessungswesens, das er nach acht Semestern Regelstudienzeit abschloss. Es folgte ein einjähriges, vom DAAD unterstütztes Praktikum am Institut Géographique National

(IGN) in Paris. Nach der Referendariatszeit nahm er 1969 eine Assistentenstelle am Geodätischen Institut der Universität Bonn bei Walter Hoffmann an. Günter Seeber widmete sich zunächst dem Aufbau der Station Todenfeld zur optischen Ausmessung von Satellitenbahnen. Die Ergebnisse flossen in seine Dissertation „Über das stochastische Verhalten von photographisch bestimmten Stern- und Satellitenkoordinaten“ ein, die er 1972 abschloss. 1973 wurde er auf die Professur für geodätische Astronomie und Satellitengeodäsie an die astronomische Station des Instituts für Theoretische Geodäsie der TU Hannover, des späteren Instituts für Erdmessung (IfE) der Leibniz Universität Hannover berufen, an dem er dann mehr als 32 Jahre tätig war.

Seine Forschungsschwerpunkte lagen im Bereich der geodätischen Astronomie, der Meeresgeodäsie und natürlich der Nutzung von GPS und GNSS. Standen anfangs zunächst Transit-Dopplermessungen im Vordergrund, so konnte er mit seinem Team Pionierarbeit bei der Durchführung von GPS-Messungen und der Entwicklung von innovativen Auswertetechniken leisten. Der erste Texas Instruments TI 4100 GPS Empfänger wurde anfangs der 1980er Jahre beschafft – damals ein DFG Großgerät. Weitere Schritte folgten im Sonderforschungsbereich 149 „Vermessungs- und Fernerkundungsverfahren an Küsten und Meeren“. Später führten ihn Expeditionen in die Arktis (GPS-Mehrantennensystem zur Lagebestimmung der Polarstern im Vergleich zu Kreiselkompass). 1994-1999 wirkte das IfE im Geodetic Antarctic Project (GAP) mit einer Vielzahl an Geodätischen Instituten in Deutschland mit.

In Zusammenarbeit mit Wirtschaft und der Landesverwaltung wurden Verfahren von GPS Realtime Kinematik Diensten erforscht und erprobt. Als besonders erfolgreich ist die Entwicklung von GPS Test- und Prüfeinrichtungen bis hin zur GPS-Antennenkalibrierung gemeinsam mit Geo++ zu nennen. Dieses Verfahren ist heute ein internationaler Standard.

Als durchgehender Themenstrang der astronomischen Untersuchungen ist insbesondere die Entwicklung von transportablen Zenitkameras zur Bestimmung der Lotabweichungskomponenten zu nennen, die immer wieder verfeinert wurden.

Ergebnisse all' dieser Arbeiten und Untersuchungen flossen in sein didaktisches Lehrbuch zur Satellitengeodäsie ein. Dies ist eines der wenigen Werke, das nicht nur die Konzepte, Auswertestrategien und den technischen Teil von GPS umfassen, sondern den gesamten Bereich der Satellitengeodäsie beleuchten.

Die Ausbildung des Nachwuchses und die internationale Zusammenarbeit lagen ihm am Herzen. So war er Mitglied im Editorial Board von Fachzeitschriften wie dem Journal of Geodesy oder Marine Geodesy und in verschiedenen Arbeitsgruppen der Internationalen Assoziation für Geodäsie tätig, die ihn als IAG Fellow auszeichnete. Eine seltene Ehre wurde ihm durch Benennung eines Asteroiden zuteil: Die Internationale Astronomische Union (IAU) taufte im Dezember 2005 einen Kleinplaneten auf den Namen „19993 Günterseeber“.

In seiner erfolgreichen Schaffenszeit hat er viele Menschen auch ganz persönlich geprägt, wie Cord-Hinrich Jahn schildert: „Meine erste Begegnung mit Günter Seeber hatte ich als junger Schüler auf der Volkssternwarte Hannover. Dort war er im wissenschaftlichen Beirat als Vertreter der Universität Hannover tätig. Aus dieser Verbindung heraus suchte ich ihn Jahre später auf, um mir seinen Ratschlag für die richtige Studienauswahl einzuholen. Bei unserer Diskussion über die Sinnhaftigkeit eines Studiums der Luft- und Raumfahrt schlug er mir spontan vor, doch lieber Vermessungswesen/Geodäsie zu studieren. Damit könnte ich Satellitenanwendungen, die zu diesem Zeitpunkt einen steilen fachlichen Aufstieg erwarten ließen, und Astronomie sehr gut miteinander verknüpfen. Besonders seine Einschätzungen zu den guten beruflichen Aussichten auf der Basis dieser neuen Technologie haben mich überzeugt. Somit war Günter Seeber nicht nur „entscheidend verantwortlich“ für meine Berufswahl, sondern auch mein späterer Doktorvater hinsichtlich des Einsatzes von GPS zum Nachweis rezenter Erdkrustenbewegungen auf Island.

Die Mitarbeit in seinem damaligen Team „Satellitengeodäsie“ hat mich nachhaltig geprägt und inspiriert. Auf dieser Basis konnten unter anderem die Entwicklungen bis zur Praxisreife von SAPOS erfolgen. Ebenso ließ mich das erlernte methodische Arbeiten nie los und führte so zum Einsatz neuer Erfassungsverfahren im Raumbezug (z.B. Einsatz der InSAR-Technik) bzw. neuer Aufgabenbereiche wie die Detektion und der Nachweis von Bodenbewegungsinformationen.

Die Mitarbeiterführung und menschliche Art von Günter Seeber haben vielen seiner Schüler die Freiheit gegeben, eigene Ideen zu entwickeln und umzusetzen. Das hat mich persönlich geprägt und dafür bin ich ihm sehr dankbar.“

Er kümmerte sich in einem von der GTZ geförderten Projekt um die Einrichtung eines geodätischen Vollstudiengangs an der Universität Curitiba in Brasilien. Ab 1978 begann er mit regelmäßigen Auslandsaufenthalten als Gastprofessor. Diese Zusammenarbeit mit Brasilien, mit der Bundesuniversität in Recife und Curitiba, pflegte Günter Seeber über 30 Jahre mit großem persönlichem Einsatz. Für dieses Engagement wurde ihm im Mai 2003 der Titel Prof. h.c. der Bundesuniversität von Parana in Curitiba verliehen. Claudia Pereira

Krueger berichtet sehr anschaulich von seinem einzigartigen Wirken in Südamerika:

„1993 wurde ich Prof. Günter Seeber vorgestellt, obwohl er schon seit 1978 regelmäßig als Gastprofessor an der Universität in Curitiba und Recife tätig war. Er hielt dort Vorlesungen in Graduiertenschulen. Für mich war dies ein ganz besonderer Moment. Ich fing an, Satellitengeodäsie zu studieren, und dies war bei ihm ganz besonders, eine qualifizierte Person, ernst aber zugänglich und Hannoveraner. Ich bin sicher, dass die Liebe zur Satellitengeodäsie, die er übermittelte, mich beeinflusst hat sowie sein Wissen, das zur Grundlage meines Wissens beigetragen hat. Später hatte ich das Vergnügen, mit ihm und dem verstorbenen Volker Böder in einem Kooperationsprojekt zwischen Bundesuniversität Paraná/Institut für Erdmessung/Bundesbahnnetz zusammenzuarbeiten. Ziel war es, die Position von Zügen in Echtzeit zu erfassen und zu überwachen. An den Zügen wurden mehrere Vermessungen durchgeführt. Die schwierigsten waren die im Winter ohne Heizung, bei Gefriertemperaturen und starkem Frost. Ob heiß oder kalt, er genoss die Zugfahrt von Curitiba nach Vêu da Noiva (Serra do Mar) mit einer wunderschönen und unvergesslichen Landschaft.

Während meiner Promotion erlaubte er mir, in Hannover neue Erfahrungen zu sammeln und viel Wissen zu erwerben. Es war wundervoll. Dadurch konnte ich die Dynamik der am IfE entwickelten Projekte kennenlernen und diese Erfahrung nach Brasilien übertragen. Ich erinnere mich immer an die schöne Zeit im Institut. Im Februar war das Thema Karneval, das für viele Brasilianer so wichtig ist. Zu anderen Zeiten sprachen wir zum Beispiel über brasilianischen Fußball (eine brasilianische Leidenschaft); die Unterschiede zwischen Curitiba (Region Süd) und Recife (Region Nordosten); die langen Schlangen, die sich immer gebildet haben, zum Beispiel vor Banken; von den verschiedenen Menschen, die wir in Brasilien haben. Glauben Sie mir, ich konnte durch Prof. Seeber immer etwas über mein eigenes Land lernen. Ich erinnere mich immer an eine GPS-Vermessung im Februar, die auf der Ilha do Mel (Honiginsel, Pontal do Paraná) durchgeführt wurde. Es wurde eine vernetzte GPS-Echtzeitpositionierung mit viel Hitze und Stress durchgeführt. Nach erfolgreichem Abschluss konnten wir bei einem Caipirinha feiern. Brasilien ist bekannt für gutes Essen und viel Fleisch. Bald konnten die Grills bei den Aufenthalten von Professor Seeber in Brasilien nicht mehr fehlen. Er mochte es, obwohl es viel Essen war, wie er immer sagte.

Die Promotion in Hannover endete mit einem Winterspaziergang. Dieser wurde vom IfE (1996) organisiert und ich konnte die Gesellschaft des Lehrers und der Freunde, die ich dort für eine Weile kennengelernt hatte, länger genießen. Schnee und Kälte wurden mit Spielen und kleinen Schlucken Schnaps überwunden. Die Projekte mit Studenten, die wir gemeinsam durchführten, sind ebenfalls Teil unserer Geschichte. Abschließend, sage ich Vielen Dank, Professor Seeber, für Deine Lehren, Anleitung, Partnerschaft und Freundschaft. Du bist Teil der Geschichte meines Lebens.“

Diesen internationalen Beziehungen ist Günter Seeber auch heute noch treu, wenn er auf Alexander von Humboldts Spuren den Kontinent

durchquert und gerne dem trüben Wetter in Hannover entflieht. Nach seiner Verabschiedung in den Ruhestand hat er sein großes Organisationstalent in den evangelischen Stadtkirchenverband in Hannover eingebracht. Nach einer Zerstörung durch Brandstiftung half er mit, die Willehadi-Kirche in seiner Wohnortgemeinde wieder aufzubauen. Dort singt er zusammen mit seiner Frau Gisela im Gospelchor *canto vivo*, der auch seine Verabschiedung in den Ruhestand 2006 schwungvoll umrahmt hat.

Die aktiven und ehemaligen Mitarbeiter des Instituts für Erdmessung wünschen dem Jubilar weiter diesen Schwung und guten Mut.

Steffen Schön, Jürgen Müller, IfE, Hannover, Cord-Hinrich Jahn, Landesvermessung Niedersachsen, Claudia Pereira Krueger, Bundesuniversität Parana in Curitiba, Brasilien

Festkolloquium anlässlich der runden Geburtstage von Prof. Wolfgang Torge und von Prof. Günter Seeber



GÜNTER SEEBER, JÜRGEN MÜLLER UND WOLFGANG TORGE (VON LINKS) BEIM FESTKOLLOQUIUM

Anlässlich des 90. Geburtstag von Prof. Wolfgang Torge und anlässlich des 80. Geburtstages von Prof. Günter Seeber, den dieser im Februar feierte, wurden die beiden Jubilare mit einem Festkolloquium an der Leibniz Universität Hannover gewürdigt. An der Online-Veranstaltung am 8. Juni 2021 nahmen bis zu 180 Kollegen und Weggefährten aus der ganzen Welt teil. Der Festvortrag zum Thema *The Progress of International Geodesy after World War II and the involvement of Wolfgang Torge and Günter Seeber*

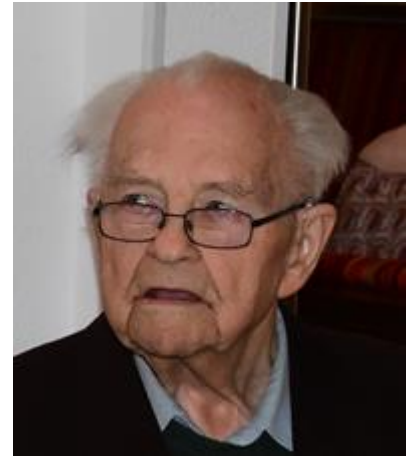
wurde von Prof. Hermann Drewes von der TU München gehalten. Hier wurden die enormen Entwicklungen in der Geodäsie in den letzten 75 Jahren und der wesentliche Beitrag der beiden Jubilare dazu eindrucksvoll dargestellt. Die Veranstaltung hat ihnen viel Freude bereitet, auch die zahlreichen anwesenden Kollegen – wenn auch nur digital – wieder einmal zu sehen. Das Institut für Erdmessung gratuliert ganz herzlich und wünscht weiterhin gute Gesundheit und viel Freude bei den vielfältigen Aktivitäten.

Nachruf für Prof. Dr.-Ing. Karl-Wilhelm Schrick

Am 29. August 2021 verstarb im Alter von 100 Jahren der langjährige Honorarprofessor für Geodätische Astronomie am Institut für Erdmessung. Karl-Wilhelm Schrick wurde am 26. Februar 1921 in Meinerzhagen geboren, wo er auch seine Jugend verbrachte. Nach dem Studium von drei Trimestern Geodäsie in Braunschweig wurde er im August 1940 zur Wehrmacht eingezogen und kam ab Herbst 1941 als Nachrichtenoffizier an der Ostfront zum Einsatz. Im März 1945

geriet er in Ostpreußen in russische Kriegsgefangenschaft, aus der er erst Ende 1949 entlassen wurde.

Er nahm dann an der Universität Bonn das Studium der Geodäsie wieder auf, das er bereits 1951 mit einer Diplomarbeit auf dem Gebiet der Astrometrie abschloss. Schon 1953 folgte die Promotion mit einer Dissertation zur Eigenbewegung der Praesepe. Sodann war er für fast fünf Jahre als Wissenschaftlicher Assistent an der Universitätssternwarte Bonn tätig und begann nach einem halbjährigen Aufenthalt am



Boyden Observatorium in Südafrika im Januar 1958 als Referent für Geodätische Astronomie am Institut für Angewandte Geodäsie (jetzt Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) in Frankfurt. Dort widmete er sich vertieft der Kontrolle und Stabilisierung des Deutschen Hauptdreiecksnetzes durch hochpräzise astronomische Breiten-, Längen- und Azimutbestimmung mit Universal- und Passageinstrument. Ein besonderer Schwerpunkt war dabei der Anschluss des deutschen Längen- und somit Zeitsystems an das Weltlängensystem. Im Jahre 1967 erfolgte ein Wechsel als Referent für Navigation an das Deutsche Hydrographische Institut (jetzt Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) in Hamburg, das damals verantwortlich für den gesetzlichen Zeitdienst und die Zeitsignale in Deutschland war. 1968 übernahm er dann die Leitung des nautischen Jahrbuchs und wurde 1977 Referent für Seevermessung und Automation.

Karl-Wilhelm Schrick gehörte zweifellos in jener Zeit zu den führenden „Geodätische Astronomen“ in Wissenschaft und Praxis, und er erkannte sehr früh den Beitrag, den künstliche Erdsatelliten in der Navigation leisten konnten. So führte er 1969 Experimente zur Ortsbestimmung auf See aus Entfernungsmessungen zu geostationären Satelliten am Beispiel des ATS3 durch und widmete sich dem Dopplermessverfahren und der Kalman-Filtertechnik in der integrierten Navigation. Nur folgerichtig war deshalb 1967 seine Berufung als Lehrbeauftragter für Geodätische Astronomie an die Universität Hannover. Im August 1972 folgte dann die Ernennung zum Honorarprofessor.

Viele Generationen von Studentinnen und Studenten der Geodäsie in Hannover werden sich gerne an die auf langjährigen praktischen Erfahrungen basierenden Vorlesungen von Prof. Schrick erinnern, insbesondere aber an die jährliche Exkursion nach Hamburg zum Deutschen Hydrographischen Institut. Neben den fachlichen Informationen waren die Fahrten mit dem Paternoster-Aufzug im Institutsgebäude, die Vorführung des Photozenitrohrs im früheren Deutschen Zeitdienst und abschließend ein eigens für die Gruppe organisierter Besuch im Planetarium stets unvergessliche Höhepunkte.

Auch nach dem Ausscheiden aus dem praktischen Lehrbetrieb blieb Prof. Schrick dem Institut für Erdmessung und damit der gesamten Fachrichtung und der Universität eng verbunden. Zusammen mit seiner

lebhaften, liebenswerten Ehefrau Agnes war er bis ins hohe Alter regelmäßiger Teilnehmer an Weihnachtsfeiern und der traditionellen Kohlfahrt. So konnten ihn auch jüngere Angehörige des Instituts kennenlernen.

Wir werden Prof. Schrick in guter Erinnerung behalten.

Günter Seeber, Garbsen

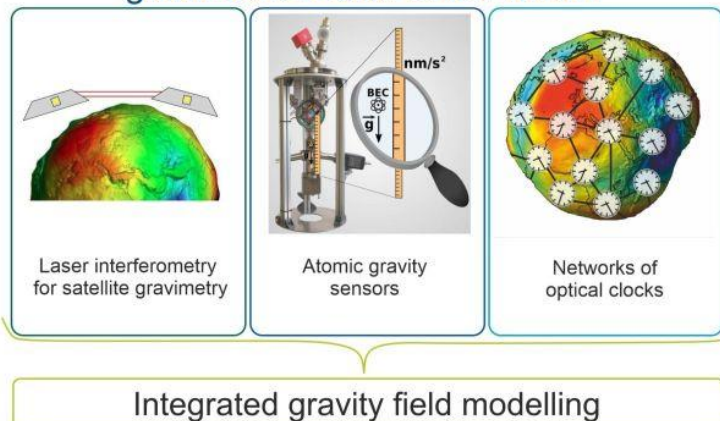
SFB 1464 Relativistische und quanten-basierte Geodäsie (TerraQ)

Der SFB "Relativistische und quanten-basierte Geodäsie (TerraQ)" ist erfolgreich gestartet. Trotz der Corona-bedingten Einschränkungen konnten alle Personalstellen in den 18 Projekten mit nationalen und internationalen Kollegen exzellent besetzt werden. Die Forschungsarbeiten wurden mit viel Elan begonnen.



TerraQ baut, u.a., auf Arbeiten des SFB 1128 "Relativistische Geodäsie und Gravimetrie mit Quantensensoren (geo-Q)" auf, der zwischen 2014 und 2019 ebenfalls in den drei Themenkomplexen, wie in der Abbildung illustriert, forschte.

Quantum metrology for gravimetric Earth observation



Unser Ziel in TerraQ ist es, quanten-basierte Messkonzepte für die Überwachung von Massenänderungen aus dem Weltraum und am Boden sowie die entsprechende Datenanalyse und Modellierung voranzutreiben, um anspruchsvolle Verfahren bereitzustellen, die unser Wissen über die damit verbundenen Veränderungsprozesse im System

Erde erheblich erweitern. Wir erforschen und wenden die moderne Quantenphysik an, um innovative Messgeräte und -verfahren zu entwickeln und zu nutzen und um neue Theorie- und Modellierungsmethoden für die hochpräzise Erfassung des zeitvariablen Gravitationsfeldes der Erde im nächsten Jahrzehnt und darüber hinaus zu entwickeln. So arbeiten wir u.a. an der Entwicklung eines Quantengravimeters und haben mit diesem bereits erste Messungen zur Kurz- und Langzeitstabilität durchgeführt.

Im Sommer fand auch das erste Treffen mit dem hochkarätig besetzten Scientific Advisory Board (SAB) statt, das uns strategisch und inhaltlich berät. Die SAB-Mitglieder sind Hidetoshi Katori, RIKEN und Uni Tokio, Japan; Arnaud Landragin, Syrte, Paris, Frankreich; Reiner Rummel, TU München; Stefano Vitale, Uni Trento, Italien und Mike Watkins, Caltech, Pasadena, USA.



Die erste Veranstaltung der vom SFB organisierten öffentlichen Vortragsreihe „The Changing Earth“ wurde im November hybrid durchgeführt. Mit etwa 40 Teilnehmern vor Ort und nahezu 100 Teilnehmern online war es ein voller Erfolg. Hauptthema waren Veränderungen im Ozean und an den Küsten und

notwendige Schutzmaßnahmen. Seitens TerraQ wurde die Bestimmung der Massenvariationen mittels Laserinterferometrie, wie schon in GRACE-FO demonstriert und für künftige Missionskonzepte weiterentwickelt, präsentiert. Die Vortragenden waren: Prof. Dr. Martin Visbeck (Geomar, Kiel), Prof. Dr. Torsten Schlurmann (LUFI, LUH), Dr. Vitali Müller (TerraQ, LUH). Videos der Vorträge sowie Zusammenfassungen finden Sie unter www.terraq.uni-hannover.de/de/changingearth/.

Weitere Informationen zum TerraQ sind auf der SFB-Webseite verfügbar: www.terraq.uni-hannover.de/de/

DFG-Graduiertenkolleg 2159 Integrität und Kollaboration in Dynamischen Sensornetzen (i.c.sens)



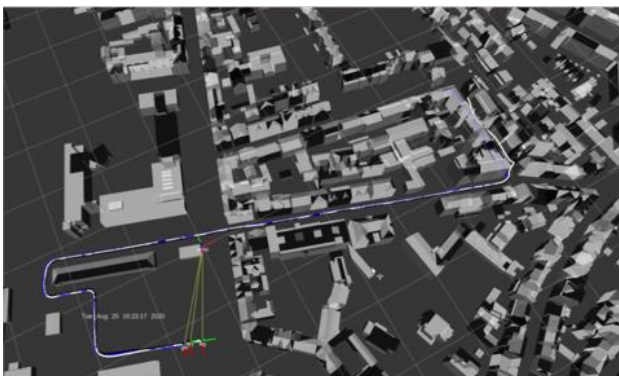
Das DFG-Graduiertenkolleg i.c.sens befindet sich nun im insgesamt fünften Förderjahr, zum 1. Juni 2021 begann die zweite Förderphase des Kollegs. Das GRK blickt auf ein erfolgreiches Jahr zurück: Zwei Kollegiaten schlossen ihre Dissertation und einer unserer leitenden Wissenschaftler seine Habilitation erfolgreich ab. Die beiden Postdoktoranden des GRKs nahmen gut dotierte Stellen in der Industrie an und der Best Presentation Award der ION GNSS wurde an einen unserer Kollegiaten verliehen.

Trotz der auch 2021 geltenden Einschränkungen durch die Covid-19-Pandemie, fanden die Treffen und Qualifikationsveranstaltungen des GRKs wie gewohnt statt – soweit möglich in Präsenz, oder alternativ über das Webkonferenzsystem BigBlueButton. Neben den regelmäßig stattfindenden Professorentagen, bei denen Kollegiatinnen und Kollegiaten den aktuellen Stand ihrer Arbeit vorstellen, und Jour Fixes, bereicherten die Vorträge international renommierter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Programm (s. Tabelle 1). Die jährliche Klausurtagung des Graduiertenkollegs fand 2021 als eintägige Veranstaltung in den Räumen der Universität statt.

Datum	Gast	Titel
02.02.2021	Patrick Henkel, TU München	Multi-Sensor Fusion for Autonomous Driving
03.04.2021	Mathieu Joerger, Virginia Polytechnic Institute	Sequential ARAIM: Error Models, Algorithms, and Performance
21.05.2021	Li-Ta Hsu, The Hong Kong Polytechnic University	3D LiDAR Aided GNSS for Unmanned Autonomous System in Urban Canyons
18.06.2021	Allison Kealy, RMIT University (Australia)	Cooperative Algorithms and Techniques for Robust Positioning in GNSS Difficult Environments
16.07.2021	Michael Beer, LUH	Modeling and Analysis with Epistemic Uncertainties
14.10.2021	Luc Jaulin, ENSTA-Bretagne	Underwater exploration by an autonomous robot with the method of stable cycles
11.11.2021	Kai Cordes, VISCODA GmbH	Camera-based Vehicle Localization for Automated Lane Merge Coordination

VORTRÄGE INTERNATIONALER WISSENSCHAFTLER*INNEN IM GRK I.C.SENS.

Im Mai 2021 fand der erste Hackathon des Graduiertenkollegs statt.



VISUALISIERUNG DER AM MAPATHON BETEILIGTEN FAHRZEUGE IN EINEM SCREENSHOT AUS DER BENCHMARK-ROSBAG.

In der Arbeitsgruppe Software-technik wurden die kollaborativen Aspekte der einzelnen Projekte und die generelle Integrierbarkeit von ROS-Modulen im Rahmen des Baukastens kollaborative Integrität betrachtet. Hierbei wurden erste Vorarbeiten zur Definition von generischen Schnittstellen zum Datenaustausch zwischen ROS-Modulen geleistet.

Die Arbeitsgruppe Benchmark-Datensatz hat sich zum Ziel gesetzt,

sämtliche Mapathon-Daten in eine gemeinsame (also alle Fahrzeuge und Sensoren umfassenden) ROSBag zu überführen. Dieses Format erleichtert zukünftige Kollaborationen durch eine Vereinheitlichung und Bündelung der Schnittstellen für den Datenzugriff und kann im Rahmen von Daten- und Software-Publikationen eingesetzt werden.

Im Dezember 2021 fand ein weiterer Mapathon der 2. Kohorte statt, um das Potential zusätzlicher Sensorik zu evaluieren und die bestehenden Datensätze zu erweitern. Im Einzelnen konnten dabei folgende Ziele erfolgreich umgesetzt werden:

1. Einbindung von stationären UWB Sensoren in Kreuzungsbereichen sowie auf den drei Fahrzeugplattformen,
2. Datenerhebung mit neu beschafften Lidar Sensoren und IMUs,
3. Externes Tracking einer Fahrzeugplattform mit einer Totalstation zur Generierung einer Referenztrajektorie,
4. variierende Konfigurationen der Fahrzeugplattformen in insgesamt sieben verschiedenen Folge-, Kreuzungs- und Vorbeifahrtszenarien.



MESSFAHRZEUGE IN DER VORBEIFAHRT AN STATIONÄREN UWBs (LINKS) MIT EXTERNEM TRACKING (RECHTS)

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

Auch für 2021 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 Seyedeh Razieh Hosseini, M.Sc., ausgezeichnet, die ihr Examen mit hervorragenden Leistungen abschloss. Sie wird den mit 250,- € dotierten Preis im Sommer 2022 im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums aus den Händen des Stifters, Prof. Victor Rizkallah und des Stiftungsvorsitzenden Prof. Ludger Lohaus überreicht bekommen.

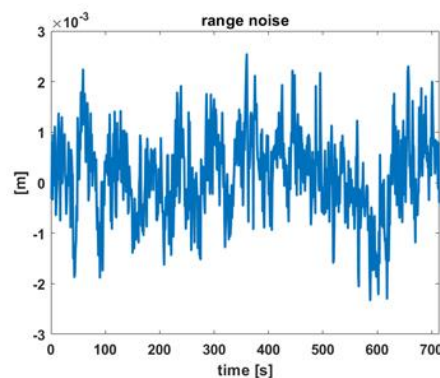
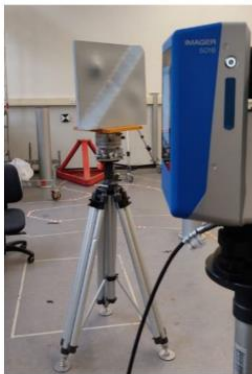
FORSCHUNGSARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT (GIH)

ANALYSIS OF THE TEMPORAL CORRELATION OF TLS NOISE (GAËL KERMARREC)

Temporal correlations between observations from Terrestrial Laser Scanners (TLS) are unavoidable as the scanning rate increases. The focus of the project supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft under the project number KE2453/2-1 is to quantify and analyse these temporal correlations., i.e. we place ourselves at the level of the receiver and not “on” the scanned surface (spatial correlations). We need to identify the source of temporal correlations between the raw measurements of the scanner, which are one range and two angles. Starting from the electromagnetic wave propagation equations, we have identified the atmospheric turbulence as being a source for temporal correlations, besides the one related to the electronic components, which generate flicker, white or random noise. We have analysed the differences between range and angle correlations, and noticed the strong impact of the atmosphere in introducing a “bump” in the power spectral density of the noise. This is the specificity of the so-called Matern noise, which is related to diffusive process as the variance does not grow infinitively as the frequency decreases. I aim to propose a model for temporal correlations, which can be used in least-squares adjustment or in test statistics. To that aim, I focus on simplifying fully populated variance covariance matrices in which correlations are accounted for into diagonal matrices. These latter account “in an hidden way” for correlations. I introduced the Variance Inflation Factor and applied it within a Kalman filter framework to highlight its potential.

Furthermore, I focused on the residuals of mathematical approximations of TLS point clouds to analyse temporal correlations. I have introduced the concept of adaptive local refinement with T-splines in geodesy, as a powerful alternative to the less flexible B-splines surfaces (so-called NURBS).



LEFT: MEASUREMENT OF A 3D PRINTED T-SPLINE SURFACE AT THE GIH

RIGHT: RANGE RESIDUALS OF THE MATHEMATICAL APPROXIMATION (SORTED TEMPORALLY)

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

Im Rahmen des Verbundprojektes 3D Hydromapper wird ein Messsystem zur Erfassung von Hafengebäuden 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, Fraunhofer Institut für Großstrukturen in der Produktionstechnik IGP, Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG und das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen.

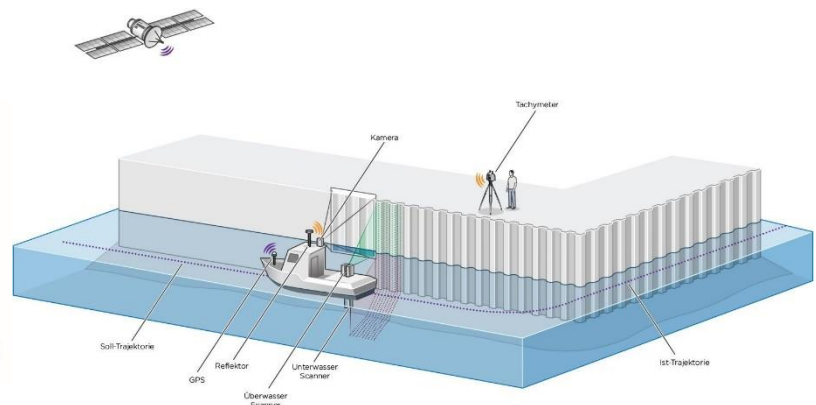
Finanziert wird das Projekt mit einem Volumen von 2.5 Mio Euro und einer Laufzeit von drei Jahren über das Förderprogramm für Innovative Hafentechnologien (IHATEC), unterstützt durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

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 eine automatische Schadensdetektion entwickelt, welche eine digital unterstützte Bauwerksprüfung ermöglicht. Hierzu wird die Punktwolke in ein Distanzbild umgewandelt und mit Hilfe eines Neuronalen Netzes können Schäden erkannt werden. Die so erkannten Schadensverdachtsfälle werden zurück in die Punktwolke projiziert, damit ein maßstabsgetreuer Schadensplan erstellt werden kann.



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien



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

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.

Untersuchungen, die die erste und zweite Phase des Projekts einschließen, wurden durchgeführt. In der ersten Phase des Projekts wurden die inhomogenen Daten vorverarbeitet. Das Hauptziel war die Erkennung von Ausreißern und die Vorbereitung der Daten für die zweite Phase. Die zweite Phase des Projekts umfasst die Modellierung der vorverarbeiteten Daten. Die Modellierung hat zum Ziel, ein optimales mathematisches Modell abzuleiten, das den erfassten Bereich repräsentiert und zur Lösung des Datenfusionsproblems beiträgt (dritte Phase).



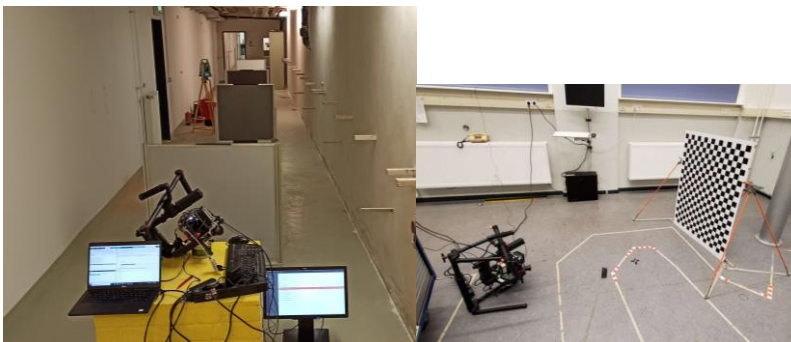
3D-ERFASSUNG VON FLACHWASSERBEREICHEN AN DER RHEINSEL

HIGHLY PRECISE TRAJECTORY ESTIMATION OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) USING INTEGRATED LIDAR AND CAMERA DATA AND GENERALIZED OBJECT INFORMATION, (ARMAN KHAMI, INGO NEUMANN)

Die Schätzung der Trajektorie oder die Geolokalisierung eines Fahrzeugs kann mit verschiedenen Methoden und Sensoren durchgeführt werden. Die GNSS-Positionierung ist unter den Nutzern am bekanntesten. Für ein höheres Maß an Präzision und Genauigkeit bei einer kinematischen Bewegung kann sie jedoch unzureichend sein oder in einigen Bereichen mit mehr Signalunterbrechungen sogar zu einer falschen Position führen. Die Positionierung kann auch mit anderen Sensoren wie LiDAR oder Kameras erfolgen. Man kann jedoch auch mehrere Sensoren miteinander verbinden und versuchen, die geschätzte Position und Orientierung zu verbessern. In diesem Projekt wird versucht, die Trajektorie des UAV durch die Integration von Kamera- und LiDAR-Daten zu verbessern, die zuvor nur mit Hilfe des LiDAR geschätzt wurden. Für die Geolokalisierung des Fahrzeugs wird das 3D-Stadtmodell Level of Detail 2 (LOD 2) verwendet.

In Bezug auf dieses Ziel sollte die Systemkalibrierung der Sensoren im Voraus durchgeführt werden. Zusätzlich zur extrinsischen Kalibrierung der Sensoren wurden die LiDAR-Innenkalibrierungsparameter untersucht und ein vielversprechendes Ergebnis erreicht. Die Anwendung der intrinsischen LiDAR-Kalibrierungsparameter auf die LiDAR-Messungen führte zu einer deutlichen Verbesserung der Systemkalibrierung der Sensoren. Die UAV-Plattform ist auch mit einer Inertialen Messeinheit (IMU) ausgestattet. Obwohl sie nur in bestimmten Epochen eingesetzt werden sollte, sollte die System- und Sensorkalibrierung der IMU vorher bestimmt werden. Auch diese Kalibrierungsparameter wurden im letzten Abschnitt erfolgreich ermittelt.

Im nächsten Schritt dieses Projekts werden wir mit der Trajektorien-schätzung des UAVs unter Verwendung der oben genannten Daten fortfahren.



SENSORKALIBRIERUNG DES LIDAR (LINKS) UND SENSOR- UND SYSTEMKALIBRIERUNG EINER IMU (RECHTS)

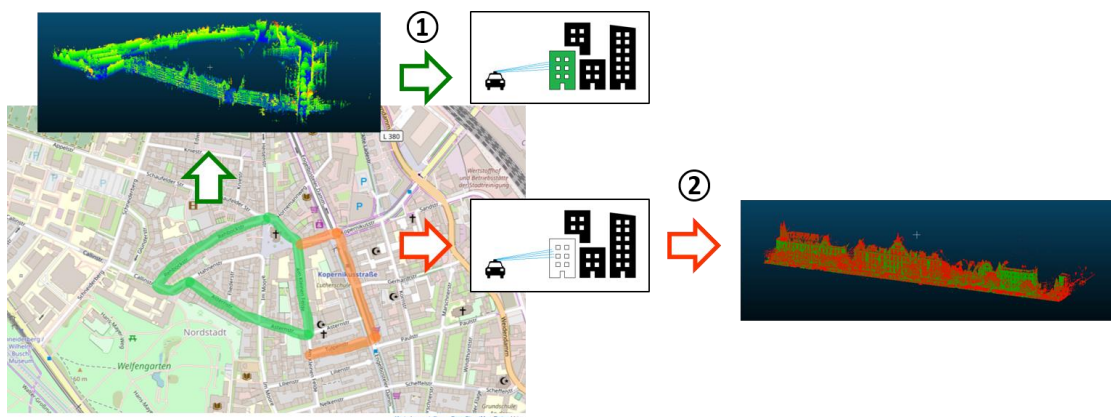
VALIDATION AND QUALITY ASSURANCE CONCEPTS FOR COLLABORATIVE MULTI-SENSOR-SYSTEMS (DFG GRK I.C.SENS, FRANZISKA ALTEMEIER)

In autonomous systems, low-cost laser scanners are important sensors for the perception of the environment. The captured point clouds can also be used to derive, for example, trajectory information. Therefore, it is important to assess the quality of the acquired data. However, due to the large number of influencing factors, common approaches for uncertainty modeling reach their limits.

In this project, a backward approach is used to model the uncertainty of a multi-sensor system (MSS). The basic idea here is to evaluate the quality of actual measurements by comparison with reference information of superordinate accuracy. In the context of this project, the focus is on MSS built from terrestrial laser scanners (TLS) as the object-capturing sensor and additional sensors for the (geo-) referencing of the shared platform. In a first step, the sensor characteristics 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, e.g. the measurement distance, the incidence angle and the calibrated reflectivity of the sensor.

The goal of the project is to develop an efficient method to describe the relationship between certain influencing factors and the resulting data quality. For this purpose, different algorithms from the supervised machine learning group are tested, aiming at the prediction of the data quality under new measurement conditions in the use case. Therefore, the generation of suitable training data plays a key role. In a first step, these were investigated using data sets generated in a laboratory at the Hannover Institute of Technology (HITec). The extension of the training data to include outdoor measurements with longer measurement ranges and to increase the variability of the influencing factors is subject of the current work.

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



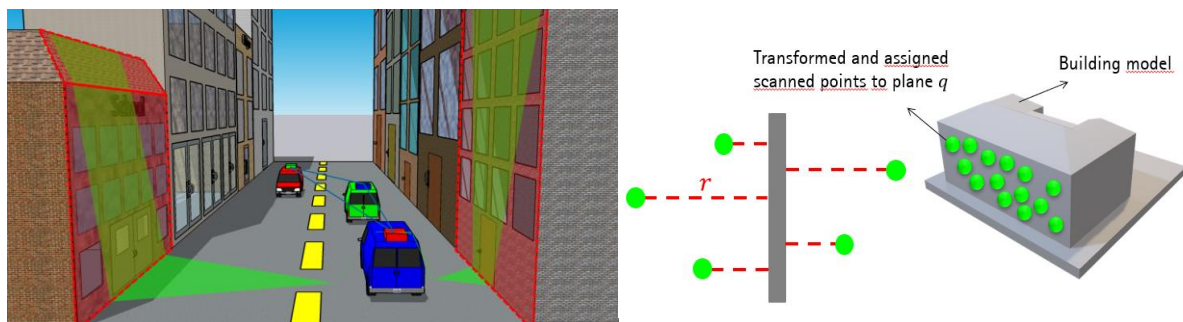
VISUALIZATION OF AN EXEMPLARY USE CASE WITH A TWO-STEP PROCEDURE: ① LEARN SENSOR BEHAVIOR FROM REFERENCE DATA; ② PREDICT DATA QUALITY UNDER NEW CONDITIONS

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

A Multi-Sensor-System (MSS) refers to various installed sensors on a single platform that are frequently used in engineering to capture different aspects of an environment. In order to combine the derived data for further analysis purposes, it is important for the MSS to be georeferenced. Otherwise stated, it is essential to have the 3D position and 3D orientation of the MSS with respect to a global coordinate system.

The easiest and most straightforward way of georeferencing is to rely on Global Navigation Satellite System (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU) data. In rural areas where satellite geometry is adequate, the GNSS data accuracy could be up to millimeter level using differential techniques. However, in urban areas and crowded inner city environments, their accuracy is decreased to meter level due to different problems such as multipath and shadowing effects. On the other hand, regardless of the environmental conditions, the IMU data are almost always subject to drifting and therefore they cannot be entirely relied on.

The main aim of this doctoral project is to develop an efficient and accurate filtering technique for MSS localization. The core idea is to extend the particle filter framework to adequately engage implicit measurement equations as well as various geometrical features of the environment. The final developed approach should be able to detect the informative measurements in a way that while preserving accuracy, its efficiency is also increased. Furthermore, concepts of integrity and cooperative positioning are also to be integrated into the final algorithm. Additionally, since long computation times are the main concern in classic particle filter frameworks, one of the main ideas of the current project is to design the algorithm as efficient as possible by sampling methods to reduce the number of particles.



SCHEME OF A MULTI-SENSOR-SYSTEM LOCALIZATION BY SCANNING THE SURROUNDING ENVIRONMENT (GREEN AREAS AND DOTS) AS WELL AS ESTABLISHING CONNECTION WITH THE OTHER DYNAMIC NODES (CARS). THE LOWER FIGURE VISUALIZES THE GENERAL IDEA BEHIND THE DEVELOPED PARTICLE FILTER FRAMERWORK THAT IS BASED ON POINT DISNCAES TO THE PLANES

FORSCHUNGSPROJEKT INDALE - INNOVATIVE ANSÄTZE DER DASEINSVORSORGE IN LÄNDLICHEN RÄUMEN - LERNEN VON ERFAHRUNGEN ANDERER EUROPÄISCHER LÄNDER FÜR DEUTSCHLAND (ALICE GEBAUER, JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)
LAUFZEIT: FEBRUAR 2020 BIS MITTE 2022, FÖRDERMITTELGEBER:
BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (BMEL)

Insbesondere in strukturschwachen und dünn besiedelten ländlichen Regionen wirken sich die Folgen des Demographischen Wandels existenzgefährdend auf bestehende Infrastrukturen aus: Schulen schließen, Arztpraxen geben auf oder Freiwillige Feuerwehren sind in ihrer Handlungsfähigkeit eingeschränkt. 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.

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, verstetigte 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 nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr und
- die nachschulische Bildung

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 vier ausländische und zwei bis drei deutsche Fallbeispiele – in der Summe somit 19 Fallbeispiele – analysiert. Ein besonderer Schwerpunkt im Projekt stellt die Untersuchung von Erfolgsfaktoren und Hemmfaktoren für die Verstetigung innovativer Projekte dar. Diese wurden bereits zu Beginn 2021 theoretisch erarbeitet. Ein für die Empirie entwickelter Fragebogen zur Untersuchung der Projektverstetigung durch qualitative Leitfadeninterviews wurde ebenfalls im Frühjahr fertig gestellt. Nach ersten Pretests konnten die Interviews zur Datenerhebung durchgeführt werden. Bedingt durch die COVID-19 Pandemie, musste ein Großteil der Interviews digital durchgeführt werden. Die Interviews sowie deren Auswertung werden bis ins Frühjahr 2022 andauern. Auf Basis der Ergebnisse soll anschließend die Übertragbarkeit innovativer Projektstrukturen auf ländliche Räume Deutschlands erarbeitet und geprüft werden.

Weitere Informationen zum Projekt unter folgendem Link:
<https://www.indale.org/>.

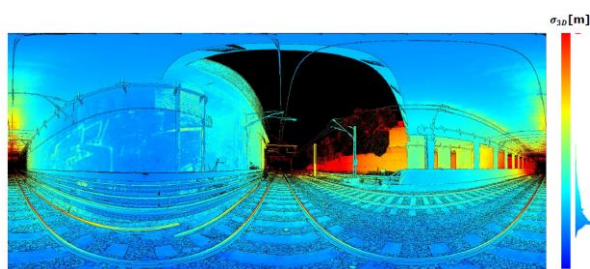
QUALITÄTSGERECHTE VIRTUALISIERUNG VON ZEITVARIABLEN OBJEKT-RÄUMEN (QVIZO) (BMW, JAN HARTMANN)

Ziel des Projektes QViZO ist es, ortsbezogene Erfassungs-, Verwaltungs- und Geschäftsprozesse von der Örtlichkeit in den virtuellen Raum zu verlagern. Bauwerke, Objekte und Strukturen werden mit Multi-SensorSystemen erfasst, als kolorierte 3D-Punktwolken repräsentiert und für die Anwender als authentischer digitaler Zwilling für die Betrachtung, Begutachtung und Analyse bereitgestellt.

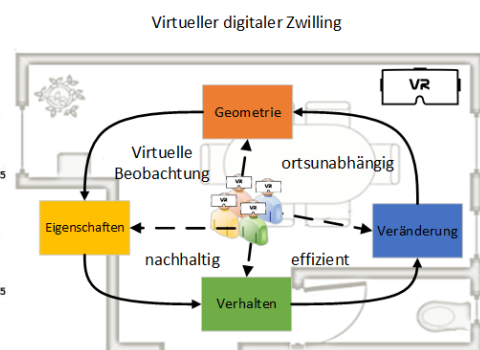
Um ein rechtlich belastbares und technisch reproduzierbares Maß an Objektauthentizität zu gewährleisten, ist es notwendig zu beschreiben, wann eine virtuelle Abbildung ihrem realen Pendant rechtlich gleich gestellt sein kann. In diesem FuE-Vorhaben soll daher ein neuartiges Verfahren und eine Schlüsseltechnologie zur qualitätsgerechten Virtualisierung von zeitvariablen Objekträumen entwickelt werden. Die Zielgruppen sind insbesondere die Bau- und Vermessungsbranche, Bauherren und Gutachter. Durch die zu entwickelnde Lösung sollen Vor-Ort-Termine signifikant reduziert werden, indem alle Beteiligten virtuell und ortsunabhängig auf den "digitalen Zwilling" des Objektes zugreifen können, so dass eine rechtskräftige Beurteilung und Beteiligung in Geschäfts- und Verwaltungsprozessen möglich wird.

Es wurde ein Konzept für die Beurteilung der Qualität und Objektauthzität in naher Echtzeit entwickelt. Dieses Konzept beinhaltet die Modellierung verschiedenster Einflussgrößen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt kann die Datenqualität des terrestrischen Laserscanners (TLS) modelliert werden. Grundlage hierfür bildet die Berechnung der 3D Punkt Präzision durch Varianzfortpflanzung. Zusätzlich erfolgt eine Vollständigkeitsprüfung und die Bestimmung weiterer Faktoren, die Einfluss auf die Qualität der TLS- Punktwolke nehmen. Bislang sind dies der Auftreffwinkel, die Spotgrößen und mögliche Kante innerhalb der Punktwolke. Des Weiteren können Unsicherheiten der Registrierung und Georeferenzierung durch Varianzfortpflanzung auf die TLS- Punktwolke fortgepflanzt werden.

Im nächsten Schritt erfolgt die Modellierung der Datenqualität von Bildern und die Propagation der Unsicherheiten bei der Fusion von TLS- und Bilddaten.



3D PUNKTPRÄZISION BERECHNET FÜR EINE TLS-PUNKTWOLKE



ABILDUNG DES BEOBACHTUNGSPROZESSES

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE)

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

Zum Abschluss des Vorhabens im Mai dieses Jahres wurde der zu Beginn des Projekts entwickelte Prototyp eines GNSS-Empfängermoduls, eine hardwaretechnische Koppelung von externer Miniatur-Atomuhr und einem Einfrequenz-Empfänger, unter realen Bedingungen getestet. Hierzu wurde ein Fahrzeugexperiment im Innenstadtbereich von Hannover mit verschiedenen Empfängern durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass durch Uhrmodellierung die Präzision von Position und Geschwindigkeit gesteigert werden kann und die Ergebnisse ohne Uhrmodellierung übertrifft. Auch größere Abweichungen zur Solltrajektorie in der Höhenkomponente werden stark reduziert, wenn Uhrmodellierung angewendet wird. Dies erhöht somit die Robustheit der Lösung in urbaner Umgebung. Zur Validierung einer Grundvoraussetzung für Uhrmodellierung, nämlich der physikalischen Sinnhaftigkeit, wurde diese auf die Daten eines Empfängers, der mit seinem internen Oszillator lief, angewendet. Dies führte zu starken Driften in allen Koordinaten- und Geschwindigkeits-Komponenten, was somit bestätigt, dass Uhrmodellierung nur dann eingesetzt werden darf, wenn ein entsprechend stabiler Oszillator verwendet wird.

QUANTUM OPTICS INERTIAL SENSOR RESEARCH (QGYRO/QGYRO+, BENJAMIN TENNSTEDT, NICOLAI WEDDIG, TOBIAS KERSTEN)

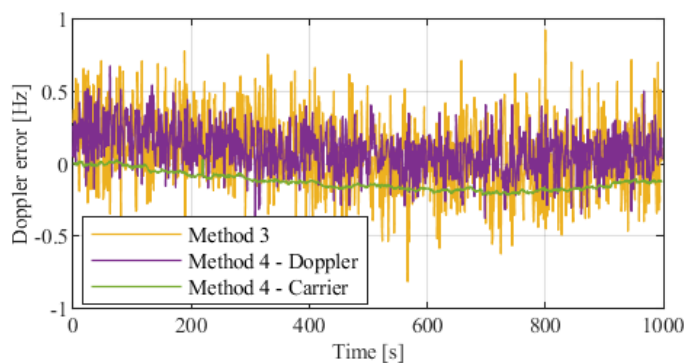
Durch neue Messprinzipien haben Quantensensoren wie beispielsweise optische Uhren bereits signifikante Verbesserungen in Stabilität und Genauigkeit erzielt. Bisherige Entwicklungen von Atominterferometern sind typischerweise einachsige und werden in kontrollierter Umgebung betrieben. Transportable Gravimeter, 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 Fehlverhalten zu klassischen Inertialsensoren auf und sind daher prädestiniert für eine Stützung dieser ohne mit Einbußen bei der Autonomie des Navigationssystems rechnen zu müssen.

FIRST: FINGERPRINTING, INTEGRITY MONITORING AND RECEIVER SIGNAL PROCESSING USING MINIATURE ATOMIC CLOCKS (BMW, DENNIS KULEMANN, QIANWEN LIN)

To improve the performance of the estimation of position, velocity and time (PVT), nowadays often chip-scale atomic clocks (CSACs) are used as an external frequency reference for the GNSS receiver. However, until now most of the improvements are implemented afterwards in the PVT solution, and do not consider the higher stability of the frequency during signal acquisition or tracking. The influence of the improved frequency stability could be investigated in a software GNSS receiver or software defined radio (SDR), in which one could implement his own signal processing algorithms and test them either in real time or post-processing mode. In addition, the benefits and limitations of using CSACs for GNSS fingerprinting could be explored in not only static but also kinematic applications. This is based on the derivations of unique characteristics of receivers and navigation solutions from physically known clock behaviors. The integrity concepts will then be developed for GNSS-based time synchronization in different dynamic scenarios.

In a static experiment, the influence of a more stable frequency on the different measurements of a software receiver (Pseudorange, Doppler) is investigated. It can be shown, that the resulting sampling frequency (SF) error - occurring in a software receiver - is significantly smaller when a frequency with higher stability is used. Taking into account the SF error, the error in the Doppler measurements, which are also dependent on the SF, can also be reduced. This finally results in an improved velocity estimation for both, the internal oscillator of the software receivers front-end and the external oscillator. Different correction methods for Doppler observations have been applied, based on code-rate measurements, the estimated receiver clock error, the Doppler measurement and the time-differenced carrier rate measurement. The stability of the different oscillators is dominated by the measurement, which is used for the correction. Using the Doppler-based correction the mean deviation of the velocity can be improved by up to 56% for the internal oscillator and up to 97% for the external oscillator, both compared to processing without any correction.



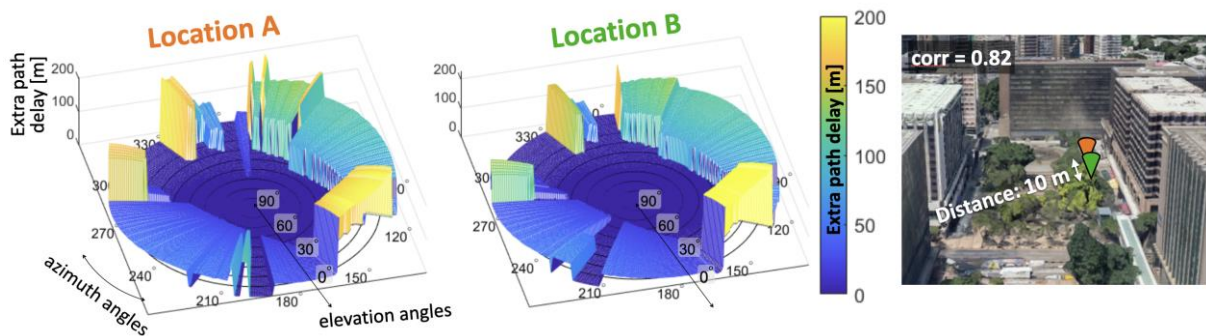
ESTIMATED DOPPLER ERROR AFTER APPLYING DIFFERENT CORRECTION METHODS ON A JACKSONLABS CSAC OSCILLATOR. CLOCK DRIFT BASED IN YELLOW, DOPPLER BASED IN PURPLE AND CARRIER-RATE BASED IN GREEN

RÄUMLICHE KORRELATION VON GNSS SIGNAL UMWEGLÄNGEN — EINE FALLSTUDIE IN HONG KONGS STRABENSCHLUCHTEN (GRK I.C.SENS, LUCY ICKING)

Im Rahmen des i.c.sens und des DAAD- und Research Grant Council Hong Kong geförderten Projekts „Collaborative Navigation in Smart Cities“ forschte Lucy Icking zusammen mit Guohao Zhang und Dr. Li-Ta Hsu von der Hong Kong Polytechnic University am Thema Räumliche Korrelation von GNSS-Umweglängen.

In städtischen Bereichen kommt es häufig zu Reflexionen von GNSS-Signalen, die daraus entstehenden Umweglängen können in Non-Line-Of-Sight (NLOS) und Multipath Situationen die Positionslösung stark verschlechtern. Kollaborative Positionierung zwischen Verkehrsteilnehmern kann helfen, gemeinsame Fehler von verschiedenen Beteiligten zu verringern. Allerdings sind die Reflexionen an jedem Standort sehr individuell bezüglich des Einfallswinkels und der Umweglänge. Deshalb ist es wichtig, Partner zu finden, die eine gleichartige Umgebung haben, damit die Umweglängen sich ähnlich verhalten.

Um diese Herausforderung zu lösen, präsentieren wir eine Methode zur Berechnung der räumlichen Korrelation von GNSS-Umweglängen, anhand der eine Quantifizierung der räumlichen Ähnlichkeit der Reflexionen möglich ist. Wir zeigen, dass die Single Differenzen (SD) zwischen Partnern mit hoch korrelierten Umweglängen signifikant niedriger ist als von Partnern mit niedriger Korrelation. Außerdem zeigen wir in einer relativen Positionierungssimulation, dass der relative Positionierungsfehler zwischen zwei Partnern mit hoch korrelierten Umweglängen im Mittel nur 12,7 m beträgt, während er bei zwei Partnern mit niedriger Korrelation der Umweglängen bei 42,4 m liegt.



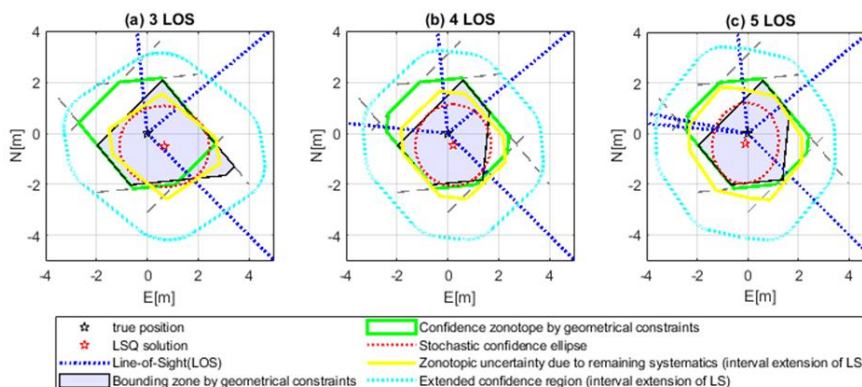
SKYLOT DER UMWEGLÄNGEN VON ZWEI BEISPIELHAFTEN POSITIONEN IN HONG KONG. DIE RESULTIERENDE RÄUMLICHE KORRELATION BETRÄGT HIER 0.82

DETERMINISTIC APPROACHES FOR BOUNDING GNSS UNCERTAINTY (DFG GRK I.C.SENS, JINGYAO SU)

The uncertainty modeling and bounding are of vital importance for high-integrity GNSS applications. Classical approaches are mostly developed in a stochastic manner with probabilistic assumptions. However, the exact error distribution is often unknown, and remaining systematics may persist, so that a purely stochastic modeling for remaining systematics will not be adequate, and alternative uncertainty bounding and propagation should be studied.

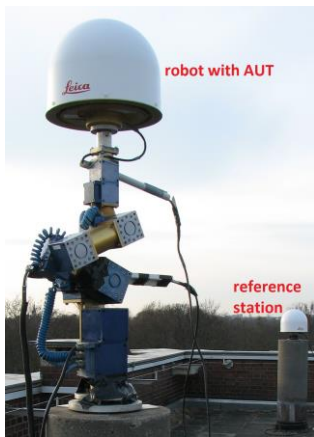
Intervals can be seen as a natural way to bound observation uncertainty in navigation systems, such as GPS, IMU or optical sensors like LIDAR, since they are in principle free of any assumption about probability distributions and can thus describe adequately remaining systematic effects. This project intends to fill this research gap by experimentally investigate the actual size of observation intervals. To this end, some major GNSS error sources are characterized and investigated using interval analysis. Measurement data and products from the International GNSS Service (IGS) as well as German Weather Service (Deutsche Wetterdienst, DWD) have been analyzed, so that the observation intervals for residual tropospheric and ionospheric error are estimated and used for further processing.

In addition to uncertainty analysis in the observation domain, this project aims to theoretically and experimentally investigate two deterministic approaches for bounding the uncertainty of GNSS snapshot positioning, and compares them with the conventional stochastic method. Both methods use the deterministic interval to denote observation uncertainty, thus following a linear propagation instead of quadratic propagation. The interval extension of least-squares transfers the uncertainty into the position domain in the form of zonotope and further bound the stochasticity by the extended point confidence domain. As a comparison, the other method takes advantage of geometrical constraints and convex optimization, leading to a polytopic solution set and zonotopic confidence region. We show their theoretical similarities and highlight different interpretations in practice. Nevertheless, both are sufficient to account for both random and systematic components of uncertainty.



CONCEPTUAL MODEL OF THE INVESTIGATED DETERMINISTIC APPROACHES FOR BOUNDING GNSS UNCERTAINTIES

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



KALIBRIERSETUP AUF DEM IFE-MESSDACH

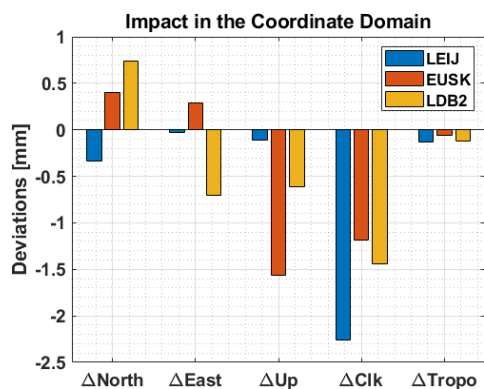
Für hochpräzise GNSS-Anwendungen ist es erforderlich, Phasenzentrumskorrekturen (PCC) zu berücksichtigen. Solche Korrekturen setzen sich aus einem Phasenzentrumsoffset (PCO) und Phasenzentrumsvariationen (PCV), die mit Azimut und Elevation variieren, zusammen.

Das Institut für Erdmessung – eine vom IGS anerkannte Institution für die absolute Antennenkalibrierung – verwendet zur Kalibrierung der GNSS-Antennen das Konzept der Roboterkalibrierung. 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, auch für neuere Signale und Systeme, mittels sphärisch harmonischer Funktionen geschätzt. Zusätzlich wird an

innovativen Konzepten gearbeitet, um PCC verschiedener Kalibrierinstitutionen einheitlich vergleichen zu können. Dies umfasst neben der simulativen Berechnung des Einflusses auf die Positionsebene (s. unteres Bild) auch die Analyse von geeigneten Metriken und Algorithmen aus der Photogrammetrie.

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 - 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 Forschungsarbeiten an statischen und kinematischen



EINFLUSS VON ΔPCC AUF DIE POSITIONSEBENE FÜR DREI STATIONEN

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/TÜV-RHEINLAND, FABIAN RUWISCH, TOBIAS KERSTEN)

In einem Verbundvorhaben, finanziert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 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).

Das IfE hat unter kontrollierten Bedingungen pseudokinematische GNSS-Daten an mehr als 10 aufeinanderfolgenden Tagen aufgezeichnet, um Signalcharakteristiken insbesondere von durch Mehrwegeeffekte beeinflussten Signalen ableiten zu können. Diese Daten dienen außerdem als Grundlage, um Modellierungsansätze zur Korrektur von Trägerphasenbeobachtungen abzuleiten. Ein erster Modellierungsansatz wurde auf der internationalen Konferenz "Navigation 2021" vorgestellt.

Zusammen mit den Partnern hat das IfE einen Katalog charakteristischer, kritischer Szenarien in der Stadt Hannover erstellt, auf Grundlage dessen Messgebiete für kinematische Testfahrten ausgewählt wurden. Anhand dieser Daten wurde die Ortungsgenauigkeit mittels GNSS quantifiziert und besonders kritische Bereiche für die GNSS-Lokalisierung herausgearbeitet. Im weiteren Verlauf des Projekts werden die bereits entwickelten Konzepte auf kinematische Daten angewendet, um mathematische Modellierungen der GNSS-Eigenschaften hinsichtlich neuer Korrekturkonzepte weiterzuentwickeln.



LINKS: KLASSIFIZIERUNG DER STRASSENZÜGE IM STADTBEREICH VON HANNOVER ANHAND SIMULIRTER PDOP-WERTE (BLAU: NIEDRIGER PDOP, ROT: GROSSER PDOP). RECHTS: QUANTIFIZIERUNG DER MULTI-GNSS ORTUNGSGENAUIGKEIT DER DURCHFÜHRTEN TESTFAHRT ANHAND DES HDOPS

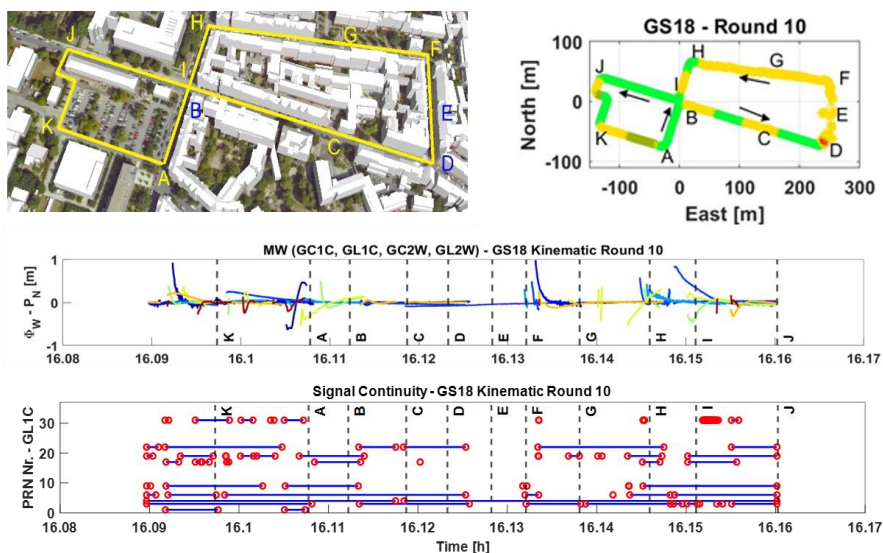
INTEGRITY MONITORING FOR NETWORK RTK SYSTEMS (DAAD I.C.SENS, ALI KARIMIDOONA)

Today, the navigation of autonomous vehicles is getting more and more important. Among all sensors used in navigation, GNSS is the only one that provides absolute positioning information. To fulfill the required accuracy in road positioning, using Real Time Kinematic (RTK) is indispensable. In the network method of RTK, the distance dependent GNSS errors mainly ionospheric, tropospheric and satellite orbit errors can be modelled by a network of reference stations.

On the other hand, for safety critical applications such as autonomous driving, integrity monitoring is of great importance. Stanford diagram is a useful tool to evaluate the integrity of the performance of the navigation solution results, which employs Position Error (PE), Protection Level (PL) and Alert Limit (AL). Also, some quality measures of the raw data e.g. C/N0, visibility and continuity of the signal as well as linear combinations (LC) e.g. Multipath and Melbourne-Wübbena are considered.

In this research, it is intended to find the effects of different error sources, mainly those caused in urban environments. In a simulation part, the main error sources e.g. ionosphere and troposphere effects were studied based on a simulation of the GPS constellation.

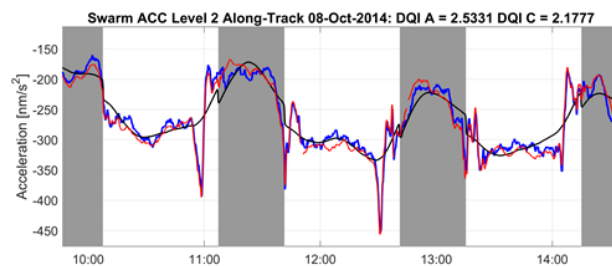
A dataset is provided through a static and kinematic campaign where different commercial survey grade RTK receivers were measuring data and providing RTK solutions based on Network RTK corrections. The reference trajectory is calculated using precise IMU + GNSS tightly coupled solution. In the next phase, the 3D city model is used to take the signal visibility status (blocked, LOS, NLOS and Multipath) into account for evaluating the error sources in urban environments.



UPPER LEFT: SHOWS THE TRAJECTORY DRIVEN BY THE VAN. **UPPER RIGHT:** THE HORIZONTAL POSITION RESULTS. **IN THIS FIGURE,** LIGHT GREEN, DARK GREEN, YELLOW AND RED COLORS INDICATE FIXED, FLOAT, CODE AND NAVIGATED SOLUTIONS RESPECTIVELY. **MIDDLE:** THE MELBOURNE-WÜBBENA LINEAR COMBINATION (LC) WHICH SHOWS THE INTERRUPTION OF THE PHASE IN THE CRITICAL AREA BETWEEN POINTS D AND F. THE SMOOTHING OF THE SIGNAL IS ALSO OBSERVED FROM THIS PLOT. **LOWER:** THE CONTINUITY OF THE SIGNAL DURING ONE ROUND

SWARM DATA, INNOVATION AND SCIENCE CLUSTER (DISC): SUPPORT TO ACCELEROMETER DATA ANALYSIS AND PROCESSING (LUH/IFE - ESA/DTU SPACE PROJECT: SERGIY SVITLOV, DANIEL ROTTER, AKBAR SHABANLOUI, JAKOB FLURY)

Swarm is the first ESA constellation mission for Earth observation consisting of three identical satellites (Swarm A, B and C). The mission is dedicated to creating a highly detailed survey of the Earth's geomagnetic field and its temporal evolution. As one of expert DISC partners, IfE maintains Swarm accelerometers data processing. During 2021, the Level 2 data of the Swarm A accelerometer for full 2014 were for the first time released. From now, the overlap of the Swarm C and Swarm A accelerations allows to exploit the planned constellation benefits for the thermospheric studies.



LEFT: SWARM SATELLITES (SWARM A AND SWARM C ARE ON THE SAME ORBIT). RIGHT: LEVEL 2 ACCELERATIONS FROM SWARM A (BLUE) AND SWARM C (RED) DEVIATE FROM THE MODEL (BLACK), BUT IN A SIMILAR WAY, THAT ENHANCES THERMOSPHERIC STUDIES

ABSOLUTGRAVIMETRIE (IFE, LUDGER TIMMEN, HEINER DENKER)

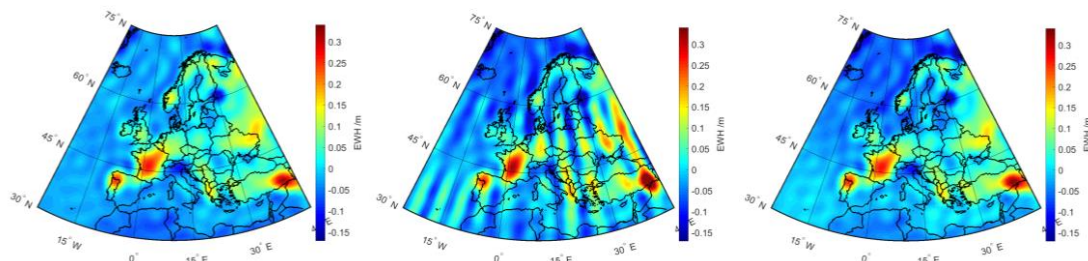
Absolute Schweremessungen mit FG5X-220 im Jahr 2021

Station	Datum	Bemerkung
Zugspitze, Geodynamik Observatory Germany, GFZ Potsdam	23.-31.03.2021	Geodynamik, Permafrost, Zeitreihe seit 2004, Eichung Supraleitgravimeter GFZ
Hannover, HITec	13.-14.04.2021	Grav.lab. Pfeiler FU01, Gravimeterüberprüfung
Helgoland, AWI Ökolabor, Südhafen	23.-26.06.2021	Geodynamik, Maßstabs- u. Driftbestimmung Supraleitgravimeter iGrav047 (GFZ Potsdam)
Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen, Pumpenhaus Borg	20.-21.09.2021	Hydrologie-Anwendungsprojekt, SFB TerraQ
Institute Laue-Langevin, Grenoble (ILL Grenoble)	19.-21.10.2021	Simultaneous measurements with "Weak Equivalence Principle Test with Neutrons"
Geodätisches Observatorium Wettzell	03.-05.11.2021	Regional international Comparison of Absolute Gravimeters RICAG2021-Wettzell

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

Der begrenzende Faktor in der aktuellen Schwerfeldsatellitenmission GRACE-FO liegt in den verwendeten Beschleunigungsmessern, die die nicht-gravitativen Störbeschleunigungen messen, die auf die Satelliten einwirken und den Abstand der Satelliten, die eigentliche Messgröße, beeinflussen. Für einen klassischen elektrostatischen Beschleunigungsmesser ist eine Drift in den niedrigen Frequenzen unter 10^{-3} Hz charakteristisch. Ein Quanten-Beschleunigungsmesser zeichnet sich hingegen durch eine hohe Langzeitstabilität aus. Die Kombination dieser beiden Sensortypen wird auf Simulationsbasis untersucht und der Gewinn für die Schwerfeldlösung quantifiziert.

Die Abbildung zeigt das verwendete Schwerfeld mit dem zusätzlichen Signal der zeitlichen Schwerfeldvariation über 6 Monate. Die mittlere Grafik zeigt die Schwerfeldlösung mit GRACE-FO vergleichbaren Beschleunigungsmessern. Die deutlich sichtbaren Streifen haben dieselbe Amplitude wie das eigentliche Signal. Typischerweise werden diese Streifen durch Methoden der Signalverarbeitung, wie Filterung, reduziert, die jedoch ebenfalls Störungen (z.B. Delokalisierung bzw. Glättung des Signals) hervorrufen. Die rechte Grafik zeigt die Lösung mit einem hybriden Beschleunigungsmesser. Das Signal ist deutlich zu identifizieren und die verbleibenden Störungen liegen im Bereich von ± 2 cm. Der instrumentelle Anteil an den langwelligen Störungen ist deutlich reduziert worden.

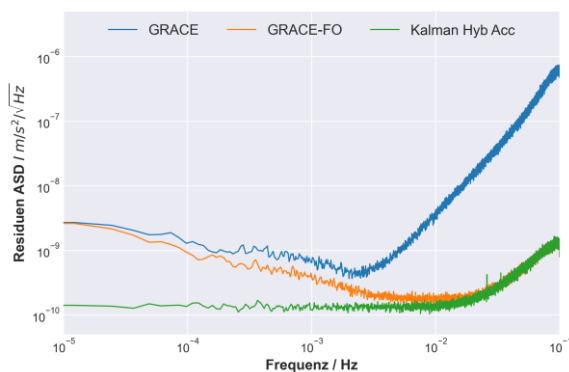


ZEITLICHE VARIATION DES SCHWEREFELDES IN EUROPA VON OKTOBER BIS APRIL (LINKS) UND DIE SCHWEREFELDLÖSUNG MIT GRACE-FO (MITTE) UND EINEM HYBRIDEN BESCHLEUNIGUNGSMESSER (RECHTS)

Die Transferfunktion des Quanten-Beschleunigungsmessers wird zusätzlich untersucht, um das Verhalten des Sensors möglichst realistisch zu modellieren. Längere Integrationszeiten des Atominterferometers erhöhen die Sensitivität einerseits; andererseits unterliegen die Beschleunigungen, die in einem Messzyklus auf das Interferometer einwirken, großen Änderungen, etwa durch Rotation des Satelliten und Änderungen der nicht-gravitativen Beschleunigungen. Der Einfluss der Änderung der nicht-gravitativen Beschleunigungen wird für unterschiedliche Orbithöhen untersucht. Die Variation liegt bei einem Messzyklus von 12 s für eine Orbithöhe von 467 km in der Größenordnung von 10^{-9} m/s² und für 303 km in der Größenordnung von 10^{-8} m/s². Der geschätzte Fehlereinfluss wird als signifikant bewertet. Die Wahl der Messzykluslänge ist dabei entscheidend.

INERTIAL SENSING FOR SPACE APPLICATIONS (DLR-SI, ALIREZA HOSSEINIARANI, JÜRGEN MÜLLER)

Das Ziel dieses Projektes ist die Untersuchung von neuartigen inertialen Sensoren für Weltraumanwendungen, die die Interferometrie kalter Atome (Cold Atom Interferometry: CAI) nutzen. Als Ausgangsszenario wird zunächst eine Schwerefeldmission vergleichbar zu GRACE-FO gewählt, in der der Beschleunigungsmesser durch eine hybride Variante bestehend aus dem elektrostatischen Beschleunigungsmesser und einem CAI Beschleunigungsmesser (CAI-ACC) ersetzt wird. Die Hybridisierung dieser beiden Konzepte wird durch ein Kalman Filter realisiert, so dass bei der Berechnung der nicht gravitativen Beschleunigungen in der Orbitsimulation zeitgleich die Messungen des hybriden Beschleunigungsmessers generiert werden. Die Kalman Filterlösung ist eine Anpassung aus dem Navigationsbereich (siehe auch Beitrag QGyro/QGyro+). Hierbei werden auch die unterschiedlichen Datenraten für den CAI und elektrostatischen Beschleunigungsmesser berücksichtigt. Die Sensitivität des CAI-ACC steigt mit der Länge des Messintervalls und beim Einsatz auf einer Satellitenplattform sind Dauern im Bereich von einigen Sekunden möglich. In diesem Zeitintervall variieren jedoch die auf die Messung einwirkenden Störbeschleunigungen (siehe auch



INSTRUMENTELLE FEHLERBEITRÄGE DER GRACE UND GRACE-FO MISSION DURCH BESCHLEUNIGUNGSMESSER UND DISTANZMESS-SYSTEM SOWIE DIE KALMAN FILTERLÖSUNG DES HYBRIDEN BESCHLEUNIGUNGSMESSERS

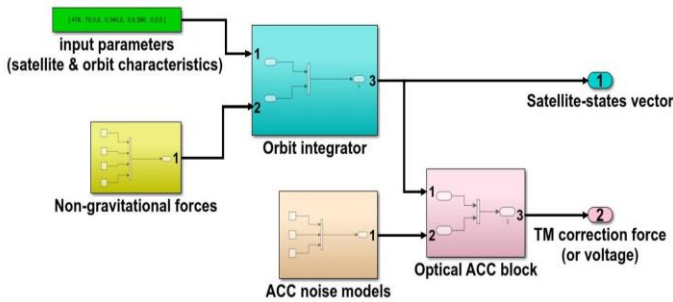
ausreichend um $>95\%$ der Phasenmehrdeutigkeiten korrekt aufzulösen.

Die Abbildung zeigt die dominierenden Fehlerbeiträge (Distanzmessung und Beschleunigungsmesser) der GRACE und GRACE-FO Mission als Amplitudenspektraldichte der Residuen der Schwerefeldberechnung. Der Unterschied dieser beiden Missionen liegt in dem Laser-Distanzmesssystem der GRACE-FO Mission begründet. Die Kalman Filterlösung vereint einen vergleichbaren elektrostatischen Beschleunigungsmesser mit einem CAI-ACC mit einem weißem Rauschen von $10^{-10} \text{ m/s}^2 / \sqrt{\text{Hz}}$. Im Ortsbereich reduziert sich der Fehler von der Größenordnung Meter auf unter einem Dezimeter im Vergleich zu der GRACE-FO Lösung.

Beitrag zu Quantenoptischen Sensorkonzepten) und aufeinanderfolgende Messungen können den dynamischen Bereich (2π) des Atominterferometers übersteigen und so eine Phasenmehrdeutigkeit erzeugen. Durch den Kalman Filter werden die Messungen des elektrostatischen ACC genutzt, um die atominterferometrische Phase zwischen zwei CAI-ACC Messungen zu verfolgen und mittels Anpassung der Laserphase den CAI-ACC zu steuern. Entscheidend hierfür ist die Kurzzeitstabilität des elektrostatischen ACC. Diese ist bei GRACE(-FO)

OPTICAL ACCELEROMETERS FOR SATELLITE GRAVIMETRY (DFG, DLR-SI, SFB 1464 TERRAQ, ALEXEY KUPRIYANOV, MANUEL SCHILLING)

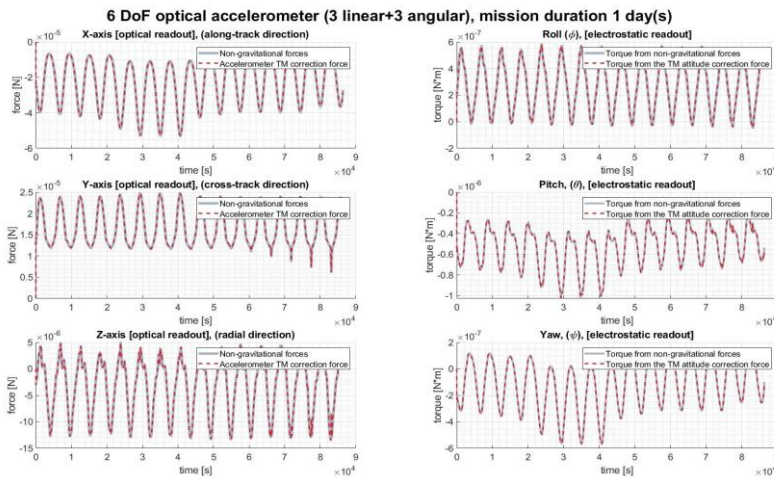
Electrostatic accelerometers (EA) are one of the limiting factors of space gravimetry missions dominating the error contribution at low frequencies ($<10^{-3}$ Hz). The focus of this project is to model an optical accelerometer that will significantly improve gravity field retrieval. In comparison with GRACE or GOCE electrostatic accelerometers, optical accelerometers sense the motion of the test mass (TM) by applying laser interferometry. Utilization of several test masses leads to enhanced gradiometry which can improve the determination of the static gravity field to a higher spatial resolution. Modelling of the optical accelerometer in XHPS (eXtended High Performance Satellite Dynamics Simulator) - software realized in Matlab Simulink, allows to reproduce various TM measurement configurations for different gravimetry missions, as well as under various external conditions.



GENERAL SCHEME OF THE SUBSYSTEMS OF THE LEO GRAVIMETRY MISSION REALIZED IN XHPS SOFTWARE.

Left scheme demonstrates simplified model with the main subsystems of the LEO (Low Earth Orbit) gravimetry mission realized in XHPS software.

The second figure depicts the output of the simulated 6 degrees of freedom (DoF) optical accelerometer onboard a GRACE like mission with the impacted non-gravitational accelerations.



OUTPUT OF THE SIMULATED 6 DOF OPTICAL ACCELEROMETER ONBOARD A GRACE LIKE SATELLITE AND ITS COMPARISON WITH IMPACTED NON-GRAVITATIONAL ACCELERATIONS

In NGGMs (Next Generation Gravimetry Missions) optical accelerometers based on the very promising results of the mission LISA-Pathfinder (LPF) will play a central role. LPF has demonstrated the benefit of a

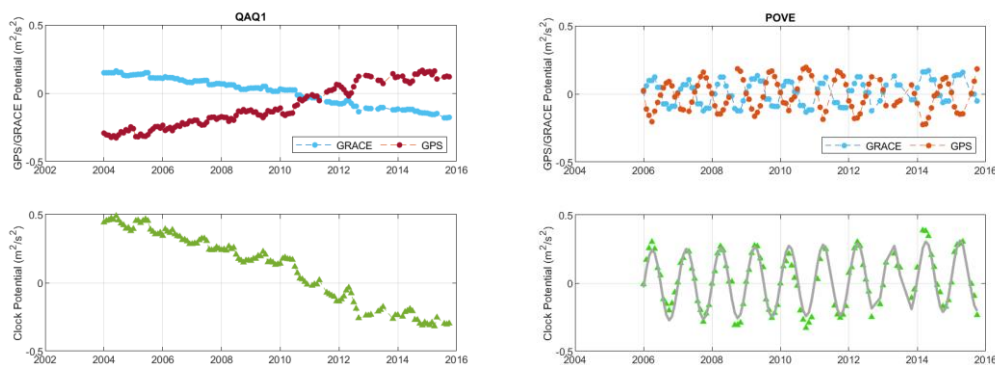
drag-free system in combination with optical accelerometry that allowed sensing of non-gravitational accelerations several orders of magnitude more accurate than it was achieved in current gravity missions like GRACE-FO.

This research project is carried out in close collaboration with the IGP and the DLR-SI, to provide - on the long run - a roadmap for improved angular and linear accelerometry for the NGGM.

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

According to General Relativity, a clock performance with fractional measurement uncertainties of 1 part in 10^{18} corresponds to a gravity potential variation of $0.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Hence, the detection of time variable gravity potential components is possible from highly accurate clock measurements. As surface deformation occurs, terrestrial clocks move in the same way. Hence, clocks on the Earth surface measure the corresponding potential change by a particular mass load plus the potential change due to the vertical displacement.

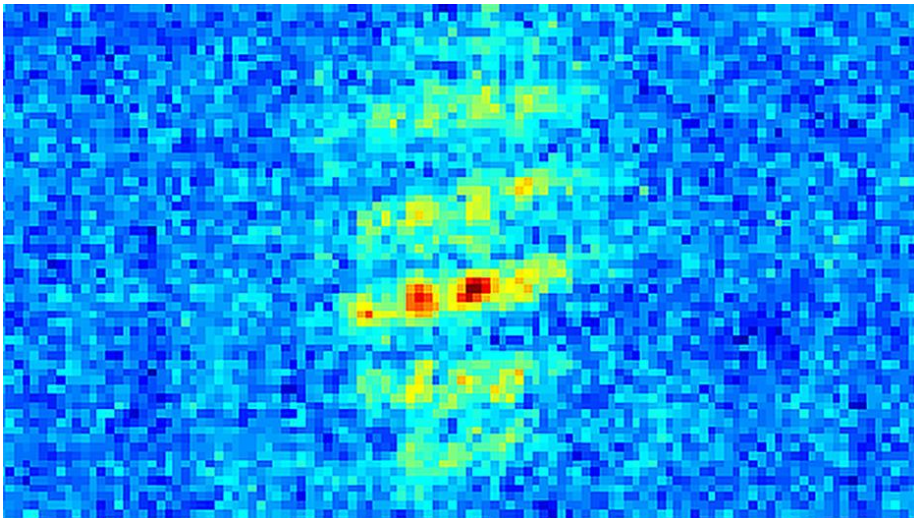
For a better understanding of different local gravity signals, case studies of three regions that are affected by different mass change processes - Himalaya, Amazon, and Greenland were conducted. For the simulations, vertical displacements were derived from real GNSS measurements, and mass variations were computed from GRACE solutions. In the Himalayan region, seasonal variations with a maximum range of $[-0.2 \text{ } 0.2] \text{ m}^2/\text{s}^2$ were obtained. The early and long-lasting precipitation patterns in North East India and the gradual spreading towards the West found to be potentially observed by a dedicated clock network. In the case study for the Amazon region, seasonal variations with a maximum range of $[-0.5 \text{ } 0.5] \text{ m}^2/\text{s}^2$ to be observed by clocks also reveal the Amazon's seasonal secrets of annual rainfall variability at the north and south of the equator. The rainy season in the north of the equator is during the summer season from June to August, but from November to April in the south of the equator. The long term trend of the ice mass loss in Greenland between 2004 and 2015 causes signals of potential variations of $1 \text{ m}^2/\text{s}^2$ that again can clearly be observed by clock measurements. Especially, the higher rates of potential mass variations in the west and south parts of Greenland can well be observed. These three case studies illustrate impressively how well terrestrial clock networks can be used as a modern tool for detecting various time-variable gravity signals for understanding the local patterns of the variations and for providing complementary information.



THE GRAPHS SHOW THE GPS AND GRACE POTENTIAL VARIATIONS IN THE UPPER PART AND THE SIMULATED CLOCK POTENTIAL VARIATIONS IN THE LOWER PART, FOR TWO SITES: THE LONG-TERM TREND IN GREENLAND (LEFT) AND SEASONAL VARIATIONS IN THE AMAZON (RIGHT) CAN WELL BE OBSERVED WITH CLOCKS

EXZELLENZCLUSTER QUANTUMFRONTIERS: BOSE-EINSTEIN KONDENSATE ERSTMALS IM WELTRAUM ERZEUGT (DFG EXC 2123, JÜRGEN MÜLLER, STEFFEN SCHÖN, MATTHIAS WEIGELT)

Der Exzellenzcluster QuantumFrontiers betrachtet Licht und Materie an der Quantengrenze. Physikalische Grundeinheiten wie Masse, Länge und Zeit sollen in diesem äußerst kleinen Maßstab präziser werden. Dabei werden Effekte der Quantenmechanik gezielt genutzt, um Messgenauigkeiten zu verbessern und neue Messkonzepte und Sensortopologien zu entwickeln, die auf photonischen Systemen, dedizierten Halbleitersystemen, Nanostrukturen, quantenmanipulierten atomaren und molekularen Ensembles, und sogar makroskopischen Objekten basieren. Das Cluster wird von Prof. Karsten Danzmann (LUH), Prof. Piet Schmidt (PTB) und Prof. Andreas Waag (TUBS) geleitet. Die Geodäsie ist mit dem Institut für Erdmessung (IfE), Prof. Jürgen Müller und Prof. Steffen Schön, vertreten und wird mit insgesamt 2 Stellen und Sachmittel gefördert. Das zentrale Ziel ist es, die neuartigen quantenphysikalischen Messkonzepte für geodätische Anwendungen und die Erdbeobachtung nutzbar zu machen.

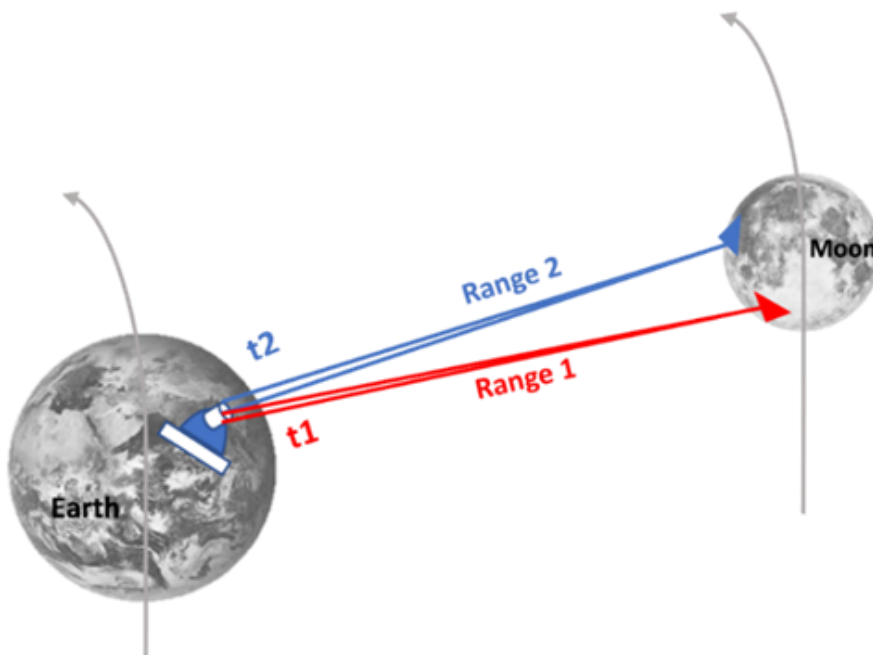


ABSORPTIONSAUFNAHME DER ATOMWOLKE AN EINEM AUSGANG DES INTERFEROMETERS. ZWEI STREIFENFÖRMIGE MODULATIONEN SIND ERKENNBAR WODURCH SICH EIN KARIERTES MUSTER IN DER DICHTEVERTEILUNG ZEIGT. DIE EINE STRUKTUR ENTSTEHT DURCH DIE INTERFERENZEN DER TEILWELLEN, DIE ANDERE DURCH EINE PHASENAUFPRÄGUNG. (©LACHMANN/IQO)

Ein besonderes Highlight in 2021 war, dass es einem Team von Forschenden am Institut für Quantenoptik (IQO) im Rahmen der MAIUS-1 Raketenmission erstmals die Erzeugung sogenannter Bose-Einstein Kondensate im Weltraum gelang. Bose-Einstein Kondensate sind ein zentrales Element bei der Entwicklung neuer Gravimeter und beschreiben einen exotischen Materie-Zustand nahe dem Temperatur-Nullpunkt. Sie können mit einer einzelnen Wellenfunktion beschrieben werden. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben nun in aufwändigen Analysen die verschiedenen Komponenten des Kondensats ausgewertet. Sie sehen darin den Startpunkt für extrem genaue Messungen mit Hilfe der Atominterferometrie im Weltraum.

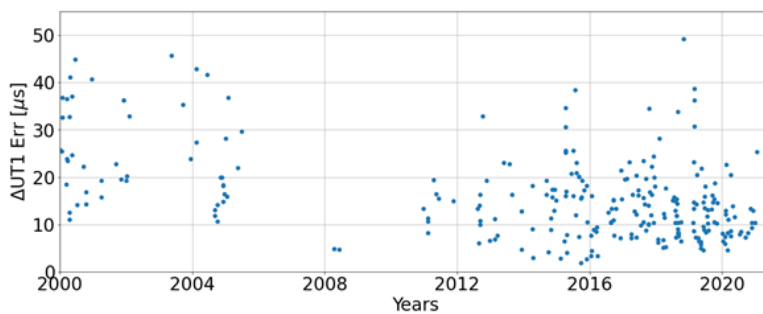
Characteristics OF DIFFERENTIAL LUNAR LASER RANGING (DLR-SI, DFG EXC 2123, MINGYUE ZHANG, JÜRGEN MÜLLER, LILIANE BISKUPEK, VISHWA VIJAY SINGH)

A new geodetic technique for lunar tracking, called Differential Lunar Laser Ranging (DLLR) will be implemented at the Table Mountain Observatory of JPL. As shown in the figure below, the DLLR station will measure a reflector at t_1 to get the first range measurement. After a short switching interval (e.g., 1.5 min), the same station will measure another reflector at t_2 to get the second range. Then, a kind of previously unavailable observation, called lunar range difference, will be obtained by the difference of the two consecutive range measurements. It is expected that the DLLR observation will have a very high accuracy of $30 \mu\text{m}$ because of the large reduction of the Earth's atmospheric error due to having quite similar paths to the two reflectors. Such accurate data is predicted to obtain more details of the lunar interior. Additionally, DLLR is expected to improve relativity tests, and for example, enhance the test of the equivalence principle (EP). Using simulated DLLR data, we investigated the characteristics of DLLR on the aspects of the parameter sensitivity, correlation and uncertainty by comparing with those obtained by LLR. For one group of parameters, for example, the angular velocities of the lunar mantle, DLLR can significantly improve their estimation uncertainties. For another group of parameters, for example, the station coordinates, due to the cancelling effect on the station part, less sensitivities are obtained by DLLR. However, their estimation uncertainties attained by DLLR can still be at the same level of those from LLR, thanks to the excellent measurement accuracy of DLLR. The correlations among reflectors and between stations and reflectors are increased by DLLR. A decrease of the correlation between stations and reflectors can be reached again by taking a somewhat larger switching interval (e.g., 15 min).



PRINCIPLE OF A DLLR MEASUREMENT

EARTH ROTATION PARAMETER ESTIMATION FROM LLR (DLR-SI, DFG EXC 2123, VISHWA VIJAY SINGH, LILIANE BISKUPEK, JÜRGEN MÜLLER, MINGYUE ZHANG)



UNCERTAINTY OF $\Delta UT1$ VALUES FROM LLR DATA (AFTER 2000.0)

Lunar Laser Ranging (LLR) measures the distance between observatories on Earth and retro-reflectors on Moon since 1969. Besides many parameters of the Earth-Moon system and tests of general relativity, LLR provides the capability to estimate the Earth Rotation Parameters (ERP). In a recent study the potential of high-precision new LLR data was investigated for ERP determination. Using the lfe LLR analysis software, it is possible to estimate ERP from pre-processed raw LLR measurements – so called Normal Points (NPs) – observed at one or more observatories and for a different number of minimum NPs per night. To avoid high correlations with each other and to obtain a stable solution, we estimated the values of Earth rotation phase $\Delta UT1$ and the pole offsets x_p and y_p separately. Overall, the uncertainties of ERP from the new LLR data (after 2000.0) have significantly improved. They are less than $20 \mu s$ for $\Delta UT1$, less than 2.5 mas for x_p , and less than 3 mas for y_p for nights selected from subsets of the LLR time series which have a minimum of 10 and 15 NPs obtained per night (NPs selected from all observatories). Additionally, we have shown that the simultaneous determination of the pole offsets leads to high correlations between the results for x_p and y_p in the same night. Furthermore, we investigated the addition of non-tidal loading in the LLR model for ERP calculation, where an improvement is then achieved for the uncertainties of the estimated ERP by about 1%.

MONATLICHE GRACE FOLLOW-ON UND GRACE SCHWEREFELDER (IGOR KOCH, MATHIAS DUWE, JAKOB FLURY)

Die beiden Satelliten der GRACE Follow-On Mission sind nun mehr als drei Jahre im Orbit und führen die Messungen der Satellitenmission GRACE (2002-2017) erfolgreich fort. Sensordaten dieser Satelliten – in erster Linie mittels eines Mikrowellen-Messsystems (K-Band) gewonnenen Distanzänderungen – dienen der Berechnung monatlicher Schwerefelder. Das Institut für Erdmessungen beteiligt sich an der Berechnung dieser Schwerefelder und veröffentlicht diese regelmäßig. Während des letzten Meetings des COMBINATION Service for Time-variable Gravity fields (COST-G), welches vom 11. - 15. Januar 2021 virtuell stattfand, wurde das Institut für Erdmessung als offizielles COST-G GRACE Follow-On Analysezentrum bestätigt. COST-G ist ein Dienst der Internationalen Gesellschaft für Geodäsie (IAGG), welcher monatliche Schwerefelder beteiligter Analysezentren kombiniert, um den Nutzern konsolidierte Schwerefeldprodukte höherer Qualität bereitzustellen.

Bei der aktuellen Satellitenmission GRACE Follow-On ist das Laser-Ranging-Interferometer (LRI) als zusätzliches Distanz-Messinstrument an Bord. Durch die genaueren LRI-Beobachtungen werden auch Verbesserungen in den Schwerefeld-Ergebnissen erhofft. Der Einfluss dieser Messungen auf die Schwerefeld-Ergebnisse des Instituts für Erdmessung werden untersucht.

Ende des Jahres wurde eine Reprozessierung der kompletten GRACE-Schwerefeld-Zeitreihe eingeleitet. Erste Ergebnisse weisen eine deutliche Verbesserung gegenüber den alten Schwerefeld-Produkten (LUH-GRACE2018) auf. Publikation dieser GRACE-Schwerefelder ist für das Jahr 2022 vorgesehen.

ABSOLUTE UND RELATIVE GRAVITY MEASUREMENTS AT ILL GRENOBLE SUPPORTING THE EXPERIMENT “WEAK EQUIVALENCE PRINCIPLE TEST WITH NEUTRONS” (DFG, ILL GRENOBLE, HEINER DENKER, LUDGER TIMMEN)

Before, during and after the experiment “Weak Equivalence Principle Test with Neutrons” at the Institute Laue-Langevin in Grenoble, ILL Grenoble, gravimetric measurements were performed. The experiment lasted from 24th of August to 13th of October 2021. Absolute gravimetric measurements with the Hannover free-fall gravimeter were performed shortly after the experiment which provided the datum reference (gravimetric level) for the relative network established in August and completed in October. During the whole duration of the neutrons experiment, a stationary recording with acquired 1-minute values supplemented the experiment. Because neutrons in quantum state (25 Kelvin) are insensitive to electro-magnetic forces, only gravity force is acting on the quanta. Their energy level is directly affected by gravity.

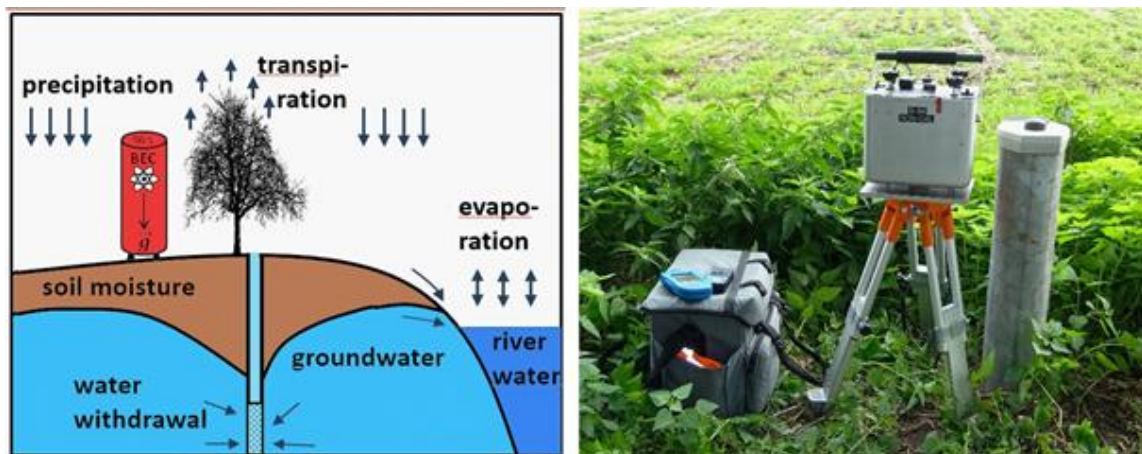


LEFT: AT ILL GRENoble, GRAVIMETRIC MEASUREMENTS WERE PERFORMED IN THE BUILDING WHICH IS ACTUALLY A NUCLEAR REACTOR WITH A POWER OF 58 MW, NEEDED AS THE NEUTRON SOURCE FOR THIS PHYSICAL EXPERIMENT. RIGHT: THE HANNOVER RELATIVE GRAVIMETER SCINTREX CG-6#171 IS MEASURING CLOSE TO THE SITE WHERE THE NEUTRONS ARE INTERROGATED FOR THEIR ENERGY LEVEL (PHOTO LEFT: L. TIMMEN, RIGHT: H. DENKER)

GRAVIMETRIC OBSERVATIONS SUPPORTING THE MANAGEMENT OF GROUNDWATER WITHDRAWAL AND FIELD IRRIGATION IN THE FARMLAND UELZEN (DFG, LUDGER TIMMEN)

In summer 2021, a partnership between the Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen and the Institute of Geodesy started with the objective to apply field gravimetry as a new observation tool for monitoring variations of the groundwater storage. Mass variations in the underground affect gravity at the Earth's surface (Newton's law of gravitation) which is measurable with modern gravimeters.

The first campaign was performed in the period 20th to 23rd of September 2021. This small network in the Lüneburger Heide, east of Uelzen, consists of 4 points: one absolute point established in an operation building close to the village Borg; two outdoor points are both co-located with groundwater gauges (double gauges at each location intruding two different aquifers, representative guiding gauges for the area); one additional outdoor field point serves as densification. The absolute observation of the gravity acceleration g at Borg serves as the reference for the relative survey in the field. The advantages of gravimetry are that this technique is a purely passive method, e.g. no drilling is needed, and that no permanent installation in the field is necessary.



LEFT: THE PRINCIPLE OF OBSERVING GRAVIMETRICALLY THE VARIATIONS OF GROUNDWATER STORAGE IN AGRICULTURAL AREAS WITH FIELD IRRIGATION; RIGHT: RELATIVE GRAVITY MEASUREMENTS CO-LOCATED WITH A GROUNDWATER GAUGE

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK (IKG)

D-E-MAND - VORHERSAGE VON LADEBEDARF BEI ELEKTROMOBILITÄT ALS BUSINESS ENABLER (ARTEM LEICHTER, UDO FEUERHAKE, FÖRDERMITTELGEBER: BMBF)

Elektromobilität ist entscheidend für den Klimaschutz, allerdings ist der Erfolg der elektrischen Mobilität von dem Ausbau der Ladeinfrastruktur abhängig. Das Projekt „D-E-mand“ (www.d-e-mand.org) hat sich zum Ziel gesetzt den Ausbau der Ladeinfrastruktur mit Hilfe Mobiler Ladesäulen durch IT Lösungen und Künstlicher Intelligenz voran zu treiben (Konsortialpartner: VW AG, PROJEKTIONISTEN GMBH, Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme, LUH - L3S & ikg).

Die so genannte „Reichweitenangst“ bremst flächendeckenden Einsatz von Elektrofahrzeugen aus und erschwert den Fahrern von solchen Autos den Alltag. Die Umsetzung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur ist allerdings besonders herausfordernd in urbanen Gebieten und auch bezüglich der Versorgung von Ladebedarfsspitzen. Die erste Herausforderung in urbanen Gebieten liegt im äußerst begrenzten Raum, der zur Verfügung steht.



LINKS: MOBILE LADESÄULEN SOLLN NEBEN PARKENDEN FAHRZEUGEN POSITIONIERT WERDEN; MITTE: PARKENDE FAHRZEUGE EXTRAHIERT AUS EINER PUNKTWOLKE; RECHTS: INFORMATIONEN ÜBER PARKENDE FAHRZEUGE AGGREGIERT ÜBER DIE ZEIT

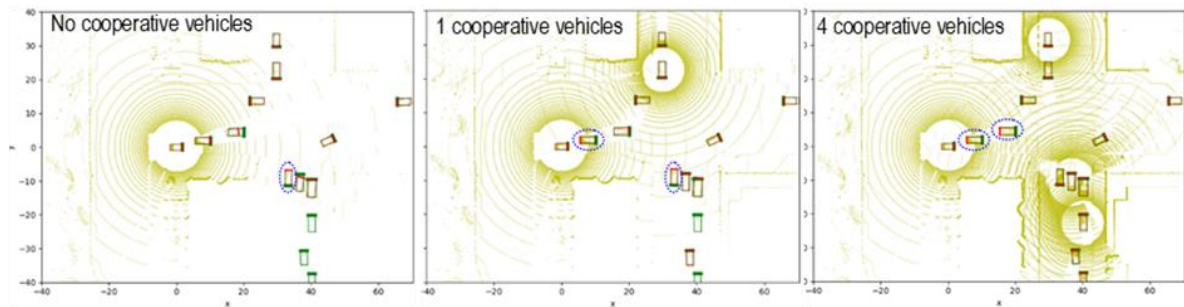
Die Ladebedarfsspitzen entstehen zum Beispiel durch hohes Verkehrsaufkommen in Urlaubszeiten oder durch Events mit vielen Besuchern wie Konzerte, Messen und Fußballspiele. Durch die hohe Zahl der Besucher ist temporär ein hoher Bedarf an Ladekapazitäten für elektrische Fahrzeuge vorhanden, der ähnlich wie in urbanen Regionen generell durch den Raum und die Leistungsfähigkeit des elektrischen Netzes limitiert ist.

Die beschriebenen Herausforderungen können nur schwer mit Hilfe von stationärer Ladeinfrastruktur gemeistert werden, entsprechend ist dieses Projekt fokussiert auf die Verwendung von Mobilen Ladesäulen. Vereinfacht dargestellt sind Mobile Ladesäulen „Power Banks“ für Elektrofahrzeuge, die geladen an Ort ihres Einsatzes geliefert und flexibel aufgestellt werden können. Der zentrale Vorteil der mobilen Ladesäulen ist also die Flexibilität und die damit einhergehende Möglichkeit eines dynamischen Einsatzes. Um diesen Vorteil realisieren zu können ist es entscheidend, den Ladebedarf und potenzielle Orte für die Stationierung der mobilen Ladesäulen zu antizipieren. Diese Aufgabe wird am ikg bearbeitet, in dem Informationen aus Punktwolken und räumlichen Datenquellen integriert und mit Hilfe von Verfahren des maschinellen Lernens ausgewertet werden um so automatisch die Bedarfe zu erkennen.

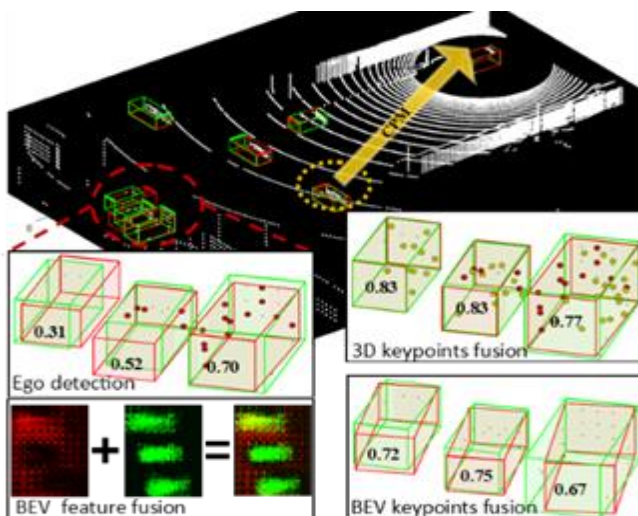
COLLECTIVE PERCEPTION - DATA FUSION AND VISUALISATION (DFG GRK 1931 SOCIALCARS, YUNSHUANG YUAN)

The rapid development of data science and machine learning in many research, as well as industrial fields, has drawn much attention to the fuel of these techniques – the data. In the domain of autonomous driving, the data are mostly collected from different sources which aim to endow the data with more versatility and diversity, and also have wider coverage in order to get a more complete and accurate perception of the environment. This project aims to improve the reliability and safety of the perception systems for autonomous driving by fusing and analyzing the spatiotemporal data from different sensors of road users that are in the same communication sensor network.

The data fusion process of these scenarios can mainly be classified into their categories: raw data, half-processed, and fully processed data fusion. This project first analyzes the characteristics of these three types of fusion methods according to the performance of object detection, the efficiency of communication in the Connected Autonomous Vehicle (CAV) networks, and robustness against localization noise. Secondly, the uncertainty estimation will be introduced to the object detection networks in order to provide an uncertainty criterion for the perception system, based on which the autonomous driving system can react differently. For example, it should hand over the driving task back to humans when the uncertainty is too high.



RAW DATA FUSION WITH DIFFERENT NUMBER OF COOPERATIVE VEHICLES



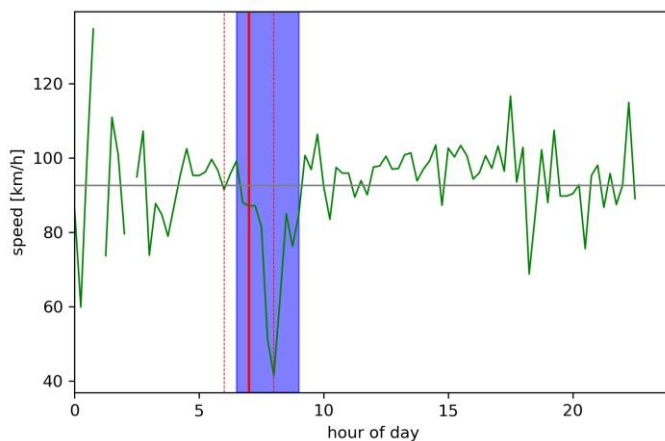
COOPERATIVE OBJECT DETECTION WITH DEEP FEATURE FUSION IN COMPARIOSN WITH EGO DETECTION

The figure above shows the object detection result based on the raw data fusion with different numbers of cooperative vehicles. As this number increase from 0 to 4, the number of undetected vehicles is decreasing. The figure on the left shows a comparison between non-cooperative detection (ego detection) and the detection result based on two different half-processed data (3D and BEV keypoints deep features) fusion. It shows that the localization of detected bounding boxes can be greatly improved by the data sharing in the CAV networks via Collective Perception Messages (CPM).

RAUMZEITLICHE ANALYSE VON TRAJEKTORIEN UND STRAßENVERKEHRSEREIGNISSEN (INSTITUTSPROJEKT, JENS GOLZE)

In dieser Arbeit werden verschiedene Aspekte betrachtet, die sich aus GPS-Trajektorien und Straßenverkehrereignissen ableiten lassen. Neben den GPS-Trajektorien werden für die Analyse öffentlich zugängliche Daten verwendet, wie z.B. Unfallatlas Deutschland, OpenStreetMap (OSM), usw. Durch die großen Datenmengen wird für die Analyse unter anderem das Framework Spark benutzt, um einen effizienten Zugriff und Verarbeitung zu ermöglichen.

In den Experimenten untersuchen wir die folgenden, verschiedenen Aspekte: die Regulation von Kreuzungen, die Analyse von Trajektorien im Zusammenhang mit Unfällen und die Unfallpunktanalyse. Bei der Regulation von Kreuzungen fokussieren wir uns insbesondere auf Ampeln, Vorfahrtsschildern und einer unregulierten Regulation. Für die Analyse klassifizieren wir Trajektorien mittels überwachter Klassifikation. In unseren bisherigen Ergebnissen hat ein Random Forest Klassifikator aus den Bewegungsverhalten der Fahrertrajektorien eine fast 90 prozentige Genauigkeit erreicht. Weitere Untersuchungen lassen außerdem darauf schließen, dass durch die Hinzunahme von Netzwerkattributen aus OSM die Genauigkeit gesteigert werden kann.



DIE ABBILDUNG ZEIGT DEN GESCHWINDIGKEITSVERLAUF (GRÜNE LINIE) FÜR 24 STUNDEN AM ORT DES UNFALLS. DER GROBE ZEITPUNKT DES UNFALLS IST MIT EINER DURCHGEZOGENEN, ROTEN LINIE UND EINE MÖGLICHE ABWEICHUNG VON BIS ZU EINER STUNDE MIT EINER GESTRICHELTEN, ROTEN LINIE MARKIERT. DER BESTIMMTE AUSWIRKUNGSZEITRAUM DES UNFALLS IST IN BLAU HINTERLEGT

Für die Analyse von großen Trajektorienmengen wurden die Trajektorien zunächst den verschiedenen Unfällen räumlich und zeitlich zugeordnet und anschließend hinsichtlich ihrer Geschwindigkeitsänderung untersucht. Auf diese Weise ließ sich bestimmen, inwieweit bestimmte Unfalltypen einen Einfluss auf das Fahrverhalten vorweisen. Außerdem wurde die Auswirkungsdauer dieser Veränderung im Fahrverhalten bestimmt (siehe Abb.).

Bei der Untersuchung der Unfallpunkte wurden die

Trajektorien zunächst mit weiteren Attributen aus den oben genannten Datenquellen erweitert. Anschließend wurden die Unfallpunkte mittels maschinellen Lernens in Gruppen mit gleichen oder ähnlichen Eigenschaften unterteilt (Clustering). Auf diese Weise konnte anschließend untersucht werden, welche dieser Eigenschaften typisch für spezielle Unfalltypen sind.

FORSCHUNGSPROJEKT AGRIMONIA - AGRICULTURAL IMPACT ON AIR QUALITY - DER EINFLUSS VON LANDWIRTSCHAFT AUF DIE LUFTQUALITÄT IN DER LOMBARDEI UND NIEDERSACHSEN (PHILIPP OTTO, QENDRIM SHABOVIQ, FÖRDERMITTELGEBER: FONDAZIONE CARIPLO)

Die grundlegende Idee liegt innerhalb der Analyse eines Einflusses der Landwirtschaft und des Verkehrs auf die Luftqualität für die spezifische geographische Lage der Lombardei in Norditalien und in Niedersachsen mittels statistischer und datenwissenschaftlicher Methoden.

Die Lombardei in Norditalien und Niedersachsen sind Regionen, in denen die Viehhaltung den überwiegenden Anteil an den landwirtschaftlichen Erträgen hat. Gleichzeitig gehört die Ebene der Lombardei zu den Gebieten in Europa, in denen die Feinstaubbelastung am höchsten ist. Welchen Einfluss hat die Landwirtschaft auf die Luftverschmutzung, welche Rolle haben andere Faktoren wie etwa der Verkehr oder die geographische Lage? Dieser Frage wird in dem europäischen Projekt "Agricultural Impact on Italian Air" (AgrImOnIA) ab dem 01.11.2021 gemeinsam mit Partnern der Universitäten Bergamo, Turin und Mailand-Bicocca mithilfe modernster datenwissenschaftlicher Methoden nachgegangen. Die Ergebnisse für die Lombardei werden mit den Erkenntnissen für Niedersachsen im Anschluss verglichen. Gleichzeitig werden die niedersächsischen Modelle validiert.

Es besteht ein großer wissenschaftlicher Konsens darüber, dass Viehhaltung und Düngemittel für etwa 95% der Ammoniakemissionen verantwortlich sind. Nach einigen Reaktionen in der Atmosphäre verwandelt sich Ammoniak hauptsächlich in Feinstaub, bekannt als PM_{2,5}. Diese Partikel mit einem Durchmesser von bis zu 2,5 Mikrometern sind einer der kritischen Luftschadstoffe für die menschliche Gesundheit. In der Lombardei lagern sich oft hohe Konzentrationen dieser Schadstoffe in der Luft an, da eine C-förmige Gebirgskette den Luftaustausch aus westlicher Richtung hemmt. Werden die Anteile von Verkehr und Heizung hinzurechnet, gehört die Ebene der Lombardei zu den am stärksten verschmutzten Gebieten in Europa. Im Gegensatz dazu ist der Luftaustausch in Niedersachsen deutlich stärker als in der Lombardei. Durch diesen Gegensatz können wir die beiden Regionen vergleichen und dabei Effekte quantifizieren, die sich speziell auf die geographische Lage beziehen.



Welchen Einfluss die intensive Landwirtschaft auf die Luftqualität insgesamt hat, lässt sich beurteilen, wenn alle anderen Faktoren, die die Luftqualität beeinflussen, identifiziert und

modelliert werden. Unter diesen ist der Verkehr eine Hauptverschmutzungsquelle, die normalerweise ein klares saisonales und wöchentliches Muster aufweist. Während des Lockdowns in Italien aufgrund der COVID-19 Pandemie wurde das übliche zeitliche Muster des Verkehrs jedoch gestört: Zwischen dem 15. März und dem 3. Mai beispielsweise ging der Verkehr in der Lombardei im Vergleich zum Zeitraum vor COVID um 50 % bis 93 % je nach Wochentag zurück. Dieses sogenannte natürliche Experiment werden wir nutzen, um beispielsweise auch die folgende Frage

zu beantworten: Welcher kausale Zusammenhang besteht zwischen dem Verkehr und der Luftqualität?

Wie hier beim Faktor „Verkehr“ spielen bei allen Daten, die wir analysieren, Ort und Zeit eine Rolle d.h. die räumliche und zeitliche Dimension. Außerdem kommt es noch darauf an, wie genau man jeweils hinschaut - also auf die räumliche und zeitliche Auflösung. Daher sollen alle statistischen und datenwissenschaftlichen Methoden, die zum Einsatz kommen, die räumliche, zeitliche und raum-zeitliche Variabilität und Abhängigkeit der Phänomene sowie die verschiedene Auflösung der verfügbaren Daten berücksichtigen. Insbesondere kommen in diesem Projekt zwei verschiedene Ansätze für die statistische Modellierung zum Einsatz: zum einen sogenannte räumlich-zeitliche Modelle, die auf geostatistischen Prozessen basieren, und zum anderen überwachte (datengesteuerte) Algorithmen für maschinelles Lernen, die an die Analyse von räumlich-zeitlichen Daten angepasst werden.

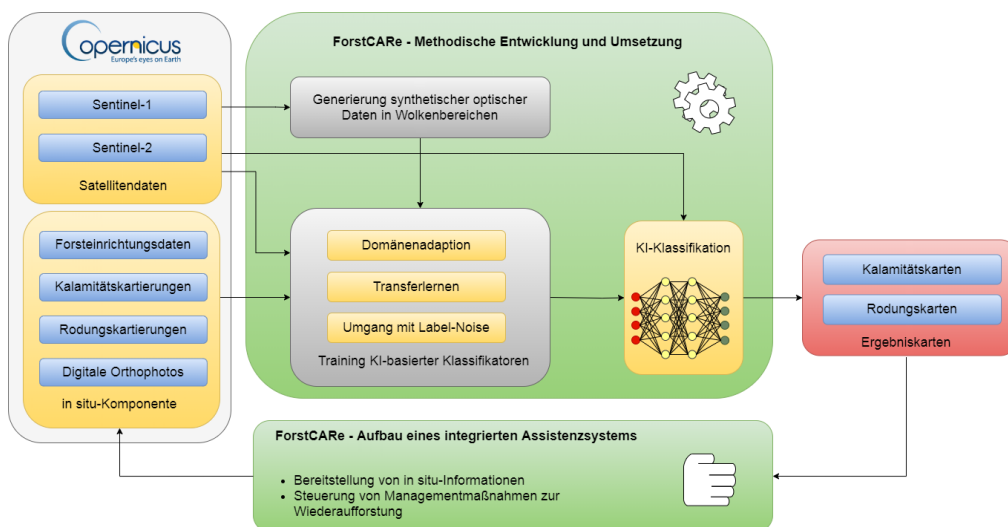
Neben den zuvor genannten Fragen werden wir damit auch die folgenden Fragen beantworten: Was passiert, wenn die Ammoniak-Emissionen in der Lombardei steigen und sinken – ändern sich die Feinstaubwerte von PM_{2,5} dann jeweils im gleichen Ausmaß? Oder ist das abhängig von Ort, Zeit und Wetterbedingungen? Ist es möglich abzuschätzen, wie sich Änderungen der Ammoniak-Emissionen lokal auswirken und lässt sich damit auch die Luftqualität vorhersagen?

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)

FORSTWIRTSCHAFTLICHER COPERNICUS-BASIERTER ASSISTENZDIENST – REDUKTION DES REFERENZDATENBEDARFS UND FUSION VON SENSORDATEN ZUR SCHLISSUNG WOLKENBEDINGTER DATENLÜCKEN FÜR DIE KLASSIFIKATION MITTELS KÜNSTLICHER INTELLIGENZ (FORSTCARE) (BMW I, DENNIS WITTICH)

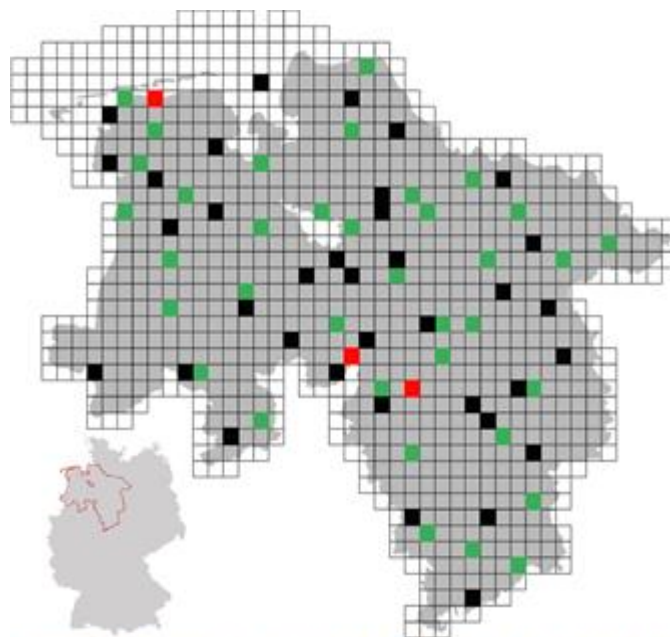
ForstCARE verfolgt das Ziel, durch die Nutzung innovativer KI-Verfahren ein Copernicus-basiertes forstwirtschaftliches Assistenzsystem aufzubauen, das insbesondere die schnelle Detektion illegaler Rodungen und das Monitoring neuartiger klimabedingter Waldschäden (Dürre-, Sturm-, Schädlingskalamitätsschäden) sowie die Überwachung von Managementmaßnahmen zur Wiederaufforstung unterstützt. In allen aufgeführten Anwendungsfällen ist eine schnelle Bereitstellung und Analyse der Daten unabdingbar, um zeitnah Ergebnisse zu liefern, auf deren Grundlage illegale Rodungen schnellstmöglich gestoppt oder von Schädlingen befallene Bestände schnellstmöglich entfernt werden können. KI-Verfahren sollen dazu die beiden derzeit noch entscheidenden Hemmnisse für eine breite und erfolgreiche Nutzung von Copernicus in diesem Anwendungssegment beseitigen: (a) Das Fehlen repräsentativer Trainingsdaten in der notwendigen Menge und Qualität. Zur Lösung sollen neuartige Techniken des Transferlernens, insbesondere die Domänenadaption und Verfahren genutzt werden, die mit fehlerbehafteten Trainingsdaten umgehen können (so genannte Label Noise tolerant Methoden). Die DA erlaubt die Anpassung eines Klassifikators an veränderte Merkmalsverteilungen in räumlicher und zeitlicher Dimension. Label Noise tolerante Verfahren können fehlerhafte Trainingsdaten erkennen und verwerfen bzw. transformieren diese für die weitere Nutzung in eine geeignete Form. (b) Die unzureichende zeitnahe Verfügbarkeit geeigneter Sensordaten aufgrund von Bewölkung, insbesondere nach Stürmen sowie in den Tropen und in anderen bewölkungsreichen Regionen. Es soll untersucht werden, inwieweit die fehlenden optischen Daten aus Radardaten mittels Generative Adversarial Networks (GANs) simuliert werden können.



ÜBERSICHT DES FORSTWIRTSCHAFTLICHEN ASSISTENZSYSTEMS FORSTCARE

MULTITEMPORAL REMOTE SENSING IMAGERY FOR LAND COVER UPDATE WITH DEEP LEARNING (LGLN¹; MIRJANA VOELSEN)

With the availability of large amounts of remote sensing images, e.g. from satellite constellations such as Sentinel-2 provided by ESA, the identification of different materials of the earth's surface is possible with a high temporal resolution. This data can be used for the identification of land cover and its changes over time. Land cover defines the physical material of the earth's surface, such as water or forest, and is of great interest e.g. for the update of topographic databases, like the one from the Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung (LGLN). With the large amounts of imagery, it is possible to train supervised classifiers such as Convolutional Neural Networks (CNN) for the task of pixel-wise land cover classification.



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

In this project, we use multispectral images from Sentinel-2 to classify nine land cover classes with a CNN. The training data is extracted from a database of the LGLN that is based on digital orthophotos and other surveying information that covers the whole area of Lower Saxony. This data is adapted to the spatial resolution of 10m of the Sentinel-2 images. Additionally, all images are cut into smaller pieces (8 km x 8 km) to exclude images with clouds. The dataset is divided into training, validation (green) and testing (black and red). As the database includes some incorrect labels, a small part of the test data (marked in red) is corrected manually.

We carried out different experiments using mono-temporal and multi-temporal images. For the mono-temporal variant, the CNN is trained with one image and the corresponding label, while for the multi-temporal variant four images of different times in the year are stacked and used together with one label to provide the input for the CNN. For the monotemporal variant, we achieve results of 81% overall accuracy and 68% mean F1-score that can be increased by up to 4% in the mean F1-score when the multi-temporal variants are used. One of the next steps is the modeling of changes that can occur over time and integrating more than four timesteps for even higher accuracies.

¹ Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen

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 such as land inspection, monitoring and 3D reconstruction. In most scenarios, camera is the primary onboard sensor due to being economically more efficient. However, nowadays due to the need for a higher accuracy, especially in urban areas, methods of data fusion of different sensors in becoming more popular. The aim of this project is the integrated, cm-precise and high frequency determination of the trajectory of the UAV by integrating the measurement data from the onboard camera and laser scanner. The sensors must be time-synchronized – we must have the timestamp of the gathered data from each sensor, and their shift and rotation with respect to the other sensors must be known – the system has to be externally calibrated.

Our algorithm is a hybrid bundle adjustment, which integrates laser scanner measurements in the bundle block adjustment, a concept well-known in photogrammetry, which works with bundles of images only, that can simultaneously optimize the 3D object coordinates, the internal calibration parameters of the camera and the pose of the sensor. The proposed method to add laser points to the model is by detecting planes from the laser point clouds and finding the corresponding 3D points which are estimated from their image coordinates (tie points based on homologous image points from several images). As the tie points must lie on this plane (from laser points) the integration model is defined. To find the trajectory, support points in (almost) regular time intervals on the trajectory are defined, between which we can determine the trajectory with interpolation. The novelty of this work lies in the mathematical model, in which the laser scanner and camera data fusion is described.



IMAGES OF THE TWO ONBOARD CAMERAS DURING DATA ACQUISITION

To georeference the flying system, ground control points (GCPs) can be used, which are object points in the scene with known world coordinates. However, it is time and energy-consuming to set them and acquire their accurate position every time in a new field. The GNSS/IMU solution to find the position and relative

orientation of the UAV during flight is usually not possible in an urban environment, where the satellite signals do not reach the antenna when the UAV is flying in a dense building zone, or they are not accurate enough due to the restrictions in the flight. On this account, building models were chosen for our urban scenarios. These models are freely available in level of detail 2 (LOD2) from Lower Saxony administration of Geoinformation and land surveying (LGLN).

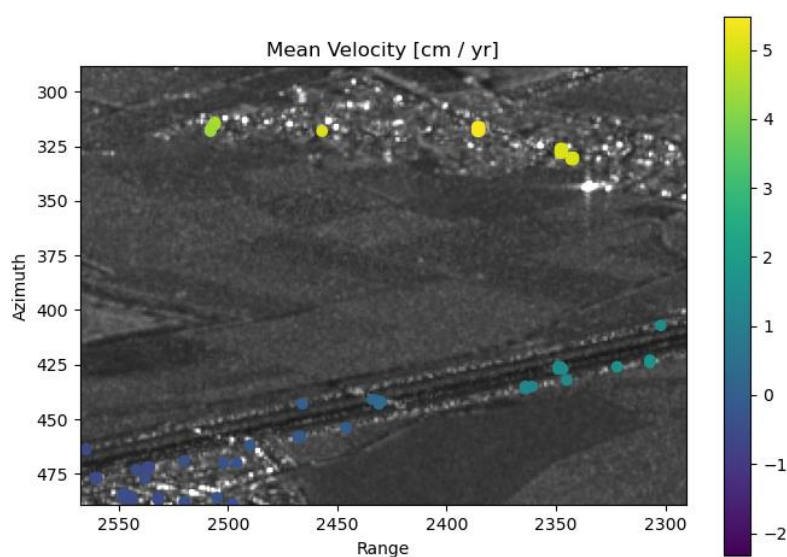
This project is carried out in cooperation with Geodetic Institute Hannover (GIH).

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

Die Überwachung von Verkehrsinfrastrukturen während ihrer Lebensdauer ist eine der Schlüsselaufgaben der Geodäsie. Dabei ist es notwendig, großflächig und kontinuierlich den tatsächlichen Gesundheitszustand von Verkehrsinfrastruktur zu erfassen. Durch dieses Forschungsprojekt wird das traditionelle Monitoring am Boden durch den Einsatz von radarfernkundlichen 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. Die hohe Wiederholungsrate von 6 Tagen ermöglicht ein kontinuierliches Monitoring mittels Methoden der Zeitreihenanalyse. Zur effizienten Verarbeitung wird die operationelle Prozesskette in eine Cloud-Umgebung integriert, welche die benötigten Sentinel-1-Daten bereits vorhält (CODE-DE). Für die möglichst hohe Verdichtung der Bodenbewegungsinformationen werden in diesem Projekt verschiedene Methoden analysiert und integriert. Neben der Persistent Scatterer Methode wird das Phase-Linking als Vorverarbeitungsschritt verwendet, um auch verteilte Streuer (Distributed Scatterer) einzubeziehen.

Anhand von bisher aufgetretenen Schäden an Autobahnen und am Schienennetz, sowie anhand von Gegenden mit bekannter Bodenbewegung wird das Verfahren validiert und die Möglichkeiten der Schadensfrüherkennung evaluiert (siehe Abbildung). 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.



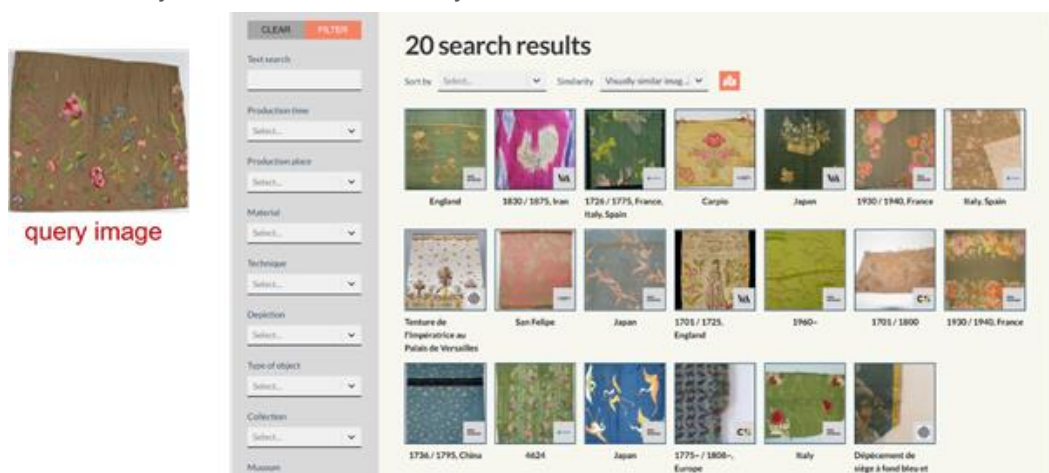
MITTLERE GESCHWINDIGKEIT IN BLICKRICHTUNG DES SATELLITEN (ABSTIEGENDER ORBIT) IN DER NÄHE DES BRAUNKOHELETAGEBAUS HAMBACH BESTIMMT MITTELS PERSISTENT SCATTERER INTERFEROMETRIE. DIE ERHÖHUNG DER PUNKTDICHTE AUF DER AUTOBAHN (HIER: A4) IST EINER DER KERNPUNKTE DES PROJEKTS.

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)

Das EU-H2020 Projekt SILKNOW (<http://silknow.eu/>) widmete sich dem Erhalt des europäischen kulturellen Erbes in Bezug auf Seide. Dabei wurde durch Sammlung von digital vorhandenen Ressourcen ein Wissensgraph erstellt, in dem jeder Record einem Seidenobjekt entspricht und Metadaten, z.B. über Zeit und Ort der Produktion sowie häufig auch Bilder enthält. Die Aufgabe des IPI lag in der Entwicklung von Verfahren zur automatischen Ableitung dieser Metadaten aus den Bildern (Bildklassifizierung) sowie in der Bereitstellung einer Methode zur Suche nach Objekten im Wissensgraph unter Verwendung von Bildern (Bildabfrage).

Für die Bildklassifizierung wurde ein Convolutional Neural Network (CNN) entwickelt, welches fünf semantische Variable (Produktionsort, -zeit und -technik, Material, Darstellung) simultan anhand eines Bildes präzisieren kann, wobei das Hauptaugenmerk auf der Entwicklung eines Verfahrens zum Multi-task-Lernen bestand. Dieses CNN konnte erfolgreich dazu eingesetzt werden, um fehlende Metadaten aus Bildern zu präzisieren und den Wissensgraphen dadurch automatisch zu vervollständigen, wobei die erreichte Genauigkeit je nach Variable zwischen 53% und 86% lag.

Zur Bildabfrage wurde ein CNN entwickelt, welches aus einem Bild einen Merkmalsvektor (Deskriptor) ableitet. Nach dem Training wird für jedes Bild im Wissensgraph ein Deskriptor berechnet. Bei der Abfrage werden unter diesen Deskriptoren die dem Deskriptor des Suchbilds ähnlichsten gesucht und die damit verknüpften Objekte als Ergebnis präsentiert. Die dabei zu lösenden Probleme lagen dabei in der Definition eines Modells für die Ähnlichkeit von Seidenobjekten, und in der Entwicklung einer geeigneten Trainingsmethode. Ähnlichkeit wurde dabei schließlich in erster Linie auf Basis der Übereinstimmung der Metadaten, aber auch der Farbverteilung in den Bildern definiert. In Experimenten stimmten die Metadaten der so gefundenen Bilder mit jenen des Suchbilds je nach Variable zwischen 44% und 89% überein.



BEISPIEL FÜR EIN SUCHBILD UND DIE IM WISSENSGRAPHEN ABGEFRAGTEN ÄHNLICHSTEN BILDER, WIE SIE AUF ADASILK (<https://ada.silknow.org/>) DARGESTELLT WERDEN. ADASILK IST EINE PLATTFORM AUF BASIS DES SILKNOW WISSENSGRAPHEN, IN DIE BILDKLASSIFIKATION UND -ABFRAGE EINGEBETTET SIND

UPDATING GEOSPATIAL DATABASE BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSVORHABEN ZWISCHEN 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.

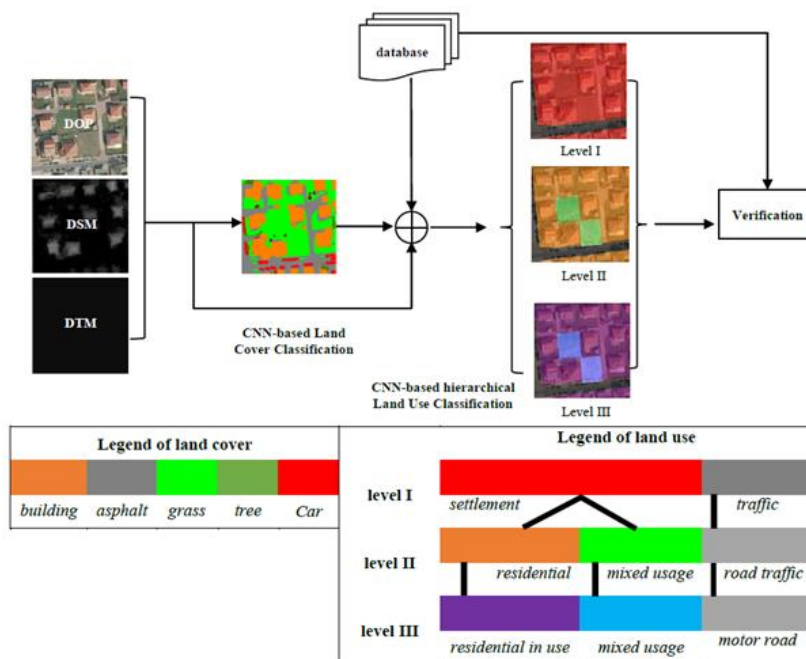


ILLUSTRATION OF THE FRAMEWORK FOR THE VERIFICATION OF A GEOSPATIAL DATABASE IN THREE HIERARCHICAL LEVELS. IN THE LEGEND OF LAND USE, BLACK LINES INDICATE THE HIERARCHICAL RELATIONSHIPS BETWEEN CATEGORIES

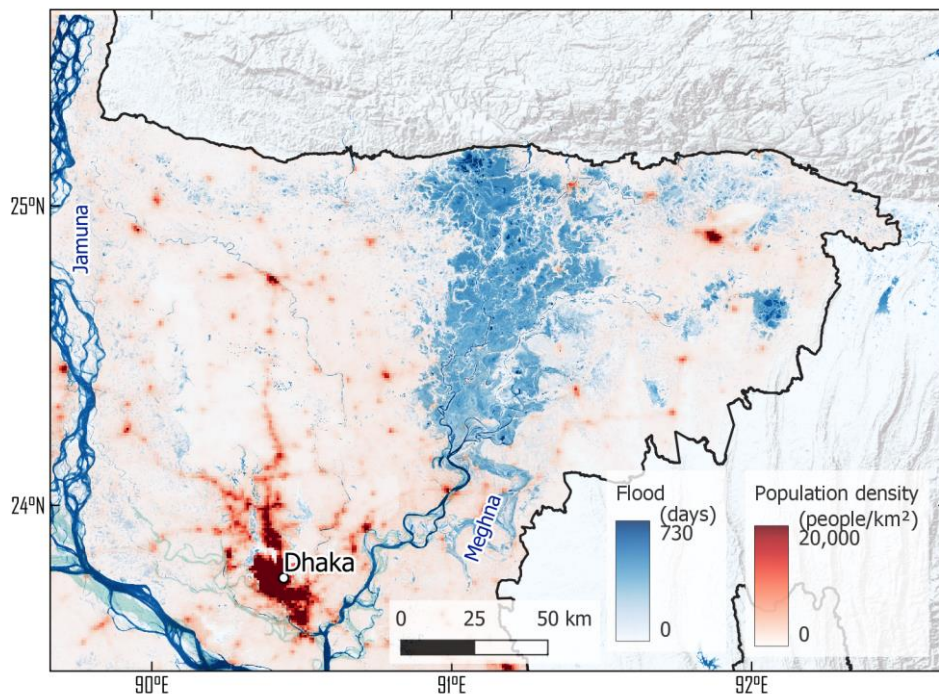
networks (CNN) to achieve these both goals with high quality results. Firstly, we do classification of land cover (semantic segmentation), and then use the generated land cover map as well as the original imageries to do classification of land use. In the stage of land use classification, we pursue hierarchical classification in multiple levels simultaneously while keeping consistent with the ALKIS catalogue (see figure).

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

NATION-WIDE FLOOD MAPPING USING SATELLITE SAR OBSERVATIONS OF SENTINEL-1 AND GOOGLE EARTH ENGINE (INSTITUTSPROJEKT, MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

Remote sensing, particularly after the launch of the Sentinel mission, provides a unique asset to assess the flood impact and support vulnerable people. Repeated satellite observations from SAR missions that can penetrate through clouds can identify floods at large scales and delineate their extents. However, regular monitoring of floods at large scales can face two challenges. The first challenge is a large amount of data that needs to be transferred and analyzed. The second challenge is the inconsistencies in the data over large areas. In particular, significant incidence angle variations from the near range to the far range of SAR images can significantly alter the backscattering and make it difficult to create a uniform mosaic to delineate flood areas across large areas.

In this study, the two mentioned challenges are addressed. The first challenge is overcome by using Google Earth Engine cloud-based platform that hosts Sentinel-1 archive and allows the user to access and analyze the data on the same platform. The second challenge is addressed by a normalization based on incidence angle. The normalization of backscattering values allows the creation of uniform bi-weekly mosaics of SAR images. Then, the evolution of floods is assessed by adaptive thresholding of the mosaic images. Afterwards, a flood frequency map is calculated using the estimated flood history. Finally, in combination with population density, land cover, and infrastructure data, the flood map is used to estimate the risk of flood.



SPATIO-TEMPORAL VARIATIONS OF FLOOD IN NORTHEAST BANGLADESH ESTIMATED FROM BI-WEEKLY MOSAICS OF SENTINEL-1 FROM 2019 AND 2020

SKYSAT-BILDER FÜR KARTENFORTFÜHRUNG (KARSTEN JACOBSEN, KOOPERATION MIT EFTAS UND PLANET)

Zurzeit ist eine größere Zahl sehr hochauflösender optischer Satelliten (besser als 1m Objektpixelgröße) aktiv. Nicht von allen, aber von vielen, sind die Bilder kommerziell verfügbar. Mit SkySat, BlackSky und Nu-Sat sind sehr hochauflösende Bilder von Konstellationen nicht teurer Mikro-Satelliten verfügbar, die allerdings nur jeweils kleinere Bereiche mit Flächensensoren aufnehmen. Damit konkurrieren sie mit den großflächigen Satellitensystemen wie von MAXAR und Airbus DS.

Für Zwecke der Gebäudefortführung wurde die Eignung von SkySat-Aufnahmen untersucht. Die 19 SkySat-C-Satelliten haben jeweils drei gegenüber versetzte CMOS-Matrizen, die von 450km, bzw. 400km Höhe mit den einzelnen Sensoren 2074m x 875m, bzw. 1843m x 778m mit Objektpixelgrößen von 72cm, bzw. 57cm aufnehmen. Die Geo-Referenz der Teilbilder ist nur mit einer Genauigkeit von etwa 50m bekannt und auch die Relativgenauigkeit der Einzelbilder zueinander ist nicht besser. Eine Bildorientierung mit Passpunkten ist unwirtschaftlich, weshalb die Betreiberfirma Planet Orthos der Einzelbilder auf vorhandene Orthobilder der Katasterverwaltung automatisch einpasst und zu SkySat Collect-Bildern, die bei Nadiraufnahmen eine Breite von ~6600m, bzw. 5870m und eine wählbare Länge haben, zusammenfügt.



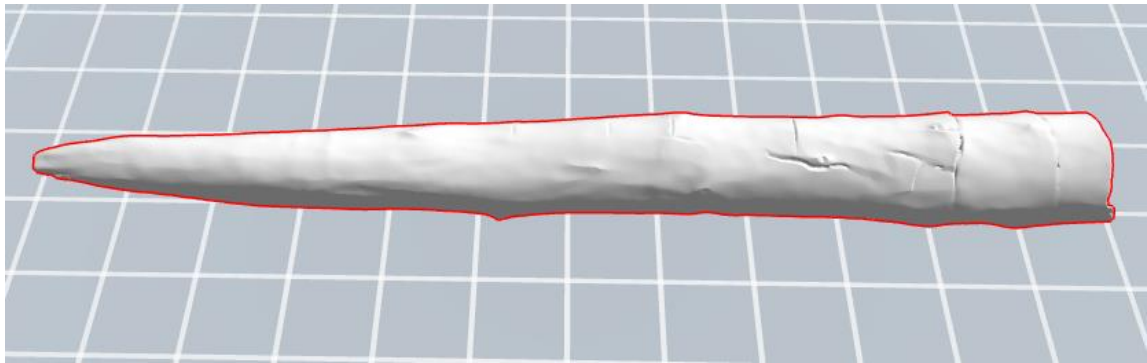
AUSSCHNITT AUS EINEM SKYSAT BASIC-BILD

Eine Untersuchung der Bildqualität der Collect-Bilder, die eine Objektpixelgröße von 50cm x 50cm haben, ergab für Bilder aus den Originalaufnahmen mit 57cm Objektpixelgröße eine effektive Auflösung von 50cm bis zu einem Nadirwinkel von 20°, während bei den Originalaufnahmen mit 72cm Objektpixelgröße und Nadirwinkeln von 27° nur eine effektive Auflösung von etwa 70cm erreicht wurde.

Die geometrische Untersuchung ergab, dass bis zu einer Nadirdistanz von etwa 20° die zulässige Standardabweichung der Georeferenz von 4m in der Regel deutlich unterschritten wurde. Größere Nadirwinkel sollten auch wegen des geometrischen Versatzes zwischen Gebäudedach und Grundriss vermieden werden.

DREIDIMENSIONALE ERFASSUNG SCHÖNINGER HOLZ-ARTEFAKTE (MANFRED WIGGENHAGEN)

Auf Anfrage von Dr. Utz Böhner, Denkmalatlas Niedersachsen, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege, wurden am Institut für Photogrammetrie und GeoInformation zwei Fundstücke der Schöninger Holzartefakte rekonstruiert. Mit dem Streifenlichtprojektionssystem GOM ATOS wurden die 300.000 Jahre alten Hölzer mit einer Dichte von mindestens 30 Punkten pro mm gescannt und die rekonstruierten 3D-Modelle für die weitere Verarbeitung (z.B. dem 3D-Druck) zur Verfügung gestellt. Da die Holzartefakte sehr empfindlich waren und möglichst nicht oder nur wenig berührt werden durften, eignete sich das optische Messsystem hervorragend für die berührungslose Vermessung der Oberflächen. Im dreidimensionalen Ergebnis konnten Bearbeitungsspuren erkannt werden, die bisher in der Form noch nicht von den Wissenschaftlern sichtbar gemacht worden waren.



3D-DRUCKANSICHT DES REKONSTRUIERTEN SPEERES

DISSERTATIONEN

GEODÄTISCHES INSTITUT (GIH)

Dipl.-Ing. Reinhard Mundt: Schätzung von Boden- und Gebäudewertanteilen aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke, 29.01.2021

Referent: Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Alexandra Weitkamp (TU Dresden), Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke

Die Gutachterausschüsse für Grundstückswerte unterliegen dem gesetzlichen Auftrag, regelmäßig flächendeckend Bodenrichtwerte für das Gebiet ihrer Zuständigkeit bereitzustellen. Die praktische Umsetzung dieses Auftrages ist jedoch oft mit erheblichen Problemen verbunden. So liegen regelmäßig – im Verhältnis zur Zahl der fortzuführenden Bodenrichtwertzonen – nur sehr wenige geeignete Vergleichskauffälle unbebauter Grundstücke vor. Zwar stehen auch verschiedene leistungsstarke alternative Verfahren der Bodenrichtwertermittlung zur Verfügung, diese sind für viele Gutachterausschüsse jedoch nicht praktisch umsetzbar. Oft fehlen die hierfür erforderlichen regionalspezifischen Daten, personellen Kapazitäten oder beides.

Mit der Zielsetzung, die Gutachterausschüsse in ihrer Aufgabe der Bodenrichtwertermittlung zu unterstützen, wird im Rahmen dieser Arbeit ein Verfahren zur Schätzung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Einfamilienhausgrundstücke entwickelt. Damit kann die Datenbasis zur Bodenrichtwertermittlung für diesen wesentlichen Teilmarkt erheblich erhöht und die Qualität der Bodenrichtwerte deutlich gesteigert werden. Da das Verfahren ohne zusätzliche Datenerhebungen auskommt und zudem in einfacher Weise programmierbar ist, steht dessen Implementierung in den automatisierten Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse nichts entgegen.

Nun werden im Sinn des Baugesetzbuches und der Immobilienwertermittlungsverordnung die Werte bebauten und unbebauten Bodens gleichgesetzt. Im Verständnis des Marktteilnehmers, also im ökonomischen Sinn, ist diese Wertgleichheit jedoch nicht zwangsläufig gegeben. Da es sich um Güter mit unterschiedlichen Eigenschaften handelt, mag der Marktteilnehmer durchaus zu einer differenzierten Einschätzung kommen. Diese Perspektive sollte aber gerade dann, wenn die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht, berücksichtigt werden. Hierbei ist insbesondere an Fragen der Entschädigung, der Besteuerung oder auch der Bilanzierung zu denken.

Es wird daher auch untersucht, welchen Wert der Marktteilnehmer den Grundstücksbestandteilen Boden und Gebäude beimisst. Dies erfolgt, aufbauend auf den Erkenntnissen aus Ökonomie und Psychologie, anhand der mathematischen Modellierung des Prozesses der Kaufpreisbildung.

Somit werden in dieser Arbeit Lösungen für zwei verschiedene Aufgaben vorgelegt. Es wird zunächst ein Verfahren entwickelt, welches die Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Einfamilienhausgrundstücke im Sinn der Immobilienwertermittlungsverordnung ermöglicht. Zum anderen wird beantwortet, welchen Anteil am Gesamtwert der genannten Grundstücksarten der Marktteilnehmer dem Boden und den aufstehenden Gebäuden beimisst. Damit wird die seit Jahrzehnten kontrovers diskutierte Repartitionsfrage gelöst.

Wei Xu, M. Sc.: Automatic Calibration of Finite Element Analysis Based on Geometric Boundary Models from Terrestrial Laser Scanning, 02.07.2021

Referent: Prof. Dr.-Ing. Ingo Neumann, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Jakob Flury, Prof. Dr.-Ing. Jiahe Lv (China University of Geosciences)

Large amounts of historical infrastructures were constructed shortly after the Second World War in the late 1950s and 1960s. Their applicable life is over 50 years. Many of them are even reaching their life-time while still being in operations. Lots of uncertainties in these structures need to be considered to make decisions whether to extend their useful time. The finite element analysis (FEA) is a standard numerical technique to approximate, predict, and monitor the object reactions from the outside to the internal corresponding to various boundary conditions. How to estimate the historical structures accurately is a significant topic in engineering applications. It contains lots of unknown deformations and non-negligible deviations compared with the originally designed structure. Geometric measurements and reference data can significantly contribute to the FEA. In the projects related to geometric measurements, terrestrial laser scanning (TLS) has become a powerful technique to acquire geometric surface data due to its high precision, non-contact, and rapid measuring speeds. The key challenge lies in the geometric modelling of the point clouds epoch through mathematical approximations to combine the advantage of FEA and TLS. The approximation methods vary from each other, among which the polynomial and B-spline approximations are advanced candidate solutions and applied in this research.

To address the above issues, the thesis discusses the current TLS application to solve the boundary problem in the FEA computation and the feasibility and solutions in approximating point clouds to fill the knowledge gap. We compared the difference between the polynomial and B-spline approximation methods. The polynomial function can approximate the scattered points regarding the regular shapes and surfaces with acceptable results, while B-spline can approximate irregular features with deformed details and deviations better by adjusting the control points. The objective is to realize the automatic calibration of the FEA computation based on the geometric boundary modelling with TLS measurements of the structures with unknown deformations and deviations. Therefore, B-spline approximations based on the Gauss-Markov model in both two- and three[1]dimensional cases are selected as the free-form geometric modelling in the FEA computation. Results in real experiments regarding the arch structure

indicate that, before loading experiments, the calibrated FEA geometric model based on TLS data performs more accurately in the actual geometric description than the general simplified model. The calibrated model can describe the irregular and unknown details of the deviations by the actual construction of both upper and lower sides of the arch structure. After the static loading experiments, the FEA computational results based on the B-spline geometry is closer to the corresponding data in the actual experiment than that of the general FEA computation with the simplified geometry. The calibrated FEA computation by TLS brings the benefits that the internal displacement data and the information that cannot be obtained from TLS, e.g. the stress and strain, are explicit and more reliable from FEA to users. The deformation regarding the structure between the FEA computational results and TLS point cloud data is analysed through the point-to-point and surface-to-surface methods.

However, there is a redundant disadvantage due to the repetitions in mesh generations and computations in updating TLS-based geometric models in each loading when carrying out FEA. It is required to refine the grids to meet the various and detailed deformations of the measured geometry, which causes the low efficiency and large computations in the FEA computation. Obviously, it is therefore time-consuming. By this consideration, the convolutional long short-term memory (LSTM) is utilized, which is a deep learning method, to address the efficiency problem in the automatic FEA calibration based on the TLS-based reference. The combination of the convolutional LSTM method and the threshold control are effective in calibrating and predicting FEA computations. The proposed method can not only contribute good calibrations of the current results, but also make reliable predictions of future FEA values. Finally, by combining FEA and TLS, not only the surface information of the historic structures can be acquired by TLS effectively and accurately, but also more internal information can be obtained by FEA more visibly and reliably.

MITBERICHTE

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

Insa Cheng, M. Sc.: Das Potential der Tätigkeiten von Frauen auf die Entwicklung ländlicher Räume. Zum Einfluss und Rollenzuschreibungen von Frauen am Beispiel der Gemeinde Krummhörn, LUH, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG (IFE)

MITBERICHTE

Caner Savas, M. Sc.: Analysis and detection of GNSS Outlier Measurements by Means of Machine Learning Algorithms, Politecnico di Torino, Korreferent: Prof. S. Schön

Johanna Rieke, M. Sc.: Beitrag zur Integration von MC-GNSS in die Fahrzeuglokalisierung, TU Braunschweig, Korreferent: Prof. S. Schön

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

Bashir Kazimi, M. Sc.: Self Supervised Learning for Detection of Archaeological Monuments in LiDAR Data

Referent: Prof. Dr.-Ing. Monika Sester, Korreferenten: Prof. Dr. Kourosh Khoshelham, Universität Melbourne, apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner

Das Detektieren und Lokalisieren von archäologischen Denkmälern und historischen, von Menschenhand geschaffenen Geländestrukturen ist für den Schutz unseres kulturellen Erbes unerlässlich. Mit dem Fortschritt der Laserscanning-Technologie ist es möglich, Airborne Laser Scanning (ALS) Punktwolken zu erfassen und Digitale Geländemodelle (DGM) zu erstellen, die von Archäologen auf interessante Denkmäler und Strukturen analysiert werden können. Allerdings ist die manuelle Detektion im digitalen Geländemodell (DGM) eine zeitaufwändige Aufgabe. Das Ziel der Arbeit ist es, Deep Learning für die automatisierte Erkennung von archäologischen Denkmälern und historischen, von Menschenhand geschaffenen Geländestrukturen in DGMs einzusetzen. Als Modellregion wurde Südniedersachsen, d.h. speziell die Montanregion Harz gewählt, weil sich hier eine besondere Dichte von Denkmälern befindet.

Aufgrund der begrenzten Menge an gelabelten Daten und der großen Menge an ungelabelten Daten liegt der Fokus auf Self Supervised Learning (SSL). SSL umfasst zwei Schritte: Pretext und Downstream. Im Pretext wird ein Modell auf ungelabelten Daten trainiert, um intrinsische Eigenschaften und interessante Muster in der Eingabe zu lernen. Downstream ist der zweite Schritt, der das Lernen von Mustern aus gelabelten Datensätzen beinhaltet. Im Downstream wird das trainierte Modell aus dem Pretext-Schritt entweder als fester Feature-Extraktor verwendet oder direkt für überwachte Aufgaben auf gelabelten Datensätzen nachtrainiert. In dieser Arbeit werden Convolutional-Encoder-Decoder-Netzwerke und Generative Adversarial Networks (GANs) auf ungelabelten DGM-Daten im SSL-Pretext trainiert. Die trainierten Modelle werden dann im SSL-Downstream für Klassifizierung, Instanzsegmentierung und semantische Segmentierung angepasst. Anschließend werden sie mit Hilfe kleiner Mengen gelabelter Daten für die Erkennung archäologischer Denkmäler in der Harzregion in Niedersachsen nachtrainiert. Die Experimente werden mit drei verschiedenen Datensätzen aus der Harzregion durchgeführt.

Der erste Datensatz enthält kompakte, geschlossene Strukturen, zu denen archäologische Denkmäler wie Meilerplätze, Grabhügel und Pingen und andere vom Menschen geschaffene Geländestrukturen wie Bombentrichter gehören. Der zweite Datensatz enthält langgestreckte lineare Strukturen, zu denen archäologische Denkmäler wie Gräben und Hohlwege und andere vom Menschen geschaffene Strukturen wie Wege und Straßen gehören. Der dritte Datensatz aus dem Harz umfasst annotierte Beispiele von historischen Steinbrüchen. Die Ergebnisse der Experimente zeigen den positiven Einfluss des SSL-Pretrainings auf die Downstream Aufgaben. Der beste Klassifikationsalgorithmus schneidet mit und ohne SSL-Vortraining ähnlich ab. Für Instanz- und semantische Segmentierungsaufgaben, die viel komplexer sind, verbessert das SSL-Pretrainings jedoch den Mean Average Precision (MAP)-Score um 5,28 % und den Mean Intersection Over Union (MIOU)-Score um 4,72 %, jeweils auf dem Harzer Flächen-Datensatz. Beim Datensatz für lineare Strukturen beträgt die Steigerung der MAP- und MIOU-Scores 6,18 % bzw. 1,22 %. Schließlich führt das SSL-Pretraining zu einer Erhöhung des MIOU-Scores im Datensatz Steinbrüche um 3,02 %.

Hao Cheng, M. Sc.: Deep Learning of User Behavior in Shared Spaces, 18.03.2021

Referent: Prof. Dr.-Ing. Monika Sester, Korreferenten: Prof. Dr. Bodo Rosenhahn, Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke

Das Verhalten von Verkehrsteilnehmern zu erlernen ist für zahlreiche intelligente Systeme von großer Bedeutung, sei es in der Steuerung der Verkehrssicherheit, in der Gestaltung intelligenter Transportsysteme oder in der Entwicklung autonomer Fahrzeuge. Allerdings stellt für die Realisierung solcher Systeme im von Dynamik und Unwägbarkeiten geprägten Stadtverkehr die automatisierte und genaue Erkennung des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern noch immer eine Herausforderung dar. Es gibt urbane Umgebungen, z.B. vorübergehende Shared Spaces auf Kreuzungen bei Abbiegevorgängen oder Shared-Space-Verkehrsgestaltungen, in denen sich die Erkennung und die Vorhersage des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer besonders schwierig gestalten. Shared Spaces auf Kreuzungen ermöglichen das Abbiegen von Fahrzeugen, während diese mit anderen Verkehrsteilnehmern, die die Straße überqueren, interagieren. Shared-Space-Verkehrsgestaltungen kommen zum Einsatz, wenn es darum geht, den Verkehrsraum so zu strukturieren, dass die Dominanz der Fahrzeuge verringert sowie die Fußgängerbewegung und der Komfort für Fußgänger verbessert werden. Aufgrund direkter Interaktionen zwischen Fahrzeugen und ungeschützten Verkehrsteilnehmern (vulnerable road users (VRUs), z.B. Fußgänger oder Fahrradfahrer) sowie mehrdeutiger Verkehrssituationen (Verkehrsteilnehmer müssen die Straßennutzung untereinander aushandeln) ist das Verhalten der Verkehrsteilnehmer stochastisch und schwer vorhersagbar.

Mit Bezug auf aktuelle Entwicklungen im Bereich Deep Learning sowie auf die Verfügbarkeit von umfangreichen, realen Verkehrsdaten verfolgt diese Arbeit den Ansatz, bedingte generative Modelle für die automatische Detektion von Interaktionen in vorübergehenden Shared

Spaces auf Kreuzungen und die Vorhersage von Trajektorien in Shared Space-Verkehrsdesigns zu verwenden. Auf dem Conditional Variational Auto-Encoder (CVAE) basierende Modelle werden darauf trainiert, deterministische Eingaben (z.B. eine Sequenz von Videodaten oder eine beobachtete Trajektorie) auf viele mögliche Varianten des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern abzubilden, welches durch die jeweilige Interaktion oder Bewegung der betreffenden Verkehrsteilnehmer in den nächsten Sekunden gekennzeichnet ist. Diese Arbeit leistet zwei wesentliche Beiträge zur Modellierung des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern in Shared Spaces mithilfe von Deep-Learning-Ansätzen:

(1) Das Interaktionserkennungsmodell verarbeitet Informationen über Art, Position und Bewegung der Verkehrsteilnehmer, die automatisch durch Objektdetektoren – umgesetzt mittels Deep Learning – sowie optischen Fluss aus Videodaten extrahiert werden, und generiert bildweise eine Wahrscheinlichkeit, die die Interaktionsdynamik zwischen einem abbiegenden Fahrzeug und allen beteiligten VRUs repräsentiert. Die Wirksamkeit des Modells wurde durch Tests an realen Datensätzen von zwei verschiedenen Kreuzungen mit starkem Verkehrsfluss nachgewiesen. Es erreichte einen F1-Wert von über 0,96 an einer Rechtsabbieger-Kreuzung in Deutschland und 0,89 an einer Linksabbieger-Kreuzung in Japan.

(2) Verschiedene Faktoren und Deep-Learning-Architekturen auf dem aktuellen Stand der Technik werden hinsichtlich der Vorhersage von Trajektorien untersucht. In dieser Arbeit werden drei auf CVAE basierende Frameworks zur genauen Multi-Pfad-Trajektorienvorhersage von heterogenen Verkehrsteilnehmern in Shared Spaces vorgeschlagen. Der Latenzraum des CVAE wird für die Kodierung stochastischer Verhaltensmuster trainiert. Der Multi-Sampling-Prozess aus dem trainierten Latenzraum ermöglicht es den Frameworks dabei, nicht nur eine deterministische zukünftige Trajektorie, sondern mehrere mögliche zukünftige Trajektorien für jeden Verkehrsteilnehmer zu generieren. Das erste Framework konzentriert sich auf die Untersuchung mehrerer Kontexte, nämlich Bewegung, Interaktion und Fußgängergruppierung sowie auf verschiedene Umgebungsbedingungen für die Trajektorienvorhersage. Das zweite und dritte Framework konzentrieren sich indes einerseits auf die Untersuchung dynamischer Kontexte (d. h. Bewegung und Interaktion) unter Verwendung von Aufmerksamkeitsmechanismen und andererseits auf die Verbesserung der Generalisierbarkeit der Modelle - d. h. auf die Vorhersage der Trajektorien heterogener Verkehrsteilnehmer in verschiedenen Shared Spaces, auf die das Modell zuvor nicht trainiert wurde. Die Leistung aller drei Frameworks, insbesondere des zweiten und dritten, erwies sich bei diversen gängigen Open-Source-Datensätzen und -Benchmarks als überlegen und erreichte den ersten Platz (in verschiedenen Abgabezeiten) bei einer bekannten offenen Challenge (TrajNet online test), bei der die in dieser Arbeit vorgestellten Modelle den gesamten durchschnittlichen bzw. finalen Displacement Error der für die nächsten 4.8 Sekunden vorhergesagten Trajektorien um 0.353 Meter bzw. 1.179 Meter reduzieren konnten.

Torben Peters, M.Sc.: Learning Multi-View 2D to 3D Label Transfer for Semi-Supervised Semantic Segmentation of Point Clouds, 14.7.2021.

Referent: apl. Prof. Dr.-Ing. Claus Brenner, Korreferenten: Prof. Dr. Konrad Schindler, ETH Zürich, apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner

Die semantische Segmentierung ist eine wichtige Aufgabe in der Computer Vision, um Maschinen dabei zu helfen, ein Verständnis der Umgebung zu erlangen, das ähnlich zum visuellen Wahrnehmungssystem des Menschen ist. Sie wird z.B. in autonomen Autos eingesetzt, die mit verschiedenen Sensoren wie Kameras und 3D-Laserscannern ausgestattet sind, um ein vollständiges Verständnis ihrer Umgebung zu erlangen. In den letzten Jahren wurde das Thema von Deep Neural Networks (DNNs) dominiert, die große Mengen an Trainingsdaten benötigen. Diese Datensätze sind in ihrer Erstellung zum einen sehr zeit- und kostenaufwendig und können zum anderen jeweils nur für einen bestimmten Sensortyp angewendet werden. Die vorliegende Arbeit behandelt dieses Problem. Es soll gezeigt werden, dass das Wissen von öffentlich verfügbare Bilddatensätzen wiederverwendet werden kann, um den Aufwand für das labeln von 3D-Punktwolken zu minimieren. Die Unterschiede zwischen den beiden Sensormodalitäten können überbrückt werden, indem die Labels der 2D Bilder auf die 3D Punktwolken übertragen werden. Hierfür wird der geometrische Zusammenhang der Sensoren in einem vollständig kalibrierten System verwendet. Aufgrund verschiedener Fehler kann die einfache Übertragung der Label zu einer signifikanten Menge an falschen Zuordnungen in den 3D-Punktwolken führen (Labelrauschen). Im Rahmen dieser Arbeit werden die verschiedenen Ursachen und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt, um die Label-Übertragung zu verbessern.

Die vorgestellten Methoden behandeln entweder implizit (spät) oder explizit (früh) die Ursachen des Labelrauschens bei der Übertragung von Labels von 2D in 3D. Als Erstes ist Scanstrip Network (SNet) zu nennen, das lernt, verrauschte Labels in 3D sauber abzubilden und dabei implizit verschiedene Fehler berücksichtigt. Hierbei wird es mittels überwachten lernens und anhand von sehr wenig Daten trainiert. Das einfache aber effektive Netzwerkdesign erreicht einen mIoU von 0,667 im Gegensatz zum Ausgangswert von 0,481 und übertrifft damit ähnliche und sogar modernste Netzwerke. Die Ergebnisse werden über einen nicht-trivialen Weg optimiert um SNet auf eine halb-überwachte Weise zu trainieren. Hierfür werden große Mengen automatisch generierter verrauschter Labels für das Vortraining verwendet. Dieses Netzwerk erreicht einen mIoU von 0,709.

Ein frühes Problem bei der Label-Übertragung sind Klassifikationsfehler in Bildern und falsche Zuordnungen von 2D-Pixeln zu 3D-Punkten. Um dies zu berücksichtigen, wird Multi-View Network (MVNet) eingeführt. Dieses Netzwerk lernt, Vorhersagen von 2D-Mehrfachansichten für einzelne 3D Punkte mit Hilfe von self-attention zu korrelieren. Das Netzwerk ist in der Lage, Klassifizierungsfehler in 2D mit nur sehr wenigen Trainingsbeispielen zu reduzieren und übertrifft andere halb-überwachte Methoden. Durch die Kombination von SNet und MVNet zu LTNet kann die komplette Label-Übertragung von 2D zu 3D gelernt

werden. LTNet arbeitet in beiden Bereichen gleichzeitig und erreicht ein mIoU von 0,749 in 3D, was alle bisherigen Modelle übertrifft.

Darüber hinaus wird gezeigt, dass es möglich ist, dynamische Verdeckungen und Selbstverdeckungen in 3D auf selbstüberwachte Weise, d.h. ohne Label, zu behandeln. Dynamische Verdeckungen treten auf, wenn dynamische Objekte in eine Domäne erscheinen, aber nicht in der anderen, was zu falschen Objekt-Zuordnungen führt. Hier wird ein Conditional Generative Adversarial Network (CGAN) eingeführt, das lernt, Daten von 3D-Punktwolken auf fotorealistische 2D-Bilder abzubilden. Da die synthetisierten Bilder und die Punktwolken sehr gut übereinstimmen, führt dieser Ansatz zu wesentlich besseren Ergebnissen bei der Zuordnung von Labels, die zu dynamischen Objekten wie z.B. Autos gehören. Für Selbstverdeckungen wird ein GAN eingeführt, das lernt, 3D-Objekte nur anhand unvollständiger Beobachtungen zu vervollständigen. Die Ergebnisse zeigen, dass das GAN fast ähnliche Leistungen wie halb- oder voll-überwachte Methoden erbringt, was bei der Identifizierung von belegten Regionen in 3D hilft und möglicherweise das Label-Rauschen im Übertragungsprozess reduzieren könnte.

Yu Feng, M.Sc.: Extraction of Flood and Precipitation Observations from Opportunistic Volunteered Geographic Information, 13.09.2021

Referent: Prof. Dr.-Ing. Monika Sester, Korreferenten: Prof. Dr. Alexander Zipf, Universität Heidelberg, Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß

Hochwasser sind die häufigste Naturkatastrophe und verursachen viele Todesfälle, Verletzungen und Sachschäden. Sie werden hauptsächlich durch Starkniederschlagsereignisse verursacht. Mit zunehmender Urbanisierung treten Hochwasser heutzutage häufiger in Städten auf. Ein umfassendes Verständnis der aktuellen Hochwasser- und Niederschlagsituation ist nicht nur für das Krisenmanagement der Stadt, sondern auch für ihre Bewohner unerlässlich. Die derzeitigen Verfahren zur Hochwasser- und Niederschlagsüberwachung weisen Defizite in Bezug auf die zeitliche und räumliche Auflösung sowie die globale Abdeckung auf. Daher müssen zusätzliche Informationsquellen in Betracht gezogen werden, um eine umfassendere Überwachung zu erreichen.

Hochwasser und Starkniederschläge ziehen oft die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf sich. Bürger teilen daher ihre Beobachtungen in sozialen Medien mithilfe von Fotos und Texten. Darüber hinaus passen sie ihr Verhalten den Gegebenheiten an, z.B. fahren sie langsamer als gewöhnlich. Diese Daten von und über Einzelpersonen können als Informationsquelle für die Hochwasser- und Niederschlagsüberwachung genutzt werden, sofern die entsprechenden geografischen Standorte verfügbar sind. Diese Informationsquelle wird oft als "Volunteered Geographic Information" (VGI) bezeichnet. VGI kann in partizipative oder opportunistische Ansätze unterschieden werden. Partizipative Ansätze erfordern eine bewusste und aktive Beteiligung der Nutzer, z.B. durch die Nutzung eines Webportals oder einer mobilen App. Die oben beschriebene Art der unbewussten Erfassung bzw. Erfassung zu einem anderen Zweck (wie z.B. Instagram Fotos) zählt zu

den opportunistischen Ansätzen. Es wird immer schwieriger, sich ausschließlich auf die regelmäßige, freiwillige Teilnahme der Nutzer zu verlassen. Aufgrund des hierfür erforderlichen Aufwands (und der oft erforderlichen Preisgabe der Identität) ist die Anzahl freiwilliger Nutzer typischerweise gering. Daher steht die opportunistische VGI im Fokus der Arbeit. Ziel ist es, zu untersuchen, inwieweit Hochwasser- und Niederschlagsbeobachtungen aus VGI mit minimaler bewusster Nutzerbeteiligung extrahiert werden können. In Bezug auf die verwendeten Informationsquellen konzentriert sich die Arbeit auf zwei Aspekte. Der erste Teil zielt darauf ab, Niederschlagshinweise aus passiven Verhaltensänderungen von Verkehrsteilnehmern zu extrahieren; der zweite Teil darauf, hochwasserrelevante Informationen aus der aktiven Informationsbereitstellung von Social-Media-Nutzern zu gewinnen. Niederschlagsereignisse können zu signifikanten Verringerungen der Verkehrsgeschwindigkeit in den betroffenen Gebieten führen. Dies unterscheidet sich von den Verlangsamungen, die durch lokale Ereignisse verursacht werden, wie z.B. Konzerte oder Verkehrsunfälle, die einen begrenzten Einflussbereich um den Veranstaltungsort haben. Es wird eine Proof-of-Concept-Studie durchgeführt, um einen Niederschlagsindikator – aus den von den Geschwindigkeitsdetektoren gesammelten Beobachtungen auf den Straßensegmenten – zu lernen. Ein binärer Klassifikator wurde auf sechsmonatigen Geschwindigkeitsaufzeichnungen aus New York City trainiert und erreichte eine Genauigkeit von 91,74% und einen F1-Score von 78,34%, als dieser auf den verbleibenden zweimonatigen Testdaten getestet wurde. Diese vielversprechende Leistungsfähigkeit der Methode zeigt das Potenzial der Nutzung dieser Informationsquelle zur Ergänzung von Niederschlagsbeobachtungen, insbesondere für Gebiete, in denen es an grundlegenden meteorologischen Einrichtungen fehlt.

Soziale Medien als Echtzeit-Datenquelle können Hochwasser-Beobachtungen von Nutzern enthalten. In dieser Arbeit wird ein Framework entwickelt, um Social-Media-Daten von Twitter und Instagram zu sammeln und zu analysieren. Bisherige Studien konzentrierten sich hauptsächlich auf benutzergenerierte Texte. Diese Arbeit stellt einen der ersten Ansätze dar, Deep-Learning-Modelle zu verwenden, um qualitativ hochwertige "Hochwasser-Augenzeugenberichte" aus nutzergenerierten Texten und Bildern zu extrahieren. Weitere Analysen identifizieren raum-zeitliche Cluster und Hotspot-Bereiche für die Hochwasser-Ereignisse in Paris, London und Berlin in den Jahren 2016 und 2017. Neben dem Ort solcher Ereignisse interessiert das Krisenmanagement der Stadt vor allem die Schweregrade des Hochwassers. In der Arbeit wird eine neuartige Methode vorgeschlagen, um Informationen zum Schweregrad von Hochwasser zu extrahieren und zu kartieren. Der Schweregrad entspricht der Höhe der Überflutung. Normalerweise würde dies eine Referenz erfordern. Der Ansatz in dieser Arbeit verwendet den Menschen als Maßstab, d.h. Bilder in denen Menschen im Wasser stehen, wobei der Wasserstand in Bezug auf verschiedene Körperbereiche klassifiziert, nämlich Knöchel, Knie, Hüfte und Brust. Die Standorte der Tweets werden dann für die Erstellung einer Karte

der geschätzten Ausdehnung und Schwere des Hochwassers verwendet. Als Proof-of-Concept wird dieser Prozess auf einen Bilddatensatz angewendet, der während des Hurrikans Harvey im Jahr 2017 gesammelt wurde. Zusammenfassend stellt diese Arbeit mehrere neue Potenziale der opportunistischen VGI vor. Geschwindigkeitsvariationen von Verkehrsteilnehmern können als Niederschlagsindikator genutzt werden, und Daten aus sozialen Medien können Hochwasser-Augenzeugenberichte sowie Wasserstandsschätzungen liefern. Diese Beobachtungen der Bürger können bestehende Beobachtungstechnologien ergänzen und neue Informationen für das Krisenmanagement der Stadt liefern.

MITBERICHTE

Hoda Allahbakhshi, M. Sc.: Using Multi-Sensor Tracking Data to Analyze Human Mobility and Activity Behaviour, Universität Zürich, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Monika Sester

Fatema Tuj Johora, M. Sc.: Modeling Interactions among Pedestrians and Cars in Shared Spaces, TU Clausthal-Zellerfeld, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Monika Sester

Simon Wingert, M. Sc.: Essays on Long Memory Estimation and Testing for Structural Breaks under Long-Range Dependent Errors, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, LUH, Zweitgutachter: Prof. Dr. Philipp Otto

Paolo Maranzano, M. Sc.: Essays on air quality statistics: time series methods for evaluating environmental protection policies in Lombardy, Italy, Universität Milano-Bicocca, Italien, Externer Gutachter: Prof. Dr. Philipp Otto

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION (IPI)

Lin Chen, M. Sc.: Deep Learning for Feature based Image Matching, 19.03.2021

Referent: Prof.Dr.-Ing. Christian Heipke. Korreferenten: Prof. Pascal Fua, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL); Prof. Dr.-Ing. Monika Sester, apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner

Die merkmalsbasierte Bildzuordnung zielt darauf ab, übereinstimmende Merkmale zwischen zwei oder mehr Bildern zu finden. Es ist eines der grundlegendsten Forschungsthemen in Photogrammetrie und Computer Vision. Übereinstimmende Merkmale sind eine Voraussetzung für Anwendungen wie Bildorientierung, Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) und maschinelles Sehen. Ein typischer merkmalsbasierter Zuordnungsalgorithmus besteht aus fünf Schritten: Merkmalerkennung, Schätzung der affinen Form, Orientierung, Beschreibung und Deskriptorzuordnung. Heutzutage bilden tiefe neuronale Netze den Rahmen, um die verschiedenen Schritte als Probleme des maschinellen Lernens zu verstehen, dabei wurde die Qualität der Bildzuordnung erheblich verbessert.

Einer der Hauptgründe, warum sich die merkmalsbasierte Bildzuordnung immer noch als schwierig erweisen kann, ist der komplexe Unterschied zwischen verschiedenen Bildern, einschließlich geometrischer und radiometrischer Transformationen. Wenn der Unterschied zwischen Bildern bestimmte Größen annimmt, überschreitet er die Grenzen der in den genannten separaten Schritten verwendeten Lösungen und führt dazu, dass die merkmalsbasierte Bildzuordnung fehlschlägt. Diese Arbeit konzentriert sich auf die Verbesserung der merkmalsbasierten Bildzuordnung bei großen Basislängen und unterschiedlichen Blickrichtungen zwischen Bildern. Um die merkmalsbasierte Bildzuordnungsleistung unter diesen Umständen zu verbessern, werden affine Formschätzung, Orientierung und Beschreibung mit Deep Learning Architekturen genutzt. Insbesondere werden Convolutional Neural Networks (CNN) verwendet.

Für das Lernen von affiner Form und Orientierung liegt der Hauptbeitrag dieser Arbeit in zwei Bereichen. Einerseits wird anstelle eines siamesischen CNN nur ein Zweig benötigt, und die Verlustfunktion wird basierend auf den geometrischen Maßen aufgebaut, die aus dem mittleren Gradienten oder der Matrix der zweiten Momente berechnet werden. Daher existiert für jedes der Eingabefenster ein globales Minimum, nämlich das kanonische Merkmal. Andererseits werden sowohl die affine Form als auch die Orientierung gleichzeitig in einem Netzwerk bestimmt, indem die Verlustfunktionen bei den Teiloptimierungen kombiniert werden. Nach Kenntnis des Autors ist es das erste Mal, dass diese beiden Module gleichzeitig erfolgreich trainiert wurden.

Für das Anlernen des Deskriptors wird eine neue schwache Übereinstimmung definiert. Für jedes Eingabefenster wird ein leicht transformiertes Fenster, das im Deskriptorraum weit vom Eingabefenster entfernt liegt, als schwaches Übereinstimmungs-

merkmal definiert. Zum Auffinden dieser schwachen Übereinstimmungen wird ein eigenes Netz entwickelt. In einem folgenden Schritt werden die gefundenen schwachen Übereinstimmungen im Standard-Deskriptor-Lernframework verwendet. Das Erscheinungsbild übereinstimmender Fensterpaare wird eingehend untersucht und die Invarianz von Merkmalsdeskriptoren gegenüber Blickwinkel und -richtungsänderungen verbessert.

Das vorgelegte merkmalsbasierte Bildzuordnungsverfahren wird an Standardbenchmarks evaluiert und für die Bildorientierung genutzt. Für die Aufgabe der Bildorientierung werden Schrägluftbilder verwendet. Durch die Analyse der für kleine Bildblöcke durchgeführten Experimente wird gezeigt, dass eine auf Deep Learning Merkmalen basierende Bildzuordnung zu mehr registrierten Bildern, mehr rekonstruierten 3D-Punkten und einem stabileren Blockverband führt.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 369 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. 867 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Xin Wang, M. Eng.: Robust and Fast Global Image Orientation, 18.05.2021

Referent: Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke. Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer, Universität der Bundeswehr München; Prof. Dr.-Ing. Steffen Schön

Die Berechnung der Bildorientierung (auch als Bildposenschätzung bezeichnet) hat auf dem Gebiet der Photogrammetrie immer eine entscheidende Rolle gespielt, da sie eine Grundvoraussetzung für darauf aufbauende Arbeiten, wie die dichte Bildzuordnung oder die Generierung von DEMs und DSMs, bildet. Insbesondere im Bereich der Computer Vision ist die Bildorientierung auch unter dem Begriff Structure-from-Motion (SfM) bekannt, was deutlich macht, dass die Orientierung eines Bildes und die Positionen von Objektpunkten voneinander abhängig bestimmt werden. Obwohl bereits seit Jahrzehnten unterschiedlichste Anstrengungen in diesem Themengebiet unternommen werden, hat es in letzter Zeit aufgrund der schnell wachsenden Anzahl unterschiedlicher Bildressourcen wieder das Interesse der Photogrammeter geweckt. Es ergeben sich neue Herausforderungen für die genaue und effiziente Orientierung von Bildern aus verschiedenen Datensätzen (z.B. ungeordnete Datensätze mit einer großen Anzahl an Bildern oder Bildern, die durch kritische Stereopaare beeinträchtigt werden).

Im Rahmen dieser Arbeit wird hierzu eine neue schnelle und robuste Methode zur Bildorientierung entwickelt, die mit verschiedenen Arten von Datensätzen umgehen kann. Um dieses Ziel zu erreichen, werden insbesondere die beiden zeitaufwändigsten Arbeitsschritte der Bildorientierung genauer betrachtet: (a) Bildzuordnung und (b) Bildposenschätzung. Zur Beschleunigung der Bildzuordnung wird ein neues Verfahren unter Verwendung eines so genannten random k-d

forest vorgeschlagen, mit welchem Paare aus überlappenden Bildern schnell aus einer ungeordneten Menge an Bildern extrahiert werden können. Anschließend werden die Bildzuordnung und die Schätzung der relativen Orientierungsparameter nur für Paare durchgeführt, bei denen eine Überlappung sehr wahrscheinlich ist. Zur zeiteffizienten Schätzung der Bildposen wird ein globaler Bildorientierungsansatz verwendet. Die Grundidee besteht darin, zunächst alle verfügbaren Bildposen initial global zu bestimmen, bevor zum Abschluss einmalig eine Bündelausgleichung zur Verfeinerung der initialen Posen durchgeführt wird. In dieser Arbeit wird der herkömmliche zweistufige globale Ansatz genutzt, bei dem die Bestimmung von Rotationen und Translationsparametern getrennt voneinander betrachtet werden. Erstere werden durch eine existierende, häufig verwendete Methode von Chatterjee und Govindu [2013] bestimmt, während letztere global geschätzt werden. Dazu werden die Translationsparameter mit Hilfe von relativen Translationen und Verknüpfungspunkten bestimmt. Verknüpfungspunkte in Form von Triplets werden verwendet, um zunächst global einheitliche Skalierungsfaktoren für jede verfügbare paarweise relative Translation zu berechnen. Anschließend werden, analog zur Rotationsschätzung, die Translationen bestimmt, indem das Mittel der skalierten relativen Translationen bestimmt wird.

Um die Robustheit der Lösung zu erhöhen, befasst sich ein Teil dieser Arbeit mit dem Umgang von Ausreißern in den relativen Orientierungen (ROs), gegenüber welchen globale Bildorientierungsansätze besonders empfindlich sind. Es wird eine allgemeine Methode zur Erkennung von Fehlern in relativen Orientierungen vorgestellt, die auf der Triplet-Kompatibilität (in Bezug auf Schleifenschlussfehler von relativen Rotationen und Translationen) basiert. Obwohl diese Methode in der Lage ist, die meisten der gegebenen ROs zu bereinigen, kann sie typischerweise keine Fehler erkennen, die auf sich wiederholende Strukturen und kritische Konfigurationen zurückzuführen sind, wie z.B. ungeeignete Basen (sehr kurze Basen oder Basen parallel zur Blickrichtung). Daher wird eine weitere neue Methode vorgeschlagen, um falsche ROs zu eliminieren, die durch sich wiederholende Strukturen und sehr kurze Basen entstehen. Es werden hierzu zwei Kriterien eingeführt, die die Qualität der ROs bewerten. Sich wiederholende Strukturen werden anhand der Anzahl an korrespondierenden Punkten der verschiedenen Bildpaare erkannt, während sehr kurze Basen durch die Schnittwinkel der entsprechenden Bildstrahlen identifiziert werden. Durch die Analyse dieser beiden Kriterien werden falsche ROs erkannt und eliminiert. Da korrekte ROs von Bildpaaren mit einer längeren Basis, die nahezu parallel zu beiden Blickrichtungen verläuft, vorteilhaft für die weitere Berechnung sein können, ist eine Methode zur Identifizierung und Beibehaltung solcher ROs ebenfalls Teil dieser Forschung.

Die Validierung und Evaluierung der vorgeschlagenen Methode wird auf verschiedenen Benchmarks durchgeführt, darunter geordnete und ungeordnete Bildsätze, Bilder mit sich wiederholenden Strukturen und ungeeigneten Basen. Insbesondere die Robustheit der vorgestellten Methodik wird untersucht, indem die Wirksamkeit der Erkennung von

ROs-Ausreißern demonstriert wird. Abschließend werden Leistungsfähigkeit und Zeiteffizienz bei der Bestimmung der Bildorientierung evaluiert und mit mehreren State-of-the-Art-Ansätzen zur globalen Bildorientierung verglichen.

Zusammenfassend zeigen die experimentellen Ergebnisse, dass die entwickelten Methoden in der Lage sind, die Aufgabe der Bildorientierung auf unterschiedlichen Arten von Datensätzen schnell und robust zu bewältigen.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 373 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. 871 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Max Mehlretter, M. Sc.: Uncertainty Estimation for Dense Stereo Matching using Bayesian Deep Learning, 29.09.2021

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Korreferenten: Prof. Dr. Konrad Schindler (ETH Zürich), Dr.-Ing. habil. Hamza Alkhatib

Motiviert durch die Notwendigkeit fehlerhafte Tiefenschätzungen identifizieren zu können, wurden in den letzten Jahren verschiedene Methoden zur Abschätzung der Unsicherheit im Kontext der dichten Bildzuordnung vorgestellt. Insbesondere das Aufkommen von Methoden basierend auf dem Konzept des tiefen Lernens und der damit einhergehenden signifikanten Verbesserung der Genauigkeit haben zur Steigerung der Popularität dieses Forschungsfeldes beigetragen. Von dieser bemerkenswerten Entwicklung abgesehen, beschäftigen sich die meisten dieser Methoden jedoch ausschließlich mit der Unsicherheit, die sich aus den Daten ergibt, auch aleatorische Unsicherheit genannt, und fokussieren sich dabei allein auf das funktionale Modell. Die epistemische Unsicherheit, die der verwendeten Bildzuordnungsmethode innewohnt und sich aus Vereinfachungen und inkorrekten Modellannahmen ergibt, wird hingegen häufig vernachlässigt. Um die Unsicherheit eines Prozesses jedoch akkurat bestimmen zu können, ist es notwendig, alle potenziellen Unsicherheitsquellen zu berücksichtigen und deren stochastisches Verhalten korrekt zu modellieren.

Auf dem Weg zu diesem Ziel befasst sich diese Thesis mit der Abschätzung beider Arten von Unsicherheit im Rahmen der dichten Bildzuordnung. Zu diesem Zweck wird eine neue Convolutional Neural Network Architektur sowie verschiedene stochastische Modelle, die dem Konzept des Bayes'schen tiefen Lernens entsprechen, zur Abschätzung der aleatorischen Unsicherheit vorgeschlagen. Die Quantifizierung der epistemischen Unsicherheit wird hingegen über ein Bayes'sches Neuronales Netz realisiert, welches mittels Variationsinferenz trainiert wird. Mit der Kombination dieser beiden Ansätze wird in dieser Thesis eine ganzheitliche Methode zur gemeinsamen Abschätzung von Disparität und zugehöriger Unsicherheit vorgestellt, in welcher sowohl aleatorische wie auch epistemische Unsicherheiten berücksichtigt werden.

Zur Evaluierung der vorgeschlagenen Methodik und zur Untersuchung ihrer Stärken und Limitierungen wird eine Reihe an Experimenten auf vier verschiedenen Datensätzen durchgeführt, wobei sowohl Innen- wie auch Außenszenen berücksichtigt werden. Die Ergebnisse dieser Experimente belegen, dass sowohl das vorgeschlagene funktionale wie auch die stochastischen Modelle zur Abschätzung der aleatorischen Unsicherheit mit dem Stand der Technik mithalten können und diesen in vielen Szenarien sogar übertreffen. Zudem kann gezeigt werden, dass die Verwendung eines Bayes'schen Neuronalen Netzes neben der Abschätzung der epistemischen Unsicherheit auch zur Verbesserung der Genauigkeit der bestimmten Disparitätskarten beiträgt. Abschließend unterstreicht die Evaluierung die Bedeutung der Berücksichtigung beider Arten von Unsicherheit, um die Gesamtunsicherheit einer Tiefenschätzung akkurat bestimmen zu können.

Chun Yang, M. Sc.: A hierarchical deep learning framework towards the verification of geospatial databases, 22.12.2021

Referent: apl. Prof. Dr. techn. Franz Rottensteiner, Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester, Asst. Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Ying Yang (University of Twente, NL)

Die Landnutzung beschreibt die sozioökonomische Funktion eines Gebietes der Erdoberfläche. Die Information über die Landnutzung wird üblicherweise in Form von Polygonen in Geodatenbanken dargestellt, die häufig von staatlichen Vermessungsbehörden erfasst und gepflegt werden. Um die Korrektheit dieser Geodatenbanken sicherzustellen, müssen sie laufend aktualisiert werden. Ein wichtiger Aspekt dieser Aktualisierung ist die Verifikation der vorhandenen Daten. Dabei wird der Datenbankinhalt mit aktuellen Fernerkundungsdaten verglichen, um zu überprüfen, ob die in der Datenbank enthaltenen Informationen noch korrekt sind; auf diese Weise identifizierte Fehler können anschließend korrigiert werden. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Automatisierung dieses Prozesses der Datenbankverifikation durch automatische Prädiktion der Landnutzung von Datenbankobjekten anhand aktueller Luftbilder. Da der Objektartenkatalog von Geodatenbanken häufig hierarchisch aufgebaut ist, wird dabei die Landnutzung in mehreren semantischen Ebenen des hierarchisch strukturierten Objektartenkatalog gleichzeitig prädiziert.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein hierarchisches Deep-Learning-Framework vorgeschlagen, das eine zweistufige Strategie anwendet. Zunächst wird aus Luftbildern die Landbedeckung ermittelt, welche den unmittelbar in den Bildern sichtbaren Objekttyp beschreibt, z.B. Gebäude, Asphalt, Gras, Baum. Zu diesem Zweck wird ein auf einer Encoder-Decoder Struktur basierendes Convolution Neural Network (CNN) vorgeschlagen. Anschließend dient die pixelweise Landbedeckungsinformation zusammen mit den Luftbildern als Eingabe für ein weiteres CNN, welches für jedes Objekt des vorhandenen Datenbestands die aktuelle Landnutzung prädiziert. Um die Konsistenz der Ergebnisse mit der Klassenhierarchie des Objektartenkatalogs zu gewährleisten, werden zwei Strategien

vorgeschlagen. Die erste wird als “gemeinsame Optimierung” (JO) bezeichnet. Dabei wird jenes Tupel aus Klassenlabels über alle Ebenen ausgewählt, das einen maximalen gemeinsamen Klassenscore aufweist. Die zweite Methode besteht darin, die Prädiktion auf der feinsten Ebene zu verwenden, um jene auf den gröbereren Ebenen zu steuern. Die Strategie wird als fein-zu-grob Methode (F2C) bezeichnet.

Zur Bewertung des Verfahrens werden umfangreiche Experimente mit fünf Datensätzen durchgeführt: Hameln, Schleswig, Mecklenburg-Vorpommern, Vaihingen und Potsdam. In Bezug auf die Landbedeckungsklassifikation erreicht das vorgeschlagene CNN Gesamtgenauigkeiten zwischen 85% und 90%, wenn 6 bis 10 Landbedeckungsklassen unterschieden werden. Die Ergebnisse des CNN für die Datensätze aus Vaihingen und Potsdam sind mit den besten mit anderen Verfahren erreichten Ergebnissen vergleichbar, die Anzahl der im Training zu bestimmenden Parameter ist jedoch um einen Faktor 100 geringer als bei diesen Vergleichsverfahren. Hinsichtlich der hierarchischen Landnutzungsklassifikation erzielen sowohl die JO als auch die F2C Strategie sehr gute Ergebnisse. Auf der größten Stufe, in der nur vier Klassen unterschieden werden, beträgt die Gesamtgenauigkeit etwa 95%. Mit zunehmender semantischer Auflösung, d.h. mit zunehmender Anzahl der zu unterscheidenden Klassen, sind die Kategorien schwerer zu unterscheiden. In Bezug auf die Gesamtgenauigkeit wurde ein Rückgang von 10-15% zwischen Level I und Level II (14 Klassen) und von etwa 5% zwischen Level II und Level III (21 Klassen) beobachtet. Weiterhin zeigt sich, dass die Objektgröße Auswirkungen auf die Klassifizierung hat: große Objekte werden häufiger korrekt klassifiziert als kleine.

MITBERICHTE

Ahmed Nassaer, M.Sc.: Learning to map street-side objects using multiple views, L’Université de Bretagne Sud, Vannes, Korreferent: Prof. C. Heipke

Dipl.-Math. Roberto Henschel: Higher-order multiple object tracking, Leibniz Universität, Institut für Informationsverarbeitung, Korreferent: Prof. C. Heipke

Emir Özdemir, M.Sc.: Geospatial point cloud classification, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moskau, Korreferent: apl. Prof. F. Rottensteiner

ORGANISATION VON WORKSHOPS UND SYMPOSIEN

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

FRONTIERS OF GEODETIC SCIENCE 2021 DIGITAL



Die Frontiers of Geodetic Science (ehemals Geodätische Woche) bietet ein Forum für die Diskussion aktueller wissenschaftlicher Entwicklungen und Anwendungen in der Geodäsie und wird jährlich vom Arbeitskreis 7 Experimentelle, Angewandte und Theoretische Geodäsie des DVWs veranstaltet.

2021 fand die Frontiers of Geodetic Science am 22. und 23. September pandemiebedingt rein digital als Zoom-Konferenz statt. Die Organisation lag in den Händen des IfE (Prof. Dr.-Ing. Schön, Dr. Lohmann). Auch 2021 nahmen insgesamt 70 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der FROGS teil, um sich zu den Themenkomplexen Theoretische Geodäsie, Schwerefeld, Geodätische Referenzsysteme und Erdrotation, Ingenieurgeodäsie und GNSS sowie Umweltmonitoring und Fernerkundung auszutauschen. Die hochkarätigen Beiträge der 37 vorrangig jungen Vortragenden machten auch die Frontiers of Geodetic Science 2021 zu einem vollen Erfolg!

DGK DOKTORANDENKOLLOQUIUM DER ABTEILUNG INGENIEURGEODÄSIE



**DAS PHD-SEMINAR 2021 DER DGK ABTEILUNG
INGENIEURGEODÄSIE IM KÖNIGLICHEN PFERDESTALL**

Die Abteilung Ingenieurgeodäsie der DGK bietet jährlich an wechselnden Standorten ein Doktorandenseminar an. 2021 wurde das Seminar vom IfE (Prof. Dr.-Ing. Schön, Dr. Lohmann), mit tatkräftiger Unterstützung aus den anderen Instituten des Fachbereichs, organisiert.

Das PhD-Seminar fand vom 6. und 7. Oktober in den Räumen des Königlichen Pferdestalls der Leibniz Universität statt. Insgesamt 50 Teilnehmerinnen und Teilnehmer von 11 Universitäten aus

dem deutschsprachigen Raum besuchten die Veranstaltung. Das Programm beinhaltete neben 12 Vorträgen von Doktorandinnen und Doktoranden auch eine Vorstellungsrunde der anwesenden Arbeitsgruppen und eine gemeinsame „Beer & Pretzel“ Session am Abend.

GEMEINSAMES WISSENSCHAFTLICHES DGK / DLR KOLLOQUIUM „GEODÄTISCHE GRUNDLAGEN DER ERDBEOBACHTUNG - AKTUELLE FRAGEN UND PERSPEKTIVEN“

Am 28.-29. September 2021 fand an der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München das gemeinsame wissenschaftliche DGK / DLR Kolloquium "Geodätische Grundlagen der Erdbeobachtung - Aktuelle Fragen und Perspektiven" statt. Die Veranstaltung ging aus einer Initiative aus der Abteilung Erdmessung der DGK hervor. Ziel der Initiative ist es, den Austausch zwischen Wissenschaftlern im Umfeld der DGK und Einrichtungen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu geodätischen Verfahren, zu aktuellen geodätischen Perspektiven und zu einer integrierten geodätischen Programmatik zu fördern. Besonders relevant und aktuell ist ein solcher Austausch einerseits aufgrund der schnell wachsenden Aufgaben und Bedarfe im Bereich der Erdbeobachtung und andererseits durch aufkommende neuen Beobachtungstechnologien und -verfahren wie die Langstreckenfrequenzübertragung, die Quanteninertialsensorik sowie neue Satellitenmissionen.

Von den eingeladenen Wissenschaftlern zahlreicher Universitäten und Institute konnten 37 teilnehmen. Die Mehrzahl konnte aufgrund der im September relativ günstigen Pandemiesituation persönlich anreisen, die übrigen Teilnehmer wurden per Videokonferenz zugeschaltet. Prof. Hans-Jörg Dittus, scheidendes Vorstandsmitglied des DLR, nahm mit einem Grußwort teil. Es folgten wissenschaftliche Sessions und Diskussionen den Themen

- Sensorik, Verfahren und Infrastruktur,
- Missionen und Konstellationen,
- Zeit als Observable und Uhrenetze, sowie
- GGOS und Essential Variables.

Die Beiträge boten ein hochaktuelles und spannendes Spektrum geodätischer Themen; weitere Themengebiete wurden für ein nächstes Kolloquium anvisiert. Das Programm wurde von einem Programmkomitee unter Leitung von Jakob Flury und Urs Hugentobler (TU München) unter Mitwirkung von Jürgen Müller, Nico Sneeuw (Stuttgart), Harald Schuh (Potsdam/Berlin) und Roland Pail (München) gestaltet.

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

DAGStat Tagung 2022, Hamburg, Organisation der Sessions “Spatial and Spatiotemporal Statistics”, Session on Spatial Data Science CMStatistics London 2021, Philipp Otto

DGK-Sektion Geoinformatik: Mobilität - ein Thema für die DGK? Doktorandenkolloquium, Ko-Organisation: Monika Sester & Jan-Henrick Haurert, 30.4.2021

Innovatorentreffen Intelligent Mobility 30.06.2021; Ko-Organisation: Monika Sester, Yu Feng, Hao Cheng:

Im Rahmen des MWK-Projekts Trakula wurde ein Workshop mit Innovatoren durchgeführt, bei dem Forschungsprojekte und -ideen aus dem Bereich Mobilität mit interessierten aus der Praxis diskutiert wurden.

Workshop “Communication Between Autonomous Vehicles and Human Traffic Partners” at IEEE ITSC 2021, 19.9.2021, Ko-Organisation Hao Cheng, Institut für Kartographie und Geoinformatik

IV2021-Workshop on trust calibration for human-AV interactions, 11.-12.7.2021, Ko-Organisation Hao Cheng, Institut für Kartographie und Geoinformatik

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

EGU 2021 Tagung, Wien, Organisation der Sessions “SAR remote sensing for anthropogenic and natural hazards”, Mahdi Motagh

IGARSS Conference, Brüssel, Organisation der ISPRS-IEEE GRSS Session “Mapping at the national and regional scale”, Christian Heipke

Manfred Wiggenhagen hat im März dieses Jahres vier Auszubildende der LGLN-Landesvermessung im Beruf des Geomatikers/Geomatikerin am IPI unterrichtet. Auf Anregung von Nicolai Riese (Ausbildungsleiter Geomatik-Ausbildung, LGLN) hatte Manfred Wiggenhagen es ermöglicht, den vier Auszubildenden der LGLN-Landesvermessung einen Einblick in die allgemeinen Grundlagen der Photogrammetrie, die Auswertung historischer Luftbilder und die Auswertung von UAS Luftbildern zu geben. Für die Auszubildenden sind Exkursionen in andere Tätigkeitsbereiche als die gewohnten am LGLN immer interessant und lehrreich. Auch das „Hineinschnuppern“ in den Lehrbetrieb der Universität wurde als spannend und herausfordernd angesehen. Innerhalb der Ausbildungswoche wurden typische Materialien der digitalen Luftbildauswertung genutzt, photogrammetrische Ergebnisse berechnet und auch gängige Bildtransformationen und Geodatenverarbeitungen vorgenommen.

ALLE INSTITUTE

Mitglieder des Graduiertenkollegs i.c.sens und des Institute of Space Technology and Space Applications (ISTA, Universität der Bundeswehr München) organisierten einen Workshop zu verschiedenen Themen im Bereich **LiDAR & Integrity**, 23.5.2021.

MESSEN UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

BERICHT DER KOMMISSION FÜR ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Kommission für Öffentlichkeitsarbeit der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik arbeitet seit nun 20 Jahren (Mai 2001 gebildet) daran, den Studiengang Geodäsie und Geoinformatik öffentlich bekannter zu machen und die Zahl der Studienanfänger/innen zu erhöhen.

Mit wenigen Änderungen im Vergleich zum Vorjahr setzte sich die Kommission 2021 aus folgenden Mitgliedern zusammen:

- Yannick Brevé (IfE)
- Joel Erfkamp (Fachschaft)
- Tanja Grönefeld (Studiendekanat)
- Frederic Hake (GIH)
- Kamiel-Karl Heidberg (Fachschaft)
- Eva Mentzel (Fakultät)
- Jürgen Ruffer (Förderergesellschaft)
- Philipp Trusheim (IPI)
- Oskar Wage (ikg, Vorsitz)

Wie zuvor üblich wurde die Kommission bei konkreten Aktionen wieder von vielen Kolleginnen und Kollegen der Institute, Studierenden sowie Professorinnen und Professoren unterstützt. Herzlichen Dank für das Engagement! Ein besonderer Dank geht auch an die Förderergesellschaft, die die Arbeit der Kommission finanziell und beratend unterstützt.

Trotz der weiterhin besonderen Situation konnte ein Großteil der üblichen Veranstaltungen in angepasster Form online durchgeführt werden. So wurde auch weiterhin das vielfältige Angebot der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik etlichen Schülerinnen und Schülern vorgestellt und schmackhaft gemacht:

WinterUNI (online)	25. Januar – 5. Februar
TU9 Sneak Peek(s) (online)	20./27. April
ABInsSTUDIUM (online)	14.-18. Juni
Hochschulinformationstage (online)	14./15. September
Intergeo Stand und Führung	21.-23. September
„Ich will was machen mit...“ (online)	8. November
Digitaler November der Wissenschaft (online)	1.-14. November

ÜBERSICHT DER VERANSTALTUNGEN ZUR ÖFFENTLICHKEITSARBEIT 2021

INTERGEO

Vom 21. bis zum 23. September fand die Intergeo auf dem Messegelände Hannover in einer hybriden Form statt. Unter Berücksichtigung von Hygieneregeln und mit erhöhten Abständen konnte die Messe trotz der andauernden Pandemie vor Ort stattfinden und wurde online durch begleitende Formate ergänzt.



GESPRÄCHSSITUATION AM GUG MESSESTAND AUF DER INTERGEO

Der allgemeinen Planungsunsicherheit zum Trotz wurde die Intergeo als Gelegenheit genutzt, zusammen mit den geodätischen Fachrichtungen der TU Clausthal und TU Braunschweig an einem eigenen Messestand Präsenz zu zeigen.

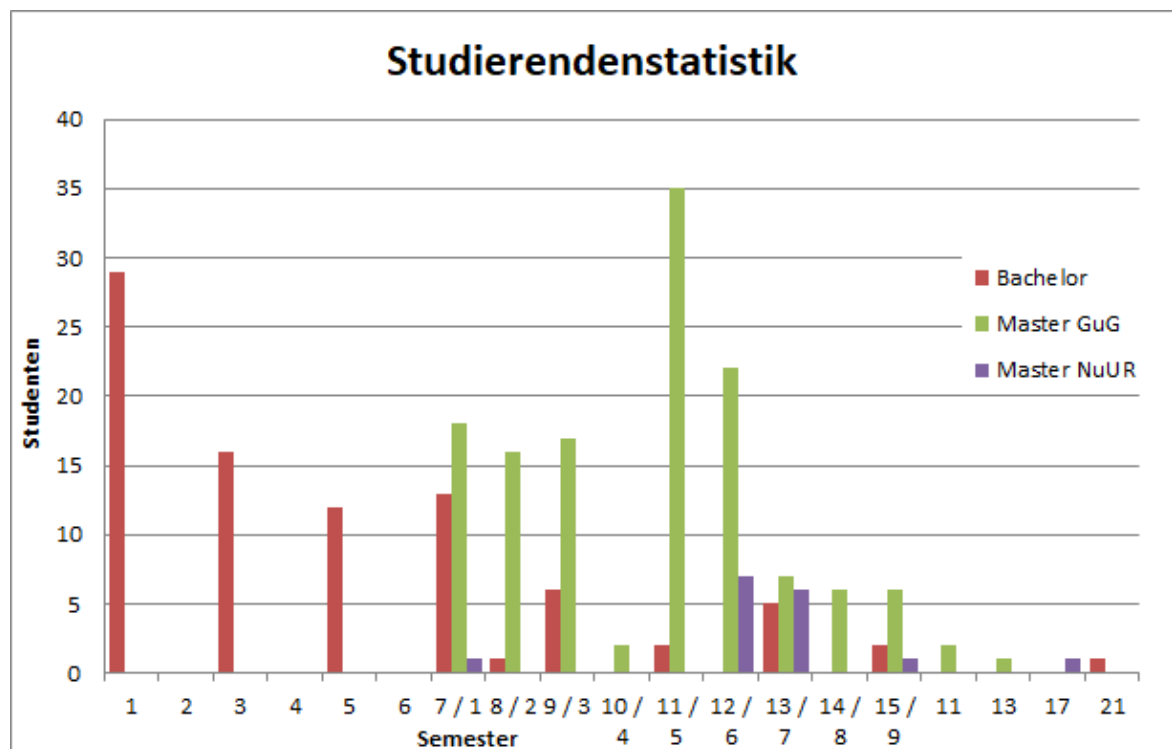
Zusätzlich zum Stand wurden von uns Schülerinnen und Schüler zu einer Führung über die Messe eingeladen. So konnte ihnen ein umfangreicher und abwechslungsreicher Eindruck der Fachdisziplin, noch über das Studium hinaus, hin zu praxisnahen Anwendungen, vermittelt werden.

AUS DEM LEHRBETRIEB

BERICHT DES STUDIENDEKANATS

STUDIERENDENSTATISTIK WS 2021/22

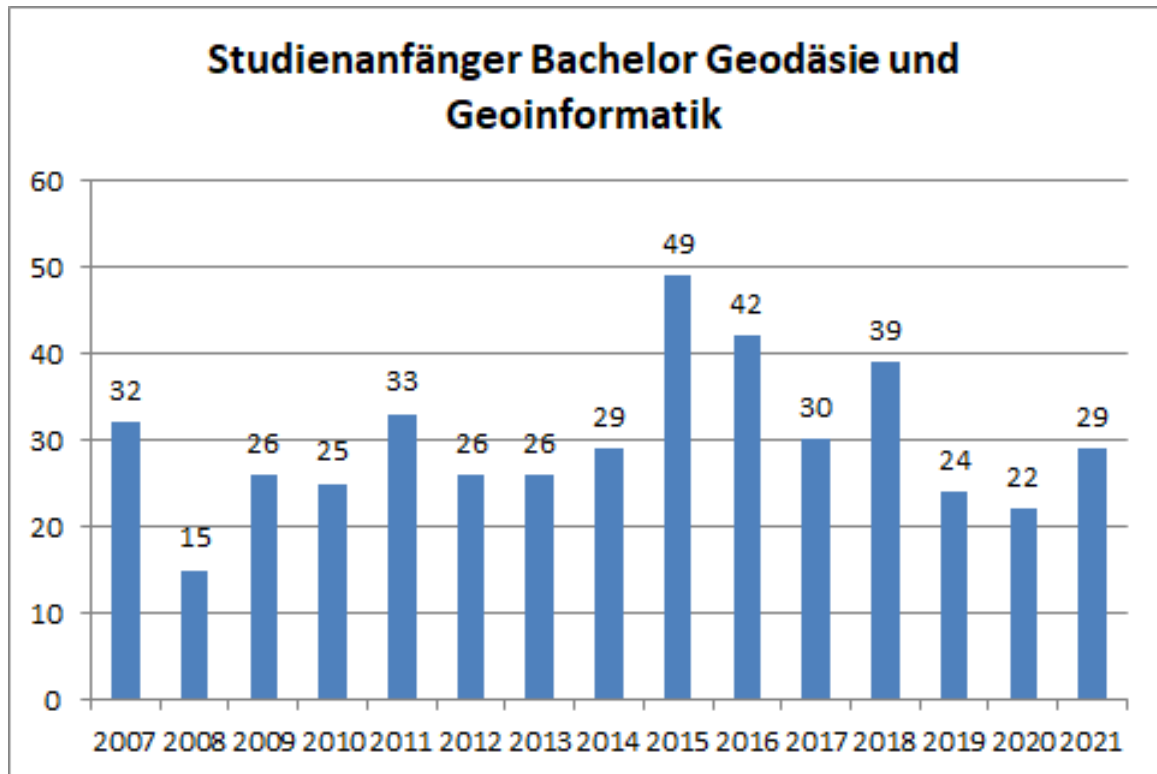
Im Wintersemester 2021/22 sind in den Studiengängen der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik 235 Studierende eingeschrieben. Im Bachelorstudium Geodäsie und Geoinformatik sind davon 87 immatrikuliert, im Masterstudium Geodäsie und Geoinformatik 132 Studierende. Im Masterstudiengang Navigation und Umweltrobotik befinden sich 16 Studierende (Studiengang läuft Ende September 2022 aus). 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 31 % im Bachelorstudiengang und circa 25 % im Masterstudiengang GuG ist der Anteil der Studentinnen für Ingenieurstudiengänge wie gewohnt sehr gut.

Zum Wintersemester 2021/22 haben 29 Studierende das Bachelorstudium aufgenommen. Die genaue Entwicklung ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen. Im zweiten Studienjahr sind 16 Studierende eingeschrieben, in das dritte Studienjahr sind 12 Studierende gewechselt. In höheren Semestern befinden sich 30 Studierende.



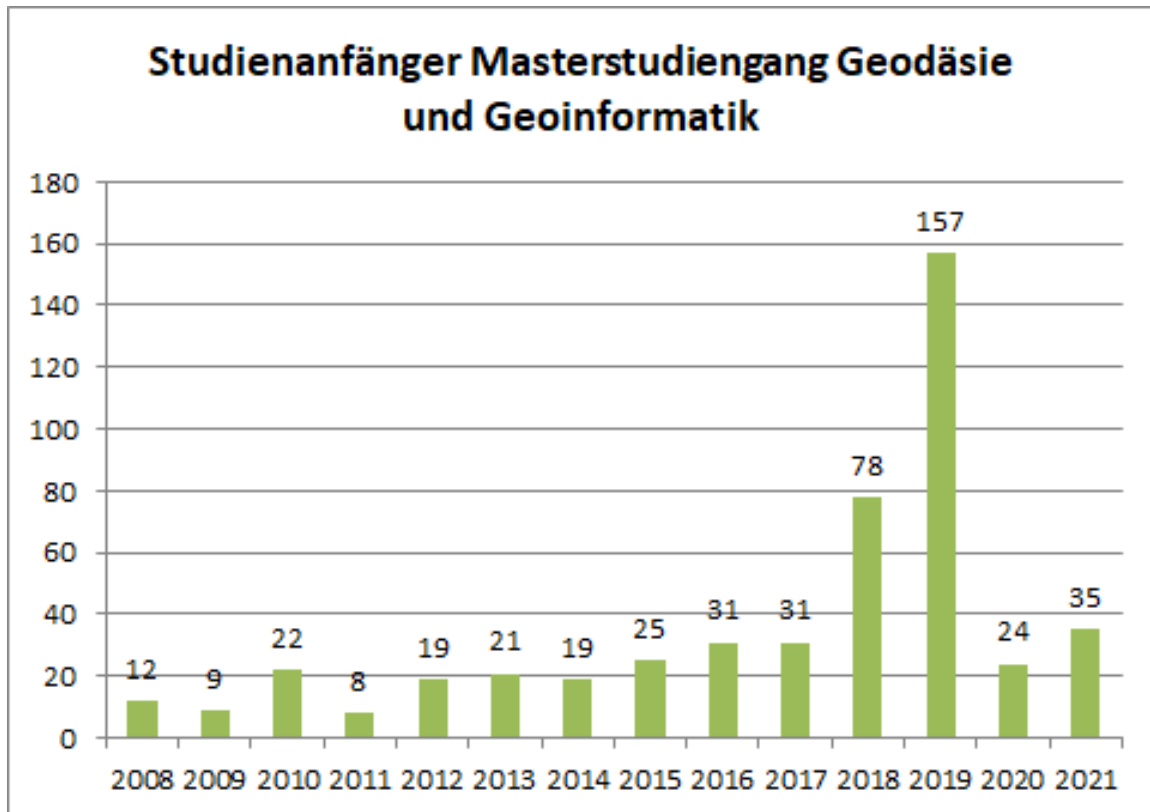
STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG BACHELOR GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2007 - 2021

Im gleichen Zeitraum haben im Master Geodäsie und Geoinformatik 18 Studierende das Studium aufgenommen, von denen rund zwei Drittel ihren Bachelorabschluss an einer ausländischen Universität abgelegt haben. Das zeigt wiederum das große Interesse an englischsprachigen Studienangeboten im Bereich der Geodäsie und Geoinformatik.

Zurzeit befinden sich noch 16 Studierende im auslaufenden Masterstudiengang Navigation und Umweltrobotik, der Ende September 2022 endet. Ab WS 2021/22 wurde der Bereich der Navigation und Umweltrobotik („NuUR“) als eine Vertiefungsrichtung des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformatik integriert. Der Masterstudiengang besteht nun aus zwei Vertiefungen, wobei die Vertiefung „Geomatik“ inhaltlich dem bisherigen Master entspricht. Das Curriculum des auslaufenden Masters wurde überarbeitet, so dass die neue Vertiefung „NuUR“ noch mehr Aspekte aus der Geodäsie und Geoinformatik beinhaltet und auch alle Masterstudierenden gemeinsame Veranstaltungen und Seminare belegen. Der Aufbau des Studiengangs und seiner Vertiefungen ist auf unseren Webseiten ersichtlich:

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

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



STUDIENANFÄNGER IM STUDIENGANG MASTER GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK VON 2009 - 2021

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 auch 2021 nicht im Januar stattfinden.

Doch keine Absolventin und kein Absolvent soll auf eine feierliche persönliche Verabschiedung zusammen mit Kommilitoninnen und Kommilitonen sowie den Dozierenden verzichten müssen:



Die Fakultät plant daher, am Samstag, 9. Juli 2022 wieder eine Absolventenfeier in Präsenz auszurichten, zu der die Abschlussjahrgänge 2020 und 2021 eingeladen werden. Auch alle Alumni, die ihr Studium oder ihre Promotion vor 25 oder 50 Jahren abgeschlossen haben, sind hierzu eingeladen. Dieses betrifft die Abschlussjahrgänge 1995 und 1996 sowie 1970 und 1971.

Im Jahr 2021 erreichten 294 Absolventen aus dem Bauingenieurwesen und 49 Absolventen aus der Geodäsie ihren Abschluss. Vor 25 Jahren machten 27 Geodäten ihren Abschluss. Vor 50 Jahren waren es 147 Absolventen, davon 19 Geodäten.

Die Anzahl der Promotionen/Habilitationen in den drei geladenen Absolventenjahrgängen lauten: 2021: 28/0, 1996: 32/4, 1971: 28/3.

ABSOLVENTEN

Im Kalenderjahr 2021 haben insgesamt 10 Studierende erfolgreich ihr Bachelorstudium beendet. Im Masterstudiengang Geodäsie und Geoinformatik gab es 27 Absolventen, im Masterstudiengang Navigation und Umweltrobotik waren es 12 Absolventen. Sie sind in der folgenden Auflistung zu finden:

BACHELOR

Beck	Markus Sebastian	Szczepaniec	Weronika Barbara
Eissele	Julia Sophia	Tschöke	Sarah
Friedrichs	Birte	Völl	Rieke
Heidweiler	Sebastian	Weber	Sarah Maria
Scherff	Marvin	Wollny	Christopher

MASTER GuG

Alai	Buerlike	Iqbal	Waseem
Atakora	Charles Kojo Etonam	Janecki	Kim Sarah
Bao	Xiangyu	Jensen	André
Besharat	Reza	Jüngerink	Jan
Dare	Samsondeen Abiodun	Karakulina	Mariia
Dornbusch	DomSharon	Lin	Qianwen
Ernst	Dominik	Lippmann	Paula
Ezerih	Gad Samuel	Mainz	Julia
Faisal	Md Abdullah Al	Pasam	Swarnalatha
Hannig	Franziska	Ponick	Anne
Hartmann	Knut Simon	Schaper	Anat
Hossain	Md Belal	Schild	Niklas-Maximilian
Hosseini	Seyedeh Razieh		
	Tamer Helmy	Soleymanig- hezelgechi	Mohsen
Ibrahim	Abdelhamid		

MASTER NuUR

Alex	Antje Svenja	Meyer	Maximilian
Baasch	Kai-Niklas	Peter	Lars
Bergen	Christian	Pirner	Patrick Manfred
Dieterich	Lars	Sun	Zhixiong
	Leonard Raoul		
Göttert	Constantin	Weisbrold	Philipp
Heinrich	Konstantin Dominik	Yuan	Jie

Im Jahr 2021 sind 10 Promotionen abgeschlossen worden (s. Dissertationen, S. 55ff.). Es waren ausschließlich männliche Promovierende.

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

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

INTERNATIONALES

AUSLÄNDISCHE AUSTAUSCHSTUDIERENDE IN DER FACHRICHTUNG

Akçay	Tolga	WS 21/22, Istanbul Teknik Üniversitesi, Türkei
Bahari	Zahra	WS 21/22, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Sojahrood		
Baykara	Cagla	WS 21/22, Zonguldak Bülent Ecevit University, Türkei
Lotfi	Faraz	SS 21, K.N. Toosi University of Technology, Iran
Teimouri	Maryam	SS 21 und WS 21/22, K.N. Toosi University of Technology, Iran

AUSLANDSAUFENTHALTE VON STUDIERENDEN DER FACHRICHTUNG

Lachmann	Klarissa	WS 21/22, Aalto-Universität, Finnland
Talle	Nils	WS 21/22, Aalto-Universität, Finnland

MASTER - UND BACHELORARBEITEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

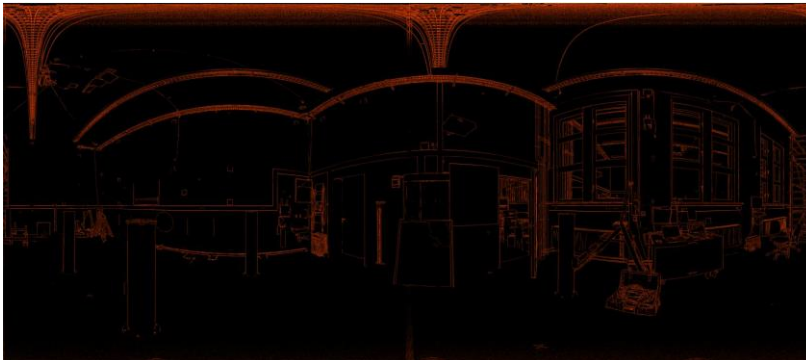
BACHELORARBEITEN

KANTENERKENNUNG FÜR DIE QUALITÄTSANALYSE IN 3D PUNKTWOLKEN (GIANG SON TA, BETREUER: JAN HARTMANN, INGO NEUMANN)

In der 3D Objektaufnahme können Kanten zu systematischen Abweichungen in der Streckenmessung führen. In Abhängigkeit der Form der Kante und des Auftreffens des Laserspots wird die Streckenmessung systematisch verkürzt oder verlängert. Für eine vollumfängliche Qualitätsanalyse einer 3D Objektaufnahme müssen demnach Kanten detektiert werden.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden verschiedene Ansätze zur Kantendetektion in 3D Punktwolken zusammengefasst. Anschließend wurden zwei Ansätze, die mit unorganisierten 3D Punktwolken arbeiten, in Matlab implementiert. Mit Hilfe einer geeigneten Simulationsumgebung erfolgte ein Vergleich und eine Validierung der beiden Algorithmen.

Abschließend wurde mit Hilfe der Simulationsumgebung untersucht inwiefern die notwendigen Parameter gewählt werden müssen, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.



DETEKTIERTE KANTE EINER
TLS-PUNKTWOLKE AUS DEM
3D LABOR

BESTIMMUNG DES OFFSETS ZWISCHEN BODENRICHTWERTEN UND GRUNDSTÜCKSKAUFPREISEN (RIEKE VÖLL, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Durch die turnusmäßige Ermittlung von Bodenrichtwerten mindestens alle zwei Jahre wird für Markttransparenz am Grundstücksmarkt gesorgt. Grundlage hierfür ist die Kaufpreissammlung, die bei den Gutachterausschüssen für Grundstückswerte (GAG) geführt wird und alle Transaktionen an Grundstücken oder Rechten an Grundstücken beinhaltet.

Durch die gesetzlich vorgegebene Vorgehensweise zur Ableitung der Bodenrichtwerte aus den Daten der Kaufpreissammlung entsteht ein Offset zum mittleren Kaufpreisniveau.

In der Bachelorarbeit wurden die Verhältnisse in einer BRW-Zone in Niedersachsen untersucht. Es konnten außerdem die Unterschiede bei

der Bestimmung der Bodenrichtwerte durch die GAG in Schleswig-Holstein und Niedersachsen herausgearbeitet werden.

Es konnte gezeigt werden, dass der Offset insbesondere von den Faktoren „preisbestimmende Grundstücksart“ und „Verkäufer“ abhängt. Eine Möglichkeit den Offset zu minimieren, könnte darin bestehen, den Bodenrichtwert in kürzeren Intervallen zu ermitteln, um Schwankungen des Kaufpreises früher zu berücksichtigen. Eine andere Möglichkeit wäre, artifiziell den Kaufpreis zu begrenzen.

FAKTOREN FÜR BAUMÄNGEL / BAUSCHÄDEN – ANALYSE DER KAUFPREIS-EINFLÜSSE ANHAND AUSGEWÄHLTER KRITERIEN (JULIA WICKE, BETREUER: JÖRN BANNERT, WINRICH VOß)

Zur Verbesserung der Analysen des Immobilienmarktes wird angestrebt, für alle wesentlichen Einflussfaktoren des Marktwertes Standardansätze abzuleiten. Für die Einflussfaktoren Baumängel und Bauschäden ist dieses bislang nicht durchgreifend gelungen.

Bei der Erfassung von Kaufverträgen in den Kaufpreissammlungen in Niedersachsen werden Baumängel und Bauschäden berücksichtigt und beispielsweise als individuelle Wertminderung erfasst. Der Abschlag ergibt sich dabei aufgrund von Angaben in den Kaufverträgen oder durch Nacherhebungen der Geschäftsstellen der Gutachterausschüsse für Grundstückswerte (GAG).

Die Bachelorarbeit untersucht die Fragestellung, ob aus den Daten der Kaufpreissammlung Faktoren bestimmt werden können, die die Abhängigkeiten und Systematiken bezüglich des Einflusses von Baumängeln/-schäden beschreiben können. Darüber hinaus wird untersucht, inwiefern die Wertminderung aufgrund von Baumängeln/-schäden (in Abhängigkeit von der Art des Baumangels) von einzelnen Faktoren der Immobilie abhängt. Abschließend wird untersucht, ob einzelne Wertminderungsfaktoren für bestimmte Arten von Baumängeln/-schäden abgeleitet werden können.

Als Datengrundlage dient ein Datensatz aus der Kaufpreissammlung mit ca. 1.000 Kauffällen aus den Jahren 1999ff. mit vorhandenen Baumängeln/-schäden.

MASTERARBEITEN

A TALE OF TWO COUNTRIES: ASSESSING LAND CONSOLIDATION IN RWANDA AND GERMANY AND THEIR CONTRIBUTION TO RURAL DEVELOPMENT (CHARLES ATAKORA, BETREUER: KWABENA ASIAMA, WINRICH VOß)

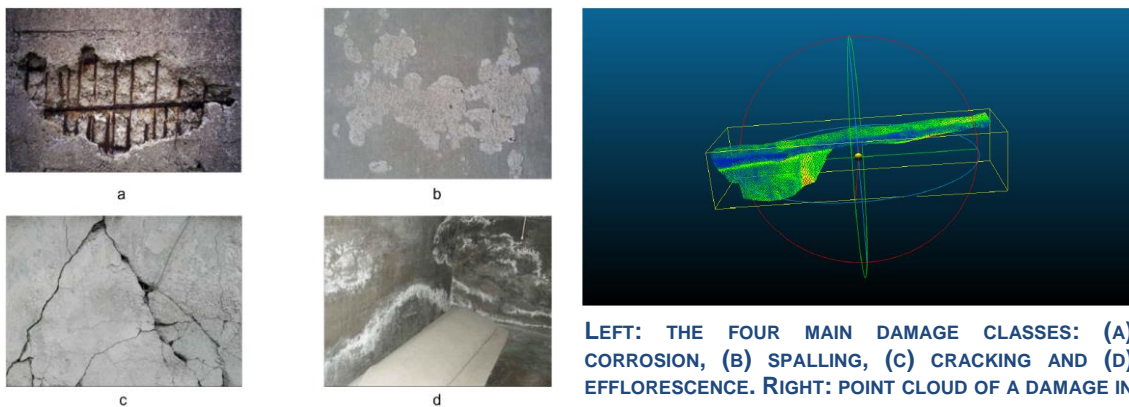
The post-World War II era has seen the significant expansion of the scope of rural development in Western Europe. Germany is no different to this. Whereas the conventional approaches to land consolidation, such as that used in Germany, has thrived with a multipurpose objective in Central and Eastern Europe. The transfer of land consolidation strategies the Sub-Saharan Africa (SSA), in the mid-20th century, has either resulted in the breakdown of the land tenure system, or a breakdown of the new parcel arrangement, and thus worsening the situation, primarily due to the social, economic, and environmental factors that interact. Despite the failure of previous attempts to establish a land consolidation strategy in SSA, Rwanda has been able to develop its own homegrown land consolidation strategy, the Land Use Consolidation (LUC). Unlike the conventional Land Consolidation, which focuses on the unity of land rights, the LUC places focus on the rearrangement of land uses, albeit for with a single goal of increasing food security. This project focusses on building a comparative framework upon the Rwanda's LUC, to develop a responsible multipurpose land consolidation strategy, fit for SSA.



FRAMEWORK FOR COMPARISON

DAMAGEU DETECTION WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS ON THE EXAMPLE OF PORT STRUCTURES (AHMED ELSHEIKH, BETREUER: FREDERIC HAKE, NILS POSCHADEL, HAMZA ALKHATIB, JÜRGEN PEISSIG)

In recent years, Artificial Neural Network (ANN) have produced new approaches and methods for Machine Learning (ML) in many fields, replacing many conventional methods. In some areas, they have even surpassed humans. In this context, terms like Deep Learning (DL) or Artificial Intelligence (AI) have gained popularity and are shaping the public opinion. In this way, the classification of images in different domains and the assignment of these domains to classes of objects have grown considerably in the last decade. Only a few years ago, neural networks advanced it to answer the question of whether an image contains a certain class of objects. Since new methods have solved this problem, the question is where these objects are located in the image. Thereby for each class, the mapping to a known object's class is determined for each pixel. Taking into consideration that Convolution Neural Network (CNN) mainly works perfectly with 2D data, and Transformers are mainly used for Natural Language Processing (NLP). The development of point clouds represented in 3D shapes offers the possibility to work with 3D data. In addition, 3D point cloud representation offers several advantages, such as maintaining 3D space without discretization and providing more information regarding the geometry, shape, and scale of an object. In the context of this thesis, we investigate through a classification task the damage associated to the port facilities and infrastructure using Deep Learning. This work elaborates on the infrastructure at German seaports, that demands new methodologies for life cycle management planning and execution. First, a suitable model for a 3D classification task is to be selected, then a real-world dataset representing the different types of damages in port infrastructure is provided, which is preprocessed before being fed into the model. Another objective of this work is to investigate the ability of the proposed neural networks to process the combination of 3D (XYZ coordinates), surface normal, and color information represented in Red-Green-Blue (RGB) values. The result obtained from this work shows the ability of the neural networks to improve their performance in classifying 3D shapes in the presence of the (RGB) values, which gives more information regarding the 3D objects.



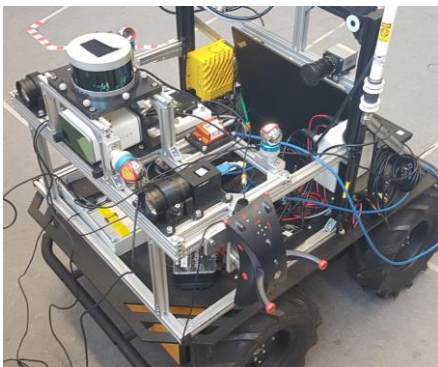
LEFT: THE FOUR MAIN DAMAGE CLASSES: (A) CORROSION, (B) SPALLING, (C) CRACKING AND (D) EFFLORESCEANCE. RIGHT: POINT CLOUD OF A DAMAGE IN INTENSITY REPRESENTATION

DEVELOPMENT OF A QUALITY MODEL FOR THE UNCERTAINTY JUDGEMENT OF A KINEMATIC TLS-BASED MULTI-SENSOR SYSTEM (DOMINIK ERNST, BETREUER: SÖREN VOGEL, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

Laserscanner bieten die Möglichkeit der hochauflösenden Erfassung der Umgebung in 3D. Mit der Preisreduktion durch die Sensorentwicklung und die bessere Verfügbarkeit schneller Rechner ergeben sich vermehrt Einsatzmöglichkeiten für Multi-Sensor Systeme (MSS) mit integriertem Laserscanner. In der Logistik sind autonome Roboter bereits etabliert und mit der Weiterentwicklung autonomer Fahrzeuge wird der Sicherheitsaspekt durch die Interaktion mit dem Menschen immer wichtiger. Das Wissen über die Unsicherheiten eines Systems ist dabei wichtig, um auf Basis der Daten korrekte Entscheidungen treffen zu können. Zu optimistische Annahmen über die Unsicherheiten könnten zu gefährlichen Situationen führen. Bei der Annahme von zu pessimistischen Unsicherheiten wird das Potenzial der Sensoren und ihrer Daten nicht voll ausgeschöpft.

Ziel der Masterarbeit ist die Entwicklung eines Qualitätsmodells für ein kinematisches MSS mit einem Laserscanner. Dabei sollen Informationen aus Kalibrierungsmessungen und anderen Quellen verwendet werden, um eine Vorhersage über die Unsicherheit der Punktwolke zu treffen. Im Vergleich zu Referenzdaten eines Sensors höherer Genauigkeit sollen die modellierten Ungenauigkeiten verglichen und bestätigt werden.

Um eine Echtdatenerfassung zu realisieren, wurde zunächst eine MSS-Plattform mit einem Velodyne VLP-16 auf einem Husky UGV Roboter kalibriert. Der dafür verwendete Lasertracker wurde auch für die kinematische Messung verwendet, daher wurde eine Zeitsynchronisation zwischen dem Lasertracker und dem VLP-16 realisiert. Auf Basis der Verarbeitungsschritte wurde eine Prozessierungskette zur Georeferenzierung der kinematisch erfassten Punktwolke implementiert. Diese Prozessierungskette wurde anschließend für eine Varianzfortpflanzung mittels Monte-Carlo-Methode (MCM) verwendet. Anhand der Streuung der Realisierungen aus der MCM wurden die Unsicherheiten der Punkte abgeleitet. Die so modellierten Unsicherheiten für die Punktwolke wurden durch den Vergleich mit Referenzmessungen des Lasertrackers und eines geodätischen Laserscanners verglichen. Im Vergleich zeigt sich eine angemessene Modellierung der Unsicherheiten des Systems unter den gegebenen Bedingungen.

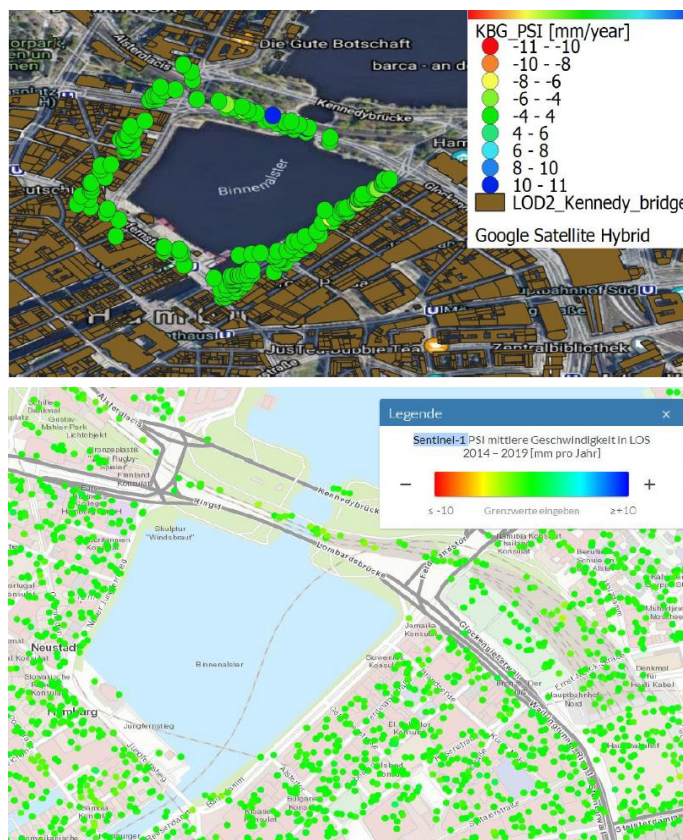


ROBOT EQUIPPED WITH SENSORS AND A TEMPORARY ADAPTER FOR THE T-PROBE

A SPATIAL-TEMPORAL QUALITY MODEL OF PERSISTENT SCATTERER INTERFEROMETRY DATA FOR DEFORMATION MONITORING (GAD SAMUEL EZERIH, BETREUER: MOHAMMAD OMIDALIZARANDI)

Today, rapid growth in infrastructure development and urbanization process increases the attention to perform deformation monitoring at a relatively large-scale. Traditional land surveying techniques such as GPS, total station surveys and leveling are very time consuming and also expensive to perform deformation monitoring in such large-scales and for a long time.

In this study, Persistent Scatterer Interferometry (PSI) has been used to perform spatial-temporal area based deformation monitoring. Besides it enables to perform point-wise deformation monitoring for time series of specified points. The PSI data has been freely obtained from open source Sentinel-1 synthetic aperture radar (SAR) data. As a preliminary step, the PS data points are classified based on, i.e., three dimension (3D) city model level of detail 2 (LoD2) and two dimensional (2D) maps. The aim is to quantify the quality of the PSI data in each class. This allows a justified spatio-temporal modeling of neighborhood relations of PS data points using local geometry patches. Subsequently, the reliability and quality of PSI data from temporal and spatial neighborhood relation is ensured.



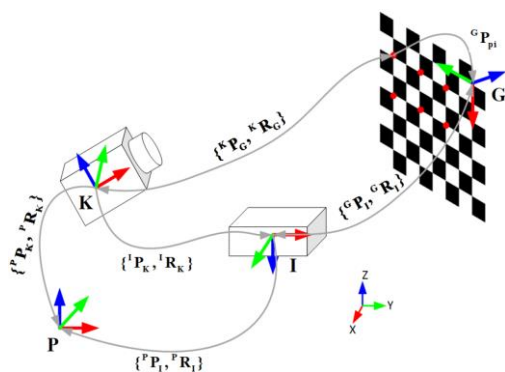
ESTIMATED PSI POINTS ON THE ROOF, IN THE VICINITY OF KENNEDY BRIDGE OF HAMBURG CITY, SHOW THE DISPLACEMENT PARAMETERS IN (MM/YEAR) RANGE (TOP); BGR (BODENBEWEGUNGSDIENST) RESULT, SHOWING DEFORMATION BEHAVIOR OF THE PSI POINTS IN THE REGION KENNEDY BRIDGE OF HAMBURG CITY OBTAIN WITH THE OPEN SOURCE SENTINEL-1 DATA IN (MM/YEAR) RANGE (BOTTOM)

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A FILTERING APPROACH FOR THE ROBUST 3D LOCALISATION OF A DRIVERLESS TRANSPORT VEHICLE (LEONARD GÖTTERT, BETREUER: SÖREN VOGEL, HAMZA ALKHATIB, CHRISTIAN HARTBERGER (GÖTTING KG), SEBASTIAN BEHLING (GÖTTING KG))

The LiDAR (Light Detection and Ranging) based environment navigation of Götting KG currently captures the environment in 2D. Therefore the localization can be disturbed by movable objects. In this work, the assumed advantages of 3D localization are investigated and compared with 2D localization. For this purpose, the SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) system Cartographer was used. The experiments were conducted in simulations and on a ITR (Industrial Transport Robot). For reference, the space was surveyed using a TLS (Terrestrial Laser Scanner). It was found that mapping a space in 3D is possible without manual post-processing, especially when driving on non-planar surfaces. The determined position is more accurate and less prone to errors due to movable objects. However, the position calculated by Cartographer suffers from noise and jumps. Symmetric environments can lead to incorrect localization since the initial pose is discarded. Before the method can be used for industrial navigation applications, Cartographer must be optimized for this application or alternative localization methods must be investigated.

EXTRINSISCHE KALIBRIERUNG EINER INERTIALEN MESSEINHEIT FÜR EIN MULTI-SENSOR SYSTEM (LIU JIAYU, BETREUER: ARMAN KHAMI, MOHAMMAD Omidalizarandi, SÖREN VOGEL)

Die Navigation und Positionierung mit Inertial Messeinheit (IMU) ist kein neues Thema. Aufgrund der Eigenschaften von IMU nimmt die Messunsicherheit jedoch mit der Zeit zu. Mit zusätzlichen Sensoren können die Messfehler der IMU während der Navigation oder Positionierung korrigiert werden, um die Unsicherheit zu verringern. In dieser Arbeit wird die Fusion von IMU und Kamera in einer Multisensoreinheit diskutiert. Die Kalman-Filter Algorithmen werden zur extrinsischen Kalibrierung der 3D-Transformation zwischen IMU und Kamera verwendet. Dieser Algorithmus schätzt die 3D-Transformation zwischen der IMU und der Kamera. Auch die 3D-Transformation zwischen der IMU und das Plattformkoordinatensystem in Multisensoreinheit wird danach geschätzt.



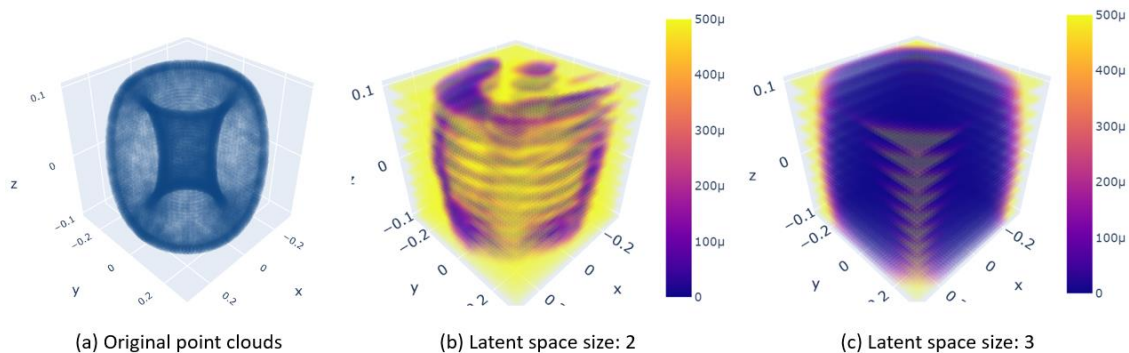
PRINZIPSCHEMA ZUR IMU-KAMERA-KALIBRIERUNG

AUTOENCODER-DRIVEN MULTIVARIATE TIME SERIES ANALYSIS FOR OUTLIER DETECTION (SEYEDEH RAZIEH HOSSEINI, BETREUER: FREDERIC HAKE, CHRISTIAN KRUSCHEL (IAV), HAMZA ALKHATIB, THOMAS PETER (IAV))

The present master thesis investigates a way to determine the intrinsic dimension of high dimensional samples, based on singular value decomposition. The so found intrinsic dimension will then be used to specify an appropriate latent space of an autoencoder and furthermore, it will be determined how this affects that autoencoder in the task of reconstruction and anomaly detection. Such a study is important because on the one hand usage of autoencoders as a method for anomaly detection has got great notice, while it is still under the effect of hyperparameters. Performing a grid search on latent space size is a tedious task on the other hand.

Thereby, a multi-scale, projective method is deployed to extract the intrinsic dimensions beforehand. Due to possible varying density areas of point clouds, a clustering technique is adopted besides a dimensionality reduction method to accelerate the whole process. Nevertheless, the method of intrinsic dimension extraction is applied to the original space. Additionally, the method of intrinsic dimensionality extraction of the whole data set is based on local dimensionality determination of appropriate subsets. This thesis also discusses a method of covering the whole data set with such subsets.

In the evaluation of different networks, it is discovered that a network with latent space size equal to intrinsic dimension of the majority of samples can reconstruct those samples well. However, the network with appropriate latent space size, despite its good performance for the majority of samples, cannot reconstruct samples with higher intrinsic dimensions very well. Using MSVD as the method of intrinsic dimensionality extraction provided a good approximation of intrinsic dimensionality in a synthetic data set and time-series data set of low dimension. In the case of high dimensional image data set, there is valid justification that low latent space size is enough for the task of anomalies detection when the distribution of novelties are very different from the normal samples.



RECONSTRUCTION ERROR OF TWO MODELS WITH DIFFERENT LATENT SPACE SIZE FOR TORUS STRUCTURE

ABLEITUNG DER QUALITÄT DER DISTANZMESSUNG VON LASERSCANNERN AUS INTENSITÄTSWERTEN (ANDRÉ JENSEN, BETREUER: INGO NEUMANN, JENS-ANDRÉ PAFFENHOLZ, JENS HARTMANN)

Das terrestrische Laserscanning (TLS) stellt für viele Anwendungsfelder, wie z.B. der Deformationsanalyse und der 3D Objekterfassung, ein Standardverfahren dar. In der industriellen Produktion kommt verstärkt, wegen seiner hohen Effizienz, bei der Qualitätsüberprüfung TLS zum Einsatz. Hierbei gelten teilweise sehr hohe Genauigkeitsanforderungen ($\sigma_{3D} = 1 \text{ mm}$) an eine 3D-Objekterfassung. Um nachzuweisen, dass die erfassten Daten den Vorgaben entsprechen ist eine Unsicherheitsmodellierung der 3D-Objekterfassung durchzuführen. Als Messgrößen werden dabei für jeden Punkt die horizontale Richtung, der Vertikalwinkel, die Schrägstrecke und die zurückgestrahlte Signalstärke (Intensitätswert) erfasst. Die beiden letztgenannten bilden den Fokus dieser Masterarbeit, welche das Ziel hat einen funktionalen Zusammenhang zwischen der Streckenmessunsicherheit und der erfassten Intensität abzuleiten. Zum Einsatz kommt dabei als Laserscanner der Z+F IMAGER 5016. Aufgrund der Tatsache, dass zwischen der Signalstärke und dem Messrauschen ein inhärenter Zusammenhang besteht, ist es möglich ein intensitäts-basiertes stochastisches Modell für die Streckenmessung abzuleiten. Dazu werden Paneele (1 m x 1 m) mit unterschiedlichen Graustufen in unterschiedlichen Distanzen und Ausrichtungen im 2D-Modus erfasst. Das wesentliche Ziel stellt die Abdeckung des gesamten Intensitätsbereich dar. Die Messungen bilden die Grundlage für die Ableitung eines funktionalen Zusammenhangs zwischen den Intensitätswerten und den Standardabweichungen der Streckenmessung. Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen, der entwickelten Auswertansätze und des ermittelten intensitäts-basierten stochastischen Modells erfolgt abschließend eine kritische Bewertung der Ergebnisse.

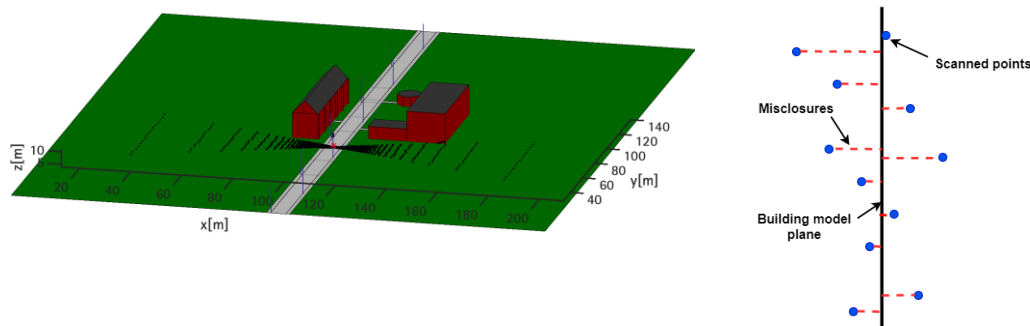
Die Arbeiten erfolgten gemeinsam mit dem Institute of Geo-Engineering der TU Clausthal. Ein Teil der Messungen wurde in der Halle des Wellenbeckens vom Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau und Ästuar- und Küsteningenieurwesen am Standort Marienwerder durchgeführt. Alle Beteiligten und Unterstützern sei hier nochmals gedankt!



AUFBAU DER MESSUNGEN IM MESSKELLER DES GIH

CONSTRAINED PARTICLE FILTER WITH IMPLICIT MEASUREMENT EQUATIONS FOR GEOREFERENCING OF MULTI-SENSOR-SYSTEMS (JAN JÜNGERINK, BETREUER: ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB)

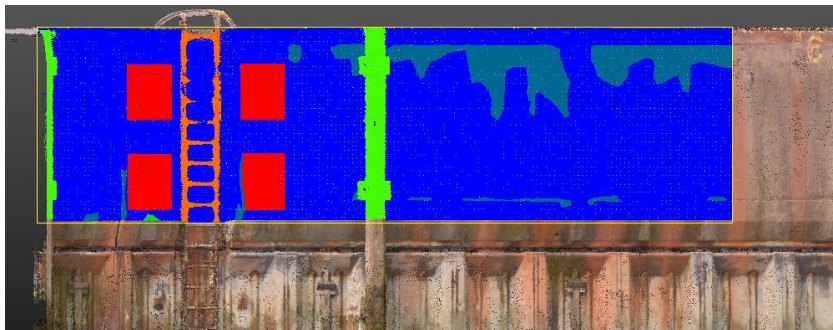
Georeferencing of a Multi-Sensor-System (MSS) is a challenging task that should be fulfilled in the most accurate way possible. The Global Navigation Satellite System (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU) measurements directly give pose information in the superordinate coordinate system. In rural areas an accurate positioning is possible. In general, the rural environment is free of high obstacles like buildings. However, the sensors have a downside in urban areas. Especially, the GNSS sensors are affected by multipath effects and signal occlusions due to high buildings. Thus, a 3D laser scanner (LS) in combination with a 3D building model can be used to introduce additional information. A common way to fuse different measurements is the Kalman filter, which is an optimal estimator for linear, Gaussian systems. However, if the observed system is highly nonlinear or no Gaussian state and measurement noises can be assumed, the particle filter is a popular approximation of the optimal filter. In this thesis, the GNSS, IMU and laser scanner sensors are considered. In general, measurements are introduced to the particle filter with a measurement equation that describes the measurements depending on the states in an explicit form. However, the explicit representation of the laser scanner measurements is not possible. In this case, an implicit observation model is needed. Therefore, the particle filter has to be extended in order to take such implicit observation models into account. Moreover, in general, the downside of the particle filter is its high computational cost. One option to overcome this issue is the combination of the particle filter with the extended Kalman filter, which reduces the required number of particles. Hence, the principle of implicit measurement equations is also applied to an Extended Kalman Particle Filter (EKPF). To further improve the estimations, additional information in form of geometrical constraints can be included in the filter. Therefore, the Particle Density Truncation (PDT), Mean Density Truncation (MDT) and projection methods (PM) are implemented in the filters in order to count for possible geometrical constraints. For comparison purposes, a Linear Kalman Filter (LKF) and an Iterative Extended Kalman Filter (IEKF) with implicit measurement equations are also applied to the georeferencing problem.



THE INVESTIGATED SIMULATED ENVIRONMENT AND CORE IDEA OF THE NEWLY DEVELOPED PARTICLE FILTER FRAMEWORK WITH IMPLICIT MEASUREMENT EQUATIONS

PUNKTWOLKEN-SEGMENTIERUNG UND ANOMALIEN-DETEKTION MITTELS TRANSFER-LEARNING UND LOCAL-OUTLIER-FACTORS (PAULA LIPPMANN, BETREUER: FREDERIC HAKE, HAMZA ALKHATIB, INGO NEUMANN)

Die automatische Erkennung von Schäden an Hafeninfrastrukturen stellt eine wichtige Aufgabe dar, um Ausfallzeiten zu reduzieren. Bisherige Inspektionen, insbesondere Unterwasser, werden nicht flächendeckend, sondern vereinzelt mithilfe von Tauchern durchgeführt. Um den Prozess der Schadensdetektion wirtschaftlicher zu gestalten, wird in dieser Arbeit ein teilweise automatisierter Prozess vorgestellt. Dabei werden Punktwolken verwendet, um geometrischen Schaden in Form von Betonabplatzungen an Kaimauern zu detektieren. Die Punktwolken werden in Tiefenbilder umgewandelt und in einem vortrainierten Convolutional Neural Network (CNN) mit zwei Erweiterungen eingesetzt. Für die Klassifizierung wird zum einen ein Neuronales Netz (NN) an das CNN angehängt und zum anderen der Local Outlier Factor (LOF) berechnet. Zur Generierung der Tiefenbilder werden verschiedene Referenzgeometrien und Segmentierungen getestet. Die Untersuchungen zu dieser Methodik werden mit simulierten und realen Daten durchgeführt. Anhand der simulierten Daten zeigen sich außerordentlich gute Ergebnisse für die Klassifizierung. Mit den realen Daten fällt die Klassifizierung dagegen deutlich schlechter aus, was an der Qualität der gegebenen Punktwolken und der daraus generierten Tiefenbilder liegt. Insgesamt scheint die Methodik geeignet, allerdings müssen noch Verbesserungen in der Qualität der Tiefenbilder herbeigeführt werden.



SEGMENTIERTE PUNKTWOLKE IN DEN KLASSEN ANBAUTEILE (ROT, ORANGE, GRÜN), SCHADENSFREI (BLAU) UND SCHADEN (TÜRKIS)

OPTIMIERTE REFERENZDATEN FÜR VALIDIERUNGSAUFGABEN VON LASERSCANNER-BASIERTEN MULTI-SENSOR-SYSTEMEN (JULIA MAINZ, BETREUER: SÖREN VOGEL, FRANZISKA ALTEMEIER, INGO NEUMANN)

Laserscanner-basierte Multi-Sensor-Systeme (MSS) mit dem Einsatzzweck einer möglichst effizienten dreidimensionalen Erfassung beliebiger Umgebungen in Form von Punktwolken sind ein hochaktuelles Forschungsthema. Insbesondere für kinematische MSS hängen die dabei erzielbaren absoluten und relativen Genauigkeiten der generierten 3D-Punktwolkeninformationen stark von der Georeferenzierung des jeweiligen MSS ab. Bestehende Validierungsansätze für diese Georeferenzierung weisen Defizite durch die notwendige Verfügbarkeit zusätzlicher Sensoren und dadurch bedingte Begrenzungen der räumlichen Ausdehnung auf. Aus diesem Grund wird am GIH ein Validierungsansatz entwickelt, welcher auf der Ebene der Punktwolken operiert. Dieser Ansatz ist auf das Vorhandensein von hochgenauen statisch erfassten 3D-Referenzpunktwolken angewiesen, die im Fokus dieser Masterarbeit stehen.

Im Rahmen der Masterarbeit wird ein bestehender Referenzdatensatz für einen geschlossenen Straßenzug in der Nordstadt von Hannover hinsichtlich seiner Qualität und Vollständigkeit evaluiert. Darüber hinaus wird untersucht, inwiefern aufgezeigte Defizite durch alternative Registriermethoden und die Hinzunahme weiterer Datensätze verbessert werden können. Zu diesem Zweck wird die Scanregistrierungssoftware Scantra erprobt, welche eine neue eigenständige Netzausgleichung sowie die zusätzliche Verwendung von automatisch identifizierten Ebenen ermöglicht.

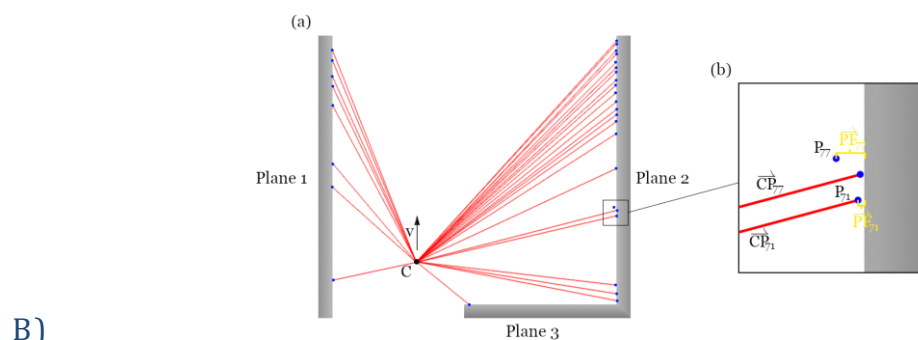
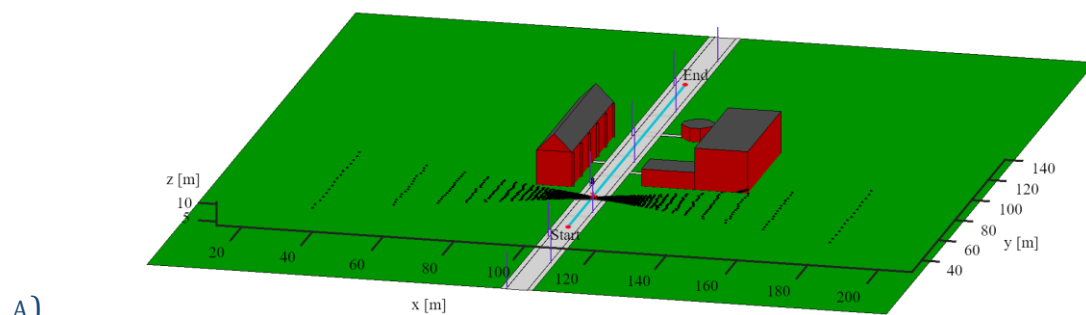
Die Analyse der vorhandenen Daten zeigt an verschiedenen Stellen im Messgebiet die Notwendigkeit ergänzender Datensätze, um die Qualität der Referenzpunktwolke zu verbessern und zu homogenisieren. Im Zuge der Masterarbeit werden daher in einem exemplarischen Bereich Nachmessungen durchgeführt. Dabei erweist sich insbesondere die ebenenbasierte Scanregistrierung als vorteilhaft, da die Datenerfassung zeiteffizient durchgeführt werden kann und die neuen Punktwolken unmittelbar in die bestehende Referenzpunktwolke integriert werden können.



AUTOMATISCH DETEKTIERTE EBENEN FÜR DIE REGISTRIERUNG DER PUNKTWOLKEN

SUBSAMPLING APPROACHES AND THEIR IMPACT ON GEOREFERENCING OF MULTI-SENSOR-SYSTEMS (ROBIN RADEMACHER, BETREUER: ROZHIN MOFTIZADEH, HAMZA ALKHATIB)

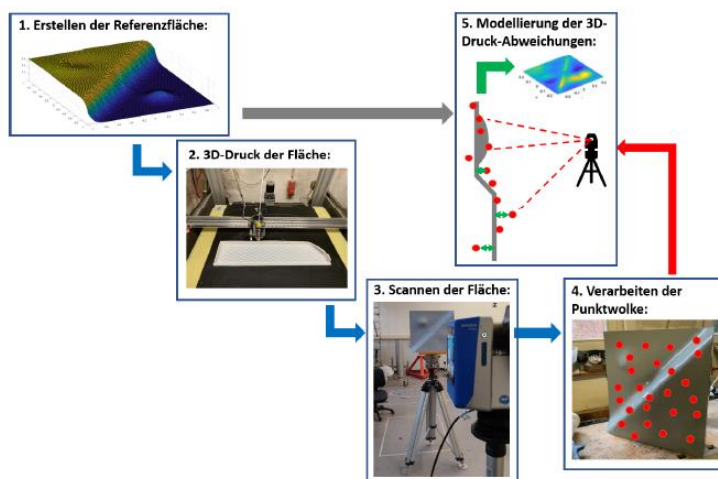
Mobile Laser Scanning for the sampling of airborne and terrestrial surroundings including street mapping has become popular in the mid-nineties, as the laser scanning industry and faster distance detection systems have become more powerful. However, still, a lot of localization methods are based on unreliable Global Navigation Satellite System (GNSS) data that is known to occasionally be unavailable or only available to a limited extent due to shadowing and interference effects, especially in urban areas with multiple high-rise infrastructures. In this master thesis, the data of a 3D scanner in a simulated environment is used to estimate the pose of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) with a Dual Stated Iterated Extended Kalman-Filter (DSIEKF) methodology. In order to estimate the system state of the vehicle, the data needs to be pre-processed such that an efficient calculation is feasible. Pre-processing in this case means to reduce the data - which is also referred to as subsampling - to a certain percentage of the original dataset. The dataset is subsampled with different approaches and compared based on their performance to find out whether these methodologies are superior to an approach in which observations are selected randomly from the dataset. To evaluate the results, 1000 Monte Carlo (MC) runs of the simulated environment with 70 epochs are performed for each subsampling algorithm with three different subsampling rates. Results show that one of these three approaches leads to satisfying estimation results from the efficiency and accuracy point of view.



AN OVERVIEW OF THE: A) SIMULATED ENVIRONMENT, B) ONE OF THE INVESTIGATED SUBSAMPLING APPROACHES CALLED INVERSELY WEIGHTED DISTANCE SUBSAMPLING (IWDS)

FLÄCHEN APPROXIMATION VON TLS-PUNKTWOLKEN UNTER VERWENDUNG VON GEDRUCKTEN 3D-FLÄCHEN (NIKLAS SCHILD, BETREUER: GAËL KERMARREC)

Das terrestrische Laserscanning (TLS) wird zur dreidimensionalen (3D) Erfassung großflächiger Objekte eingesetzt. Hierbei werden, ausgehend vom Sensorzentrum eines Laserscanners, 3D-Koordinaten in allen Richtungen punktwise gemessen. Als Resultat der Messungen entsteht eine 3D Punktwolke der Umgebung eines Laserscanners. Ein vielversprechender Ansatz ist die mathematische Approximation der Punktwolke. Bei diesem Vorgehen wird ein mathematisches Modell gesucht, welches die Oberfläche der Punktwolke bestmöglich beschreibt. Die Approximation durch T-Splines wurde in dieser Masterarbeit näher betrachtet. Dazu wurde eine Möglichkeit vorgestellt, mit der untersucht werden kann, inwieweit die T-Spline Annäherung einer gemessenen Punktwolke mit der T-Spline Annäherung einer mathematisch erstellten Oberfläche übereinstimmen. Um dies zu ermöglichen, wurde von der mathematisch erstellten Oberfläche ein reales Objekt gefertigt. Hierfür wird der 3D-Druck eingesetzt. Dieses Verfahren erlaubt es, ein am Computer erstelltes digitales Volumenmodell, welches die Oberfläche des herzustellenden Objekts beschreibt, in Realität zu erzeugen. Durch die Unvollkommenheit des 3D-Drucks entstehen jedoch Abweichungen zwischen der ausgedruckten Ebene und dem digitalen Volumenmodell. Diese Abweichungen wurden innerhalb dieser Arbeit mit Hilfe von TLS Messungen mathematisch modelliert. Durch Anbringung dieser Abweichungen könnten gescannte Punktwolken der ausgedruckten Ebene hinsichtlich der Referenzfläche, korrigiert werden. Dies ermöglicht den Vergleich zwischen den korrigierten T-Spline Flächen der gemessenen Punktwolken und der mathematischen und vollständig bekannten Referenz T-Spline Fläche.



METHODE UM DIE AUS DEM 3D-DRUCK ENTSTEHENDEN ABWEICHUNGEN MATHEMATISCH ZU MODELIEREN

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

BACHELORARBEITEN

PRÄZISIONSUNTERSUCHUNGEN VON ZWEI SCINTREX CG-3 GRAVIMETERN DURCH DIE STATIONÄRE ERFASSUNG DER GRAVITATIVEN UMWELTEFFEKTE (MARKUS BECK, BETREUER: LUDGER TIMMEN, GERALD GABRIEL)

Seit 2002 werden am Institut für Erdmessung (IfE) und am Leibniz Institut für Angewandte Geophysik (LIAG, Geozentrum Hannover) für einen Großteil der gravimetrischen Arbeiten in der Forschung und zur Geoidbestimmung automatisierte Landgravimeter vom Typ CG-3 der Firma Scintrex (Ontario, Canada) genutzt. Es sind die ersten Gravimeter am IfE und am Geozentrum, die eine automatisierte Datenerfassung mit Online-Auswertung im Felde ermöglichen. Die Wichtigkeit der Kalibrierwiederholungen wird aufgrund der zeitlichen Schwankungen in den Ergebnissen deutlich. Die Kurzzeitwiederholbarkeit der Instrumente und deren Langzeitdriften werden graphisch dargestellt und z.T. quantitativ mit Standardabweichungen als statistische Präzisionsmaße charakterisiert. Die Untersuchung schlossen eine Gegenüberstellung der Luftdruckzeitreihen mit den Gezeiten reduzierten und Drift korrigierten Schwereänderungen ein. Beide Gravimeter haben sich bewährt und können für viele Messaufgaben der Gravimetrie genutzt werden. Das etwa 10 Jahre ältere Instrument der beiden Scintrex CG-3 zeigt insgesamt gesehen die besseren Ergebnisse.

MIKROGRAVIMETRISCHE MESSUNGEN ZUR UNTERSUCHUNG DES NEUEN SCINTREX CG-6#171 GRAVIMETERS (JULIA EISSELE, BETREUER: LUDGER TIMMEN, GERALD GABRIEL)

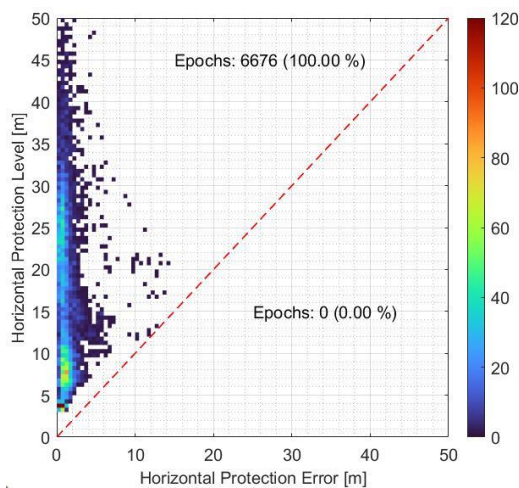
Aufgrund der Anforderung der Gravimetrie-Arbeitsgruppe der LUH wird bzgl. wissenschaftlicher Projekte ein Instrument benötigt, welches flexibel als feldtaugliches Gravimeter für Punktmessungen eingesetzt werden kann, und welches zusätzlich auch für Langzeitregistrierungen stationär in einem Labor oder Observatorium zur Anwendung kommt. 2019 konnte vom IfE das Gravimeter CG-6 Nr. 171 beschafft werden, welches hier speziell auf das Genauigkeitspotential hin getestet wurde. Im ersten Messprojekt wurde untersucht, ob ein systematischer Effekt bei einem einseitigen Messablauf in der vertikalen Kalibrierlinie im MZG Hochhaus der LUH auftritt (z.B. am ersten Tag Messungen von unten nach oben, am zweiten Tag von oben nach unten). Beim zweiten Projekt wurde das Vertikalgradientenfeld über dem großen Blockfundament im Labor des IfE bestimmt, welches den nationalen Schweregrundnetzpunkt DSGN94-4/4 definiert. Insgesamt misst das GC-6#171 mit einer sehr hohen Präzision. Bei allen Messungen lag die Standardabweichung bei unter 12 nm/s^2 . Die Maßstabs- und Messstabilität des Gravimeters hat sich als sehr gut erwiesen. Das Gravimeter zeigt keine Tendenzen, signifikante systematische Ungenauigkeiten in den Ergebnissen zu enthalten.

MASTERARBEITEN

GNSS RECEIVER AUTONOMOUS INTEGRITY (RAIM) FOR URBAN NAVIGATION (KAI-NIKLAS BAASCH, BETREUER: DENNIS KULEMANN, STEFFEN SCHÖN)

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde der Einfluss verschiedener stochastischer Modelle auf die SPP-Positionsschätzung und zwei Integritätsalgorithmen untersucht. Neben bekannten Modellen aus der Literatur, wurde ein Modell untersucht, welches GNSS und Receiver spezifische C/N0-Templates mit den verfügbaren Elevations- und C/N0-Informationen kombiniert. Zur Analyse wurden reale Daten eines dynamischen Experimentes genutzt. Aufbauend auf die unterschiedlichen Genauigkeiten der stochastischen Modelle unter verschiedenen äußeren Bedingungen wurde untersucht, ob die Genauigkeit der Positionsschätzung mittels eines adaptiven Modells weiter optimiert werden kann. Die Studie konnte zeigen, dass schon mit wenigen Informationen und einfachen Entscheidungskriterien eine adaptive Lösung entworfen werden kann, welche die Genauigkeit der Positionsschätzung in entsprechenden Situationen verbessern kann.

Die verschiedenen Auswirkungen der stochastischen Modelle auf das Residual Based RAIM und das Solution Separation RAIM wurden hinsichtlich der Genauigkeit, der Integritätsanforderungen, der Verfügbarkeit und der Kontinuität miteinander verglichen. Während die klassischen stochastischen Modelle im Hinblick auf die Verfügbarkeit besser performen, erzielen diejenigen Modelle, welche die Template-Informationen verarbeiten, insbesondere bei den Integritätskriterien und der Genauigkeit bessere Ergebnisse.



STANFORD DIAGRAMM DES Σ - Δ -EL MODELLS UND SS RAIM

IMPROVING GNSS SHADOW MATCHING WITH DIFFRACTION MODELLING (ANAT SCHAPER, BETREUER: LUCY ICKING, STEFFEN SCHÖN)

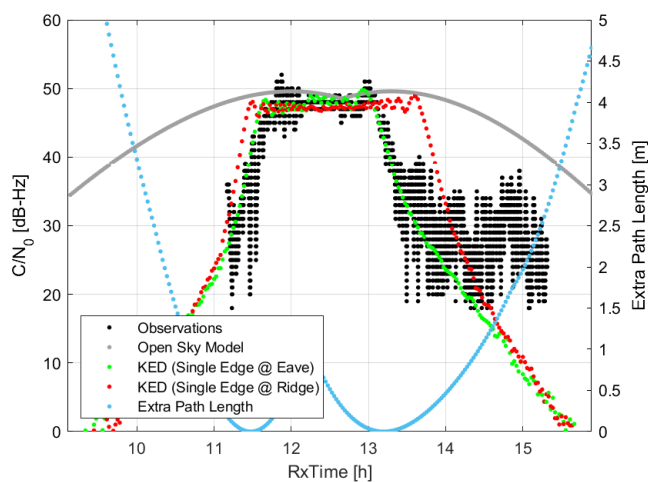
Eine Positionierung mit Globalen Satellitennavigationssystemen (GNSS) in städtischen Gebieten ist noch immer eine herausfordernde Aufgabe. Eine Vielzahl von Signalen wird durch Hindernisse wie Gebäude, Bäume oder Fahrzeuge beeinträchtigt, was zu Diffraktion, Reflexion, Mehrwegeeffekten oder sogar Signalabbrüchen führt. Diffraktion beschreibt die Beugung von Signalen an Kanten oder Ecken von Hindernissen, sobald sie diese berühren oder sich ihnen nähern.

Vor allem die Genauigkeit quer zur Fahrtrichtung leidet in städtischen Umgebungen, da Signale hinter Gebäuden mit größerer Wahrscheinlichkeit beeinträchtigt werden als jene, die entlang der Fahrtrichtung laufen.

Diese Arbeit konzentriert sich auf die Kombination von Diffraktion mit Shadow Matching (SM). Hierzu werden das Auftreten und das Ausmaß von Diffraktion in einem typischen Stadtgebiet von Hannover mit Hilfe eines 3D-Gebäudemodells und zwei statischen GNSS-Langzeitexperimenten analysiert. Ein Knife Edge Diffraction (KED)-Modell wird verwendet, um den durch Diffraktion verursachten Signalstärkeverlust zu bestimmen. Die daraus gewonnenen Informationen werden genutzt, um ein neues, verbessertes SM Bewertungsschema zu entwerfen, welches Diffraktion berücksichtigt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrzahl der Beobachtungen präzise modelliert werden kann, wenn die dem Signal am nächsten liegende Gebäudetraufe als einzige Diffraktionsquelle betrachtet wird. Der durch Diffraktion verursachte Umweg des Signals beträgt maximal 1 m. Größere Diskrepanzen zwischen den modellierten und den empfangenen Signalstärken werden beobachtet, sobald mehr als die erste Fresnel-Zone verdeckt ist und die Signalstärken auf einem niedrigen Niveau schwanken. Die Integration der mit dem KED-Modell generierten Signalstärken in ein SM führt zu Verbesserungen von bis zu 85% in der horizontalen Ebene und 97% in Querrichtung im Vergleich zu Bewertungsschemata, welche Diffraktion nur in vereinfachter Form berücksichtigen.

In Hinblick auf Echtzeitanwendungen sollte in Zukunft die Effizienz der Algorithmen verbessert werden. Die idealen Parameter der SM-Bewertungsschemata sollten mittels einer Parametersuche, z.B. einer Monte-Carlo-Simulation, gewählt werden. Dabei könnten verschiedene Epochen und Umweltbedingungen genutzt werden, um ein robustes Bewertungsschema zu schaffen, das für urbane Gebiete im Allgemeinen gültig ist.



BEOBSCHTETE (SCHWARZ) UND SIMULIERTE SIGNALSTÄRKEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON DIFFRAKTION AM GEBÄUDEFIRST (ROT) BZW. AN DER TRAUFE (GRÜN)

BESTIMMUNG SYSTEMATISCHER IMU SENSORABWEICHUNGEN UND DEREN EINFLUSS AUF DIE NAVIGATIONSLÖSUNG (PHILIPP WEISBROD, BETREUER: BENJAMIN TENNSTEDT, STEFFEN SCHÖN)

Inertiale Navigationssysteme unterliegen vielen verschiedenen Fehlereinflüssen, darunter zufällige und systematische Fehler, die numerische Ungenauigkeit durch die Berechnungsmethode der Maschine oder die Auswirkungen hoher Trajektorienndynamik. Nicht immer wird systematischen Fehlern durch Kalibrierung des Messsystems vorgebeugt wodurch sie sich auf die Ergebnisse auswirken.

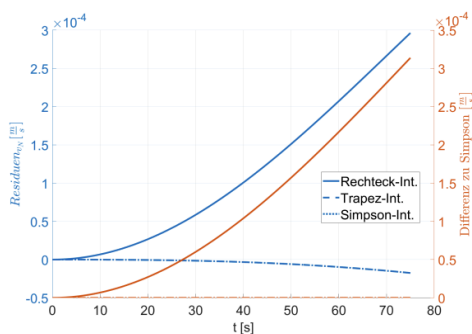
Dies macht eine Untersuchung des Einflusses dieser einzelnen Fehler auf die Navigationslösung interessant. Außerdem ist die Wahl der geeignetsten Algorithmen zur Bestimmung von Orientierung, Geschwindigkeit und Position mittels Integration zu treffen.

Dazu wurde in dieser Arbeit wurde zunächst die numerische Genauigkeit der Berechnungsmethode betrachtet, um im Anschluss bei der Analyse der einzelnen systematischen Fehler Rückschlüsse auf deren Einfluss ziehen zu können.

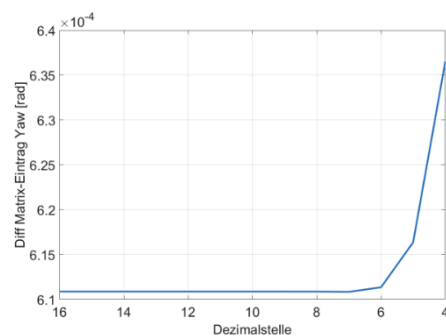
Die Ergebnisse zeigen, dass ein Einfluss von systematischen Fehler zu keinen Problemen hinsichtlich Orthogonalität der Richtungskosinusmatrix nach dem Attitude Update führt.

Für die Winkeldifferenzen ergeben sich jedoch ggf. kritische Abweichungen, welche bei längerer Messdauer zu signifikanten Abweichungen führen.

Für die Integrationsverfahren stellen sich die Simpson- und Trapez-Integration als überlegen gegenüber der Rechteck-Integration heraus, was dazu führt das diese Verfahren in den meisten Anwendungsfällen zu präferieren sind.



GESCHWINDIGKEITSRESIDUEN BEI UNTERSCHIEDLICHEN INTEGRATIONSVERFAHREN DER BESCHLEUNIGUNGS-MESSDATEN



EINFLUSS DER DEZIMALSTELLE DER SENSORWERTE AUF DIE ORTHOGONALITÄT FÜR EINE DREHUNG UM DIE Z-ACHSE (YAW-WINKEL)

OPTIMIERUNG EINER ROTATIONS-INERTIALMESSEINHEIT (GANG FEI, BETREUER: BENJAMIN TENNSTEDT, STEFFEN SCHÖN)

Als eines der aktuellen kommerziellen High-End Systeme zur Messung von Drehraten zeichnen sich Ringlaser-Kreisel insbesondere durch ihre geringe Rauschdichte in den Signalen und dem sehr geringen Skalenfaktorfehler aus. Wie jede Inertialmesseinheit (IMU) unterliegen sie jedoch den typischen Langzeitdriften in der Navigationslösung, die insbesondere durch systematische Fehler wie Biases sehr schnell problematisch werden können.

Eine Möglichkeit, diese Parameteränderungen auch ohne externe Systeme wie GNSS im Betrieb zu erfassen, ist die Erweiterung mit einem Drehteller, mit dem sich die Sensorik mindestens um die vertikale Achse rotieren lässt. Unter Kenntnis einer Referenzgröße wie der Erddrehrate lassen sich so einige systematische Abweichungen bereits über das autonome System selbst korrigieren. Dabei ist die optimale Einstellung der Drehfunktion Gegenstand aktueller Forschung.

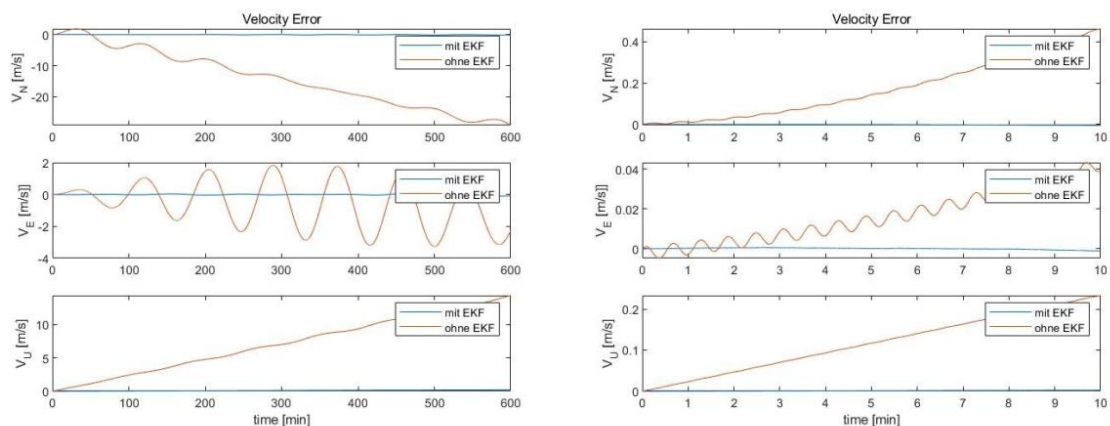
In dieser Masterarbeit werden das Fehlermodell und die Navigationsgleichung des Rotation Strapdown Inertial Navigation Systems (RINS) aufgestellt.

Es stellt sich heraus, dass einachsige und unidirektional kontinuierliche Rotation die horizontalen Bias der Inertialsensorik in periodischen Signalen modulieren kann, was eine Kompensation von Fehlern in der Navigationslösung ermöglicht.

Weiterhin wird nach einer Beobachtbarkeitsanalyse des entwickelten Fehlermodells ein Extended Kalman Filter (EKF) unter statischen Bedingungen entwickelt, um die modellierten systematischen Fehler der IMU im Rahmen eines Initial-Alignments abzuschätzen.

Die Ergebnisse zeigen, dass das EKF unter einachsiger und kontinuierlicher Rotation die horizontalen Bias, und bei vorhandenem Neigungswinkel ungleich null zusätzlich die Skalenfaktorfehler effektiv abschätzen kann.

Nach Kompensation der Sensordaten durch das im EKF geschätzte Fehlermodell können die Lagewinkelfehler und Geschwindigkeitsfehler deutlich reduziert werden.



GESCHWINDIGKEITSFEHLER EINER NAVIGATIONSLösUNG MIT UND OHNE EKF-KOMPENSATION IM STATISCHEN EXPERIMENT. LINKS: DARSTELLUNG ÜBER DIE GESAMTE SIMULATION, RECHTS: DETAILIERTE ANSICHT AUF DIE ERSTEN 10 MINUTEN

POTENZIALANALYSE VON STRAßENLATERNEN ALS STANDORT FÜR LOW-COST GNSS PERMANENTSTATIONEN (KIM SARAH JANECKI, BETREUER: JOHANNES KRÖGER, STEFFEN SCHÖN)

Städtische Umgebungen stellen herausfordernde Bedingungen für den Empfang von GNSS-Signalen dar. Die engen Straßenschluchten und dichte Bebauung sorgen für Signalunterbrechungen und Mehrwegeeffekte, wodurch eine präzise GNSS-Positionslösung erschwert wird. Distanzabhängige systematische Effekte werden durch die Hinzunahme von Referenzstationen reduziert. Allerdings ist die räumliche Verteilung derart, dass die maximale Entfernung zur nächsten kommerziellen Referenzstation durchaus 25 km betragen kann, was die Ähnlichkeit von Fehlereinflüssen an den Stationen deutlich verringern kann. Abhilfe kann durch eine Verdichtung von Referenzstationen erfolgen, sodass eine Reduktion der ähnlichen Fehler (z.B. atmosphärische Einflüsse) garantiert werden kann.

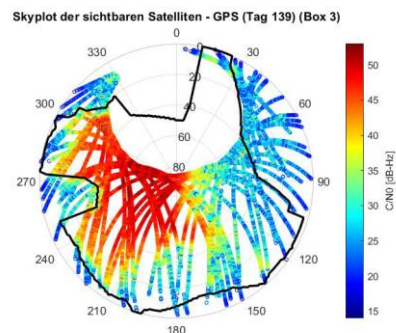
Im Sinne der Wirtschaftlichkeit wurde im Rahmen dieser Masterarbeit untersucht, ob mit low-cost Systemen ausgestattete innerstädtische Permanentstationen eine präzisere und genauere kinematische Positionierung eines Rovers aufgrund kürzerer Basislinien ermöglichen können. Dazu wurden auf Laternen im Gebiet der Leibniz Universität Hannover Massenmarkt-übliche Antennen und Receiver installiert, die über mehrere Tage permanent hochfrequente multi-GNSS Daten aufnahmen.

Die Ergebnisse der Masterarbeit zeigen, dass die Verwendung von Low-cost Permanentstationen eine sinnvolle Ergänzung zu den bereits vorhandenen Referenzstationen darstellen können. Diese ermöglichen unter anderem eine kostengünstige Verdichtung des bestehenden Netzes aus Referenzstationen. Bezüglich ihrer Positionsstabilität sind die Straßenlaternen im Allgemeinen als Standort für eine Low-cost Permanentstation geeignet. Mit den Analysen dieser Arbeit ist jedoch deutlich geworden, dass gerade im Hinblick auf die Güte der Positionslösung die Standortwahl, sprich die Umgebungssituation der jeweiligen Straßenlaterne, einen signifikanten Einfluss auf die Positionsstabilität hat.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Low-cost Stationen bei dem kinematischen Experiment vergleichbare Ergebnisse zu denen des geodätischen Equipments liefern. Somit bietet die Nutzung der Straßenlaternen als Standort für Low-cost Permanentstationen für die Verdichtung des bestehenden Netzes viel Potenzial.



INSTALLIERTE LOW-COST GNSS STATION AUF STRASSENLATERNE



NACH SIGNALSTÄRKE FARB CODIERTER SKY PLOT EINER PERMANENTSTATION MIT IN SCHWARZ EINGEZEICHNETER ABSCHATTUNGSMASKE

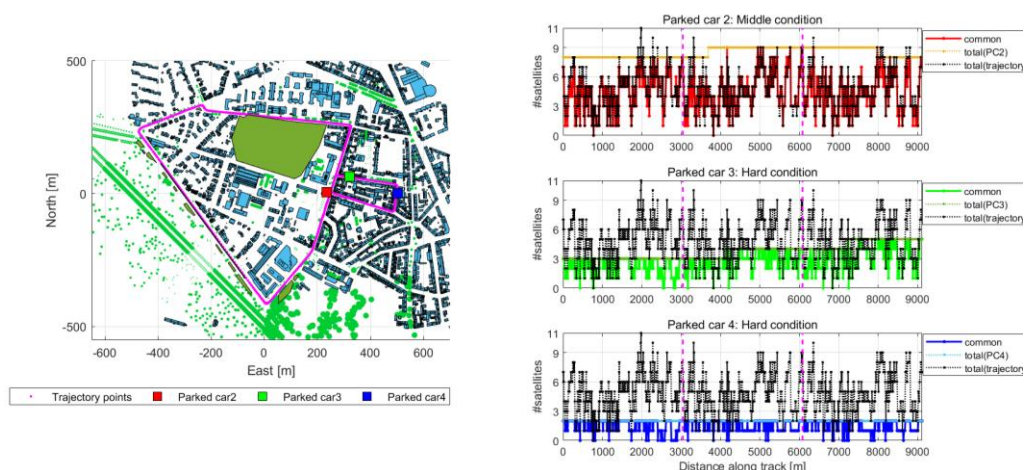
OPTIMAL NUMBER AND LOCATION OF PARTICIPANTS FOR COLLABORATIVE POSITIONING IN URBAN ARIAS (QIANWEN LIN, BETREUER: NICOLAS GARCIA FERNANDEZ, STEFFEN SCHÖN)

Global Navigation Satellite System (GNSS) standalone positioning in urban environments remains a challenging-denied scenario, because GNSS signals are often seriously disturbed by various and dense obstructions, such as signal loss or multipath effects. Collaborative Positioning (CP) is an effective approach to enhance the robustness of Positioning, Navigation, and Timing (PNT) information by sharing information between the participants in the collaboration in such challenging/denied scenarios.

In this thesis, we focus on the evaluation of the benefit of single traffic participants in an urban area, which is based on performing Vehicle-to-Vehicle (V2V) measurements between a target vehicle and several aiding vehicles. The V2V measurements are processed in a self-developed Collaborative- Single Point Positioning (C-SPP) algorithm to validate the improvements of positioning quality of the target vehicle. Further, the optimal number and location of the participants in the urban area are determined. Due to the high location dependence of the GNSS signal degradation caused by the urban environment, a simulation analysis is performed to create an overall expectation on the suitability to perform CP in the whole experiment area.

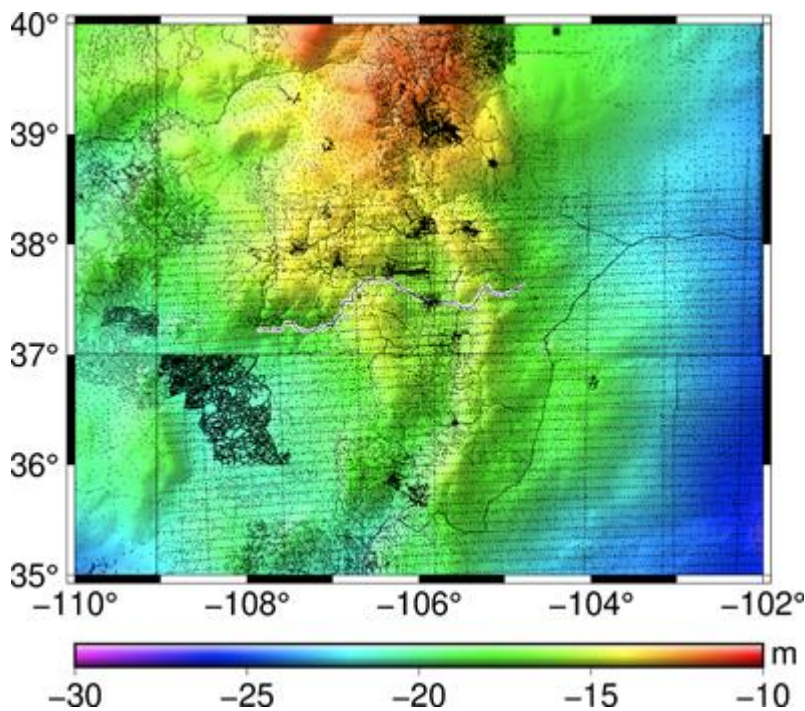
The enhancement of the positioning accuracy and precision of the target vehicle through our C-SPP are mainly concerned. This is verified by executing a series of experiments, like the moving vehicle without aided vehicle (reference experiment), and with 1-3 aiding vehicles, etc. Additionally, locations in the urban area are classified into three classes: challenging, neutral and advantageous conditions according to the collection of satellite visibility, common line-of-sight (LOS) satellites, Positioning Dilution of Precision (PDOP) values, and continuity of potential CP in dynamic maps.

Experimental results show that C-SPP improves both the positioning accuracy and precision when the aiding vehicles have sufficient Double Difference (DD) observations with the target vehicle. The optimal number of the participants for CP is highly correlated to the locations of the participants in urban environment. Further, the expectation of CP can be obtained from our simulation analysis in advance.



HOCHAUFLÖSENDE QUASIGEOIDBERECHNUNG FÜR DAS TESTGEBIET COLORADO (FRANZISKA HANNIG, BETREUER: HEINER DENKER, JÜRGEN MÜLLER)

Die Internationale Assoziation für Geodäsie (IAG) hat die Einrichtung eines neuen globalen Höhenreferenzsystems (IHR – International Height Reference System) empfohlen, das im Wesentlichen auf geometrischen Positionen und hochgenauen Geoid- bzw. Quasigeoidmodellen basiert. In diesem Zusammenhang wurde auf Initiative von zwei Arbeitsgruppen der IAG das Testgebiet Colorado zur Untersuchung verschiedener Geoid- und Quasigeoidberechnungsverfahren eingerichtet. Für das Testgebiet in den Rocky Mountains wurden klassische historische Landgravimetriedaten, Resultate einer Fluggravimetrikampagne, digitale Geländemodelle und globale Schwerefeldlösungen in Form von Kugelfunktionskoeffizienten zur Verfügung gestellt. Diese Datensätze wurden ergänzt durch hochgenaue GNSS-, Nivellements-, Lotabweichungs- und Absolutschweremessungen entlang einer West-Ost-Traverse (Durango / Walsenburg) mit dem Ziel, die berechneten Geoid- und Quasigeoidmodelle zu überprüfen (in einem sogenannten "Blind-Test").



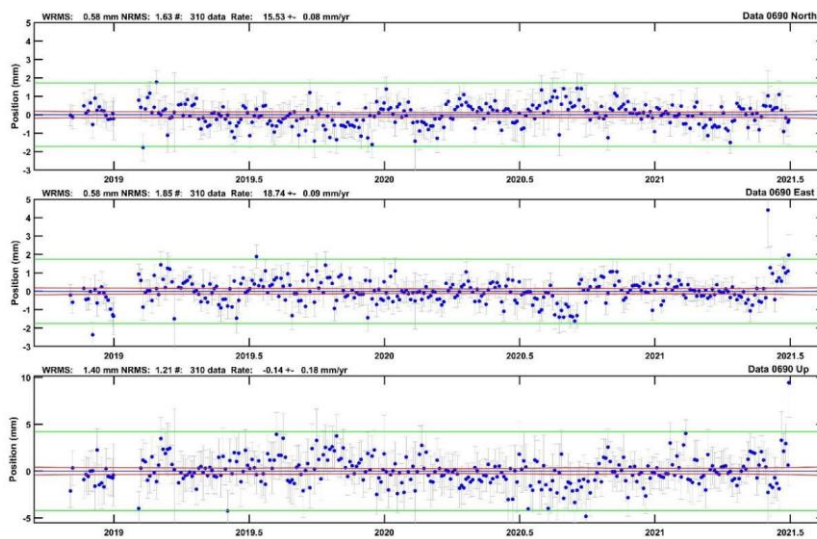
QUASIGEOID FÜR TESTGEBIET COLORADO ENTSPRECHEND DER ANGEGEBENEN FARBSKALA (LAND- UND AIRBORNE-DATEN MARKIERT DURCH SCHWARZE PUNKTE; WEST-OST-TRAVERSE MARKIERT DURCH WEISSE PUNKTE)

Die Masterarbeit von Frau Hannig befasst sich mit der hochauflösenden Quasigeoidberechnung für das Testgebiet Colorado und der Validierung der Ergebnisse mittels der West-Ost-Traverse. Die von Frau Hannig durchgeführten Einzeluntersuchungen decken nahezu den gesamten Bereich der physikalischen Geodäsie ab. Dies sind insbesondere Höhensysteme, die Aufbereitung von Land- und Fluggravimeterdaten, die Analyse digitaler Geländemodelle sowie der gesamte Bereich der Geoid- und Quasigeoidmodellierung mit verschiedenen Verfahren und Daten. Als besonders

wichtig stellte sich dabei das eingesetzte Verfahren zur Modellierung der Topographie heraus, so dass schließlich für die besten Lösungen eine Übereinstimmung von 1.8 cm (RMS) zwischen Quasigeoid und GNSS/Nivellement entlang der West-Ost-Traverse erzielt werden konnte. Dieser Wert liegt in der Spitzengruppe der mittlerweile von 14 internationalen Teams erzielten und publizierten Ergebnisse.

CHARACTERIZATION OF GNSS PERMANENT STATION ACCURACY AND ITS VALIDATION BASED ON INSAR AND PRECISE LEVELING FOR THE STATION RUTHE (TAMER IBRAHIM, BETREUER: AKBAR SHABANLOUI, JAKOB FLURY)

The characterization of the permanent Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Ruthe station (0690), which is located 15 Kilometers to the south of Hannover is done by investigating the data quality, the antenna and receiver specifications, the monument stability and the time series characteristics. Ruthe station velocity estimates from GAMIT/GLOBK is validated with the plate tectonic drift, which were estimated by the German Geodetic Research Institute, Technical University of Munich (DGFI-TUM). The velocity solution from GAMIT/GLOBK shows 2 cm/year in Ruthe station to north-east direction, and this conforms with the aforementioned Eurasian plate drift.



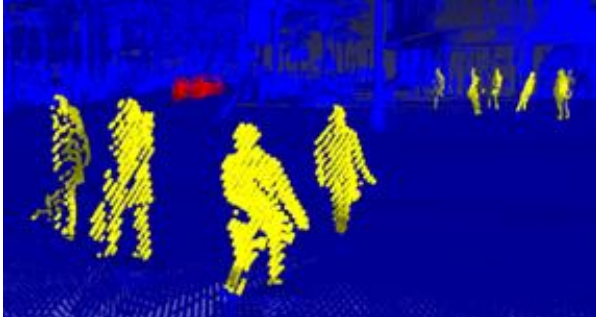
DETRENDED TIME SERIES FOR STATION RUTHE FROM NOV. 2018 - JUNE 2021

GNSS Ruthe station deformation validated among the deformation from leveling measurements. The estimated GNSS deformation rate is higher than the leveling deformation rate. The fluctuations in GNSS reached up to -5 mm in one epoch in July 2020, while in other epochs, the difference between GNSS deformation and the leveling deformation, up to 1 mm. This is due to the nature of the GNSS measurements, which is affected by different error sources, unlike the leveling measurements. The GNSS measurements for the north, east, and up components are transformed into InSAR LOS in order to compare the displacement between InSAR LOS and GNSS LOS; however, InSAR data overlapping with GNSS data with only five months. The displacement from InSAR LOS has an approximately similar attitude and magnitude of the GNSS LOS in the ascending case for the period of 5 months overlap from November 2018 till March 2019, after that, GNSS displacement gained a slight trend. On the other hand, the descending GNSS LOS displacement has a significant fall around -35 mm with respect to the InSAR LOS displacement due to the wrong conversion of the incidence angle and/or the heading angle. In conclusion, the derived time series and velocity solution are consistent over time. No significant deformation rates or subsidence in the Ruthe station area appears in the time series analysis, while the time series shows the presence of annual, semi-annual, and seasonal effects as well as daily, weekly, and monthly effects variations.

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

BACHELORARBEITEN

EVALUIERUNG VERSCHIEDENER KLASSIFIKATOREN ZUR DETEKTION VON OBJEKTEN IN PUNKTWOLKEN (SEBASTIAN HEIDWEILER, BETREUER: STEFFEN BUSCH)



KLASSIFIZIERTE PUNKTWOLKE: FUßGÄNGER (GELB), FAHRZEUGE (ROT)

Diese Bachelorarbeit behandelt die Klassifikation von Objekten in Punktwolken. Die zu klassifizierenden Objekte sind Verkehrsteilnehmer in Form von LiDAR- (Light Detection and Ranging) Punktwolken und stammen aus dem Waymo-Datensatz. Die Objekte sind hierbei bereits aus den Punktwolken segmentiert. Die hier vorkommenden Klassen sind Kraftfahrzeuge,

Fußgänger, Verkehrsschilder und Fahrradfahrer, wobei die Anzahl der Fahrradfahrer weit unter der Anzahl der anderen Klassen liegt. Ein wesentlicher Aspekt in dieser Arbeit stellt das Implementieren von geeigneten Merkmalen dar, mithilfe derer die verschiedenen Objekte möglichst genau klassifiziert werden können. Die Klassifikation wird letztendlich mit insgesamt 49 Merkmalen durchgeführt. Verwendet werden die beiden überwachten Klassifikatoren Random Forest und Support Vector Machine. Es werden mit beiden Klassifikatoren jeweils ungewichtete und gewichtete Klassifikationen durchgeführt, wobei die gewichteten Klassifikationen erwartungsgemäß bessere Genauigkeiten erzielen. Die Gesamtgenauigkeit liegt bei der gewichteten Klassifikation bei Random Forest bei 97.83% und bei der Support Vector Machine bei 96.73%. Die Klassen 'Kraftfahrzeuge', 'Fußgänger' und 'Verkehrsschilder' werden bei beiden Klassifikatoren zu einem hohen Anteil korrekt klassifiziert. Oft werden Objekte fehlklassifiziert, welche in geringer Auflösung vorliegen oder von anderen Objekten verdeckt werden. Bei beiden Klassifikatoren gab es die prozentual häufigsten Fehlklassifikationen bei den Fahrradfahrern. Für höhere Klassifikationsgenauigkeiten bei dieser Klasse könnten ein ausgeglichener Datensatz verwendet werden. Außerdem könnte die Implementierung von Merkmalen, welche Fahrradfahrer besser charakterisieren, ebenfalls für höhere Genauigkeiten sorgen.

EVALUATION DER LESBARKEIT UND DER NÜTZLICHKEIT DER KARTENSCHRIFTEN IN TOPOGRAPHISCHEN KARTEN (BIRTE FRIEDRICH, BETREUER: FRANK THIEMANN)

Amtliche topographische Karten enthalten viele verschiedene Kartenschriften, um z.B. Namen von Städten, Landschaften oder Gewässern zu vermitteln. In den jeweiligen Signaturenkatalogen ist festgelegt, welche Schriftarten, -farben und -größen in Abhängigkeit der Objektart und der Größe der Objekte verwendet werden. Ziel dieser Arbeit war es, einen Überblick über die verwendeten Schriftvariationen zu gewinnen und die Lesbarkeit und geordnete Wahrnehmbarkeit zu untersuchen. Zudem sollte untersucht werden, ob sich die Kartennutzer der Bedeutung der Schriftgrößen bewusst sind und diese auch



BEISPIELABBILDUNG AUS DER UMFRAGE: DIE HIER ZU VERGLEICHENDEN GRÜNEN SCHRIFTEN WURDEN AUF EINEM REALEN KARTENGRUND PRÄSENTIERT

einigen Bereichen gestört ist. Es wurde daher ein Vorschlag für eine gleichmäßigere Einteilung mit weniger Klassen unterbreitet. Dabei wurde auch die minimale Schriftgröße etwas erhöht.

Die durchgeführte Umfrage ergab auch, dass die Länge der dargestellten Namen keinen störenden Einfluss auf die Größenvorstellung hat. Bei grünen Kartenschriften gaben die Probanden teilweise an, dass der geringe Kontrast zum meist ebenfalls grünen Hintergrund Probleme bereitet.

tatsächlich nutzen. Der Fokus der Untersuchung lag dabei auf TK25, TK100 sowie dem WebAtlasDE.

Es stellte sich heraus, dass bis zu neun Schriftgrößenstufen in den TKs verwendet werden. Die Größenunterschiede sind dabei inhomogen und teilweise sehr klein gewählt, sodass die geordnete Wahrnehmung in

MASTERARBEITEN

KALIBRIERUNG VON CROWD SOURCED MESSUNGEN DER OBERFLÄCHENRAUIGKEIT MITTELS LIDAR DATEN (LARS PETER, BETREUER: OSKAR WAGE, UDO FEUERHAKE, CLAUD BRENNER)

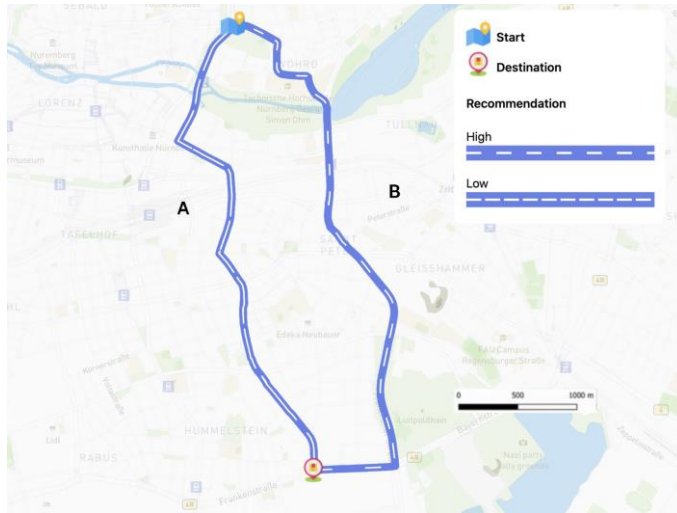


DARSTELLUNG DER AUS DEN LIDAR-DATEN BERECHNETEN RAUIGKEITSWERTE MIT FOTOS DER STRECKENABSCHNITTE

Smartphones als kompakte Multi-sensorplattformen ermöglichen es zum Beispiel beim Fahrradfahren die Oberflächenrauigkeit anhand von Positions- und Beschleunigungsmessungen zu erfassen und Aussagen über die Qualität des Untergrundes zu treffen. Die erfassten Beschleunigungen des am Fahrradlenkers befestigten Smartphones können allerdings ebenso durch den Luftdruck der Reifen, das Gewicht des Fahrers oder die gefahrene Geschwindigkeit beeinflusst werden, sodass sich die von verschiedenen Personen erfassten Daten nicht direkt miteinander vergleichen lassen. In der Arbeit

wurde die Eignung von LiDAR Mobile Mapping Punktwolken als unabhängige Referenz für die Erfassung von Oberflächenrauigkeiten und die Modellierung möglicher Einflussgrößen untersucht. Grundlage der Untersuchung dieser Arbeit sind LiDAR Mobile Mapping Punktwolken eines Messgebietes im Georgengarten, für das zusätzlich Beschleunigungs- und GPS-Beobachtungen von 17 Testpersonen zur Verfügung gestellt wurden.

USING DYNAMIC VISUAL VARIABLES FOR VISUALIZING EFFICIENCY IN ROUTE MAPS
(SAMSONDEEN DARE, BETREUER: STEFAN FUEST, MONIKA SESTER)



STATIC VERSION OF A VISUALIZATION DEPICTING TRAFFIC DYNAMICS

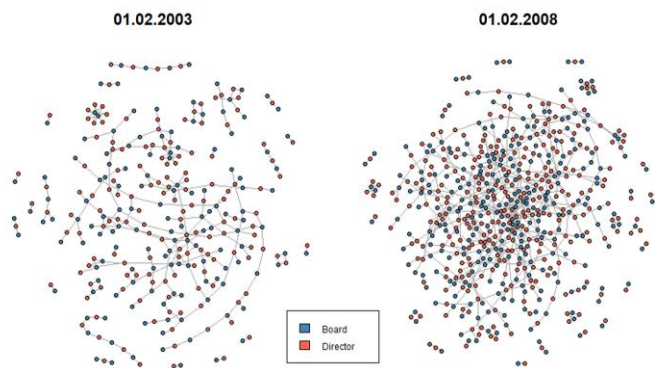
(Un)fortunately, as the world becomes more urbanized and the population density of cities continue to increase, there has been a proportional increase in automobile dependence. This has resulted in high traffic density, increased air pollution, higher road risks, amongst other side effects. For example, in traffic density, effective traffic distribution is still an ongoing challenge for traffic management agencies. In addition to time cost, traffic density also contributes to higher maintenance cost and

adverse environmental effects due to more fuel consumption.

Over the years, maps have served as cartographers favourite communication model for conceptualizing the real world. Visualizing traffic information along routes weren't left out, as mapmakers have used route maps for many years to communicate directions along a path. The maps often involve a lot of cartographic generalization techniques to abstract the essential information. With the increasing acquisition of large quantities of data made possible by technological advancement, simple cartographic techniques have become insufficient in rendering such huge data. Map visualization has gone through many iterations over time, to the point where dynamic visualizations are now possible, thanks to advanced graphics technology. This thesis aims to develop dynamic visualization variants based on the dynamic visual variables defined by MacEachren et al. and evaluate the effectiveness of these variants in communicating route efficiency to users and how we can use the dynamic variables to influence route choice.

The thesis focuses on a use case of recommending a longer, but favourable route to the map-reader, using map animation for visualizing the temporary efficiency or inefficiency of different route options. This recommended route is not always the faster or shortest one, but rather the route that optimizes the traffic situation, probably for a given scenario that strives towards achieving overall benefit for society. In evaluating our developed variants, the results showed that dynamic visualizations are effective in visually communicating route choice. While there is not much advantage over the statically modified visualizations, the variants that depict traffic showed a significant improvement from the static visualizations. The variants were also found to be effective in communicating different scenarios.

BIPARTITE GRAPHS FOR MODELLING AND MONITORING HETEROGENEOUS DATA (DEEPAK SAVANUR, BETREUER: ANNA MALINOVSKAYA, PHILIPP OTTO)



BIPARTITE GRAPH REPRESENTATION OF THE NORWEGIAN PUBLIC LIMITED COMPANIES (BLUE NODES) AND THEIR DIRECTORS (ORANGE NODES)

and director dataset to perform modelling and monitoring, it could be displayed how the interlocking directorate (the same person is a director board member of two or more companies) changed overtime at an alarming rate during the global financial crisis.

In this Master Thesis, the student explored network modelling and monitoring on the example of bipartite graphs. In graph theory, k-partite graphs define graphs whose vertices can be partitioned into k different independent sets. The work introduces a joint application of the latent trait analysis model to represent graphs and the exponentially weighted moving average chart for monitoring real-life data.

Using the Norwegian company

IDENTIFICATION OF LOGISTIC STOPPING POINTS IN BIG VEHICLE TRAJECTORY DATA (MARIIA KARAKULINA, BETREUER: UDO FEUERHAKE, OSKAR WAGE, MONIKA SESTER)



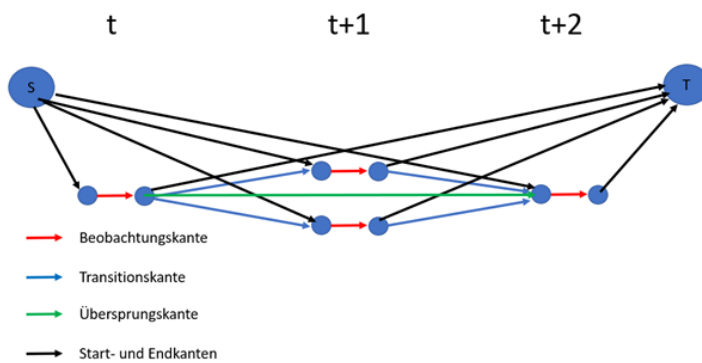
RETRIEVED LOGISTIC STOPPING POINTS AND RESULTING HOTSPOT CELLS FOR THE LINDEN-NORD DISTRICT

The delivery trajectories have to be extracted from the provided big vehicle trajectory dataset. As the result, 4030 trajectories and 46589 stops are determined as delivery. Based on the obtained delivery stop information, 2018 logistic stopping points for parcel provider services are suggested for the Hannover region. Additionally, an algorithm for second-row parking situation detection is implemented. The algorithm is applied to the delivery stops that happened in the Linden-Nord district of Hannover. The analysis of the results of this work shows that 80% of the detected second-row parking situations could have been prevented by establishing the suggested logistic stopping points.

Trajectory data mining, especially on trajectory datasets of large volume, allows improving traffic problems by analyzing spatio-temporal events. Second-row parking is an example of unusual stopping events, which are often caused by parcel delivery vehicles. One of the solutions for the elimination of second-row parking situations created by parcel providers and their additional consequences, such as potential traffic jams, is the provision of spatial parking spaces for parcel services, so-called logistic stopping points. The objective of this thesis is to suggest logistic stopping points for the Hannover region based on trajectory information generated by parcel delivery providers.

ROBUSTES MULTI-OBJEKT TRACKING MITTELS RE-IDENTIFIZIERUNG FÜR VERKEHRSTEILNEHMERINNEN UND VERKEHRSTEILNEHMER (MAXIMILAN MEYER, BETREUER: STEFFEN BUSCH)

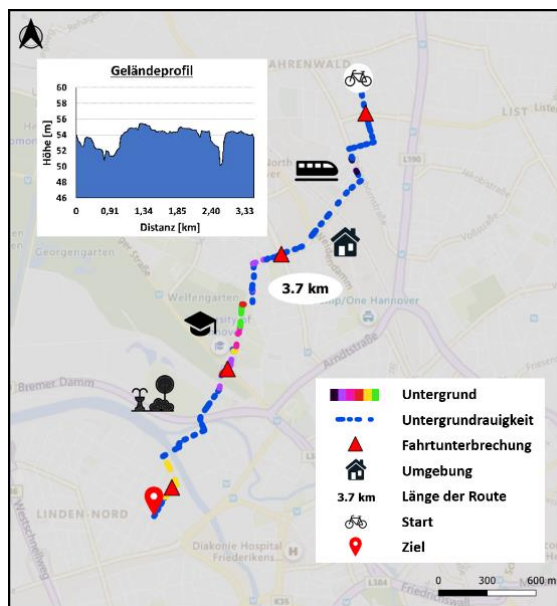
Thema dieser Masterarbeit ist das Tracking von Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmern auf Kamerabildern. Hierfür wird das Multi-Object Tracking nach dem Tracking by Detection Prinzip durchgeführt. Bei diesem Prinzip werden die Detektionen von Objekten verschiedener Zeitschritte einander zugeordnet, sodass nur Detektionen einander zugeordnet werden, die dasselbe Objekt zeigen. Die Erstellung dieser Zuordnung wird hier mit einem Netzwerkfluss in einem Graphen gelöst. Die Gewichte der Kanten werden über die Ähnlichkeiten der Objekte bestimmt, welche mittels einem Siamese-Net berechnet werden. Durch das Tracking lassen sich Trajektorien beweglicher Objekte bestimmen, welche wiederum für Anwendungen, wie etwa dem autonomen Fahren oder der Verkehrsüberwachung, verwendet werden können.



NETZWERKFLUSS: GEWICHT DER BEOBACHTUNGSKANTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER DETEKTIONSGÜTE (CONFIDENCE SCORE), GEWICHTE DER TRANSITIONS- UND ÜBERSPRUNGSKANTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER POSITION UND ÄHNLICHKEIT

VISUELLE KOMMUNIKATION VON FAHRRADROUTEN UNTER VERWENDUNG VON KARTOGRAPHISCHER SYMBOLISIERUNG (SHARON DORNBUSCH, BETREUER: JENS GOLZE, OSKAR WAGE, STEFAN FUEST, UDO FEUERHAKE, MONIKA SESTER)

In Zeiten einer Pandemie, einem fortschreitenden Klimawandel und Wohnungs- sowie Parkplatznot in Großstädten gewinnt zunehmend das Fahrrad als alternatives Fortbewegungsmittel an Bedeutung. Dieses ersetzt mehr und mehr die Fahrt mit der Bahn oder dem Auto zu naheliegenden alltäglichen Zielen. Bei diesen Fahrten spielen Aspekte wie Attraktivität, Sicherheit und Komfort eine bedeutende Rolle. Wird ein Blick auf breit verfügbare Navigationsanwendungen geworfen, so wird schnell deutlich, dass diese wenig in ihrer visuellen Kommunikation von Fahrradrou-



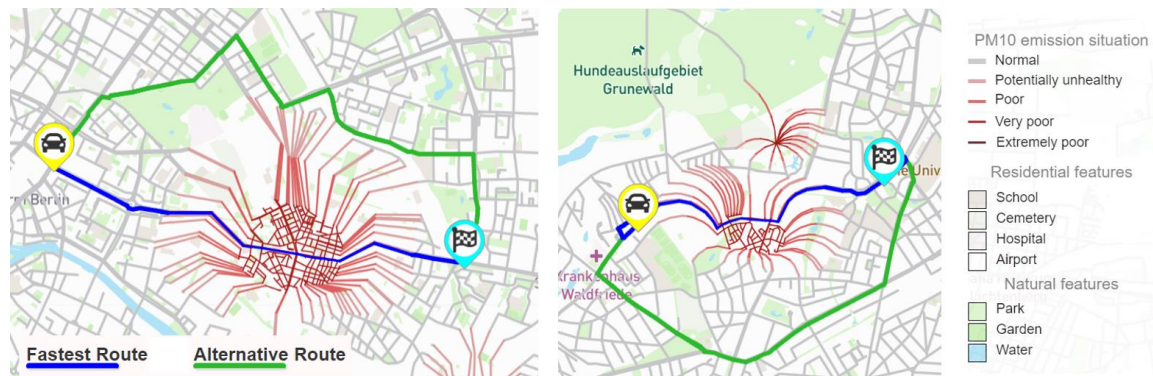
BEISPIEL EINER UNTERSUCHTEN DARSTELLUNG

Die vorliegende Arbeit legt den Fokus auf die Visualisierung von speziell ausgewählten Merkmalen, die auf einer Fahrradroute auftreten und den Komfort beim Fahren beeinflussen. Zur

Visualisierung dienen hauptsächlich Routen in städtischer Umgebung, die durch Kanten eines Graphen repräsentiert werden. Diese Kanten einer Route werden einzeln mit je einer visuellen Variablen kartiert, sodass das zugrundeliegende Merkmal in einer Kartendarstellung erscheint. Die so erstellten Varianten für eines von fünf Merkmalen werden in einer Nutzerstudie auf Effizienz, Effektivität, Attraktivität und Eignung getestet sowie vergleichend mit informationsreicheren Visualisierungen verglichen. Das Resultat der Auswertung offenbart, dass Farbdarstellungen sowie Darstellungen mit Symbolen oder Signaturen als am idealsten empfunden werden.

VISUAL ROUTE COMMUNICATION VIA GEOMETRIC DEFORMATION (OLGA SHKEDOVA, BETREUER: STEFAN FUEST, MONIKA SESTER)

Modern map navigation applications mainly offer users the most efficient route concerning travel time or distance. However, other important factors can affect the individual route choice of users. This thesis proposes visual route communication via geometric deformation while providing map readers with different route options and helping them by visual means distinguish the most efficient route according to their personal preferences. The proposed communication is directed to create individual routing solutions, motivate travelers to avoid paths traversing the territories, which should be circumvented for different reasons, and increase the informative content of navigation maps.



RESULTS OF THE MULTI-SCALE DEFORMATION IN WEB MAP APPLICATION VIEW

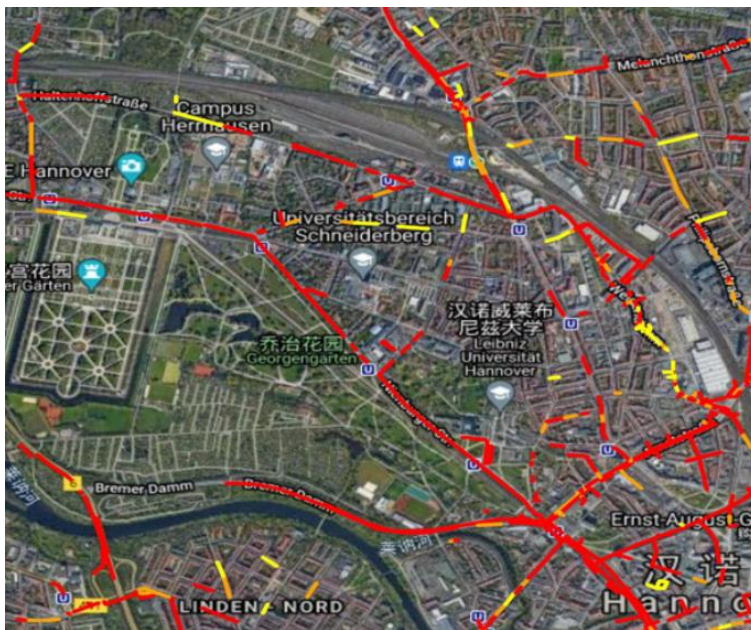
For route communication via geometric deformation, first, a literature study was performed. For communication development, human psychological aspects were examined. For representation, existing visual variables were investigated and taken as a basis. The deformation method for the thesis found inspiration in perspective drawing art techniques, previously introduced multiple scales designs for maps, geometric projections, and distortions. Finally, the idea to visualize roads in the shape of a hollow or a pit was created. This type of visualization is suggested for roads that drivers are intended to avoid and not include in their route choices. Consequently, according to the requests of drivers, a recommended path will be perceived as visually suitable for driving. On the other hand, a route that does not correspond to set preferences will cross a deep hollow or a pit and appear inappropriate for navigation.

For the deformation implementation, two approaches were proposed in the thesis. The first method is based on the variable scales design. The foundation of the second method is lens distortion. For this purpose, an automated system for deformation was realized. The data used for implementing the methods was derived from open-source platforms. Additionally, calculations of the fastest route and route corresponding to the preferences were involved in the automated process.

The generated visual communication is represented as part of an interactive web map application that provides different route options to the user.

The evaluation of the developed communication effect on a route choice behavior of map users was performed by analysis of the user study, which was specially formed for this thesis. The Wilcoxon signed-rank test, executed for the study results, approved a statistically significant difference in the route choices before and after road network deformations proposed in the thesis. The multiple-scale type of deformation motivated to change the route preference of the study participants in 82.82% of examined traffic situations and the lens distortion method in 49.55%.

IDENTIFICATION OF ON-ROAD AND SEPARATED BICYCLE LANES (BOYING LIU, BETREUER: JENS GOLZE, BODO ROSENHAHN, MONIKA SESTER)

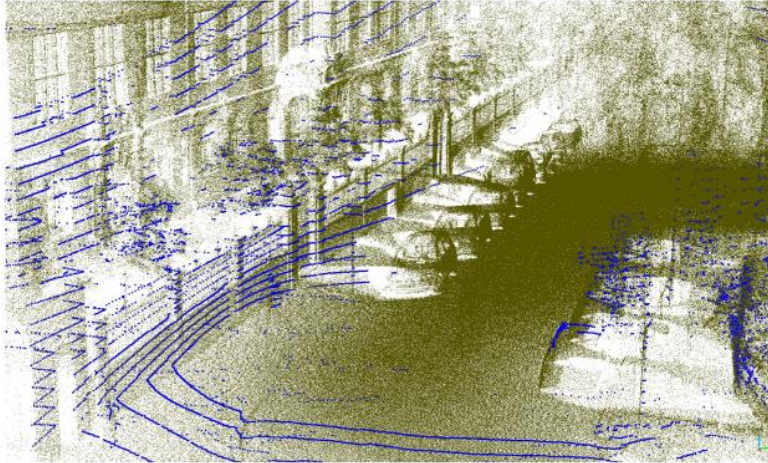


PREDICTED BICYCLE LANE TYPES (COLOR ENCODED) FOR A SUBSET OF ROADS IN THE REGION OF HANNOVER.

Cyclists face the greatest crash risk of any road user. Therefore, it is critical to protect them from automobiles, e.g. by using physically separated bicycle lanes. To protect cyclists, the city should have as many separated bicycle lanes as possible. Meanwhile, our modern existence is closely linked to the recent rapid growth of GPS devices. Continuous position tracking can yield a lot of data. These data can help us understand how moving objects behave.

The purpose of this thesis is to compare the benefits of clustering after using trajectory segmentation to the benefits of overall trajectory clustering. The other is to compare various methods for calculating similarity: Hausdorff distance and Fréchet distance, choose the best method and define the distance calculation formula to distinguish between car clusters and bicycle clusters. Finally, the linkage criteria are used to define the formula for calculating the distance between the clusters, and the distance between the car cluster and the bicycle cluster is calculated to determine the type of bicycle lane. Afterwards, the approach is applied to a set of roads in the region of Hannover.

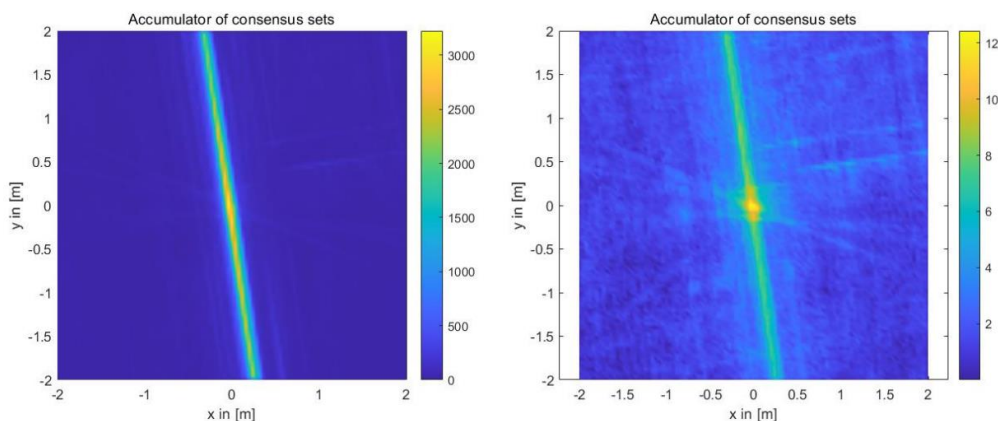
INVESTIGATION OF MAXIMUM CONSENSUS TECHNIQUES FOR ROBUST LOCALIZATION
(YIMIN ZHANG, BETREUER: JELDRIK AXMANN, CLAUS BRENNER)



POINT CLOUDS FOR THE LOCALIZATION TASK (BROWN: MAP POINT CLOUD, BLUE: CAR SENSOR POINT CLOUD)

High integrity localization is a fundamental task for an autonomous driving system. Standard localization approaches are usually accomplished by point cloud registration, which is often based on (recursive) least squares estimation, for example, using Kalman filters. However, due to the susceptibility of least squares minimization to outliers, it is not robust. This thesis focuses on robust localization and

aims at the investigation of maximum consensus techniques using LiDAR data. The state-of-the-art maximum consensus approach is evaluated from various perspectives and its shortcomings with respect to straight street scenarios are revealed. Against that, a methodologically optimized normal vector based formulation of maximum consensus is proposed, which uses the distribution of the normal vectors to formulate the accumulator of consensus sets. With doing so, the system is able to achieve a robust localization on all common road conditions. The performances of both approaches are tested and analyzed on a data set containing 1915 epochs. The influence of search parameters is examined with respect to localization accuracy and run time. Results show a considerable improvement of the robustness using the normal vector based formulation.



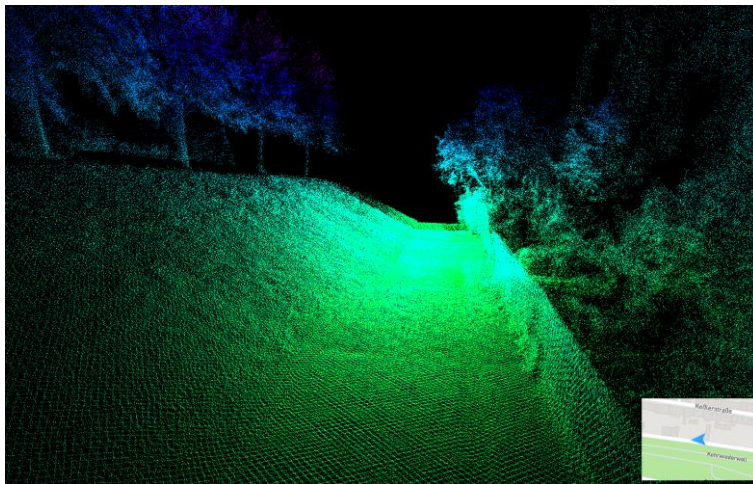
(a) Point based approach.

(b) Normal vector based approach.

COMPARISON OF MAXIMUM CONSENSUS ACCUMULATORS FOR THE SAME EPOCH

ENTWICKLUNG UND UMSETZUNG EINER WEBBASIERTEN VISUALISIERUNG FÜR 3D-PUNKTWOLKEN (MAXIMILAN BAIER, BETREUER: UDO FEUERHAKE)

In dieser Masterarbeit wird eine webbasierte Visualisierung für 3D-Punktwolken entwickelt. Die Lösung basiert auf Client-Server-Architektur und erweitert eine webbasierte 2D-Kartenvisualisierung des Instituts für Kartographie und Geoinformatik. Der Anwender kann durch eine Auswahl in einer Übersichtskarte den Einstiegspunkt in die 3D-Visualisierung wählen. Durch Komprimierungstechniken und durch das dynamische Nachladen samt entfernungsabhängiger Detaillierungsgraden wird eine flüssige Navigation durch die komplette 3D-Punktwolke ermöglicht. Hierbei ist eine Steuerung per Tastatur und Maus möglich.



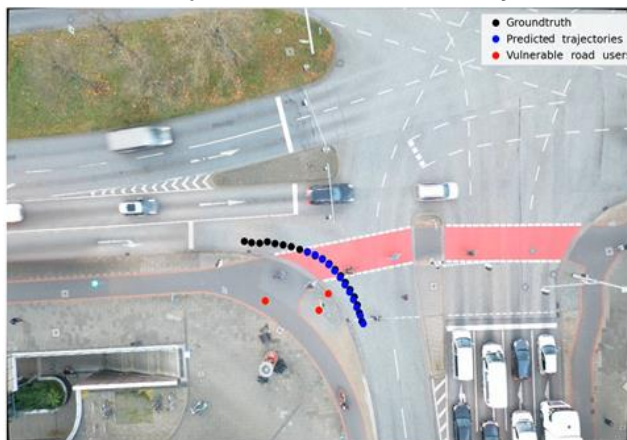
MIT HILFE EINER WEBBASIERTEN VISUALISIERUNG FÜR 3D-PUNKTWOLKEN LASSEN SICH AUCH GROßE PUNKTWOLKEN IM BROWSER ANSCHAUEN

Die clientseitige Umsetzung basiert auf WebGL, um im Browser Ressourcen der Grafikkarte direkt zu nutzen können. Auf der Serverseite werden die Daten in einer dateibasierten Rasterstruktur vorgehalten.

Die clientseitige Umsetzung basiert auf WebGL, um im Browser Ressourcen der Grafikkarte direkt zu nutzen können. Auf der Serverseite werden die Daten in einer dateibasierten Rasterstruktur vorgehalten.

PREDICTING INTERACTION BETWEEN VEHICLES AND VULNERABLE ROAD USERS AT A RIGHT-TURN INTERSECTION (ZHENTAO JIAN, BETREUER: HAO CHENG, BODO ROSENHAHN, MONIKA SESTER)

In real-world traffic situations, interactions between vehicles and vulnerable road users (VRUs) frequently occur, and injuries caused by vehicles to VRUs account for a large proportion of traffic accidents. Therefore, research on the interaction between vehicles and VRUs is important for traffic safety.



PREDICTION OF A TARGET VEHICLE APPROACHING THE INTERSECTION

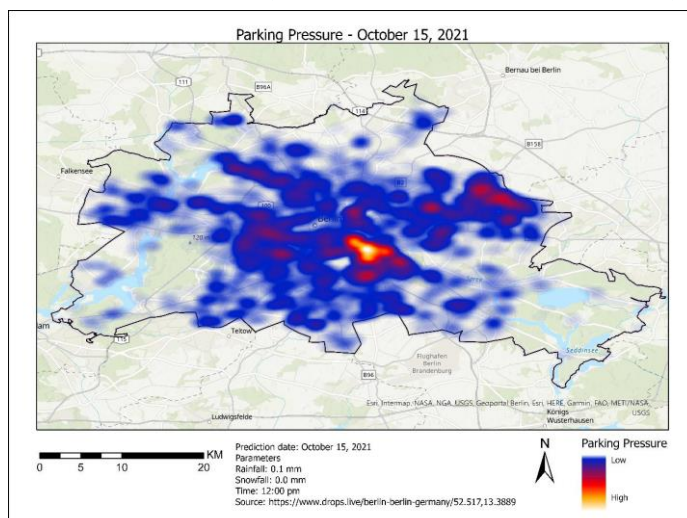
This thesis aims to automatically classify the level of risks in the interactions between a target vehicle and the involved VRUs. A Conditional

Variational Autoencoder (CVAE)-based deep generative model uses vehicles' position, velocity, and orientation to predict the future trajectory of the vehicles. Then, potential interactions between the vehicles and VRUs based on the predicted trajectories are classified into five risk levels - collision,

serious conflict, slight conflict, potential conflict, and undisturbed passage. A stationary camera collects the traffic data at a busy

intersection in Germany, called KoW. This thesis uses the camera calibration method to transform the view angle of the video data. It obtains the position of the road users in the real world by the deep learning model YOLOv4 for object detection and DeepSORT for tracking. The intersection area is divided into a preparation area and a conflict area through the road markings. The trajectory of the approaching vehicle in the preparation area is used as the input data of the prediction model for predicting its trajectory in the conflict area. The model achieved an average accuracy of 90% for the risk classification task on KoW dataset. Another dataset called AIM is leveraged to verify the generality of the model. The model reached the classification performance with an average accuracy of 97%.

PARKING PRESSURE IDENTIFICATION USING GIS MODELLING (ARAVINTHKUMAR BALASUBRAMANIAN, BETREUER: UDO FEUERHAKE, ARTEM LEICHTER)



EXAMPLE: PARKING PRESSURE IN BERLIN ON OCTOBER 15, 2021, 12:00 PM

Smart cities are a result of constant technological advancements that aim to improve the lives of its residents. One of the most significant features of smart cities is urban mobility. Urban traffic congestion is becoming increasingly common in major cities as the number of vehicles increases. Additionally, drivers all around the world struggle to find parking spaces in urban areas. Parking search traffic causes increased travel times and air pollution. So, it is

essential to provide real time parking availability to the drivers to reduce the traffic congestion and protect from the increased emissions that affect the environment negatively. So that in this thesis we have used the Internet-of-Things (IoT) technologies and other spatial data which helps to build a model for the parking occupancy minutes prediction in the city of Berlin using Random Forest (RF) Regression machine learning algorithm. The RF Regression model achieved R^2 value of 83 % which represents the accuracy of the model. Using the build model from the IoT sensors the parking pressure regions for the areas without sensor are predicted. By identifying the regions with high parking pressure, we can install the IoT sensors which will provide real time parking availability to the drivers through the mobile application.

BUILDING FLOOD RISK MAPPING FROM MOBILE MAPPING DATA (QING XIAO, BETREUER: YU FENG)

Urban flooding has caused damage to buildings in low-lying areas. Our goal is to detect parts of buildings that are vulnerable to flooding, such as basement windows and doors, based on urban mobile LiDAR data. We mark these risk areas on a map to help people take protective measures.

First, we extracted building facades based on urban point cloud data from an area in Hildesheim, Germany. We then projected the 3D point cloud of the building facades onto a 2D image and performed object detection on the 2D image. We used a scanline based approach to detect windows and doors. However, this rule-based approach is highly dependent on parameter settings and has low robustness.



MAP OF FLOOD RISK LOCATIONS

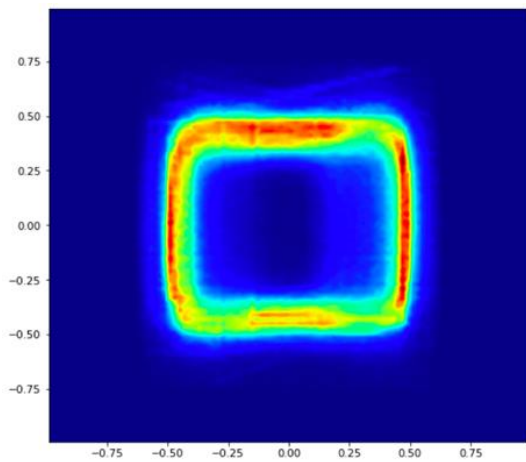
Therefore, we consider using the predictions generated by the scanline based approach as training samples to train a deep learning model. This process requires a small amount of manual annotation of the training samples. To train such a semi-supervised learning model, three datasets were prepared for comparison, namely: all training samples were automatically generated by the scanline based method; the incorrectly detected

samples were filtered out as a second dataset; and some of the filtered images were manually relabeled and added to the training dataset to obtain a third dataset.

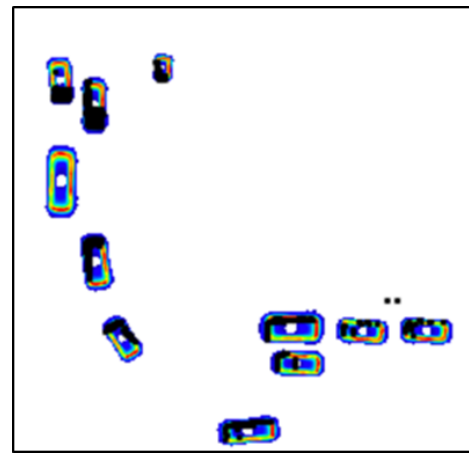
The model using deep learning improved the F1 score by about 12-14% compared to the scanline based approach. The quality of the generated labels was then manually improved by a workload of approximately 5 hours, which allowed for an increase in the robustness of the detection network and a corresponding increase in the F1-score of approximately 5%. Using the semi-supervised learning model, we achieved a 91% detection result for the F1-score after post-processing. Finally, we used the semi-supervised learning model to detect all images and generate a building flood risk map based on a simulated once in 20 year flood.

USING DYNAMIC OBJECTS FOR PROBABILISTIC MULTI-VIEW POINT CLOUD REGISTRATION AND LOCALIZATION (PENG CHANG, BETREUER: YUNSHUANG YUAN, JELDRIK AXMANN)

Registering two point clouds involves finding the optimal rigid transformation that aligns those two point clouds. For a connected autonomous vehicle (CAV), an accurate localization for an `ego` vehicle can be achieved by registering its point cloud to LiDAR data from other connected `cooperative` vehicles. This thesis utilizes an advanced object detection algorithm to select observation points that are on detected vehicles. As a prerequisite, a general probability distribution (cf. Fig (A)) based on the observation points from all detected vehicles is established.



(A) GENERAL DISTRIBUTION OF OBSERVATION POINTS



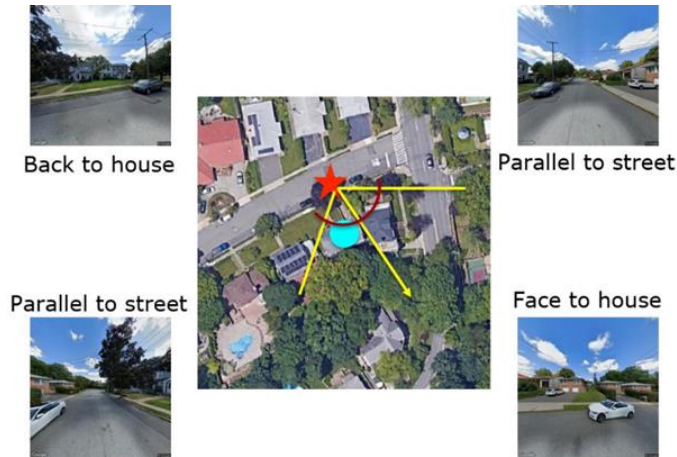
(B) REGISTRATION RESULT BETWEEN `PROBABILITY MAP` OF COOPERATIVE VEHICLE AND LIDAR POINTS OF EGO VEHICLE

For the registration, in the first step, observation points from a cooperative vehicle are assigned to detected bounding boxes. Then, each set of points belonging to one bounding box is registered to the general probability distribution resulting in a `probability map`. In the second step, the probability map is used as shared information and the point cloud of the ego vehicle is registered to it. Different from the Euclidean distance metric of the Iterative Closest Point (ICP) algorithm and the consensus count metric of the maximum consensus method, a new probability-related metric is proposed for a coarse registration. It is used to provide an initial transformation, which is used afterwards in a registration refinement by ICP.

The registration is completely based on the vehicle information in the scene. The algorithm is evaluated on the collective perception data set COMAP. Especially for some scenes that are challenging to existing registration algorithms such as scenes in a traffic jam or in an open space where no efficient overlaps of observed static objects exists. For those scenarios, from the perspective of accuracy and robustness, the algorithm has shown good performance.

ESTIMATING HOUSE PRICE FROM MULTIPLE DATA SOURCES (QIANRU CHEN, BETREUER: YU FENG)

House prices are usually estimated based on basic house attributes, such as age. However, prices also vary depending on the different environments in their neighbourhood, such as greenery, noise of vehicles. These attributes are not generally available in traditional datasets as it takes a lot of effort to collect them. Recent research has shown that we can infer these socio-economic attributes from street view images and very high-resolution aerial imagery.



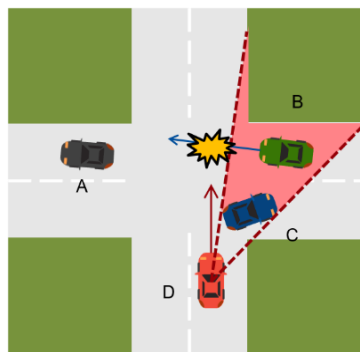
In this work, we collected street view images and aerial images of each transacted property in New York City, as well as conventional attributes, to estimate the log-transformed price of the property. For the aerial images, potential visual features were extracted using a model pre-trained on an aerial image dataset, while

intermediate values were also extracted, presenting the density of cars and swimming pools. For the street view images, visual latent features were extracted by a standard ResNet-50 model. After detecting and classifying car makes and models in the street view images, we aggregated the information on detected car into census blocks.

HOUSE PRICE ESTIMATION USING STREETVIEW IMAGES AND ARIALL IMAGES

Various combinations of features were used to compare the performance of the models. The results show that the model augmented with features extracted from street view images and very high-resolution (VHR) satellite images outperforms a model that extracts only basic features from traditional data sources.

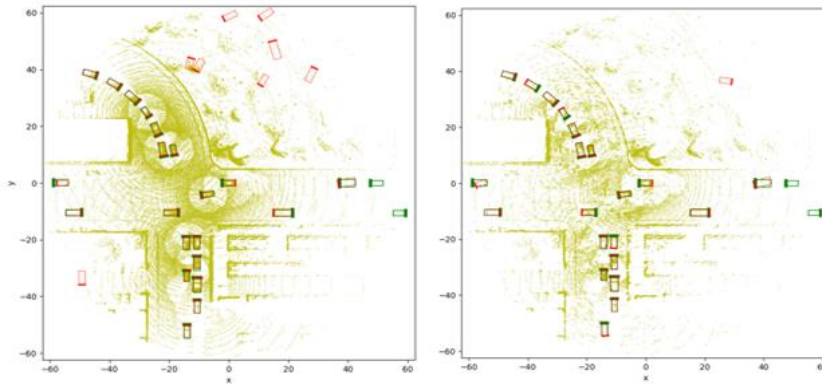
REINFORCEMENT LEARNING-BASED SHARING DATA SELECTION FOR COLLECTIVE PERCEPTION OF CONNECTED AUTONOMOUS VEHICLES (YUQIAO BAI, BETREUER: YUNSHUANG YUAN)



VISUALIZATION OF OCCLUSION SITUATION

The capability of environmental perception by individual vehicles is very limited. Single-view or single-agent perception, such as 3D target detection, always has unsolvable problems, such as limited viewing angle, low point cloud density, and occlusion (as shown in the left figure). In contrast, multiple sparsely distributed sensors can provide collaborative sensing, which makes it possible to solve these problems. The sensing capabilities of Connected Autonomous Vehicles (CAVs) can be enhanced via collective perception. However, sharing Collective Perception Messages (CPM) in the CAV networks should be efficient enough in the limited communication resources.

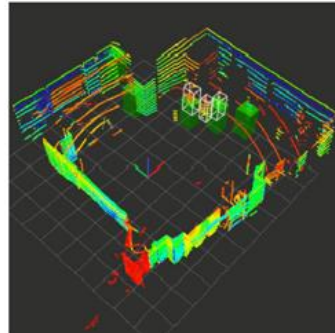
In this thesis, a deep reinforcement learning model is proposed to reduce the redundancy of CPMs for the raw point cloud data sharing scenario in the CAV networks. By combining deep reinforcement learning with collaborative perception, a RL based method for selecting collective perception data that uses the DDQN algorithm is implemented. Through this model, the vehicle can intelligently select the data to be transmitted, thereby eliminating redundant data in the network, saving limited network resources, and reducing the risk of communication network congestion.



RESULT BEFORE (LEFT) AND AFTER REDUCTION

The result in figure shows that through the RL-based CPM data selection method, the amount of data transmitted is greatly reduced without detection performance drop. Moreover, many wrong positive detections are also removed.

RANGE AND FOV ESTIMATION OF PEDESTRIAN DETECTION IN A HELMET MAPPING SYSTEM (YISHA LI, BETREUER: VINU KAMALASANAN, CLAUS BRENNER, MARK WIELITZKA)



HELMET MAPPING SYSTEM AND THE 3D PEDESTRIAN DETECTION RESULTS FOR INDOOR SCENE

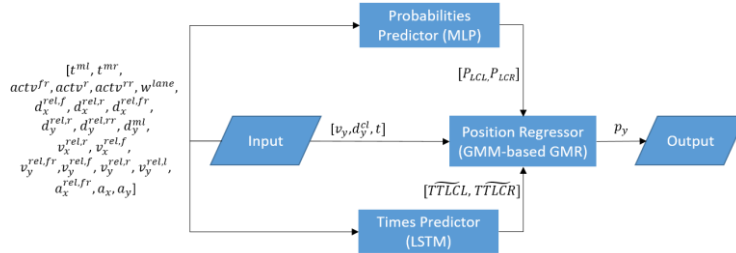
While LIDAR based mobile mapping systems have been used to map the indoor spaces to create indoor maps, such LIDAR based systems can also be used to observe motion information while mapping the environment. This motion information can be used to understand the footfall and useful to businesses and also civil engineers for better planning

The objective of the work would be to achieve a Helmet mounted mapping

system (HMS) using a Velodyne and IMU and its range estimation in detecting dynamic pedestrians. The HMS is an apparatus consisting of the Velodyne and IMU mounted on an industry grade Helmet. Two kinds of existing learning methods, the Complex-YOLO with optimized parameters and PointPillars are applied by training a low-resolution simulated KITTI dataset.

The figure shows the 3D pedestrian detection using point pillars. The results in the work when comparing both complex yolo and pointpillars with mAP for detection showed that pointpillars performed better for the detection. It also showed higher accuracy corresponded with more points number and with reduction of points along with distance in x-y plane, the accuracy also decreased.

DESIGN, IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF A NEW MACHINE LEARNING APPROACH FOR BEHAVIOR PREDICTION BASED ON LSTM AND KDE (AHMED KHLIAA, BETREUER: HAO CHENG, PHILIPP OTTO)



ARCHITECTURE OF THE PREDICTION MODEL BASED ON LSTM AND GMM

Aktuelle Fahrzeuge sind bereits heute häufig mit Fahrerassistenzsystemen ausgestattet, die den Fahrer bis zu einem gewissen Grad entlasten und zu mehr Komfort beitragen. Im Kontext des automatisierten Fahrens

und insbesondere in Fällen, in denen das automatisierte Fahrzeug unkomfortable oder riskante Situationen antizipieren muss, sind jedoch einige Einschränkungen zu beobachten. Aus diesem Grund haben zahlreiche Arbeiten vorgeschlagen, automatisierte Fahrsysteme mit einem Prädiktionsmechanismus zu erweitern, der in der Lage ist, das Fahrverhalten der umgebenden Fahrzeuge vorherzusagen. So wurden beispielsweise probabilistische Positionsprädiktionsansätze entwickelt und vorgeschlagen. Somit und mithilfe dieser Prädiktionen können automatisierte Fahrzeuge ihre zukünftigen Trajektorien so planen, dass sie für die Insassen angenehmer und sicherer sind.

In dieser Arbeit, wird der oben beschriebene Ansatz zur Prädiktion umgebender Fahrzeuge erweitert und weiter untersucht. Zunächst wird ein auf dem Long Short-Term Memory (LSTM) basierendes Prädiktionsmodul, das in einer früheren Arbeit vorgestellt wurde, integriert. Dieses Prädiktionsmodul schätzt die Zeit, bis ein umgebendes Fahrzeug die Fahrspur wechselt. Diese Information wird dann verwendet, um den Basis-Vorhersageansatz (als Baseline MOE bezeichnet) zu erweitern (als Extended MOE bezeichnet). Die Experimente zeigen, dass die Integration der geschätzten Zeiten von Vorteil ist.

Zur weiteren Evaluierung des erweiterten Modells werden verschiedene Strategien zu Feature-Kombination erforscht. Insgesamt werden fünf verschiedene Varianten untersucht. Das Extended MOE zeigt leichte Vorteile gegenüber den anderen Modellen mit einem Medianfehler von 0,19 m bei einem Prädiktionshorizont von 5 Sekunden.

Im letzten Teil dieser Arbeit wird ein nicht-parametrischer Ansatz, der Kernel Density Estimation (KDE), zur Approximation der Wahrscheinlichkeitsdichte verwendet. Dies dient zum Vergleich mit dem parametrischen Ansatz (der Variational Bayesian Gaussian Mixture Model (VBGMM)) verwendet in dem Basis-Model. Dieser neue KDE-basierte Ansatz wird als Local KDE-Ansatz bezeichnet. Die Idee besteht darin, dass eine lokale bzw. spezifische nicht-parametrische Wahrscheinlichkeitsdichte für jede Vorhersage geschätzt wird. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass der KDE-basierte Ansatz vielversprechende Ergebnisse liefert, allerdings mit dem Nachteil, dass die Inferenzzeit sich erheblich erhöht. Dies bleibt ein Hindernis für Echtzeitanwendungen.

A GENERATIVE MODEL WITH A MIXTURE DENSITY NETWORK FOR TRAJECTORY PREDICTION (FENG HE, BETREUER: HAO CHENG, MONIKA SESTER, ANNIKA RAATZ)



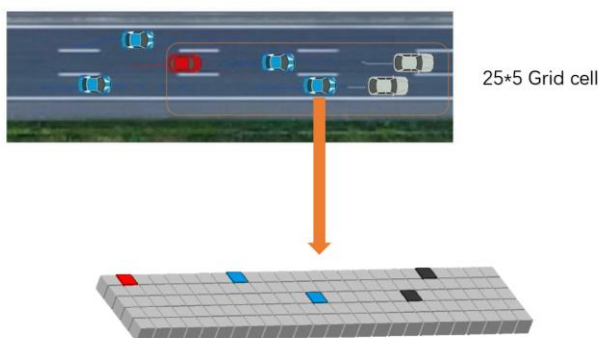
EXAMPLE OF THE MULTI-PATH TRAJECTORY PREDICTION

Using real-world data to predict road users' trajectories in shared space is critical for many intelligent systems. The related methods are also applicable in some industrial scenarios, e.g., mobile robotics in warehouses and factories. However, the road user's movement is affected by the behaviors of its neighboring agents in different environments, so their dynamic is complex and uncertain. Therefore, it

is full of challenges to effectively and accurately predict the future trajectories of each agent. Based on the generative model Dynamic Context Encoder Network (DCENet), a mixture density network replaces its decoder. Rather than output the trajectories directly, the mixture density network outputs a mixture distribution of the potential future trajectories by using the network parameters.

The framework's performance is evaluated using a challenging trajectory prediction benchmark called Trajnet. Compared to DCENet, in this thesis, the novel framework with a mixture density network makes predictions by sampling from the distribution with the maximum mixture weights, thus increasing the chance to choose the most likely future trajectory.

PLANNING HIGHWAY VEHICLE TRAJECTORIES USING A GENERATIVE APPROACH WITH INTERACTION MODELING (MENGRAN FAN, BETREUER: HAO CHENG, BODO ROSENHAHN, MONIKA SESTER)



GRID-BASED INTERACTION MODULE THAT MODELS VEHICLE-AND-VEHICLE INTERACTIONS

Highways are full of dynamic situations, such as high-speed traffic and unexpected lane changes. A driver needs to maintain close attention to the neighboring vehicles when driving on the highway, which may cause fatigue after long driving. Accurately predicting future trajectories of surrounding vehicles will be very helpful for drivers to improve their safety and comfort.

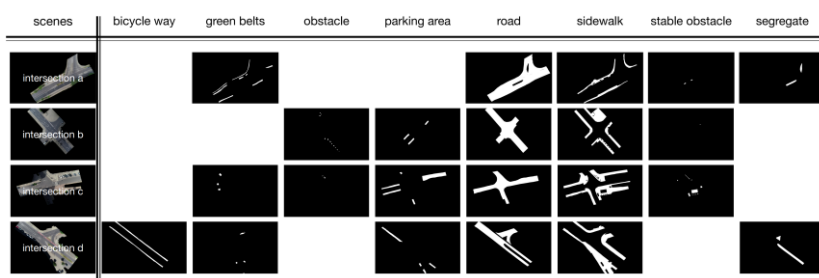
This thesis provides an interactive model based on a Conditional Variational Autoencoder that predicts the future trajectory, potential lane changes, and braking situations of surrounding vehicles. The proposed model provides the following contributions:

At the training phase, the future trajectory of the central ego vehicle is given to the model. Then we combine this future trajectory with a grid-

based interactive module that considers the relative motion of the neighboring vehicles. Finally, we use the combined information to predict the probability distribution of the neighboring vehicles' driving maneuvers and trajectories. At the inference phase, the trained model cannot access the future trajectory of the ego vehicle. Only a predicted trajectory using the ego vehicle's past trajectory is provided to the model.

We evaluate the model's performance on two highway datasets, HighD and NGSIM. The errors measured by root mean square error (RMSE) are 1.52 m and 5.55 m, respectively, on HighD and NGSIM, slightly worse than the state-of-the-art model PiP.

TRAJECTORY FORECASTING WITH SEMANTIC SCENE INFORMATION (FENGXIANG HU, BETREUER: HAO CHENG, BODO ROSENHAHN, MONIKA SESTER)



SEMANTIC MAPS USED FOR TRAJECTORY PREDICTION

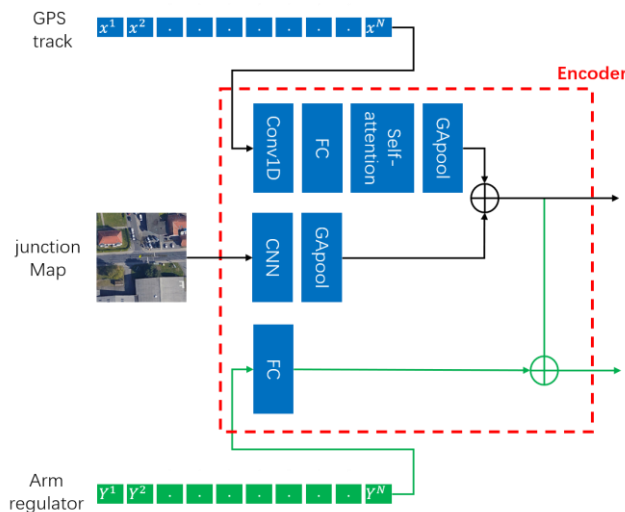
Trajectory prediction, an integral part of the autonomous driving system, has been researched for decades. A multi-path forecast provides many paths compared to a single-path forecast in complex traffic

situations. For the multi-path prediction task, three kinds of information are generally required: 1) ego-motion information, 2) dynamic interaction information, and 3) scene information. Dynamic information represents the interaction between a target agent and other agents. Scene information represents the environment information that constrains the movement of road users. However, scenario-specific information can also easily make a model too adaptive to a particular scenario and jeopardize the model's generalization ability to new scenes.

The objective of the thesis is to validate whether a proposed scene branch with semantic maps, a kind of scene information, performs well for multiple trajectories prediction on the inD benchmark. The scene branch is added to DCENet, which is based on a Conditional Variational Autoencoder and has superior performance on the inD benchmark. This thesis uses DCENet as the baseline model. Instead of specific scene information, semantic maps are taken as input to extend the DCENet model to avoid the overfitting problem caused by certain scene information. Semantic maps consist of eight channels that indicate different areas in the scenes. Moreover, the visual attention module is incorporated into the scene branch to extract scene contexts. The visual-attention module contains single-source and multi-source attention modules used to extract local and global scene contexts, respectively. In addition, two architecture variations of the scene branch are proposed. In the two architecture variations, semantic maps are first processed by a convolutional neural network (CNN)-based backbone. The first architecture merges the feature maps from the CNN with the

visual-attention module and a Long Short-Term Memory (LSTM) module. The second architecture has two stages of processing the feature maps from the CNN. The first stage is to adopt a depth separable convolutional layer to merge the feature maps linearly. The second stage is to pass the combined feature maps into the visual-attention module and an LSTM module. The results tested on the inD benchmark show that the second architecture variation with two-time steps of LSTM is the best among all the performances of the two architecture variations. However, the experimental results from two architecture variations of the scene branch are not as good as the baseline model DCENet. The inferior results might be due to the imbalance of the data diversity across the inD benchmark and the lack of details in semantic maps, even though data balance and augmentation are processed.

TRAFFIC CONTROL RECOGNITION USING SPEED-PROFILES AND IMAGE DATA (HAORAN LEI, BETREUER: HAO CHENG, MARKUS FIDLER, MONIKA SESTER)



THE ENCODER OF THE CVAE-BASED MODEL FOR INTERSECTION REGULATOR DETECTION

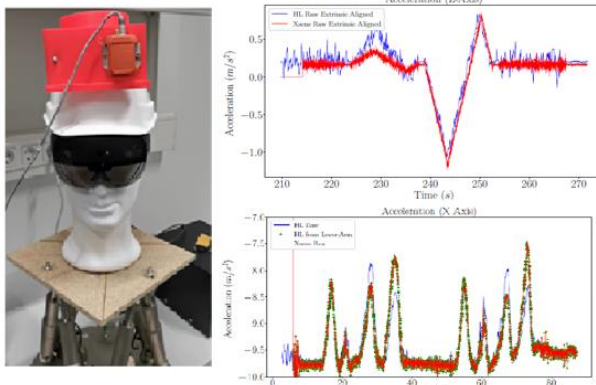
Intersection regulator rules are one of the most important elements influencing traffic flow and route choice. As the road networks become increasingly complex, commuters often need up-to-date road traffic conditions from digital maps. Given that using surveying and mapping personnel to inspect and record the latest information of intersection regulations and keep the digital maps updated is highly time-consuming and cost-expensive, therefore a large body of research seeks an automated way for intersection regulator detection.

Recently, studies have been using GPS tracks and intersection maps for regulator detection and have achieved good results. This thesis designed a generative model based on a Conditional Variational Autoencoder (CVAE) to predict intersection regulations. To fully extract the temporal features of GPS signals, we use a self-attention mechanism in our network. We assume that the satellite images contain the information of, e.g., intersection geometry and environmental scene contexts, which is beneficial for regulator detection at the intersection. Then, we seek to combine both GPS tracks with the high-resolution satellite images extracted from Google Maps using the coordinates of the given intersection. We have designed three feature combination methods for our network to effectively integrate image features with GPS signals.

We conducted experiments on the four networks we designed and compared them to a state-of-the-art method based on a CVAE model. The results show that, on average, our network with a self-attention

mechanism is 3% higher than that of the CVAE model measured by the F1 score. It proves that our network can fully extract the temporal features of GPS signals. The results of the other three models, which combine GPS tracks with high-resolution satellite images, are not satisfactory. To find the problem, we designed multiple sets of dropout rates to verify the effectiveness of the image feature extraction network. The results show that the network structure of the image feature extraction we selected cannot effectively extract the features for intersection regulations prediction. We need to explore new network structures to extract image features in the future.

SPATIOTEMPORAL CALIBRATION BETWEEN A HELMET MAPPING SYSTEM AND THE HOLOLENS AUGMENTED REALITY SYSTEM (OZGUN KARATAS, BETREUER: VINU KAMALASANAN, MONIKA SESTER, MARC WIELITZKA)



APPARATUS USED FOR THE WORK AND THE RESULTS FROM THE CALIBRATION SYSTEM

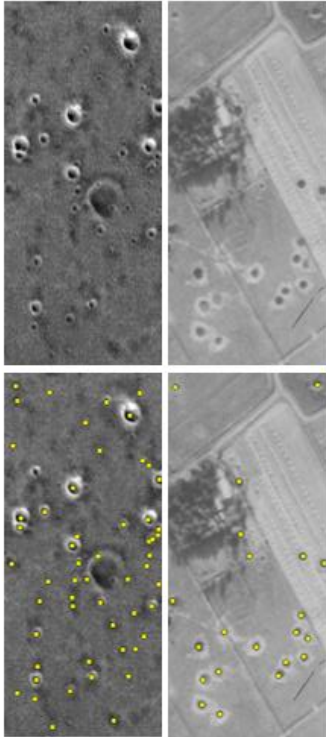
Mobile mapping systems are used to map indoor environments by utilising LIDAR sensors. These sensors when worn with a helmet via the Helmet mapping system (HMS) can also be integrated with Augmented reality (AR) devices like the HoloLens 2.

Such integration can be beneficial for real-time 3D visualisation of sensor data. To achieve an integrated system, the HMS and AR device needs to be precisely

time synchronized matching the different sensors rates running on different operating systems.

The objective of this thesis is to achieve time synchronization and rigid body transformation between a helmet-mounted mapping systems (HMS) equipped with an Xsens IMU module and an Augmented Reality (AR) system HoloLens 2. Pedestrian motion was tested to find patterns for data synchronization using human movement only.

The left figure shows the apparatus for rigid body experiment for controlled axis excitement. The picture on the right shows the results of the time synchronization applied to inertial data on the rigid body against human motion. Using a series of human and rigid body experiments carried out with a calibration board, the framework is verified for the accuracy and integrity against state-of-the-art *kalibr* calibration framework.

**MARKIERTE PUNKTPROZESSE ZUR DETEKTION VON PLANETENKRATERN IN BILDERN
(NILS CORNELIUS, BETREUER: CHRISTIAN KRUSE)**


AUSSCHNITT EINES BILDES DES MARS (OBEN LINKS) UND EINES KRIEGLUFTBILDES (OBEN RECHTS) SOWIE DAS JEWEILIGE ERGEBNIS DER AUTOMATISCHEN DETEKTION VON KRATERN, WELCHE ALS GELBE PUNKTE MARKIERT SIND (UNTEN LINKS UND UNTEN RECHTS)

Planetenkrater gehören zu den wichtigsten topografischen Merkmalen auf der Oberfläche von Planeten. So gibt es bspw. wissenschaftliche Studien zur Bestimmung des planetarischen Alters anhand von Kraterzählungen. In diesem Zusammenhang machen große, mitunter divergente Datenmengen die Notwendigkeit geeigneter automatisierter Verfahren unausweichlich.

In dieser Arbeit werden markierte Punktprozesse (MPPs) zur automatischen Detektion von planetaren Kratern in Bilddaten genutzt. Zu diesem Zweck wird eine am Institut entwickelte Methode verwendet, die zur Detektion von Bombenkratern in Luftbildern entwickelt wurde; die Übertragung auf Bilder mit planetaren Kratern wird getestet. Hierfür wurden eigenständig Datensätze herangezogen. Damit die aus den Experimenten gewonnenen Erkenntnisse möglichst repräsentativ sind, weisen die Bilder unterschiedliche Charakteristika (bspw. geometrische Auflösung, Belichtung, Kontrast, Krateranzahl) auf. Abschließend werden die Ergebnisse der genutzten Software mit denen bestehender Arbeiten verglichen.

Im Zusammenhang mit den MPPs wird das Objektmodell für die Platenkrater durch Kreise repräsentiert. Mittels stochastischem Sampling wird die wahrscheinlichste Konfiguration von Objekten innerhalb der Szene ermittelt. Jede Konfiguration wird mit einer Energiefunktion bewertet, die die Übereinstimmung mit einem

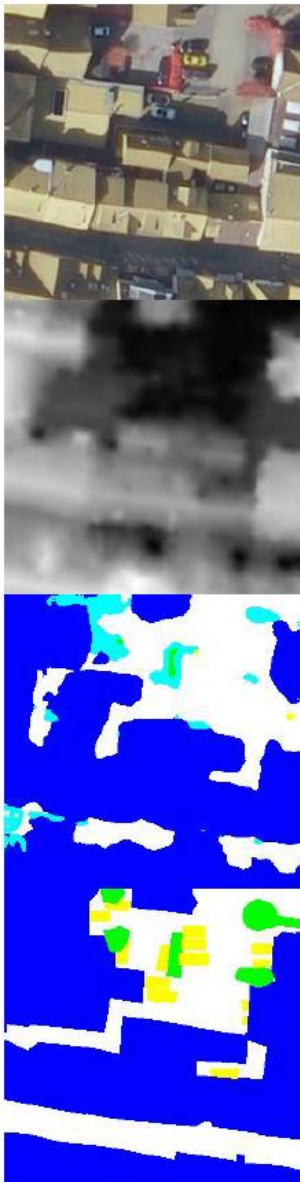
vordefinierten Modell beschreibt. Hohe Gradienten entlang der Objektränder und homogene Grauwerte innerhalb der Objekte werden bevorzugt, während Überlappungen zwischen Objekten bestraft werden. Reversible-Jump-Markov-Chain-Monte-Carlo-Sampling in Kombination mit Simulated Annealing liefert das globale Optimum der Energiefunktion.

Die Ergebnisse weisen eine große Spannweite hinsichtlich ihrer Qualität auf. Während Krater, die über kreisförmige und kontrastreiche Schattenwürfe verfügen, von der Software gut detektiert werden können, ist dies für Krater ohne oder mit nur geringem Schattenwurf i.d.R. nicht der Fall. Darüber hinaus führen Störobjekte wie Berge, Gräben, usw. häufig zu Fehldetektion, sofern diese einen vergleichsweise hohen Kontrast im Bild aufweisen. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass das MPP-Verfahren auf Basis des genutzten Modells im Vergleich zu bestehenden Methoden zur Kraterdetektion deutlich schlechter abschneidet.

MASTERARBEITEN

IMPROVING PSEUDO-LABELS FOR DOMAIN ADAPTATION TO TRAIN FULLY CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR AERIAL IMAGE CLASSIFICATION (BUERLIKE ALAI, BETREUER: DENNIS WITTICH)

The pixel-wise classification of remotely sensed images and derived data such as digital surface models plays a key role for the automated generation of maps. For the last few years, Deep Neural Networks (DNN) have been adapted to that task, surpassing the results of classical machine learning approaches in nearly all scenarios. However, DNN for the pixel-wise classification, usually in form of Fully



TRAINING EXAMPLE. THE TOP IMAGES SHOW THE FALSE COLOR IMAGE AS WELL AS THE NDSM FROM THE TARGET DOMAIN THAT THE MODEL IS SUPPOSED TO CLASSIFY. BELOW IS THE ADJUSTED PREDICTION AS WELL AS THE REFERENCE

Convolutional Neural Networks (FCNN), require a large amount of training data in order to perform well. Training on few data often leads to overfitting to the domain of the training samples. Thus, the trained models yield bad results for images from a target domain that differs a lot from the domain of the training data (source domain). One approach to counteract this problem is Domain Adaptation (DA). Here, unlabelled samples from the target domain are used to adapt the CNN trained on source domain data before inferring the labels in the target domain. One approach, rarely applied to the field of remote sensing in combination with FCNN, is based on retraining using pseudo-labels, i.e. labels that were predicted in the target domain using the classifier trained on the source domain. The idea is that by selecting correct pseudo-labels, the classifier can be improved in an iterative retraining procedure. So far, the selection is usually based on a confidence measure, e.g. the entropy of the predictions. However, publications in related domains like street scene classification have shown that additional constraints, e.g. related to the size of predicted objects, can help to improve the selection of correct pseudo-labels. The goal of this thesis was to adapt this approach for DA to the field of remote sensing. It was investigated whether an additional rule based selection or rejection of pseudo labels can improve the adaptation compared to entropy based selection of pseudo-labels. This task includes the implementation of a classification network as well as the training of this network using images corresponding to a source domain. Next, the approach for DA mentioned above has to be implemented, e.g. using entropy minimization, and meaningful rules for the refinement of the pseudo-labels have to be found. Finally, an evaluation of the method using reference data to assess and compare the applicability of these approaches to the field of remote sensing was done. Various DA scenarios, where data from one city are used to train a model (source domain) and the data from another city act as target domain were evaluated.

DEVELOPING STRATEGIES TO HANDLE IMBALANCED CLASS-DISTRIBUTION IN LAND COVER CLASSIFICATION BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (XIANGYU BAO, BETREUER: MIRJANA VOELSEN)

Land cover classification is a standard task in remote sensing, in which each image pixel is assigned a class label indicating the physical material of the object surface. Recent work has focused on Convolutional Neural Networks (CNN), delivering considerably better results than traditional classifiers. A major problem during the training process of a classifier for land cover classification is the class imbalance in the training data: in a training mini-batch, some classes may have a very large number of samples, yet others may have very few. This can prevent the CNN from learning a good representation for under-represented classes. In the context of this thesis, two strategies to handle this problem are adapted to the task of land cover classification. The first method is a modification of the loss function by a weighting factor based on the 'effective number of samples' which is computed for each class individually and used for all pixels that correspond to this class in the reference. The second method is based on over-sampling, which means that training data where under-represented classes are present is used more often than training data that includes mainly the over-represented classes. This method is used in combination with other data augmentation methods to increase the variability of the training dataset. Both methods are evaluated individually and can slightly improve the results of the baseline classifier.

DANCE SYNCHRONICITY ANALYSIS USING IMAGE-BASED HUMAN POSE ESTIMATION (CHRISTIAN BERGEN, BETREUER: AISHWARYA GUJRATHI, CHEN LIN)

For dancers it is especially important that they are perfectly synchronized. A small mistake can already ruin the overall picture. However, the analysis of synchronicity for dancing was not often computationally analyzed before. Until now, choreographers or professional dancers had to observe the dancers carefully with their perception. Since it is difficult to concentrate on many different dancers and body parts simultaneously, the checking with human vision depends largely on the concentration of checker and therefore prone to error. With the help of the 2D multi-person Human Pose Estimation (HPE), the dancers can be represented by their Key Points (KPs) and digitized, making them comparable. In this thesis, deep learning based HPE algorithms are investigated and tested for their functionality for the given application.

This main contribution of this thesis is the synchronicity analysis using the tracked human key points from human pose estimation result. This analysis is done for each image in comparing the pose of all dancers either to a chosen reference dancer or to the average pose. Errors due to the pixel height, position and badly detected KPs have been considered and corrected. Subsequently, the detected mistakes are visualized in a suitable way. Finally, a method for evaluating the dancers was then developed in order to deliver a comparable analysis of dancers across different videos or HPE algorithms. An example result is shown in Fig 1.



AN EXAMPLE OF THE ANALYSIS IN THIS THESIS. THE MIDDLE DANCER IS SELECTED AS THE REFERENCE DANCER, TO WHOM THE OTHER TWO STUDENT DANCERS ARE COMPARED. THE ARROWS IN VARIOUS COLORS SHOW THE CORRECTIONS THE STUDENT DANCERS SHOULD MAKE. NOTE, THE BOLDNESS OF THE ARROWS INDICATES THE LEVEL OF MISTAKES; THE THICKER THE ARROW IS, THE LARGER THE MISTAKE AND VICE VERSA

The solution proposed in this thesis is then tested with various scenarios and a user survey. For previously defined criteria of good sample videos, the method delivers satisfying results. It has proven to be better than professional dancers, especially for detecting small errors. The algorithm is able to detect the smallest differences and to visualize this in a suitable manner, which is even understood by beginners. In a Failure Case Analysis videos outside the previously defined criteria have also been tested and even though the algorithm is not error free, it was able to

provide good results, with up to 22 dancers in a single video. Nevertheless, the synchronicity analysis still depends highly on the chosen HPE and the quality of the video.

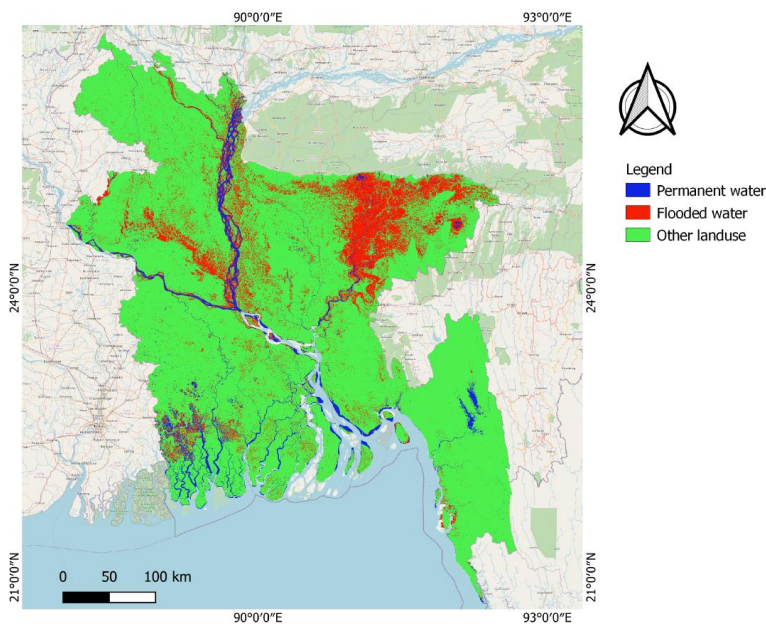
CNN-BASED UNCERTAINTY ESTIMATION FOR DENSE STEREO MATCHING USING MULTI-MODAL FEATURES (KONSTANTIN HEINRICH, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

In recent years, the ability to assess the uncertainty of depth estimates in the context of dense stereo matching has received increased attention due to its potential to detect erroneous estimates. Especially, the introduction of deep learning approaches greatly improved general performance, with feature extraction from multiple modalities proving to be highly advantageous due to the unique and different characteristics of each modality. However, most work in the literature focuses on using only mono- or bi- or rarely tri-modal input, not considering the potential effectiveness of modalities, going beyond tri-modality. To further advance the idea of combining different types of features for confidence estimation, in this work, a CNN-based approach is proposed, exploiting uncertainty cues from up to four modalities. For this purpose, a state-of-the-art local-global approach is used as baseline and extended accordingly. Additionally, a novel disparity-based modality named warped difference is presented to support uncertainty estimation at common failure cases of dense stereo matching. The general validity and improved performance of the proposed approach is demonstrated and compared against the bi-modal baseline in an evaluation on three datasets using two common dense stereo matching techniques.

MONITORING MONSOON FLOODS IN BANGLADESH USING RADAR AND OPTICAL REMOTE SENSING (MD ABDULLAH AL FAISAL, BETREUER: MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI)

Monsoon flooding is one of the greatest natural disasters in South Asia, and Bangladesh is one of the countries that suffers monsoon flooding every year. Flood frequency, severity, duration, and damage have grown in Bangladesh during the previous decades. Therefore, monitoring flood extent and assessing flood risk to the population is essential for successful flood response. In recent years, remote sensing has emerged as the most advanced technique for evaluating and mapping flood effects.

This study focused on a practical approach for monitoring floods and assessing flood-related risk to the country's population using radar and optical remote sensing data. Three years of data acquired by radar (Sentinel-1) and optical (Sentinel-2 and Landsat-8) sensors from 2018 to 2020 were used in this study. A cloud-based computational method developed in Google Earth Engine with various remote sensing imagery was utilized. Image classification techniques were used to differentiate flooded areas from other features. Sentinel-1 data are used as the base to capture the maximum extent of flood in each year. In addition, optical data are used to support the radar data in obtaining more reliable results.



FLOOD MAP OF BANGLADESH OBTAINED FROM ANALYSIS OF SENTINEL-1 IMAGES DURING THE MONSOON SEASON 2020. THE MAP INDICATES THAT AN EXTENSIVE AREA OF THE COUNTRY HAS BEEN AFFECTED BY FLOODING

The results show significant variations of areas affected by floods in different years. Using the classification results, a flood frequency map is produced to assess the risk of flood to the population of Bangladesh. The results indicate that approximately one-third of the country's land and 0.49% of the country's population suffers from the high flood risk. In comparison, around 7% of the country's land and 43.56% of the country's people are in the medium flood risk zone.

INTEGRATING GEOMETRIC KNOWLEDGE INTO DEEP LEARNING FOR DENSE STEREO MATCHING (WASEEM IQBAL, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

The reconstruction of depth information from one image pair is a classical task in photogrammetry as well as in computer vision and the minimal case of the well-known structure from motion problem. It refers to the concept that 3D structures can be recovered from the projected 2D motion field of a scene acquired with a moving sensor. A special case of this task is dense stereo matching, which determines depth for every or at least a large majority of pixels in a stereo image pair. In recent years, especially deep learning-based approaches have shown convincing results accomplishing this task. However, this kind of methods are often mainly data driven. In consequence, such methods tend to generalise badly to different sets of data and, in addition, they often learn geometrical principles from scratch, which are basically well-known. In the context of this thesis, a methodology is developed, which integrates geometric knowledge on the task of dense stereo matching into an end-to-end trainable Convolutional Neural Network (CNN). In more detail, it is investigated if the ideas of existing hand-crafted approaches can be used to improve the performance of a CNN-based method. For this purpose, two concepts are presented: the incorporation of the results of a hand-crafted matching approach as additional feature maps supplementing learned ones and the usage of such results as constraints guiding the training process. The developed concepts are examined individually as well as in combination, using three different hand-crafted approaches and two datasets showing indoor and outdoor scenes. The results of the experiments carried out show that the usage of geometric information obtained through conventional hand-crafted matching approaches can improve the depth estimation capability of a CNN-based method without increasing the computational effort or the memory footprint.

PANOPTIC SEGMENTATION ON AERIAL IMAGES IN URBAN AREA (YUAN JIE, BETREUER: CHEN LIN)

Panoptic Segmentation combines semantic segmentation and instance segmentation into one framework, in which the instances of countable interest objects (e.g., vehicles) are assigned. This thesis deals with the panoptic segmentation of aerial images in urban area. The main contribution of this thesis is twofold.

First, a semi-automatic panoptic segmentation dataset annotation workflow taking on semantic label as input is proposed. The proposed annotation workflow is applied on ISPRS 2D labeling dataset and MA dataset to produce a new panoptic segmentation dataset, i.e., PanUrban Dataset. In this new dataset, aerial images in the urban region employ building and vehicles (mainly cars) as thing class. To make the annotation as precise as possible, annotation rules are designed carefully and a necessary manual correction step is also integrated. Moreover, this dataset is compatible with other closely related tasks, namely object detection, instance segmentation, and semantic segmentation. An example image of the new dataset is shown in Figure 1.



AN EXAMPLE IMAGE IN THE PANURBAN DATASET PROPOSED IN THIS THESIS. DIFFERENT THING INSTANCES (BUILDING AND VEHICLES) ARE INDICATED BY BOUNDING BOXES IN DIFFERENT COLORS

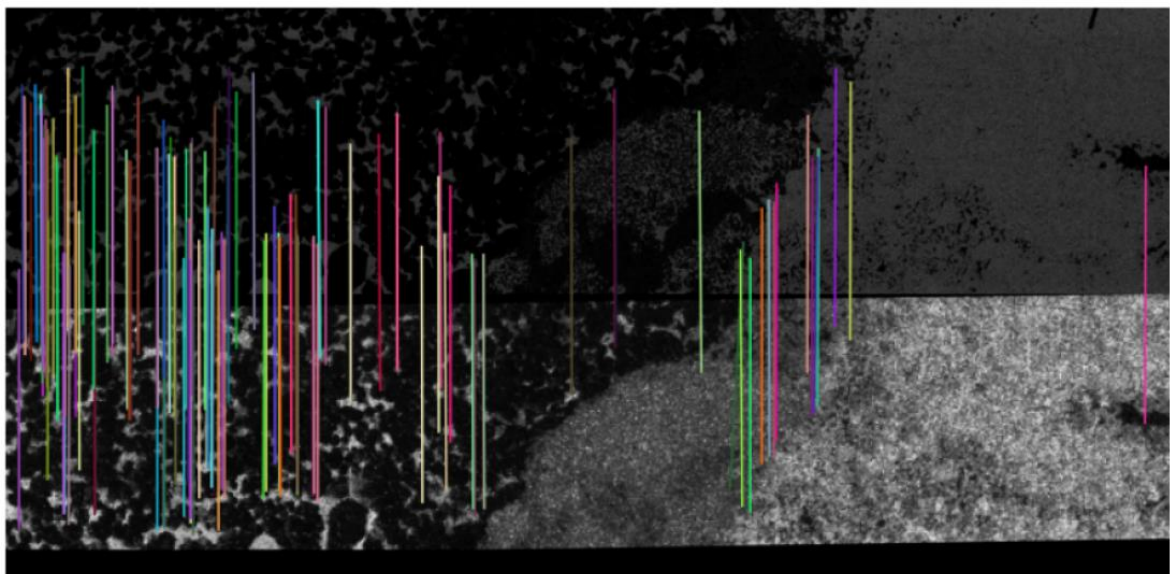
Second, a three stage framework is designed for urban area panoptic segmentation in this thesis. The framework is based on R-CNN and PanopticFPN and developed to adapt dense object distribution in urban areas. This framework also supports for rotated bounding box so the extent of buildings and vehicles can be better identified. Meanwhile, this framework combines all the sub-tasks embedded in the context of panoptic segmentation. Also, related performance evaluation criteria are analyzed and then used to assess the network trained on different subsets of the proposed dataset.

GENERIERUNG VON PROZESSPARAMETERN AUS BILDDATEN ZUM ZIEL DER AUTOMATISIERTEN EINSTELLUNG EINES AIRSEP-TRENNGERÄTS (FELIX KOCK, BETREUER: DENNIS WITTICH)

Um die Effizienz der automatischen Ernte zu steigern, werden zunehmend komplexe Maschinen eingesetzt, beispielsweise das AirSep-Trenngerät für die pneumatische Trennung von Kartoffeln und Steinen. Die Maschinen korrekt einzustellen, ist maßgeblich für das Trennergebnis, erfordert jedoch entsprechende Kenntnisse und ein hohes Maß an Aufmerksamkeit des Maschinenführers. Aus diesem Grund ist eine automatische Einstellung der Maschinenparameter erstrebenswert. Ein möglicher Ansatz liegt in der Verwendung von Kameras, welche das Trennergebnis überwachen. In Kombination mit automatischen Ansätzen der Bildinterpretation können Kenngrößen abgeleitet werden, die wiederum genutzt werden können, um die Maschinenparameter zu justieren, wodurch ein automatisches Regelungssystem entsteht. In dieser Arbeit wurde ein solches Regelungssystem für ein AirSep-Trenngerät entwickelt. Unter Verwendung von Deep Learning wurden die Bilder klassifiziert und Methoden entwickelt, um relevante Kenngrößen zu berechnen. Ein wesentlicher Aspekt lag hierbei auf dem Vergleich verschiedener Netzwerkarchitekturen und Trainingsverfahren. Ein prototypischer, regelbasierter Controller wurde entwickelt und in einem realen Versuchsaufbau der Firma Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG evaluiert.

AUTOMATIC CO-REGISTRATION OF IMAGES OF DRILL CORES FOR MINERALOGICAL ANALYSES (PINGDA LI, BETREUER: PHILIPP TRUSHEIM, DENNIS WITTICH)

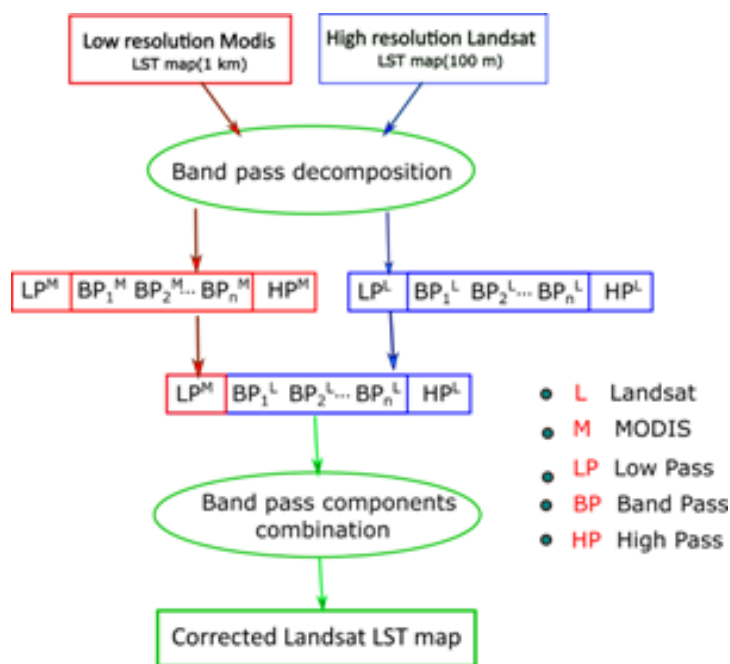
The German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR) is interested in the analysis of drill cores with the goal of finding indicators for the availability of precious metals in the sites at which the drill cores were extracted. In order to do so, images of the drill cores are taken by multiple sensors having different properties with respect to sensor geometry, geometrical resolution, radiometry and sensing principles, e.g. EDXRF, LIBS and hyperspectral sensors. These images are jointly analysed to obtain the information relevant for the BGR. The first step of this process is the geometrical coregistration of the images produced by the individual sensors so that the sensor data can be evaluated in a common reference frame. Currently, the coregistration is based on a manual selection of conjugate points, but it would be desirable to automate this step. Most of the existing methods for automatic coregistration are developed for images acquired by the same sensor, which ensures a similar appearance of local features in image pairs. This cannot be guaranteed for all channels of the sensors used at BGR so that suitable channels for which this requirement is fulfilled have to be selected before coregistration can be carried out. In this thesis an automated coregistration of the available EDXRF, LIBS and hyperspectral images of the same drill cores was developed and the accuracy that can be achieved using such a method was analysed. Because the different channels of the images correspond to different chemical compositions, suitable channels for image matching were automatically detected, respectively for each pair of images. Then, feature detection and matching was carried out. A joint estimation of the transformation parameters between all image pairs was implemented. This thesis was co-supervised by the BGR, which also provided the test data in the context of the Leibniz Research Centre GEO (FZ:GEO).



THE RESULT OF FEATURE MATCHING BY SURF BETWEEN LIBS AND EDXRF. THE UPPER IMAGE IS FROM LIBS. THE LOWER IMAGE IS FROM EDXRF

EXPLORING THERMAL ANOMALIES AROUND SALT DIAPIRS BY SATELLITE OBSERVATIONS
(SWARNALATHA PASAM, BETREUER: SANAZ VAJEDIAN)

Land Surface Temperature (LST) is an essential factor in analyzing thermal variations, global climate changes, hydrological and agricultural processes, and urban land use/land cover. This study aims to use the available satellite observations to detect temperature anomalies caused by salt's high thermal conductivity. The strong thermal conductivity between salt and surrounding sediments sometimes can result in higher heat fluxes through salt diapirs and thus increased temperatures above salt domes which could cause the movement of salt glaciers at the surface. The salt flow movement occurs at nearly average temperatures and leads to deformations because of the arid climate at Iran's salt glaciers.



A FLOWCHART REPRESENTS THE PROCESSING STEPS TO COMBINE MODIS AND LANDSAT DATA. THE COMBINATION IS APPLIED BY PERFORMING BAND PASS DECOMPOSITION ANALYSIS

information of Longitude, latitude, and LST are extracted, and a multi-temporal analysis is performed to analyze time series of LST anomalous changes. In addition to multi-temporal analysis, the velocity of temperature change is calculated using the linear regression fit on the time series. Since three different satellite observations are processed to produce LST maps with different spatial, temporal resolutions, a data integration method based on Band pass decomposition is developed by passing band passed images to combine the different data using the filtering techniques and to improve the accuracy of LST calculated from Landsat-8.

Apart from using the Optical sensors to detect thermal variations, InSAR processing is done using the SAR images acquired from Sentinel-1 to interpret the deformation analysis. For processing S-1 images and generating interferograms, GMTSAR is used. And finally, InSAR time series analysis is performed by the Small Baseline Subset Interferometry (SBAS) to monitor the deformation caused by the salt flow as a result of temperature change at the study area.

This research presents an algorithm to retrieve LST from Landsat-8 Level-1 products using the thermal infrared sensor band 10. Many formulas and methods are considered that successfully estimate the LST to help us study the thermal variations. Along with LST from Landsat-8, MODIS daily LST and Sentinel-3 daily and 10-day LST products are also processed to find the thermal anomalies of the study area. For all these three satellite observations, the data is collected from March 2017 to January 2020. For each of the satellite products, the

DOMAIN RANDOMIZATION ANHAND SYNTHETISCHER TRAININGSDATEN FÜR EINE SEMANTISCHE INSTANZ-SEGMENTIERUNG ARTIKELREINER BEHÄLTER IM BEREICH LOGISTIK (PATRICK PIRNER, BETREUER: DENNIS WITTICH)

In dieser Arbeit wurde ein Verfahren zur Generierung synthetischer Trainingsbilder unter Anwendung von Domain Randomization für eine Objektdetektion vorgestellt. Für den Anwendungsfall Bin Picking mit artikelreinen Behältern, bei dem ein Roboter ein beliebiges Objekt aus einer Box greifen soll, können Fehler in der Objektdetektion nach wie vor als eine Hauptfehlerquelle ausgemacht werden. Des Weiteren ist die Beschaffung von realen Trainingsbildern bei wechselnden Lagerartikeln und einer breiten Artikelvielfalt kosten- und zeitintensiv. Durch den Einsatz synthetischer Daten kann die Beschaffung der Trainingsbilder zu einem großen Teil automatisiert werden. Durch die Verwendung von Mask R-CNN für eine Instanz-Segmentierung werden detektierte Objekte pixelweise von anderen Objekten oder dem Hintergrund abgegrenzt. Diese Information kann die Greifplanung des Roboters gegenüber einer Prädiktion von Bounding Boxen verbessern. Es wurde untersucht, welche Auswirkungen auf die Ergebnisse der Instanz-Segmentierung durch verschiedene Randomisierungsparameter bei der Generierung der Trainingsbilder bewirkt werden. Obwohl ein Roboter bei artikelreinen Behältern ein beliebiges Objekt greifen kann, wird der Greiferfolg durch das Picken eines oberliegenden und damit nicht verdeckten Objekts erhöht. Dies schließt zudem ein versehentliches Anheben weiterer Objekte aus. Dazu wurde Mask R-CNN dementsprechend modifiziert, dass die Sichtbarkeit eines Objekts als zusätzliche Ausgabegröße prädiziert wird. Die Sichtbarkeit der synthetischen Objekte kann während der Generierung mitberechnet werden und liegt so als zusätzliche Trainingsgröße vor. Durch die Prädiktion der Sichtbarkeit können in synthetischen sowie realen Testbildern frei liegende Artikel von verdeckten unterschieden werden. Es wurde gezeigt, dass Artikel in realen Kamerabildern durch Verwendung synthetischer Trainingsbilder und Domain Randomization detektiert werden können, selbst wenn von diesen Artikeln kein synthetisches Modell für das Training vorhanden ist. Es konnte festgestellt werden, dass synthetische Trainingsartikel mit einer ähnlichen Form gegenüber den realen Testartikeln zu einer besseren Detektion führen, als die Anzahl der Modelle im Training mit beliebigen und teils komplexen 3D-Modellen zu erweitern. Durch die Prädiktion der Sichtbarkeit eines Objekts können oberliegende Objekte identifiziert und von verdeckten Objekten abgegrenzt werden, selbst wenn diese nicht als synthetisches Modell im Training vorliegen.

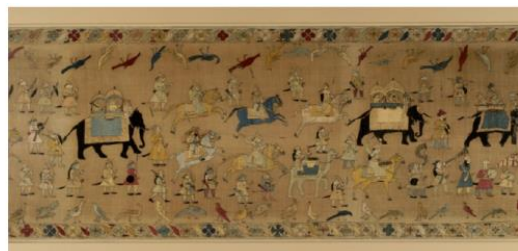
KLASSIFIKATION VON BILDERN VON SEIDENSTOFFEN UNTER EINBEZIEHUNG VON VERFAHREN DES META-LEARNING (ANNE PONICK, BETREUER: MAREIKE DOROZYNSKI, DENNIS WITTICH)

Die Einordnung von Seidenstoffen hinsichtlich ihrer Eigenschaften, wie zum Beispiel der Entstehungszeit, 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 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 Verteilung einiger Attribute, sodass für manche Klassen wesentlich weniger Beispiele vorliegen als für andere. Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde ein Ansatz zum Training eines Convolutional Neural Networks (CNN) untersucht, der das Trainieren eines CNNs für die Klassifikation von Bildern von Seidenstoffen anhand einer geringen Anzahl an Trainingsdaten behandelt mit Hilfe von Meta-Learning. Ziel des Meta-Learning im Bereich der Klassifikation ist es, im Metatraining den Algorithmus zum Lösen von mehreren Klassifikationsaufgaben zu optimieren, sodass anschließend eine neue Klassifikationsaufgabe schnell und auf Basis nur weniger Trainingsbeispiele gelernt werden kann. In dieser Arbeit wurde ein solcher Ansatz auf die Aufgabe der Klassifikation von Bildern von Seidenstoffen oder Kunstwerken übertragen und anhand von existierenden Daten getestet. Verwendet wurde hierzu der WikiArt-Datensatz sowie ein Datensatz von Seidenstoffen. Die Methode wurde hinsichtlich ihrer Eignung für das Training mit wenigen Trainingsdaten und nicht ausbalancierten Klassenverteilungen evaluiert, wobei die Evaluierung anhand der Klassifikationsgenauigkeiten für verschiedene Klassifikationsaufgaben

(d.h. die Prädiktion verschiedener Variablen) erfolgte. Die Aufgaben wurden einzeln und simultan im Sinne von Multi-Task Learning unter Nutzung eines am IPI vorliegenden



A: Tier
T: Damasttechnik
O: ?
M: Tierfaser
Z: 15. Jhd



A: ?
T: Stickarbeit
O: Indien
M: Pflanzenfaser
Z: 18. Jhd



A: Blume
T: ?
O: ?
M: Metallfaden
Z: 18. Jhd

Basisklassifikators gelöst.

BEISPIELBILDER DES SILKNOW-DATENSATZES. DIE LABELS FÜR DIE VERWENDETEN VARIABLEN ABGEBILDETES MOTIV (A), PRODUKTIONSTECHNIK (T), PRODUKTIONSORT (O), MATERIAL (M) UND ZEITSPANNE (Z) SIND JEWEILS UNTER BZW. RECHTS NEBEN DEM BILD ANGEZEIGT

UNTERSCHIEDUNG ZWISCHEN DYNAMISCHEN UND STATISCHEN BILDPUNKTEN IN EINER BILDSEQUENZ VON EINER SICH BEWEGENDEN KAMERA (JIEI SAKUMA, BETREUER: PHILIPP TRUSHEIM)



EINTEILUNG VON VERKNÜPFUNGSPUNKTEN IN STATISCHE UND DYNAMISCHE PUNKTE

Mit der Entwicklung im autonomen Fahren wird eine verlässliche Positionierung immer wichtiger. Neben den klassischen Positionierungssensoren wie GNSS-Empfängern und IMUs, werden in immer mehr Fällen auch Kameras zur Lokalisierung eingesetzt. Ein Kamerabild kann dabei sehr viele zusätzliche Informationen über die Umgebung mitliefern. Des Weiteren sind im Zuge der technischen Entwicklung viele Kameramodelle bereits

sehr günstig und leicht. Eine häufig verwendete Methode, sich mithilfe von Kamerabildern zu positionieren, ist die Bündelblockausgleichung. Hierbei geht der klassische Ansatz von einer statischen Umgebung aus. Die typische Umgebung im Straßenverkehr ist allerdings dynamisch. Daher müssen zunächst statische und dynamische Bildpunkte unterschieden werden. Hierzu wurde in dieser Arbeit eine Methodik entwickelt, welche durch ein neuronales Netz zunächst potenzielle dynamische Objekte im Bild detektiert und die entsprechenden Bildregionen markiert. Anschließend werden Verknüpfungspunkte zwischen den Bildern extrahiert und die relative Orientierung mit Verknüpfungspunkten, welche außerhalb der markierten Bereiche liegen, berechnet. Mithilfe der so berechneten Eigenbewegung werden die Verknüpfungspunkte schließlich durch Anwenden der epipolar Geometrie in dynamisch und statisch unterteilt. Die Methodik wurde auf Bildsequenzen ausgewertet, welche im Zuge des Mapathons 2020 des GRK 2159 i.c.sens aufgenommen wurden.

A COMPARATIVE STUDY OF HAND-CRAFTED AND DEEP LEARNING FEATURE BASED IMAGE MATCHING ALGORITHM (ZHIXIONG SUN, BETREUER: CHEN LIN)

Feature based image matching is widely used in the field of computer vision and plays an important role in the downstream tasks such as image orientation, camera calibration and 3D reconstruction. For more than a decade handcrafted features, such as SIFT and SURF, achieves plausible performance and therefore are widely used in these tasks. In recent years, more and more learned features are proposed and outperform handcrafted features in terms of matching performance. This work aims to have a comprehensive evaluation of the performance of handcrafted and learned features for feature matching task. In order to achieve this goal, representative methods are selected and the

imaging platform also differs from terrestrial close range to oblique aerial imaging platform.

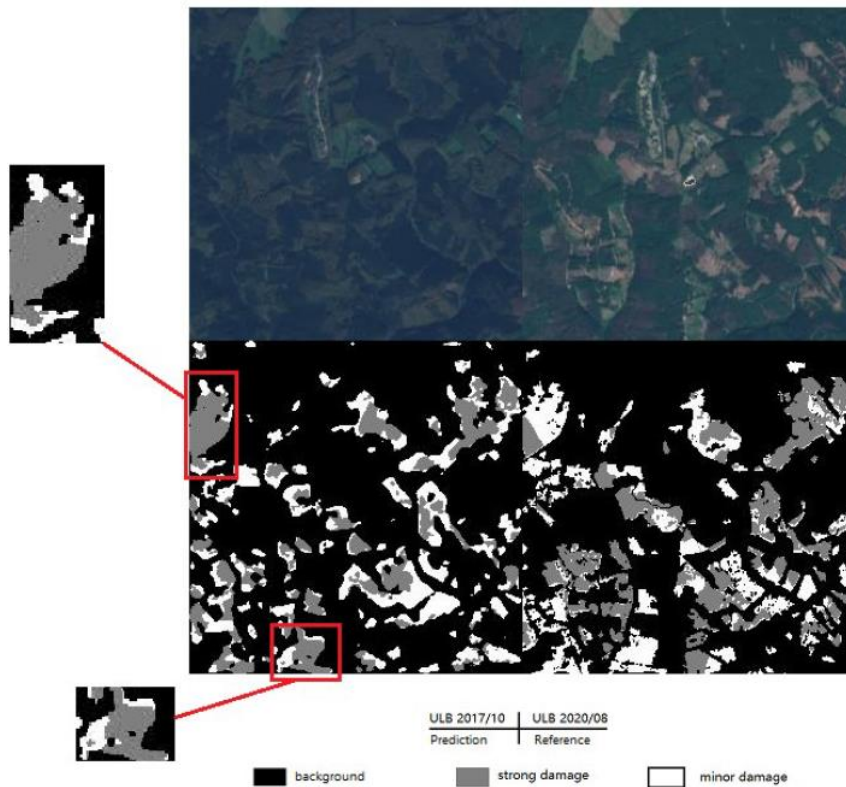
The general framework of image matching will be first discussed in this thesis, including feature point detection, orientation estimation, feature description and descriptor matching. An overview is provided, which is focusing on point detectors and feature descriptors in recent decades, involving traditional handcrafted methods and deep learning methods. In the next step, six representative methods are selected to evaluate their performance. The evaluation contains the performance of the detector and the whole matching pipeline. Among the selected methods, SIFT is a popular feature detection and description pipeline and still widely used nowadays. SURF achieves high efficiency compared to SIFT. LIFT is the first end-to-end feature extraction pipeline based on deep learning. AffNet estimates affine transformation of local features and achieves high performance in wide baseline matching. SuperPoint and CAPS proposes novel frameworks based on self- and weakly- supervision.

Different experiments are designed to compare their performance. In order to evaluate these descriptors, a method to generate a ground truth correspondences dataset is first proposed, which can generate dense ground truth correspondences of a set multi view images correctly and automatically. Based on the derived ground truth correspondences, the repeatability and precision/recall curve of different matching methods are calculated using image pairs.

In the experiments, Hessian matrix based detectors show the advantages in terms of repeatability. In texture-rich scenario, the detector of SuperPoint performs worst. LIFT obtains the lowest repeatability in the other cases. In image pairs with small viewpoint changes, CAPS descriptor based matching pipeline achieves the best AUC scores. However, in cases viewpoint changes drastically, AffNet shows its advantage against the geometry deformation. Surprisingly, most of the evaluated learned methods, includes LIFT, CAPS and SuperPoint show limited level of rotation invariance, even though rotation invariance is considered in their pipeline.

DEEP DOMAIN ADAPTATION FOR LAND COVER CLASSIFICATION OF REMOTE SENSING IMAGES (KAI TANG, BETREUER: MIRJANA VOELSEN, DENNIS WITTICH)

The pixel-wise classification of land cover plays an important role for applications such as the automated creation and update of maps. Recent work trying to solve this task has focused on fully convolutional neural networks (FCNN), delivering considerably better results than traditional classifiers such as Random Forest. However, FCNN require a large amount of labeled training data in order to perform well. While remote sensing images are increasingly available in large amounts with a high temporal resolution, there is a lack of large amounts of reliably labelled data that can be used for training. When training is done on few data the model tends to overfit to the characteristics of the domain of the training samples (source domain). This results in worse results for images from another domain (target domain) especially when the two domains differ significantly. One approach to overcome the requirement



EXEMPLARY IMAGE PAIR FROM THE TARGET DOMAIN, PREDICTIONS AND THE REFERENCE

of a large training dataset is Domain Adaptation (DA). Here, unlabeled samples from the target domain are used to adapt the FCNN classifier trained on source domain data before inferring the labels in the target domain. One approach in the literature is based on iterative retraining of the classifier using pseudo-labels, i.e. labels that were predicted in the target domain using the current state of the classifier, starting

from the parameter set obtained by training on the source domain. The idea is that by selecting correct pseudo-labels, the classifier can be improved in an iterative retraining procedure using these pseudo-labels. The selection is usually based on a confidence measure such as the entropy of the predictions. In this thesis an approach for DA was adapted to the field of land cover classification in remote sensing, i.e. for applications based on satellite images. It was investigated how the method, based on entropy minimization in the target domain, can be adapted and advanced to remote sensing images with the goal of land cover classification. An existing approach was optimized by tuning the parameters of the method and by optimising the pseudo-label selection process. The IPI provided a dataset that consist of optical satellite images from different domains which was used to evaluate how the developed method performs in different domain adaptation scenarios, which settings could be improved and which settings remain problematic.

MIXED PROBABILITY MODELS FOR ALEATORIC UNCERTAINTY ESTIMATION IN THE CONTEXT OF DENSE STEREO MATCHING (ZEYUN ZHONG, BETREUER: MAX MEHLTRETTER)

The ability to identify erroneous depth estimates is of fundamental interest. Information regarding the aleatoric uncertainty of depth estimates can be, for example, used to support the process of depth reconstruction itself. Consequently, various methods for the estimation of aleatoric uncertainty in the context of dense stereo matching have been presented in recent years, with deep learning-based approaches being particularly popular.

Among these deep learning-based methods, probabilistic strategies are increasingly attracting interest, because the estimated uncertainty can be quantified in pixels or in metric units due to the consideration of real error distributions. However, existing probabilistic methods usually assume a unimodal distribution to describe the error distribution while simply neglecting cases in real-world scenarios that could violate this assumption. To overcome this limitation, we propose two novel mixed probability models consisting of Laplacian and Uniform distributions for the task of aleatoric uncertainty estimation. In this way, we explicitly address commonly challenging regions in the context of dense stereo matching and outlier measurements, respectively. To allow a fair comparison, we adapt a common neural network architecture to investigate the effects of the different uncertainty models. In an extensive evaluation using two datasets and two common dense stereo matching methods, the proposed methods demonstrate state-of-the-art accuracy.

PROJEKTSEMINARE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

NEAR-REAL-TIME UPDATE OF INSAR TIME SERIES UNDER DIFFERENT GROUND DISPLACEMENT MODELS (IPI)

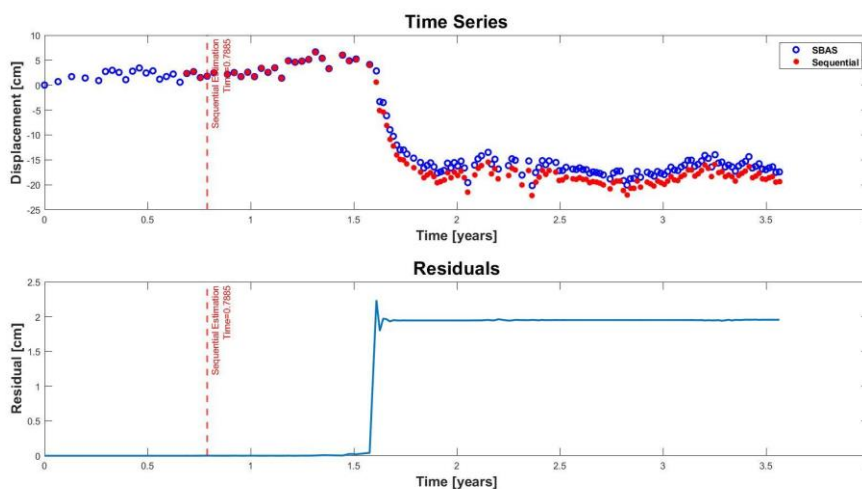
BETREUENDE: MAHMUD HAGHSHENAS HAGHIGHI, ANDREAS PITER

Spaceborne Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) is a well-established method to assess ground motion over wide areas with a millimeter to centimeter accuracy. The displacement time series of individual pixels can be derived from a stack of coregistered and unwrapped interferograms using InSAR time series methods. Nowadays, various SAR satellite missions provide new SAR acquisitions regularly and the update of the displacement time series conventionally involves a re-estimation based on all previous interferograms. However, in every update of the displacement time series the computation time increases. Considering the huge amount of SAR data available, there is a need for InSAR time series methods that reduce the computational time.

In this project seminar, the students explored different sequential estimation approaches to update the displacement time series only based on the latest observations. In a first step, an initial displacement time series was derived using the Small BAseline Subset (SBAS) time series method. In a second step, a sequential estimation using bayesian least-squares adjustment was conducted to update the time series for every new SAR acquisition.

The performance of the sequential estimation was evaluated with respect to the conventional SBAS method. Therefore, experiments were conducted using 4 years of Sentinel-1 data for the active volcanic area at Galapagos Islands. Different displacement behaviour is present at the volcanic island. The sequential method was found to perform well for linear displacement behaviour, but showed higher difference to the results from the conventional SBAS method at pixels with an abrupt change in the time series due to volcanic eruptions.

Studierende: Akilesh Munirathinam, Arpetha Chikkamavathur Sreekantaiah, Aswin La, Denny Shaji, Jeeva Gheevarghese, Rahul Chandra



EINFLUSS VON LKW AUF MULTI-GNSS SIGNALE FÜR DIE POSITIONIERUNG VON AUTONOMEN FAHRZEUGEN

BETREUENDE: LUCY ICKING, JOHANNES KRÖGER

Die Positionierung eines Fahrzeugs für das autonome Fahren, auch in schwieriger Umgebung, ist ein wichtiger Bestandteil für die Navigation, Geschwindigkeitsüberwachung und Routenüberwachung. Dabei ist für die absolute Positionierung die Verwendung von GNSS-Signalen unabdingbar.

Eine schwierige Umgebung, die es zu untersuchen gilt, ist die direkte Nähe eines LKWs oder eines Autos zur Antenne, da es hier zu Störungen (Diffraktion, Reflektion) oder sogar Unterbrechungen des Signals (NLOS) kommen kann.

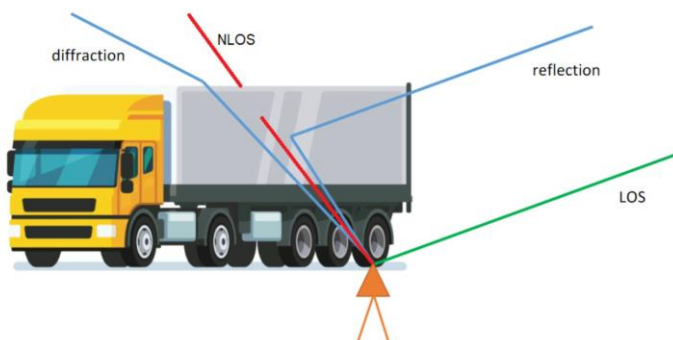


AUFBAU DER MESSUNG ZUR UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES EINES LKWs AUF MULTI-GNSS SIGNALE

Um diese Situation unter realen Bedingungen zu untersuchen, wurde im Rahmen des Projektseminars eine statische Messung von den vier Studierenden selbstständig geplant und durchgeführt. Dabei wurde ein typisches Szenario zwischen LKW und PKW auf einer städtischen Straße simuliert, sodass die Antenne auf dem Auto einen Abstand von 1,50 m zum LKW aufwies.

Neben der zweistündigen GNSS-Messung wurden ebenfalls die relative Geometrie zwischen LKW und Antenne mittels tachymetrischer Messungen bestimmt.

Mithilfe dieser Daten wurden anschließend detaillierte Analysen von geblockten, gebeugten oder reflektierten Signalen durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass die relative Geometrie inklusive der Antennenhöhe einen wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der beeinflussten Signale hat. Außerdem konnten die Studierenden herausfinden, dass eine Positionierung mit nur direkten (LOS) GPS-



BEISPIELE VON DIREKTEN UND BEEINFLUSSTEN SIGNALEN BEI VERWENDUNG EINES LKW-MODELLS

Signalen in den meisten Epochen nicht möglich ist. Werden allerdings die Beobachtungen weiterer GNSS, wie Galileo, Glonass und Beidou, verwendet, könnten die detektierten, nicht direkten Signale vor der Berechnung einer Positionslösung ausgeschlossen werden. Somit kann die Güte der Lösung verbessert werden.

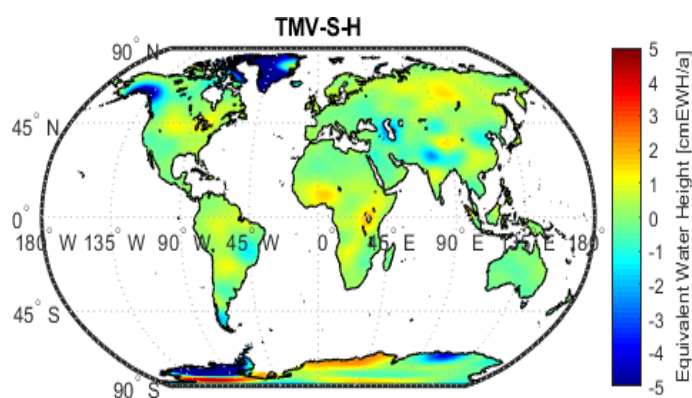
Studierende: Jana Berkel, Timo Kaminski, Leon Kindervater, Piravinth Srithar

INFLUENCE OF THE GIA EFFECT AND HYDROLOGICAL PROCESSES ON GLOBAL MASS VARIATIONS DERIVED FROM GRACE AND GRACE-FO MISSIONS

BETREUENDE: AKBAR SHABANLOUI, IGOR KOCH, MATHIAS DUWE, JAKOB FLURY

Die Massen der Erde sind in permanenter Bewegung. Neben terrestrischen Messungen können die Variationen auch global, zum Beispiel mit Satellitenschwerefeldmissionen wie GRACE und GRACE-FO, beobachtet werden. Die gesamten Massenumverteilungen (totalen Massenvariationen, TMV) werden durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Diese werden zu AOHIS (A = Atmosphäre, O = Ozean, H = Hydrologie, I = Eis, S = feste Erde) zusammengefasst. In diesem Projektseminar werden die TMV, abgeleitet aus Satellitenbeobachtungen, mit Modellen einzelner Bestandteile von AOHIS angenähert und die resultierenden Abweichungen beurteilt. In den Monatslösungen von GRACE (die vom IfE vorprozessiert und bereitgestellt werden) sind die Anteile des Ozeans und der Atmosphäre der TMV bereits modelliert und eliminiert. Dementsprechend bleiben die drei Komponenten Eis, feste Erde und Hydrologie übrig, wobei Veränderungen des Eises nicht modelliert werden können. Somit wird vorrangig auf die Hydrologie und die feste Erde eingegangen. Zunächst müssen die als sphärisch harmonische Kugelfunktionskoeffizienten gegebenen Monatslösungen in besser interpretierbare äquivalente Wasserhöhen (EWH) mit einer räumlichen Auflösung von $1^\circ \times 1^\circ$ umgerechnet werden. Dafür sind mehrere Verarbeitungsschritte notwendig. Diese umfassen unter anderem die Dekorrelation der Kugelfunktionskoeffizienten sowie die Glättung von systematischen Effekten. Dabei ist die Wahl geeigneter Filter entscheidend, um ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis zu erlangen. Die besten Ergebnisse zeigte das DDK2-Filter und wird für alle weiteren Berechnung verwendet.

Den größten Einfluss auf Veränderung der festen Erde haben die Glazialen Isostatischen Ausgleichsprozesse (GIA). Durch die



EDIE RESIDUEN NACH ABZUG DER MODELLIERTEN GIA UND HYDROLOGIE

Eismassen in der letzten Eiszeit wurde die Erde in einigen Regionen eingedrückt. Mit der jetzigen Warmzeit sind die meisten Eismassen geschmolzen und die Massen liegen nicht mehr auf der Erde. Deshalb gibt es Ausgleichsprozesse, in der die Erde ihre alte Form wieder annimmt, was als Landhebung und Massenzunahme messbar ist. Eine Möglichkeit zur Modellierung des GIA-

Effektes ist die Open-Source-Software SELEN von Giorgio Spada. Mit dieser kann global der GIA-Effekt in einem kleinen Gitter bestimmt werden. Auch diese Ergebnisse liegen als sphärisch harmonische Kugelfunktionskoeffizienten vor und werden in EWH umgerechnet, um diese später mit den TMV zu vergleichen. Die Hydrologie stellt die Wasserzyklen auf und in Landflächen dar. In einzelnen Schichten des

Bodens und darüber werden sich ständig wandelnde Wasservorkommen gespeichert. Abschließend wurden die TMV mit den Modellen verglichen. In der Theorie sollte nach Abzug aller Modelle kein Massenvariationssignal mehr vorhanden sein, beziehungsweise in diesem Fall nur noch die Veränderungen der nicht-modellierten Eis-Komponente. Jedoch wird in diesem Projekt festgestellt, dass geringe Restsignale bestehen bleiben, die, aufgrund ihrer geografischen Lage, nicht mit der Eis-Komponente erklärt werden können. Dementsprechend kann von Ungenauigkeiten in den bestimmten TMV aus den GRACE(-FO) Daten oder Modellfehlern ausgegangen werden. Ein großer Anteil ist der Hydrologie zuzuweisen, da sich hier in erster Linie auf die saisonalen Effekte konzentriert wird und es kein einheitlich globales Modell gibt.

Studierende: Nina Fletling, Klarissa Lachmann, Marvin Scherff, Weronika Szczepaniec, Nils Talle, Sarah Weber

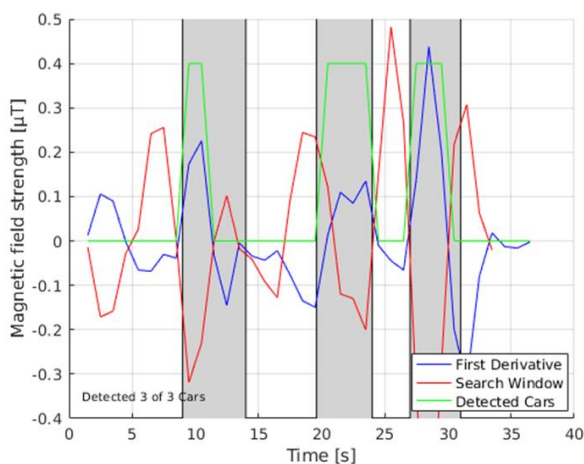
RIDE VIBRATIONS - ERKENNUNG UND KARTIERUNG VON FAHRZEUGEN UNTER VERWENDUNG EINES SMARTPHONE-MAGNETOMETERS (IKG)
BETREUENDE: UDO FEUERHAKE, OSKAR WAGE, JENS GOLZE

Auf Grund verschiedener Bedürfnisse wird eine Navigation speziell für Fahrradfahrende immer notwendiger. Zu diesen Bedürfnissen gehören unter anderen die Aspekte „Sicherheit“ und „Komfort“. Die Fahrerinnen und Fahrer sollen selbst entscheiden können, ob sie eine schnelle, aber von vielen Fahrzeugen befahrene Route oder eine langsamere, aber weniger überfüllte Route bevorzugen.

Für eine solche Entscheidung müssen die verschiedenen Straßen und Radwege mit einem „Komfort-“ und „Sicherheitsfaktor“ versehen werden. Während der „Komfort“ bereits in vorangegangenen Projektseminaren bearbeitet worden ist, zielt dieses Projekt auf die Bestimmung eines "Sicherheitsfaktors" ab. Zu diesem Zweck werden mit Hilfe eines Crowd-Sensing-Ansatzes und unter Verwendung von günstiger und mobiler Sensorik (verbaut in einem Smartphone) Fahrzeuge im Straßenbereich erkannt und kartiert.

Zur Identifikation der Fahrzeuge werden die Magnetometerdaten des Smartphones genutzt. Hierzu ist der Algorithmus von Arab und Nadeem (2017) modifiziert worden, der die Koordinaten der detektierten Autos liefert. Da die Koordinaten GNSS-bedingt nur recht ungenau ermittelt werden können, werden sie auf die nächste Straße projiziert. Dieses erlaubt eine Aggregation der Fahrzeugdetektionen auf Straßenebene. So kann bespw. die Dichte der Fahrzeuge je Straßenabschnitt ermittelt werden, welche dann als ein „Sicherheitsfaktor“ berücksichtigt werden kann.

Abschließend werden die Ergebnisse der Messungen auf einer webbasierten Karte visualisiert. Diese zeigt neben der Fahrzeugdichte auch eine Näherung für die Entfernung zwischen dem Fahrrad und den Fahrzeugen.



LINKS: DIE DETEKTION DER FAHRZEUGE BASIERT AUF DEN MAGNETOMETER-DATEN DES SMARTPHONES.
RECHTS: IN EINER KARTE WERDEN DIE FAHRZEUGE INDIVIDUELL UND AGGREGIERT DARGESTELLT.

Studierende: Finn Boie, Abdelrahman Gamaleldin, Ismail Genctürk, Dennis Mußnug

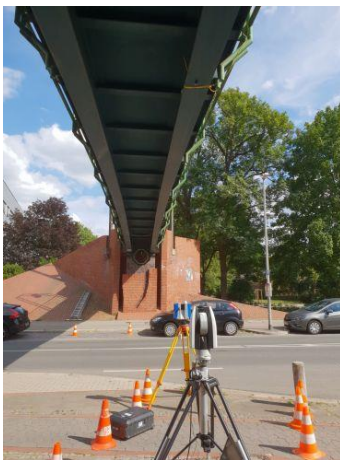
KINEMATIC MONITORING OF BRIDGE STRUCTURES (GIH)
BETREUENDE: MOHAMMAD OMIDALIZARANDI

The goal of this project seminar is to perform kinematic deformation of bridge structures by inspecting the dynamic characteristics such as natural frequencies, mode shapes and damping ratios coefficients, which changes over time due to traffic or weather. Unless dealt with, these deformations can lead to safety risks and construction costs that are unwarranted. To perform deformation monitoring, three sensors namely Micro-Electro-Mechanical-Systems (MEMS) accelerometer, Image Associated Total Station (IATS) as well as laser tracker, for a validation purpose, have been utilized.

Due to the increasing popularity of high-resolution, cost-effective, and widely available MEMS accelerometers, the need for cost-effective, high-quality, and long-term monitoring has become more prevalent. Moreover, estimation process is challenging when the data is contaminated with high coloured noise due to the cost-effectiveness of the data. A well-known covariance driven stochastic subspace identification (SSI-COV) approach is applied to estimate eigenfrequencies and damping ratio coefficients.

IATS is a surveying instrument used to measure distances and angles, while simultaneously taking images/videos. It is composed of overview camera and telescope camera with total station functionality. The laser tracker measures the target's three-dimensional position with an accuracy level of a submillimetre depending on the distance to the object.

Multi rate Extended Kalman Filter (EKF) is applied to combine IATS displacement data and MEMS acceleration data. For short- and long-term monitoring of the Mensa footbridge, the fusion of MEMS acceleration and IATS displacement data gives a practical solution. It further allows increasing frequency band based on the high frequency values of MEMS and low frequency values of IATS data. In addition, use of IATS displacement data enables to minimize the displacement drift derived from double integration of the MEMS accelerometers.



KINEMATIC DEFORMATION MONITORING OF THE MENSA FOOTBRIDGE USING MEMS, IATS, AND LASER TRACKER

Studierende: Siddique Baloch, Gurpreet Singh, Krunal Dave, Santanu Kar, Jalil Ahmed Baloch, Mohd Adeb Khan, Sai Krishna Mergu

WIND ENERGY AND COMMUNITY ACCEPTANCE IN RURAL DEVELOPMENT (GIH)
 BETREUENDE: KWABENA ASIAMA

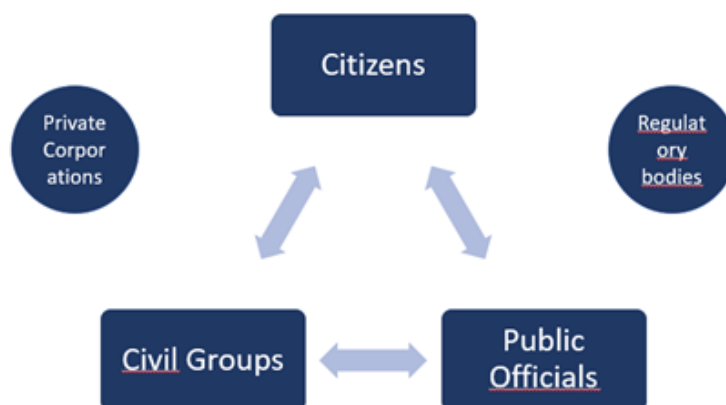
The concern for climate change and reduction objective of carbon dioxide emission has resulted to the current state of strong support for the development of renewable energy sources. “Of the renewable energy options, wind energy is considered as one of the most technologically viable and cost-effective options” (Morthorst & Chandler, 2004 in McLaren Loring, 2007:2648).

However, the erection of wind turbines is often found to significantly interfere with the existing landscape and could polarize the stance for and against the wind energy developments, especially in the local context. These groups with varying interests and expectations on the project are referred to as local citizens, land owners, stakeholder and some Governments officials.

This project seminar a framework for determining the level of good governance and community acceptance in the development of wind energy was developed from literature. The model comprised two mains factors of good governance – transparency and public participation, as well as an analysis of the community benefits, social, economic, and environmental effects to the community, as well as a stakeholder analysis to determine the bounds of the parties involved in the project – directly and indirectly. This framework was tested with the three main stakeholder groups in a wind energy development project – the citizens, civil groups, public officials as well as the wind development companies.

Using a case study of a local wind development project in Hannover, data was collected through semi-structured interviews, and analysed through text coding. The results found that although public participation was high in the assessed projects, the understanding of the environmental impacts of the project in the communities was low. The results further found that though there were economic (financial) benefits in the community, respondents were not open to talking about these. However, the community acceptance of wind energy was seen to rest mostly on these benefits, and less on governance of the process.

Studierende: Harmik Singh Bali, Hafiz Shahzad, Leon Siebert, Lukas Kohlrautz, Rahul Chandra, Waqas Munawar

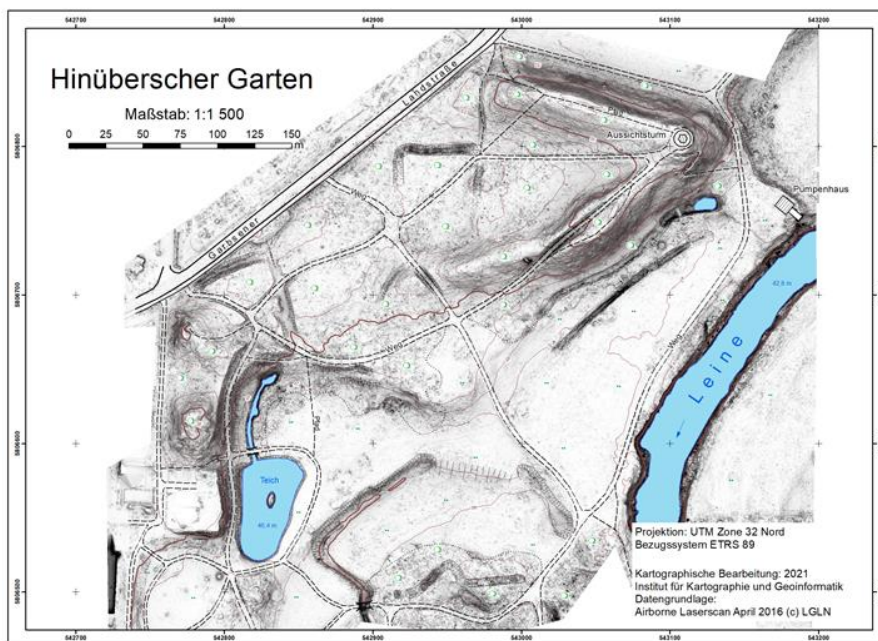


Stakeholders in a Wind Energy Development engaged in the Project Seminar

PRAXISPROJEKTE IM STUDIENGANG GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK

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

Auch dieses Jahr fand das Praxisprojekt im Home-Office mit zwei Feldbegehungen im Hinüberschen Garten in Marienwerder statt. Der historische Landschaftsgarten wurde anhand der Airborne-Laserscanning-Daten aus dem Jahre 2016 kartiert. Die 14 Studierenden der Geodäsie und Geoinformatik bearbeiteten jeweils das gleiche Gebiet. Zunächst wurde aus der ALS-Punktwolke ein digitales Geländemodell mit 0,25 m Auflösung berechnet. Dieses wurde anschließend mittels verschiedener Schummerungstechniken, wie z.B. Schräglichtschummerung, Auflichtschummerung, 3-Richtungsschummerung und Sky-View-Faktor sowie mit Höhenlinien visualisiert. Bei einer ersten Feldbegehung in kleinen Gruppen wurden die, in den Visualisierungen sichtbar gemachten Geländestrukturen im Feld interpretiert. Anschließend wurden anhand dieser Visualisierungen die topographischen Objekte wie Wege, Gräben und Böschungen kartiert. Dabei haben die Studierenden die Stärken und Schwächen der verschiedenen Geländevisualisierungen an einem praktischen Beispiel erfahren. Nach Fertigstellung des Höhenlinienplans fanden Feldvergleiche statt, um die Kartierungen mit der realen Gegebenheit abzugleichen und ggf. nachzubessern.



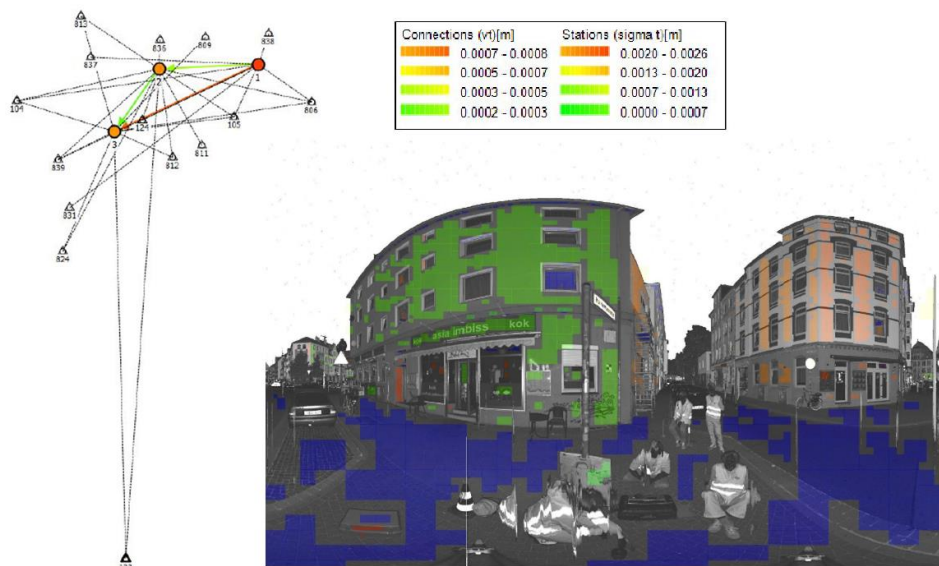
KARTE MIT SKY-VIEW-FAKTOR VOM NORDTEIL DES HINÜBERSCHEN GARTENS

Studierende: Paulina Becker, Finn Brand, Gädje Geffert, Kamiel-Karl Heidberg, Moritz Jüngling, Katharina Krafft, Alexander Möllers, Lukas Rachner, Laura Schäfer, Vincent Tassotto, Nils Ullrich, Felix Waldmann, Kevin Wasilewski

PRAXISPROJEKT INGENIEURGEODÄSIE (GIH), BETREUER: JULIA MAINZ, ARMAN KHAMI, JENS HARTMANN

Am Praxisprojekt „Ingenieurgeodäsie“ in 2021 haben elf Studierende aus dem 4. Bachelorsemester teilgenommen. Die Messungen und Auswertungen fanden im Zeitraum vom 19. - 30.07.2021 statt. Die örtliche Durchführung erfolgte im Prinzengarten und in den angrenzenden Straßen von Hannovers Nordstadt. Ein wesentlicher Aspekt war die Vermittlung der gesamten Prozesskette Ingenieurgeodätischer Arbeiten. Dabei wurden Teilarbeitspakete definiert, welche die Vorplanung, die Messung, die Datenprozessierung und die abschließende Bewertung umfassten. Die Bearbeitung durch die Studierenden erfolgt in drei Gruppen.

Das vorgegebene Hauptziel war die Schaffung einer 3D-Referenzpunktswolke, welche eine möglichst detaillierte Aufnahme der Straßenzüge umfasst. Die Aufnahme erfolgte in mehreren statischen Laserscans mit dem Z+F IMAGER 5016. Für die Verknüpfung und Georeferenzierung der einzelnen Laserscans wurde zunächst ein Netz von Referenzpunkten geschaffen. Hierzu erfolgten tachymetrische Netzmessungen sowie Präzisionsnivelements. Im Rahmen einer 3D-Netzausgleichung wurden die Koordinaten der Referenzpunkte berechnet. Die Georeferenzierung der Einzelscans erfolgt mit der Software Scantra der Firma Technet GmbH. Basierend auf den Referenzpunkten und Ebenen, welche in den unterschiedlichen Laserscans detektiert wurden, erfolgte die Georeferenzierung und Verknüpfung der 3D-Gesamtpunktswolke, siehe Abbildung. Hier konnte eine Genauigkeit von ($\leq 5 \text{ mm}$) erreicht werden. Die abschließende Auswertung und Vorstellung der Ergebnisse erfolgte online. Das Resümee aller Beteiligten war sehr positiv, bei besten Wetterbedingungen konnten viele praktischen Elemente erlernt bzw. vertieft werden. Besonderer Dank gilt der Firma Technet GmbH, welche dankenswerterweise die Software Scantra kostenfrei zur Verfügung stellte.



GEOREFERENZIERUNG DER EINZELNEN SCANS IN SCANTRA, LINKS NETZ MIT REFERENZPUNKTEN, RECHTE SEITE DETEKTIERE EBENEN (GRÜN UND BLAU)

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

PRAXISPROJEKT LANDESVERMESSUNG (IFE), BETREUER: YANNICK BREVA,
JOHANNES KRÖGER

Das diesjährige Praxisprojekt Landesvermessung fand wie bereits letztes Jahr in der Leibniz Universität Hannover sowie den umliegenden Parkanlagen statt. Dabei haben die 11 Studierenden des 6. Bachelorsemesters verschiedene Forschungsfragen aus dem Bereich der GNSS-Positionierung analysiert. In der ersten Woche des Projekts wurden die erforderlichen Messdaten von den Studierenden selbstständig erhoben, sodass diese in der zweiten Woche im Homeoffice ausgewertet und detailliert analysiert werden konnten. Die Ergebnisse sind in einem Abschlussbericht zusammengefasst und am 30.07.2021 vor einem Fachpublikum in einer Online-Präsentation vorgestellt worden.



**MESSUNG DER NULLBASIS-LINE
UNTER HERAUSFORDERNDEN
BEDINGUNGEN**

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

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-Messungen einer Nullbasislinie unter herausfordernden Bedingungen (viel Abschattung durch Bäume und Gebäude, siehe Foto) analysiert, um die Performance eines Low-Cost-

Empfängers und eines geodätischen Empfängers zu vergleichen. 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 Hannover gemessen. Um Deformationen zu simulieren, ist eine Antenne mittels eines speziellen Höhenadapters kontinuierlich gesenkt worden. 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 drei Stunden konnten keine signifikanten Genauigkeitssteigerungen mit Verlängerung der Sessionlänge erzielt werden.

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

STUDENTISCHES FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSPROJEKT IM STUDIENGANG NAVIGATION UND UMWELTROBOTIK

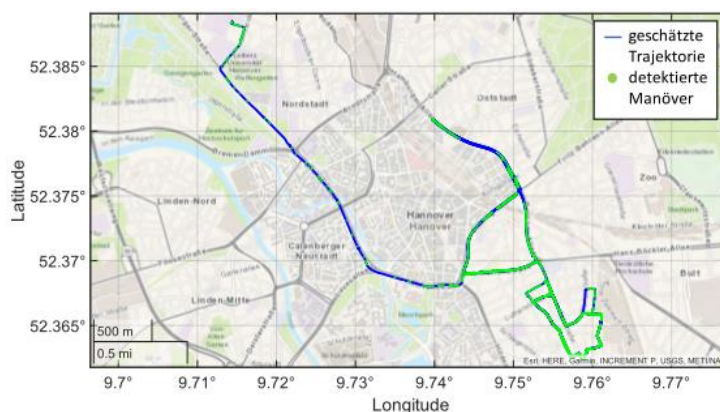
OPTIMIERUNG EINER FAHRZEUGNAVIGATION IM URBANEN GEBIET MITTELS MANÖVERDETEKTION UND EINEM SWITCHING-MODEL ANSATZ (IFE)

BETREUER: DENNIS KULEMANN

Im studentischen Forschungs- und Entwicklungsprojekt (FuE) des Instituts für Erdmessung beschäftigte sich im Sommersemester 2021 ein Studierender mit der Implementierung eines Switching-Model Ansatzes in einem linearisierten Kalman-Filter (LKF). Dieser Ansatz entscheidet anhand eines Hypothesentest, ob ein Manöver vorliegt und wählt dann ein entsprechend implementiertes Bewegungsmodell aus. Die Manöver zwischen denen unterschieden wird sind die Geradeausfahrt und die Kurvenfahrt entlang einer urbanen Trajektorie in Hannovers Südstadt. Für die Geradeausfahrt wird hierbei ein Constant Velocity (CV) - Modell und für die Kurvenfahrten ein Constant Acceleration (CA) - Modell verwendet.

Es zeigt sich, dass sich durch die Verwendung des Switching-Model Ansatzes nur geringfügige Verbesserungen im Vergleich zur reinen Nutzung des CV-Modells ergeben. Die Nutzung eines Hypothesentests zur Manöverdetektion ist nur bedingt geeignet, da besonders im urbanen Gebiet noch viele weitere Faktoren - wie Signalabschattung und Mehrwegeeffekte - einen Einfluss auf die Beobachtungen haben. Weiterhin wird gezeigt, dass große Unterschiede zwischen geodätischen GNSS-Empfängern und hoch-sensitiven Empfängern bestehen. So werden bei der Nutzung eines hoch-sensitiven Empfängers deutlich mehr Manöver erkannt. Aufgrund der vielen abgeschatteten Signale und Mehrwegeeffekte treten diese Manöver aber häufig an falschen Stellen auf und nicht zwingend - wie zuvor erwartet - in den Kurven. Eine Verbesserung kann möglicherweise durch die Hinzunahme einer inertialen Messeinheit (IMU) erreicht werden, indem im LKF der Steuereingangsvektor modelliert wird. Zudem ist es hilfreich, die Messrate der GNSS-Empfänger von 1Hz auf 10Hz zu erhöhen, damit auch die kurzzeitigen Dynamikänderungen in Kurven erfasst werden.

Studierender: André Dehus



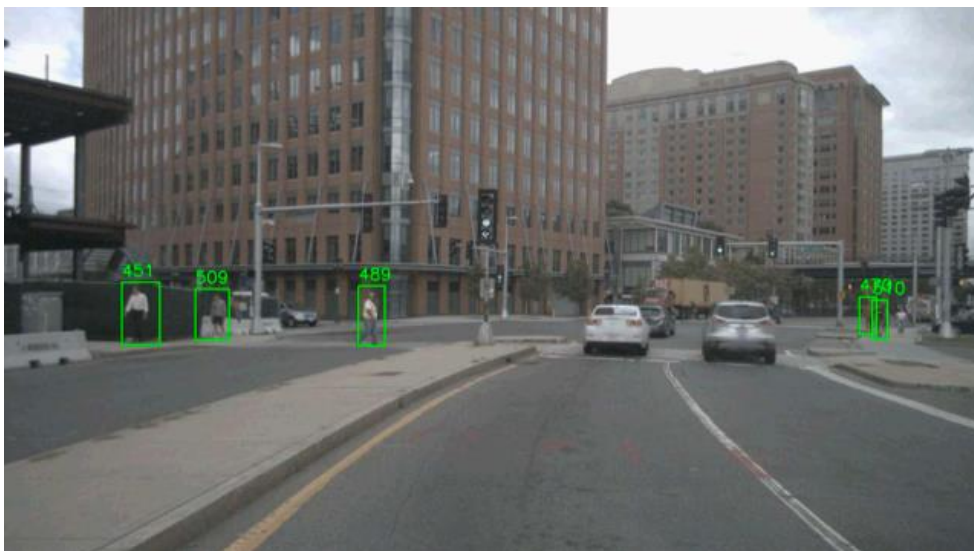
DETEKTIERTE MANÖVER (GRÜN) ENTLANG DER TRAJEKTORIE (BLAU), NUTZUNG EINES HOCH-SENSITIVEN EMPFÄNGERS

MULTI-OBJECT TRACKING (IKG)

BETREUER: STEFFEN BUSCH

Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes wurde sich mit Methoden zum Multi Object Tracking in Kamerabildern befasst. Es wurde recherchiert, mit welchen Ansätzen sich State-of-the-Art Ergebnisse auf dem Gebiet erzielen lassen und wie diese entsprechend implementiert sind. Aus den bei der Recherche gefundenen Arbeiten wurde die Arbeit Joint object detection and multi-object tracking with graph neural networks von Wang et. al. für eine weitergehende Analyse ausgewählt. Die Vor- und Nachteile eines graphbasierten Verfahrens zum Multi Object Tracking wurden betrachtet und der Aufbau des zugrunde liegenden neuronalen Netzes analysiert. Die bestehende PyTorch Implementierung mit auf dem MOT Datensatz vortrainierten Gewichten wurde genutzt, um die Ergebnisse aus dem Paper nachzuvollziehen und weitere Experimente durchzuführen. Hierzu wurden Daten mit unterschiedlicher Framerate und Kameraperspektive ausgewählt und die Performance des Netzes auf Grundlage dieser Daten analysiert, um spezielle Charakteristika sowie Stärken und Schwächen des Ansatzes herauszufinden. Zusätzlich wurden Experimente mit dem nuScenes Datensatz durchgeführt. Bei der Analyse des Netzes kristallisierte sich die Umsetzung des Embedding Head als besonders beachtenswert heraus. Aus diesem Grund wurde ein eigenes Netzwerk in Anlehnung an die aufgezeigte Herangehensweise in Pytorch implementiert und mit Daten aus dem MOT Datensatz trainiert. Die Ergebnisse dieses Embedding Netzwerkes wurden analysiert und Schwächen sowie Verbesserungsmöglichkeiten des Netzwerkes sowie der Trainingsmethode aufgezeigt.

Studierender: Christian Grannemann



GETRACKTE FUßGÄNGER IN EINER BEWEGTEN FAHRZEUGSSZENE

AUS DER GESELLSCHAFT

BERICHT ÜBER DIE MITGLIEDERVERSAMMLUNG DER GESELLSCHAFT

Der Vorsitzende Jürgen Rüffer eröffnet die Mitgliederversammlung für 2020 und 2021 am 16.11.2021 um 17:03 und begrüßt die anwesenden Teilnehmer (insg. 30) Es wird die ordnungsgemäße Einladung und Beschlussfähigkeit festgestellt.

Die Versammlung gedenkt der verstorbenen Mitglieder der beiden zurückliegenden Geschäftsjahre:

	Eintritt	Verstorben am:
Winfried Meyer	01.01.1962	13.09.2019
Günter Schuchardt	01.01.1962	18.12.2019
Henry Meinschien	01.01.1980	17.01.2020
Harald Lucht	01.01.1962	18.02.2020
Dieter Paul	01.01.1966	30.11.2020
Rolf Petermann	01.01.1960	19.07.2021

Am 16. November 2021 hat die Förderergesellschaft gemeinsam mit der Leibniz Universitätsgesellschaft e.V. Herrn Andreas Piter, M. Sc., den mit 2000,- € dotierten Walter-Großmann-Preis 2021 verliehen. Dies ist eine Anerkennung seiner wissenschaftlichen Arbeit "Spatiotemporal Functional Data Analysis of Helsinki's Bike Sharing System" und der publizistischen Darstellung "Bike Sharing aus neuer Perspektive – was die Daten uns verraten".

Herr Rüffer berichtet von den Aktivitäten des Vorstandes seit der letzten Mitgliederversammlung 2019:

- 5 Vorstandssitzungen
- 4 Sitzungen des erweiterten Vorstands
- Vorbereitung Speed-Dating mit 13 Zusagen von Firmen und Organisationen für Mai 2020
- Teilnahme an ca. 9 Sitzungen der PR-Kommission seit Herbst 2020
- 11+2 Newsletter der Förderergesellschaft
- Arbeitsvertrag mit Christine Bödeker für Tätigkeiten der Geschäftsstelle
- Verabredung einer Förderung durch die Nico-Rüpke-Stiftung Hamburg (Prof. Dr. Erich Kanngieser)
- Einholen eines Grafik-Angebots für Logo (1.125€) und Flyer (600,-€)
- Zusage über finanzielle Förderung für einjährige Hiwi-Stelle für Initiative der Berufsverbände zur #weltvermesserer-Kampagne (auf Initiative von Prof. Winrich Voß)

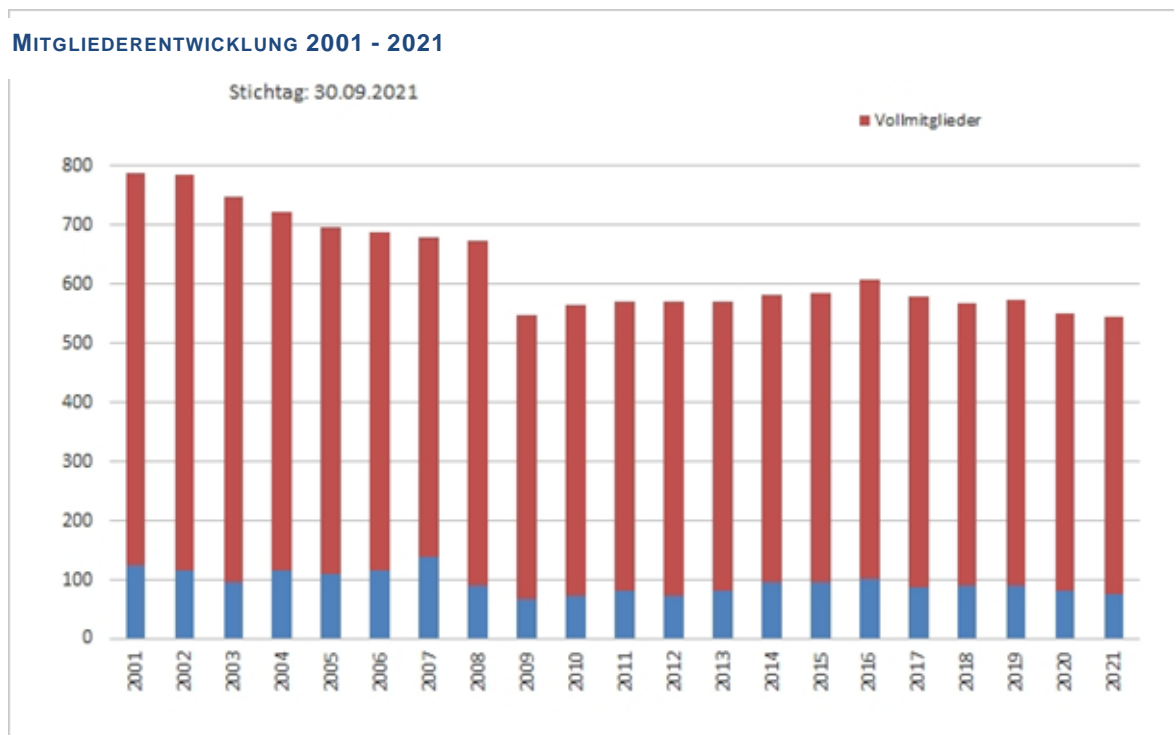
MITGLIEDEREHRUNGEN

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

Herr Joachim Behrens
 Herr Jörn-Ulrich Bockwoldt
 Herr Dietrich Gauß
 Herr Ernst-Dietrich Hoffmeister
 Herr Helmut Schmalgemeier
 Herr Rolf Ueberholz
 Herr Helmut Wissel

MITGLIEDERENTWICKLUNG

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



Laut Bestandsverzeichnis der Schatzmeisterin vom Oktober 2021 besteht die Gesellschaft aus 544 Mitgliedern: 467 Vollzahler und 77 Studenten und Vermessungsreferendare. Im Oktober 2020 waren es 552 Mitglieder: 471 Vollzahler und 81 Studenten und Vermessungsreferendare.

KASSENBERICHT

Anette Rietdorf stellt den Kassenbericht für die abgeschlossenen Haushaltsjahre 2020 (Nachtrag) und 2021 und die Darstellung der Entwicklung des Gesellschaftsvermögens vor.

Jahresabschluss 2019-2020 (in Euro)

Bestand Girokonto am 01.10.2019	4.535,45
<hr/>	
Summe Einnahmen	12.654,12
Summe Ausgaben	11.144,49
Bestand Girokonto am 30.09.2020	8.045,08
(nach Umbuchung von 2.000,-€ vom Festgeldkonto)	
Bestand TopZins-Konto am 01.10.2019	12.300,83
Zinseinkünfte	0,00
Umbuchung von Festgeld- auf Girokonto	-2000,00
Bestand Topzinskonto am 30.09.2020	10.300,83
<hr/>	
Gesamtbestand am 30.09.2020	18.345,91

Jahresabschluss 2020-2021 (in Euro)

Bestand Girokonto am 01.10.2020	8.045,08
<hr/>	
Summe Einnahmen	12.368,36
Summe Ausgaben	9.890,54
Bestand Girokonto am 30.09.2021	10.522,90
Bestand Top-Zins-Konto am 01.10.2020	10.300,83
Zinseinkünfte	0,00
Bestand TopZins-Konto am 30.09.2021	10.300,83
<hr/>	
Gesamtbestand am 30.09.2021	20.823,73

BERICHT DER KASSENPRÜFER, ENTLASTUNG DES VORSTANDES

Die Jahresabschlüsse per 30.09.2020 sowie per 30.09.2021 wurden von den Kassenprüfern Dr. Willgalis und Dr. Hoberg am 13.10.2021 geprüft. Die Prüfung der Buchungen ergab keine Beanstandungen.

Die Buchführungen und die Jahresabschlüsse entsprechen daher nach dem Ergebnis der pflichtgemäßen Prüfung den Vorschriften der Vereinssatzung.

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

HAUSHALTSPLAN 2020/2021 (NACHTRAG)

Bestand am 01.10.2020 (Girokonto, Festgeldkonto)	18.345,91€
<hr/>	
Einnahmen	
Mitgliedsbeiträge	12.000,00
Sonstiges (Zuschuss von der Leibniz- Universitätsgesellschaft, Spenden, Zinsen)	1.550,00
Summe Einnahmen (gerundet)	13.550,00
Ausgaben	
Walter-Großmann-Preis	- (nicht in 2021)
Bachelor-Preis 2020/2021	500,00
Sonderpreis-Rizkallah	250,00
Buchpreise beste Absolventen	120,00
Förderung der Geod. Exkursion 2020/21	- (nicht in 2021)
Förderung der Fachschaft	3.000,00
Förderung der 4 Institute	500,00
Personelle Unterstützung Geschäftsstelle	1.500,00
Pflege der neuen Website mit Newsletter-Verteiler	1.000,00
Förderung Auslandsaufenthalte	1.000,00
Mitgliedsbeitrag Leibniz-Universitätsgesellschaft	1.800,00
Fördererheft (Druckkosten und Versand)	3.000,00
Geschäftskosten der Gesellschaft	300,00
Summe Ausgaben	12.970,00
<hr/>	
Voraussichtlicher Bestand am 30.09.2021 (gerundet)	18.930,00€

HAUSHALTSPLAN 2021/2022

Bestand am 01.10.2021 (Girokonto, Festgeldkonto)	20.823,73€
<hr/>	
Einnahmen	
Mitgliedsbeiträge	12.000,00
Sonstiges (Zuschuss von der Leibniz- Universitätsgesellschaft, Spenden)	1.550,00
Zuwendungen Nico Rüpke-Stiftung	10.000,00
Summe Einnahmen (gerundet)	23.550,00
Ausgaben	
Walter-Großmann-Preis	3.000,00
Bachelor-Preis 2021/2022	1.000,00
Sonderpreis-Rizkallah	250,00
Buchpreise beste Absolventen	200,00
Förderung der Geod. Exkursion 2021/2022	4.000,00
Förderung der Fachschaft	3.500,00
Förderung der Fachrichtung (PR, Social Media)	3.600,00
Entwurf Logo und Flyer	2.000,00
Förderung der 4 Institute	500,00
Förderung Auslandsaufenthalte	3.000,00
Mitgliedsbeitrag Leibniz-Universitätsgesellschaft	1.800,00
Fördererheft (Druckkosten und Versand)	3.000,00
Personelle Unterstützung Geschäftsstelle	1.500,00
Geschäftskosten der Gesellschaft	300,00
Summe Ausgaben	27.650,00
<hr/>	
Voraussichtlicher Bestand am 30.09.2022 (gerundet)	16.700,00€

WAHLEN

Sowohl der Vorstand mit den Beisitzern als auch beide Kassenprüfer werden neu gewählt. Der ehemalige Schatzmeister Wilhelm Zeddies übernimmt die Wahlleitung. Der bisherige Vorsitzende Jürgen Ruffer sowie sein Stellvertreter Dieter Stündl kandidieren erneut für den Vorstand. Beide werden ohne Gegenstimme gewählt. Als Schatzmeisterin stellt sich Anette Rietdorf zur Wiederwahl und wird ohne Gegenstimme gewählt. Ludger Timmen steht als weiteres Vorstandsmitglied nicht mehr zur Wahl. Dafür kandidiert Tobias Kersten, der ohne Gegenstimmen gewählt wird. Stefan Willgalis und Thorsten Hoberg werden als Kassenprüfer einstimmig wiedergewählt. Bei der Besetzung der 5 Beisitzerpositionen gibt es keine Änderungen. Sie werden en bloc gewählt.

Die folgenden Personen erklären, dass sie ihre Wahl annehmen:

- Jürgen Ruffer als Vorsitzender
- Dieter Stündl als stellvertr. Vorsitzender
- Dr. Tobias Kersten als stellvertr. Vorsitzender
- Anette Rietdorf als Schatzmeisterin
- Dr. Stefan Willgalis als Kassenprüfer
- Thorsten Hoberg als Kassenprüfer
- Matthias Adam als Beisitzer
- Dr. Mark Hampe als Beisitzer
- Sandra Rausch als Beisitzerin
- Dr. Cord-Hinrich Jahn als Beisitzer
- Dr. Andreas Rietdorf als Beisitzer

Der Vorsitzende Jürgen Ruffer bedankt sich sehr herzlich bei Wilhelm Zeddies für seine langjährige Mitarbeit als Schatzmeister sowie bei Ludger Timmen für seine vertrauensvolle Zusammenarbeit im Vorstand.

ANPASSUNG DER BEITRAGS- UND FÖRDERRICHTLINIE

Jürgen Ruffer erläutert die Hintergründe zur Änderung der Beitrags- und Förderrichtlinie sowie zu den zusätzlichen Mitteln der Nico-Rüpke-Stiftung ab 2022. Herr Prof. Dr. Erich Kanngieser als Vorstandsvorsitzender der Stiftung gibt einen Überblick über die Ziele der Nico-Rüpke-Stiftung. Die Änderung der Beitrags- und Förderrichtlinie wird einstimmig angenommen (siehe Anlage)

BERICHT DER FACHRICHTUNG

Der Bericht aus der Fachrichtung wird in diesem Jahr durch Prof. Ingo Neumann vom GIH vorgetragen. Auf eine ausführliche Darstellung des Inhaltes dieses Vortrags, insbesondere in Bezug auf die Institutsaktivitäten (Projektarbeiten), kann hier im Protokoll verzichtet werden, da die vielen Einzelbeiträge mit Details im nächsten Jahresberichtsheft der Gesellschaft publiziert werden.

Prof. Neumann geht auf die personelle Vergrößerung der Fachrichtung ein, die um ca. 20% auf 120 Mitarbeiter innerhalb der letzten fünf Jahre angestiegen ist. Dies ist nicht zuletzt der Einwerbung des Sonderforschungsbereichs TerraQ und der Weiterführung des Graduiertenkollegs (GRK ic.sens) zu verdanken. Prof. Neumann berichtet von einem Einbruch in die Geräteausgabe des GIHs, bei dem u.a. Geräte (GNSS-Ausrüstung, Tachymeter) von hohem Wert entwendet wurden. Diese sollen schnellstmöglich ersetzt werden, um die praktische Ausbildung der Studierenden weiter zu gewährleisten.

Ingo Neumann schließt damit, dass sich die Fachrichtung sehr herzlich für die unterstützenden Beiträge der Förderer bedankt.

Philipp Trusheim berichtet im Namen der PR-Kommission der Fachrichtung über die Social Media-Aktivitäten, auf die sich die PR-Kommission in den letzten beiden Pandemie Jahren konzentriert hat.

Weiterhin wurden auch viele bewährte Universitätsangebote (u.a. Sommer/Winteruni, Ideen-Expo, Hochschulinformationstage) online angeboten. Neuere Formate wie ABIns Studium oder den Knowember (Wissensmarathon) begleitete die PR-Kommission ebenso. Im Oktober 2021 bereitete die PR-Kommission zusammen mit der Fachrichtung einen Stand bei der in Hannover stattfindenden Intergeo vor. Die SchülerTalentAkademie Geodäsie (STAG) konnte im Wintersemester 2021 nach 1½ Jahren Pause erstmals wieder in Präsenz angeboten werden.

BERICHT DER FACHSCHAFT

Für die Fachschaft Geodäsie und Geoinformatik berichtet Paula Lippmann über die Aktivitäten von November 2019 bis November 2021. Aufgrund der Corona-Pandemie fanden viele jährlich wiederkehrende PR-Maßnahmen online statt. Als Beispiel sind hier die zentral durch die Universität organisierten Veranstaltungen wie „Winteruni“ (Videovorstellung), „AbInsStudium“ (online mit Livechat), die Hochschulinformationstage (Videos, Livechat und Livevorträge) oder „Frag die Uni“ (Videos) genannt.

Die Erstsemestereinführung (traditionell mit Führung durch die Uni., Stadtrallye, Frühstück), fiel in den beiden vergangenen Jahren deutlich reduziert aus. Trotzdem wurden für die Erstsemester Onlineformate zum Kennenlernen organisiert. Die Fachschaft steht den Erstsemestern immer als Ansprechpartner zur Verfügung.

Das Studierendennetzwerk Geodäsie hat deutschlandweit und auch international große Bedeutung für die Fachschaft. So nahm sie online an drei Konferenzen der Geodäsiestudierenden (KonGeoS) in Deutschland teil. KonGeoS ist die Konferenz der Geodäsiestudierenden der Universitäten und Fachhochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Im Mai 2021 organisierte die Fachschaft das jährliche Treffen IGSM (International Geodetic Student Meeting) in Hannover, das letztlich wieder online stattfand. Es gab externe Fachvorträge sowie Fachvorträge der Teilnehmenden und eine Generalversammlung der IGSO (International Geodetic Student Organisation).

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

Die erhaltenden Fördermittel der Förderergesellschaft werden im Wesentlichen für die An- und Abreise zu den internationalen und nationalen Veranstaltungen verwendet. Aufgrund des Wegfalls von vielen Präsenzveranstaltungen 2020 und 2021 wurden seit der letzten Vollversammlung allerdings keine Fördermittel benötigt. Für 2022 ist die Verwendung der Fördermittel für die Unterstützung der IGSM in Hannover und Hamburg sowie der KonGeoS-Versammlung in Dresden geplant.

Im Namen der Fachschaft Geodäsie und Geoinformatik bedankt sich Paula Lippmann herzlich für die Unterstützung durch die Gesellschaft.

BERICHT ZUR GROßEN GEODÄTISCHEN EXKURSION 2021

Aufgrund der Corona-Pandemie musste die Große Geodätische Exkursion 2021 leider entfallen.

VERSCHIEDENES

Herr Ruffer berichtet von einem Vorschlag eines zusätzlichen Vortrags beim Fördererntag auf Initiative der Förderergesellschaft/Vorstand zu einem Thema aktueller gesellschaftlicher Relevanz (z.B. Förderer/Alumni). 2022 soll ein zusätzlicher Vortrag auf dem Fördererntag geplant werden.

Im Sommer 2022 soll das 70-jährige (70 + 1) Jubiläum der Förderergesellschaft gefeiert werden. Evtl. kann es in Verbindung mit dem noch zu planenden Speed-Dating stattfinden. Die Terminfindung läuft.

Die nächste Mitgliederversammlung wird noch nicht festgelegt.

Jürgen Ruffer bedankt sich bei allen Teilnehmern und beendet die Mitgliederversammlung gegen 19:15 Uhr.

ABSETZBARKEIT VON MITGLIEDSBEITRÄGEN

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

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

AUFRUF WALTER-GROßMANN-PREIS 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 € 3.000,-. Er soll für fachbezogene Studienreisen oder eine andere wissenschaftliche Fortbildung verwendet werden.

Teilnahmeberechtigt sind alle Masterkandidatinnen und Masterkandidaten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, deren Masterarbeit im Zeitraum vom 1. Oktober 2021 bis 30. Juni 2022 eingereicht und beurteilt wurde.

Eine allgemeinverständliche, öffentlichkeitswirksame Darstellung (Presseartikel) des betreffenden Forschungsbereichs ist bis zum 30.06.2022 einzureichen bei der Geschäftsstelle der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik, c/o Geodätisches Institut, Nienburger Str. 1, 30167 Hannover, Tel.: 0511 762 2463, Email: geschaeftsstelle@hannover-foerdert-geodaesie.de

Später eingehende Bewerbungen können nicht berücksichtigt werden.

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

AUFRUF Bachelor-Preis 2022 der Förderergesellschaft

Die Förderergesellschaft ruft Studierende der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der LUH, die 2022 erfolgreich den Bachelorabschluss erlangt haben, dazu auf, sich um den Bachelor-Preis 2022 zu bewerben. Der Preis besteht aus einer Verleihungsurkunde sowie einem Geldbetrag von € 1.000,-. Die Vorschläge sind bis zum Ende des Jahres an den Vorstand der Förderergesellschaft zu richten und sollen spätestens am 31. Dezember bei der Geschäftsstelle der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik, c/o Geodätisches Institut, Nienburger Str. 1, 30167 Hannover, Tel.: 0511 762 2463, Email: geschaeftsstelle@hannover-foerdert-geodaesie.de eingereicht werden.

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

VERLEIHUNG DES BACHELOR-PREISES 2021



**KLARISSA LACHMANN, B. Sc.,
TRÄGERIN DES BACHELOR-
PREISES 2021**

Am 16.11.2021 wurde Frau Klarissa Lachmann, B.Sc. (Foto) beim Geodätischen Kolloquium mit dem Bachelorpreis 2021 ausgezeichnet. Die Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover würdigt mit dem auf 500,-€ dotierten Preis sowohl ihre fachlichen Leistungen innerhalb des absolvierten Bachelor-Studiums als auch ihr hohes Engagement für die Allgemeinheit neben dem Studium in besonderer Anerkennung ihrer sozial-kommunikativen Schlüsselkompetenzen. An der Verleihung konnte Frau Lachmann aufgrund ihres zeitgleich stattfindenden, studienbegleitenden Auslandsaufenthaltes in Finnland nicht persönlich teilnehmen.

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

VERLEIHUNG DES WALTER-GROßMANN-PREISES 2021



JÜRGEN RÜFFER, VORSITZENDER DER FÖRDERERGESELLSCHAFT (LINKS) UND ANDREAS PITER BEI DER PREISVERLEIHUNG.

Der Walter-Großmann-Preis wird von der Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover alle zwei Jahre in Anerkennung wissenschaftlicher Abschlussarbeiten und deren öffentlichkeitswirksamer Darstellung verliehen. In diesem Jahr wurde der Preis im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums am 16.11.2021 an Herrn Andreas Piter, M. Sc. vergeben. Mit dem Preis werden seine Masterarbeit zum Thema "Spatiotemporal Functional Data Analysis of Helsinki's Bike Sharing System" und der Beitrag "Bike Sharing aus neuer Perspektive - was die Daten uns verraten" gewürdigt. Der Beitrag wird im Folgenden wiedergegeben.

BIKE SHARING AUS NEUER PERSPEKTIVE – WAS DIE DATEN UNS VERRATEN (AUTOR: ANDREAS PITER)

Auf dem Sprung? Dann schnell auf das nächstgelegene Leihfahrrad geschwungen und nach ein paar Minuten Fahrt am individuellen Zielort wieder abgestellt. Praktisch, wenn Fahrräder überall in der Stadt zur Verfügung stehen und man die Fahrräder nach Bedarf nutzen kann. Bike-Sharing, so heißt das Konzept, bei dem frei herumstehende oder stationsgebundene Fahrräder ausgeliehen und woanders wieder abgegeben werden können. Aber wie schaffen es die Betreiber eigentlich, dass wenigstens ein Fahrrad an der Stelle steht, an der ich es jetzt gerade brauche? Eine große Datenmenge, rechenstarke Computer und ein modernes statistisches Modell lassen uns und den Betreiber die Nutzung eines Fahrradleihsystems besser verstehen.

In der finnischen Hauptstadt Helsinki gibt es bereits seit einigen Jahren ein stationsgebundenes Fahrradleihsystem und es wird mit großer Begeisterung verwendet. Jedes Jahr werden es mehr Fahrräder, mehr Fahrradstationen und immer mehr Radfahrende. Die gelben Räder gehören mittlerweile zum Stadtbild einfach dazu. Das benötigte Wissen zur Verbesserung des Fahrradleihsystems beziehen die Betreiber heutzutage nicht nur aus Nutzerumfragen, sondern sie erhalten auch Unterstützung aus der Wissenschaft. Ein finnischer Hobbydatenwissenschaftler legte mit seiner Datenabfrage die Grundlage für spätere Untersuchungen am Institut für Kartographie und Geoinformatik der Leibniz Universität



DIE GELBEN STATIONSGEBUNDENEN LEIHFAHR-RÄDER PRÄGEN DAS STADTBILD VON HELSINKI UND WERDEN BEI GUTEM WETTER VIEL GENUTZT. (BILD: PITER)

Hannover. Während der Fahrradfahrsaison 2017 speicherte er alle fünf Minuten die Anzahl der verfügbaren Fahrräder an allen 140 Fahrradstationen der Stadt Helsinki in einer privaten Datenbank und stellte diese Daten im Anschluss über das Internet frei zur Verfügung. Es handelt sich um über 7 Millionen Zahleneinträge, die jede für sich nicht viel bedeuten. In der Statistik werden solch komplexe und große Datenmengen als "Big Data" bezeichnet und ihre Auswertung bedarf komplexer Algorithmen, um zu neuer Erkenntnis zu gelangen.

In bisherigen wissenschaftlichen Arbeiten zum Thema Bike-Sharing wurde häufig die riesige Datenmenge reduziert, indem man sich z.B. nur auf 12:00 Uhr mittags bezog oder sich nur eine der Fahrradstationen anschaute. Hierbei werden jedoch wichtige Zusammenhänge vernachlässigt. Die Anzahl der Fahrräder an einer Fahrradstation um 12:00 Uhr hängt offensichtlich von der Anzahl der Fahrräder um 11:55 Uhr ab und die wiederum von der Anzahl der Fahrräder um 11:50 Uhr, zumindest zu einem gewissen Grad. Und wenn an einer Fahrradstation gerade kein Fahrrad verfügbar sein sollte, dann geht man zur nächstgelegenen Fahrradstation. Es gibt bei der Nutzung des Fahrradleihsystems also auch räumliche Zusammenhänge. In der Geostatistik spricht man von räumlich-zeitlicher Abhängigkeit, die sowohl mathematisch berücksichtigt, als auch aus den Daten selbst bestimmt werden kann.

Mit einem neuen statistischen Modell, das ursprünglich zur Untersuchung und Modellierung der Luftqualität über Europa entwickelt wurde, lassen sich auch die Daten des Fahrradleihsystems aus Helsinki unter Berücksichtigung der räumlich-zeitlichen Abhängigkeit untersuchen. Wodurch wird die Nutzung des Fahrradleihsystems beeinflusst? Und ist dieser Einfluss am Vormittag und am Nachmittag gleich oder verändert er sich im Laufe des Tages? Plausibel klingende Antworten, wie z.B. „das Wetter spielt eine Rolle“ oder „je näher die Fahrradstation an einer Station des öffentlichen Personennahverkehrs ist, desto mehr wird sie genutzt“, lassen sich mit Hilfe des statistischen Modells und der Daten aus Helsinki konkret überprüfen. So konnte gezeigt werden, dass bei wenig Wind und warmen Temperaturen mehr Radfahrende unterwegs sind. Auch lässt sich die Präferenz der Finninnen und Finnen bergab zu fahren erkennen, am Nachmittag sogar stärker als am Vormittag. Die Ergebnisse zeigen zudem eine klare Einteilung aller Fahrradstationen in zwei Gruppen: Zum einen Fahrradstationen in Wohngebieten und zum anderen Fahrradstationen in Stadtteilzentren und in der Nähe von Bürogebäuden. Aber dass Menschen nicht gern bei Regen Fahrrad fahren, konnte erstaunlicherweise nicht gezeigt werden. Möglicherweise hat es dafür in Helsinki im Sommer 2017 nicht häufig genug geregnet, um den Zusammenhang in den Daten auch zu erkennen.

Die neue Herangehensweise der Wissenschaftler aus Hannover ermöglicht es nun die Anzahl der verfügbaren Fahrräder an einer Fahrradstation in Helsinki zu bestimmten Bedingungen, wie z.B. 23 °C und kein Niederschlag, vorherzusagen. Im Gegensatz zu bisherigen Studien ist diese Prognose mit dem neuen statistischen Modell auch in Abhängigkeit von der Uhrzeit und dem Wochentag z.B. für einen

Samstagnachmittag um 15:23 Uhr möglich. Die zeitlich differenzierten Vorhersagen tragen zur Verbesserung und zum Ausbau des Fahrradleihsystems in Helsinki bei. Damit unterstützt das gewonnene Wissen den Weg hin zu flexibler Mobilität in modernen Großstädten.

**BEITRAGS- UND FÖRDERRICHTLINIE DER FÖRDERERGESELLSCHAFT
GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK DER LEIBNIZ-UNIVERSITÄT
HANNOVER (nachfolgend Gesellschaft genannt)**

Grundsatz

Diese Beitrags- und Förderrichtlinie ist nicht Bestandteil der Satzung. Sie regelt die Beitragsverpflichtungen der Mitglieder sowie die Fördermaßnahmen der Gesellschaft. Sie kann nur von der Mitgliederversammlung der Gesellschaft geändert werden.

§ 1 Beschlüsse

Die Mitgliederversammlung beschließt die Höhe des Beitrags und die Grundsätze der Fördermaßnahmen.

§ 2 Mitgliedsbeiträge

Mitgliedsform	Beitragshöhe pro Jahr in Euro
Aktive Mitglieder	
Vollmitglieder	25,00
Studierende, Mitglieder ohne Beschäftigung (nur mit Einzugsermächtigung)	5,00
Mitglieder im Referendariat oder Vorbereitungsdienst (nur mit Einzugsermächtigung)	10,00
Ehrenmitglieder	frei

§ 3 Fälligkeit und Zahlungsweise der Beiträge, Mahngebühr

1. Fälligkeit der Mitgliedsbeiträge: 31.03.
2. Mahngebühr bei verspäteter Zahlung durch Überweisung: 5,00 €

§ 4 Gesellschaftskonto

Bank: Commerzbank Hannover

BIC: COBADEFFXXX

IBAN: DE41 2504 0066 0301 4164 00

Überweisung auf andere Konten sind nicht zulässig und werden nicht als Zahlungen anerkannt.

§ 5 Förderung

Grundsatz

Grundlage für die Förderung sind die Beiträge der Mitglieder. Daher kommen der Fachschaft und der Fachrichtung eine wichtige Funktion in der Werbung neuer Mitglieder zu.

Die Förderergesellschaft unterstützt die Institute und Studierenden der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik durch folgende Preise und Maßnahmen

1. Walter-Großmann-Preis

- a. Der Walter-Großmann-Preis wird in der Regel jährlich ausgeschrieben und verliehen.
- b. Das Preisgeld beträgt bis zu 3000,- €. Die konkrete Höhe des Preisgeldes wird im Haushaltsplan für das jeweils laufende Geschäftsjahr auf der Mitgliederversammlung beschlossen.
- c. Näheres regelt die Verleihungsordnung (Anlage 1).

2. Bachelor-Preis

- a. Der Bachelor-Preis wird in der Regel jährlich verliehen.
- b. Das Preisgeld beträgt 1000,- €. Die konkrete Höhe des Preisgeldes wird im Haushaltsplan für das jeweils laufende Geschäftsjahr auf der Mitgliederversammlung beschlossen.
- c. Näheres regelt die Verleihungsordnung (Anlage 2.)

3. Buchpreise für den besten Bachelor- und Masterabschluss

- a. Die Buchpreise werden jährlich vergeben.
- b. Das Preisgeld beträgt pro Buchpreis 100,- €.

4. Geodätische Exkursion

- a. Förderung Inlandsexkursion (nur Studierende): bis zu 3000,- €.
- b. Förderung Auslandsexkursion (nur Studierende): bis zu 4000,- €.
- c. Der Förderbeitrag wird an das Institut der Fachrichtung überwiesen, das für die Organisation der Exkursion zuständig ist.

5. Studienaufenthalte im Ausland

- a. Jährliche Fördersumme: bis zu 3000,- € für alle Fördermaßnahmen.
- b. Einzelförderung bis zu 900,- € pro Fall.
- c. Über die Förderung entscheidet der Vorstand in Abstimmung mit der Fachrichtung.

6. Förderung von Aktivitäten der Fachschaft Geodäsie und

Geoinformatik

- a. Die voraussichtliche Höhe der Förderung wird im Haushaltsplan festgelegt.
- b. Die Fachschaft stellt ihre Anträge bei der Gesellschaft.

7. Förderung von Aktivitäten der Institute bzgl. PR-Maßnahmen zur Gewinnung von Studierenden und zur Verbesserung der Lehr- und Forschungsmöglichkeiten
 - a. Die voraussichtliche Höhe der Förderung wird im Haushaltsplan festgelegt.
 - b. Die Institute stellen ihre Anträge bei der Gesellschaft.

§ 6 Inkrafttreten

Diese Beitrags- und Förderrichtlinie tritt mit Beschlussfassung durch die Mitgliederversammlung vom 16.11.2021 sofort in Kraft.

Anlage 1: Verleihungsordnung für den Walter-Großmann-Preis

Zur Erinnerung an Professor Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. H. Walter Großmann (geb. 06.04.1897, gest. 13.10.1980), Direktor des Geodätischen Instituts der Universität Hannover von 1943 bis 1968, stiftet die Förderergesellschaft Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover mit Unterstützung der Leibniz Universitätsgesellschaft den

"Walter-Großmann-Preis"

Durch den Preis sollen die beiden Anliegen von Prof. Großmann,

- die breite wissenschaftliche Ausbildung der Vermessungsingenieure und
- die klare und verständliche Darstellung technischer Probleme in der jungen Generation gefördert werden.

Der Preis soll an M.Sc.-Kandidaten bzw. M.Sc.-Absolventen der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover verliehen werden,

- deren Masterarbeit eine aner kennenswerte wissenschaftliche Leistung darstellt und
- die durch eine allgemeinverständliche Darstellung aus dem betreffenden Fachgebiet nachgewiesen haben, dass sie die Belange des Vermessungswesens öffentlichkeitswirksam vertreten können.

Der Preis besteht aus einem Geldbetrag von bis zu € 3.000,- sowie einer Verleihungsurkunde. Er soll für eine fachbezogene Studienreise oder für eine andere wissenschaftliche Fortbildung verwandt werden.

Darüber hinaus können weitere besonders gelungene öffentlichkeitswirksame Darstellungen prämiert werden. Hierfür dürfen bis zu € 500,- vergeben werden.

Preis und Prämien sollen alle zwei Jahre zuerkannt werden. Der Preis kann ausnahmsweise anteilig an zwei Personen vergeben werden. Andererseits kann der Preis ausgesetzt werden, wenn kein geeigneter Bewerber gefunden wird.

Teilnahmeberechtigt sind:

alle M.Sc.-Kandidatinnen und -Kandidaten bzw. M.Sc.-Absolventinnen und -Absolventen, die ihre Masterarbeit seit dem letzten Bewerbungstermin bei der Leibniz Universität Hannover vorgelegt haben.

Einzureichen sind:

1. eine formlose Bewerbung um die Verleihung des Walter-Großmann-Preises mit Angabe des Themas der Masterarbeit und ihrer Bewertung durch die Universität und einer Kurzzusammenfassung des Inhalts, soweit sie noch nicht im Berichtsheft der Förderergesellschaft veröffentlicht worden ist;
2. eine allgemeinverständliche, öffentlichkeitswirksame Darstellung (Presseartikel) des bearbeiteten Forschungsbereichs.

Die Bewerbungen sind an den Vorstand der Förderergesellschaft zu richten. Letzter Termin zur Einreichung ist der 30. Juni des Jahres der Preisvergabe und soll bei der Geschäftsstelle der Förderergesellschaft der Geodäsie und Geoinformatik erfolgen.

Die prämierten öffentlichkeitswirksamen Darstellungen gehen in das Eigentum der Förderergesellschaft über. Über die Verleihung des Preises und die Gewährung von Prämien beschließt allein und unter Ausschluss jeder Berufung ein Kuratorium, das sich üblicherweise aus den beiden Vorsitzenden und einem weiteren Vorstandsmitglied der Förderergesellschaft sowie vier Professoren/innen (je Institut eine Person) der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover zusammensetzt. Die vier Fachrichtungsvertreter werden vom Vorstand der Förderergesellschaft in das Kuratorium berufen.

Die Preisverleihung soll im Rahmen des Kolloquiums der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover erfolgen, das im Zusammenhang mit der Mitgliederversammlung der Förderergesellschaft stattfindet.

Anlage 2: Verleihungsordnung für den Bachelor-Preis

Der „**Bachelor-Preis Geodäsie und Geoinformatik**“ wird an Bachelorabsolventen der Fachrichtung vergeben und honoriert hervorragende Leistungen im Bereich der Schlüsselkompetenzen. Der Preis besteht aus einem Geldbetrag von bis zu € 1000,- sowie einer Verleihungsurkunde und wird in der Regel jährlich verliehen.

Als mögliche förderungswürdige Felder, in denen die Schlüsselkompetenzen besondere Bedeutung haben, kommen beispielhaft in Frage:

- Gruppenaufgaben: Bachelorprojekt, Praxisprojekte, weitere Übungen, Arbeitsgruppen mit festen Strukturen.
- Betreuungsaufgaben: Erstsemesterbegleitung (über die Fachschaft hinaus), Betreuung/Unterstützung von Gästen oder ausländischen Studierenden.

- Öffentlichkeitsarbeit: Vertretung der Studienrichtung nach außen, Schülerwerbung (Durchführung oder Einbringung von Ideen, Unterlagen, Präsentationen, Experimenten), Aufklärung bei anderen gesellschaftlichen Gruppen, Unterstützung des Internetauftritts.
- Netzwerke: Einbringung und Etablierung von Praxiskontakten, Unterstützung von Netzwerken, Initiierung und Förderung von interdisziplinärem Austausch unter Studierenden.
- Studienunterlagen: Erstellung von Lernunterlagen, die allen zur Verfügung stehen; dazu zählt auch gemeinschaftliche Erarbeitung, Unterstützung und semesterübergreifender Austausch.
- Gesellschaftliches Engagement: Nachweis außeruniversitäre gesellschaftlichen Engagements, z.B. in Vereinen oder sozialen Einrichtungen.

Voraussetzungen

- Die/der Bewerber/in hat gezeigt, dass sie/er neben den rein fachlichen Leistungen hervorragende Schlüsselkompetenzen besitzt.
- Der Bachelorabschluss weist erfolgreiche Leistungen auf und wurde im Zeitraum Januar bis Dezember des Jahres erreicht.

Verfahren

Einzelne Kandidaten oder kleine Gruppen bewerben sich in der Regel selber, sie können aber auch von Mitgliedern der Fachrichtung und der Förderergesellschaft vorgeschlagen werden. Die Vorschläge sind bis zum Ende des Jahres an den Vorstand der Förderergesellschaft zu richten und sollen spätestens am 31. Dezember bei der Geschäftsstelle der Förderergesellschaft der Geodäsie und Geoinformatik eingereicht werden.

Jeder Vorschlag umfasst:

- eine ca. einseitige Begründung der Bewerbung, in der auf die entsprechenden Schlüsselkompetenzen eingegangen wird.
- das Ergebnis der Bachelorprüfung (mit Zeugniskopie).

Die Entscheidung über die Vorschläge obliegt einer Kommission, die sich aus sieben Mitgliedern zusammensetzt (drei Vorstandsmitglieder, vier Professoren der Fachrichtung).

Die Verleihung des Förderpreises erfolgt im Rahmen des Geodätischen Kolloquiums im Jahr nach der Bewerbung.

ANHANG - PERSONELLES

GEODÄTISCHES INSTITUT

MITARBEITER*INNEN

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

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

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

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

Dr. **Kwabena Obeng Asiana**, AG-Leiter Flächen- und Immobilienmanagement

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

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

Robin Dankowski, M. Sc., MWK: Georg-Christoph-Lichtenberg-Stipendiat, Nds. Promotionsprogramm: Digitale Lebenswelten in Dörfern - Verantwortung und Steuerung der digitalen Transformation (seit 01.09.2021)

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

Dominik Ernst, M. Sc., Qualitätsmodellierung von kinematischen Multi-Sensor-Systemen (seit 01.09.2021)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr.-Ing. **Wilhelm Tegeler**, Vermessungstechnische Sammlung

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

Dr.-Ing. **Wei Xu**, CSC-Stipendiat, Optimization of the surface model and real-time monitoring based on laser scanning and finite element method (bis 31.07.2021)

EXTERNE DOKTORANDEN

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

Radoslav Choleva, M. Sc., Stipendiat im Bereich Laserscanning (seit 01.10.2021)

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

Dipl.-Ing. **Jürgen Goldschmidt**, Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bei der Verkehrswertermittlung

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

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

Barikisa Owusu Ansah, M. Sc., Institutional Framework for integrating blockchain into land governance in Ghana (seit 01.08.2021)

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

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“ der MDPI-Land (seit 2021)

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

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

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

Mitglied des DVW – (seit 11/2021)

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

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

Mitglied in der Abteilung Ingenieurgeodäsie der DGK

Mitglied in der AG „Öffentlichkeitsarbeit“ der DGK

Vorstandsmitglied im ASBau „Akkreditierungsverbundes für Studiengänge des Bauwesens“

Vorstandsmitglied der Graduiertenakademie der Leibniz Universität Hannover (bis März 2021)

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*INNEN

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

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

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

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

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

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

Kai-Niklas Baasch, M. Sc., Positionierung und Navigation (seit Oktober 2021)

Yannick Breva, M. Sc., Positionierung und Navigation, Antennenkalibrierung

Dinesh Chebolu, M. Sc., SFB TerraQ, Projekt C01: Groundwater Gravimetry and QG-1 (seit Dez. 2021)

Dr.-Ing. **Hani Dbouk**, DFG-GRK i.c.sens: Alternative Integritätsmaße mittels Intervallmathematik (bis Juni 2021)

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

Mathias Duwe, M. Sc., Sensordatenfusion und Erdschwerfeld

Sahar Ebadi, M. Sc., SFB TerraQ, Projekt C04: GRACE-FO verbesserte Modellierung (seit Juli 2021)

Ahmed Elmaghraby, M.Sc., SFB TerraQ, Projekt A05: GNSS-Charakterisierung und Zeitvergleich (seit Oktober 2021)

Britta Frankel, M. A., Sekretariat SFB TerraQ (seit Mai 2021)

Dr.-Ing. **Nicolas Garcia Fernandez**, DFG-GRK i.c.sens: Optimale kollaborative Positionierung (bis Dezember 2021)

Petra Heldt-Bertrand, M.A., Sekretariat, Sekretariat GRK i.c.sens (bis Dezember 2021)

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

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

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

Dr. **Ankit Jain**, BMWI: GNSS und Uhren (bis Mai 2021)

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

Dr.-Ing. **Tobias Kersten**, Kinematischer Teststand Navigation, BMWI: Quantum Optics Inertial Sensors Research

Annike Knabe, M. Sc., Schwerfeldbestimmung mit Satelliten

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

Klaus-Dieter Köhling, (15%) IT-Support: System- und Anwendungsbetreuung (bis Ende Mai 2021)

Dr.-Ing. **Thomas Krawinkel**, BMWI: GNSS und Uhren

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

Dennis Kulemann, M. Sc., Positionierung und Navigation

Alexey Kupriyanov, M. Sc., SFB TerraQ, Projekt B01, Simulation optischer Akzelerometrie und Gradiometrie (seit April 2021)

Qianwen Lin, M.Sc. Positionierung und Navigation (seit November 2021)

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

Quinglu Mu, M.Sc. Stipendiat und Exzellenzcluster QF, Satelliten-Quantengravimetrie (seit Juli 2021)

Thomas Maschke, B. Eng., Technik

Bärbel Miek, Sekretariat

Dr. **Mohsen Romeshkani**, SFB TerraQ, Beobachtung höherer Ableitungen des Gravitationspotentials (seit Oktober 2021)

Fabian Ruwisch, M. Sc., Positionierung und Navigation, GNSS Multipath Modellierung

Dr.-Ing. **Manuel Schilling**, DLR-SI: Klassische und atominterferometrische 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

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

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

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

Asha Vincent, M. Tech., SFB TerraQ, Projekt C02, geodätische Anwendung von Uhrennetzwerken (seit Mai 2021)

Nicolai Weddig, M.Sc., GNSS-Navigation und Uhren (seit März 2021)

Dr.-Ing. **Adelheid Weise**, Exzellenzcluster QF: Gravimetrie (bis Dezember 2021)

Dr.-Ing. **Matthias Weigelt**, Exzellenzcluster QF: Geschäftsführung

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

Dr.-Ing. **Hu Wu**, Exzellenzcluster QF: Uhrennetzwerke, relativistische Geodäsie (bis Dezember 2021)

Mingyue Zhang, B. Sc., Stipendium aus China und Exzellenzcluster QF: Lunar Laser Ranging

MITGLIEDSCHAFTEN IN NATIONALEN UND INTERNATIONALEN FACHGREMIEN

Biskupek, L.: Mitglied der IAG Sub-Commission 1.4 joint with IAU Commission A2 and IERS Joint Working Group on Consistent realization of TRF, CRF, and EOP

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

International Association of Geodesy (IAG) Fellow

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

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

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

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

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

Flury, J.: Mitglied der DGK (Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften)

Sprecher der DGK Sektion Lehre

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)

Combination Service for Time-Variable Gravity Fields, Vorstandsmitglied

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

Ordentliches Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin

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

Mitglied der DGK (Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften) sowie in der Abteilung „Erdmessung“, 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 der DFG Graduiertenkollegs i.c.sens: Integrität und Kollaboration in dynamischen Sensornetzen

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

Timmen, L.: Geodätische Leitung des nationalen Arbeitskreises Geodäsie und Geophysik (AKGG)

Mitglied, IAG Working Group JWG 2.1.1: Establishment of a global absolute gravity reference system

Mitglied, IAG Working Group WG 2.1: Techniques and metrology in terrestrial (land, marine, airborne) gravimetry

AUSLANDSAUFENTHALTE



Lucy Icking, M. Sc., hat im Rahmen der Forschungsgruppe i.c.sens und des DAAD geförderten Projektbezogenen Personenaustauschs drei Monate an der Hong Kong Polytechnic University in der Gruppe Intelligent Positioning and Navigation Lab unter Dr. Li-Ta Hsu geforscht.

EHRUNGEN



Jingyao Su, M. Sc., Mitglied der Forschergruppe i.c.sens wurde als Hauptautor des Beitrags *Improved Observation Interval Bounding for Multi-GNSS Integrity Monitoring in Urban Navigation*, auf der Konferenz *The 34th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2021)* mit einem **Best Presentation Award** auf der **ION GNSS+ 2021** ausgezeichnet.

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

MITARBEITER*INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. **Monika Sester**, Kartographie und Geoinformatik

apl. Prof. Dr.-Ing. **Claus Brenner**, Mobile Mapping und Robotik

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

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

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

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

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

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

Franz Harke, M.Sc., Spatial autoregressive models, (seit Feb. 2021)

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

Dr.-Ing. **Bashir Kazimi**, Automatische Erkennung archäologischer Strukturen in Lidardaten (MWK – Pro*Niedersachsen) (bis 01.04.2021)

Christian Koetsier, M. Sc., Mobiler Mensch (MWK Mobilise/ Zukunftslabor Mobilität)

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

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

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

Dr.-Ing. **Torben Peters**, integrale Karten durch Deep Learning (DFG-i.c.sens) (bis 01.05.2021)

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

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

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

Dipl.-Ing. **Malte Jan Schulze**, Systemadministration, Geodatenintegration, Geländemodellierung

Qendrim Shaboviq, B. Sc., EU-Projekt Agrimonia (seit 01.11.2021)

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

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

Yunshuang Yuan, M. Sc., Collective Perception - Data Fusion and Visualisation (DFG-SocialCars)

Qianqian Zou, M. Sc., Incremental acquisition of hierarchical models (DFG-i.c.sens)

Stefania Zourlidou, M. Sc., Trajektorienanalyse

EXTERNE DOKTORANDEN

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

GÄSTE

Reza Mohammadi, M. Sc., K.N.Toosi Universität Teheran, Erasmus+, 01.05.2021-31.03.2022

Dr. **Paolo Maranzano**, Universität Bergamo, Italien, Gastwissenschaftler (01.06.2021-30.08.2021)

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)

Vorsitzende des wissenschaftlichen Beirats 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

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

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

Member of the Scientific Program Committee CMStatistics 2022
London, Philipp Otto

ZWISCHENEVALUATION JUNIORPROFESSUR

Im Juli 2021 wurde Philipp Otto, Juniorprofessor für Big Geospatial Data, positiv zwischenevaluiert.

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

MITARBEITER*INNEN

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

Dr.-Ing. **Lin Chen**, Bildzuordnung mit Deep Learning Methoden (bis 31.03.2021)

Yajie Chen, M.Sc., 3D Punktwolkeninterpretation (bis 10.04.2021)

Mareike Dorozynski, M. Sc., Convolutional Neural Networks

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

Aishwarya Gujrathi, M. Tech., Detektion und Verfolgung von Personen mit Hilfe von Stereoaufnahmen (bis 31.03.2021)

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

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

Christian Kruse, M. Sc., Erkennung von Kriegsschäden in Luftbildern (bis 31.12.2021)

Amadeus Langer, M. Sc., Systemadministration (seit 15.03.2021)

Dr.-Ing. **Max Mehlretter**, Zuverlässige stereoskopische 3D Rekonstruktion

Mehrnoush Mohammadi, M. Sc., Orientierungsbestimmung von UAV Szenen mit Kamera-Laserscanner Datenfusion

Andreas Piter, M. Sc., Monitoring von Verkehrsinfrastruktur mit bildgebendem Radar

Anne Ponick, M. Sc., Photogrammetrische Beobachtung von Betonmischprozessen (seit 01.06.2021)

Annette Radtke, Sekretariat ISPRS

Claudia Sander, Sekretariat

Artuom Sledz, M. Sc., Thermalauswertung für Fernwärmenetze

Philipp Trusheim, M. Sc., 3D Punktbestimmung in dynamischen Netzen

Mirjana Voelsen, M. Sc., Aktualisierung topographischer Datenbanken mit Fernerkundungsdaten

Dr.-Ing. **Xin Wang**, Orientierung ungeordneter Bilddaten (bis 31.03.2021)

Dr.-Ing. **Manfred Wiggenhagen**, Nahbereichsphotogrammetrie

Dennis Wittich, M. Sc., Deep learning

Dr.-Ing. **Chun Yang**, Convolutional Neural Networks (bis 31.12.2021)

Externe Doktoranden

Dipl.-Geogr. **Andre Kalia**, Permanent Scatterer Interferometrie (BGR)

Akram Mahan, M. Sc., Radarinterferometrie (GFZ)

Magdalena Stefanova, M. Sc., Interferometrie (GFZ)

Dipl.-Ing. **Murat Ürün**, Nahbereichsphotogrammetrie (VW-Nutzfahrzeuge, bis 30.06.2021)

Zhuge Xia, M.Sc., Radarfernerkundung (GFZ)

Gäste

Junhua Kang, PhD, Wuhan University, Dense matching by deep learning (bis 31.12.2021)

Faraz Lotfi, M. Sc., K.N. Toosi University, Teheran, Deep learning based object tracking, April - Juli 2021

Maryam Teimouri, M. Sc., K.N. Toosi University, Teheran, Crop Monitoring using Sentinel images, seit April 2021

EHRUNGEN



Mareike Dorozynski, M.Sc., war eine der Hauptautorinnen des Beitrags Searching Silk Fabrics by Images Leveraging on Knowledge Graph and Domain Expert Rules, der beim 3rd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents im Rahmen der ACM Multimedia 2021 Konferenz mit dem **Best Paper Award SUMAC'21** ausgezeichnet wurde.

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, Vorsitzender der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech)

Mitglied der International Academy of Astronautics

Mitglied der Europäischen Akademie der Wissenschaften und Künste

Mitglied des Redaktionsbeirates der Zeitschrift Photogrammetrie • Fernerkundung • Geoinformation

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 des DGPF Arbeitskreises „Sensoren und Plattformen“

Motagh, M.: Mitglied der Redaktionsleitung der Zeitschriften *Journal of Geodynamics*, *Engineering Geology* und *Remote Sensing*

Mitglied des UNESCO Land Subsidence International Initiative LaSII

Rottensteiner, F.: 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 (bis Mitte 2021).

AUSLANDSAUFENTHALTE

Franz Rottensteiner hat als Gastprofessor vom 22.11.-03.12.2021 an der Universität von Pavia, Italien, Vorlesungen in Bildanalyse und Computer Vision gehalten.

PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

GEODÄTISCHES INSTITUT

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Alkhatib, H., Omidalizarandi, M., Kargoll, B. (2021): A Bootstrap Approach to Testing for Time-Variability of AR Process Coefficients in Regression Time Series with t-Distributed White Noise Components. in P. Novák, M. Crespi, N. Sneeuw, & F. Sansò (Hrsg.), 9th Hotine-Marussi Symposium on Mathematical Geodesy - Proceedings of the Symposium in Rome, 2018 (S. 191-197). (International Association of Geodesy Symposia; Band 151). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/1345_2019_78
- Asiama, K., Voß, W., Bennett, R., Rubanje, I. (2021): Land consolidation activities in Sub-Saharan Africa towards the agenda 2030: A tale of three countries. *Land Use Policy*, 101, [105140]. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105140>
- Asiama, K., Bennett, R., Lemmen, C., Voß, W. (2021): Land, Innovation, and Social Good. *Land*, 10(5), [503]. <https://doi.org/10.3390/land10050503>
- Brockmeyer, M., Koppmann, V., Schnack, C., Jahn, C. H., Alkhatib, H., Neumann, I. (2021): Flächenhafte Analyse von PSI-Daten für die qualitätsgesicherte Modellierung von Bodenbewegungen in Niedersachsen. *AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 128(5), 227-237. <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2021/avn-ausgabe-052021/7209-flaechenhafte-analyse-von-psi-daten-fuer-die-qualitaetsgesicherte-modellierung-von-bodenbewegungen-in-niedersachsen.html>
- Dorndorf, A., Kargoll, B., Paffenholz, J.-A., Alkhatib, H. (2021): Bayesian Robust Multivariate Time Series Analysis in Nonlinear Models with Autoregressive and t-Distributed Errors. *Engineering Proceedings*, 5(1), [20]. <https://doi.org/10.3390/engproc2021005020>
- Ernst, D., Jüngerink, J., Kindervater, L., Moftizadeh, R., Alkhatib, H., Vogel, S. (2021): Data fusion for georeferencing a laser scanner based multi-sensor system in a city environment. *Beitrag in 2021 IEEE 24th International Conference on Information Fusion (FUSION)*, Sun City, Südafrika. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9627026>
- Gierschner, F., Kenneweg, R., Ambrosat, T., Böß, V., Geist, M., Hartmann, J., Flügge, W., Denkena, B. (2021): Automatisierte Modellierung als Beitrag für die Qualitätssicherung in der industriellen Produktion. *AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 128(4), 192-202. <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2021/avn-ausgabe-042021/7107-automatisierte-modellierung-als-beitrag-fuer-die-qualitaetssicherung-in-der-industriellen-produktion.html>
- Hartmann, J., Bachmann, A., Urban, B., Hesse, C., Gierschner, F., Neumann, I. (2021): Hochgenaues kinematisches Laserscanning als Beitrag für die Qualitätssicherung in der industriellen Produktion. *AVN Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 128(4), 182-190. <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2021/avn-ausgabe-042021/7108-hochgenaues-kinematisches-laserscanning-als-beitrag-fuer-die-qualitaetssicherung-in-der-industriellen-produktion.html>
- Kargoll, B., Dorndorf, A., Omidalizarandi, M., Paffenholz, J.-A., Alkhatib, H. (2021): Adjustment Models for Multivariate Geodetic Time Series with Vector-Autoregressive Errors. *Journal of Applied Geodesy*, 15(3), 243-267. <https://doi.org/10.1515/jag-2021-0013>
- Kermarrec, G., Schön, S. (2021). Estimation of the scale lengths of turbulence from GPS single difference phase observations, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-58>
- Kermarrec, G., Lösler, M., Hartmann, J. (2021): Analysis of the temporal correlations of TLS range observations from plane fitting residuals. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 171, 119-132. <https://doi.org/10.15488/11164>, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.10.012>
- Kermarrec, G., Lösler, M. (2021): How to account for temporal correlations with a diagonal correlation model in a nonlinear functional model: a plane fitting with simulated and real TLS measurements. *Journal of geodesy*, 95(1), [5]. <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01456-7>
- Kermarrec, G., Hartmann, J. (2021): Characterization of the optical encoder angular noise from terrestrial laser scanners. *Optics express*, 29(11), 17011-17022 <https://doi.org/10.1364/OE.422735>

- Kermarrec, G., Schild, N., Hartmann, J. (2021): Fitting terrestrial laser scanner point clouds with t-splines: Local refinement strategy for rigid body motion. *Remote sensing*, 13(13), [2494]. <https://doi.org/10.3390/rs13132494>
- Kermarrec, G., Schild, N., Hartmann, J. (2021): Using Least-Squares Residuals to Assess the Stochasticity of Measurements: Example: Terrestrial Laser Scanner and Surface Modeling. *Engineering Proceedings*, 5(1), [59]. <https://doi.org/10.3390/engproc2021005059>
- Kermarrec, G., Jain, A., Schön, S. (2021): Kalman filter and correlated measurement noise: the Variance inflation factor. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. <https://doi.org/10.1109/taes.2021.3103564>
- Koeva, M., Gasuku, O., Lengoiboni, M., Asiama, K., Bennett, R., Potel, J., Zevenbergen, J. (2021): Remote sensing for property valuation: A data source comparison in support of fair land taxation in rwanda. *Remote Sensing*, 13(18), [3563]. <https://doi.org/10.3390/rs13183563>
- Moftizadeh, R., Vogel, S., Neumann, I., Bureick, J., Alkhatib, H. (2021): Information-Based Georeferencing of an Unmanned Aerial Vehicle by Dual State Kalman Filter with Implicit Measurement Equations. *Remote sensing*, 13(16), [3205]. <https://doi.org/10.3390/rs13163205>
- Moftizadeh, R., Vogel, S., Dorndorf, A., Jüngerink, J., Alkhatib, H. (2021): Information-Based Georeferencing of Multi-Sensor-Systems by Particle Filter with Implicit Measurement Equations. 2021 IEEE 24th International Conference on Information Fusion (FUSION), 1-8
- Mohammadi, M., Khami, A., Rottensteiner, F., Neumann, I., Heipke, C. (2021). MOUNTING CALIBRATION OF A MULTI-VIEW CAMERA SYSTEM ON A UAV PLATFORM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 97–104. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-1-2021-97-2021>
- Mohammadivojdan, B., Brockmeyer, M., Jahn, C-H., Neumann, I., Alkhatib, H. (2021): Regional Ground Movement Detection by Analysis and Modeling PSI Observations. *Remote sensing*, 13(12), [2246]. <https://doi.org/10.3390/rs13122246>
- Yamaka, W., Alkhatib, H., Neumann, I., Kreinovich, V. (2021): Why LASSO, Ridge Regression, and EN: Explanation Based on Soft Computing. in N. Ngoc Thach, D. T. Ha, N. D. Trung, & V. Kreinovich (Hrsg.), *Prediction and Causality in Econometrics and Related Topics* (S. 123-130). (Studies in Computational Intelligence; Band 983). https://doi.org/10.1007/978-3-030-77094-5_12
- Ying, Y., Koeva, M., Kuffer, M., Asiama, K., Li, X., Zevenbergen, J. (2021): Making the Third Dimension (3D) Explicit in Hedonic Price Modelling: A Case Study of Xi'an, China. *Land Use Policy*, 10(1), [24]. <https://doi.org/10.3390/land10010024>

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Holste, K., Hesse, C., Neumann, I. (2021) 'Innovative Verfahren zur 3-D-Bestandsaufnahme an Verkehrswasserbauwerken' *BAUTECHNIK*, Jg. 98, Nr. 8, S. 595-600
<https://doi.org/10.1002/bate.202100043>

DISSERTATIONEN

- Mundt, R. (2021): Schätzung von Boden- und Gebäudewertanteilen aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke, *Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover*, Nr. 372, (gleichzeitig veröffentlicht in: Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Nr. 877, München, 2021)
- Xu, W.: (2021): Automatic Calibration of Finite Element Analysis Based on Geometric Boundary Models from Terrestrial Laser Scanning, *Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover* Nr. 375

INSTITUT FÜR ERDMESSUNG

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Biskupek, L., Müller, J., Torre, J.-M. (2021): Benefit of New High-Precision LLR Data for the Determination of Relativistic Parameters. *Universe*, 7, 34, DOI: 10.3390/universe7020034
- Darugna F, Bolmgren K, Schmitz M, Schön S, Wübbena J, Wübbena G, Bruno J, Mitchell C (2021): Mitigation of severe weather events and TID impact on the interpolation of SSR atmospheric parameters *Adv. Space Research* 68(6): 2401-2420, 10.1016/j.asr.2021.04.038
- Jain A, Schön S (2021): Performance Evaluation of GNSS Receiver Clock Modelling in Urban Navigation using Geodetic and High-Sensitivity Receivers, *The Journal of Navigation*. DOI: 10.1017/S0373463321000710
- Jain A., Kulemann D., Schön S. (2021): Improved velocity estimation in urban areas using Doppler observations 2021 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS), 1-7, 10.1109/ICL-GNSS51451.2021.9452243
- Kerमारrec G, Jain A, Schön S (2021): Kalman filter and correlated measurement noise: the Variance inflation factor, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic System* 10.1109/TAES.2021.3103564
- Koch I., Duwe M., Flury J., Shabanloui A. (2021): Earth's Time-Variable Gravity from GRACE Follow-On K-Band Range-Rates and Pseudo-Observed Orbits, *Remote Sens.*, 13(9):1766, DOI: 10.3390/rs13091766
- Krawinkel T., Schön S. (2021): Improved high-precision GNSS navigation with a passive hydrogen maser. *Navigation* doi.org/10.1002/navi.444
- Kröger J., Bрева Y., Kersten T., Schön S. (2021): Are Phase Center Corrections Identical for Identical Frequencies from Different GNSS?, *FIG e-Working Week 2021, Smart Surveyors for Land and Water Management - Challenges in a New Reality, Virtual*, June 21–25, online, Paper No. 10909, pages: 15
- Kröger J., Kersten T., Bрева Y., Schön S. (2021): Multi-frequency multi-GNSS receiver antenna calibration at IfE: concept - calibration results - validation, *Advances in Space Research (ASR)*, January 2021 DOI: 10.1016/j.asr.2021.01.029
- Kulemann, D., Jain, A., Schön, S. (2021): Evaluation and Comparison of Different Motion Models for Flight Navigation, *Proceedings of the 15th European Conference on Antennas and Propagation 2021 (EuCAP 2021)*, March 22-26, Virtual Conference, Düsseldorf, Germany 10.23919/EuCAP51087.2021.9411080
- Merlet, S., Gillot, P., Cheng, B., Karcher, R., Imanaliev, A., Timmen, L., Pereira dos Santos, F. (2021): Calibration of a superconducting gravimeter with an absolute atom gravimeter. *J Geod* 95, 62 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00190-021-01516-6>
- Müller, J., Schilling, M. (2021): Neue Messmethoden für die gravimetrische Erdbeobachtung. *zfv* 4/2021, S. 280-289, DOI: 10.12902/zfv-0368-2021
- O'Connor M., Ruwisch F., Kersten T., Skupin Ch., Ren L., Wübbena T., Schön S. (2021): Low-latency GNSS multipath simulator for real-time applications in autonomous driving, *IEEE/ACM 25th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT)*, September 27-29, online DOI: 10.1109/DS-RT52167.2021.9576146
- Oja, T., Mäkinen, J., Bilker-Koivula, M., Timmen, L. (2021): Absolute gravity observations in Estonia from 1995 to 2017. *J. of Geodesy* (2021) 95:131, <https://doi.org/10.1007/s00190-021-01580-y>
- Singh, V.V., Biskupek, L., Müller, J., Zhang, M. (2021): Impact of non-tidal station loading in LLR. *Advances of Space Research*, 67, 12, 3925-3941, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.03.018>
- Su J., Schön S. (2021): Improved Observation Interval Bounding for Multi-GNSS Integrity Monitoring in Urban Navigation, *Proc ION GNSS+ 2021*, St. Louis, Missouri, September 2021, pp. 4141-4156 DOI: 10.33012/2021.18078
- Tennstedt B, Weddig N. Schön S (2021): Improved Inertial Navigation With Cold Atom Interferometry, Gyroscopy and Navigation (accepted)
- Timmen, L.; Gerlach, C.; Rehm, T.; Völksen, C.; Voigt, C. (2021): Geodetic-Gravimetric Monitoring of Mountain Uplift and Hydrological Variations at Zugspitze and Wank Mountains (Bavarian Alps, Germany). *Remote Sens.* 2021, 13, 918. <https://doi.org/10.3390/rs13050918>
- Van Camp, M., Pereira dos Santos, F., Murböck, J., Petit, G., Müller, J. (2021): Lasers and Ultracold Atoms for a Changing Earth. *EOS*, 102, DOI: 10.1029/2021EO210673

- Voigt, C.; Schulz, K.; Koch, F.; Wetzel, K.-F.; Timmen, L.; Rehm, T.; Pflug, H.; Stolarczuk, N.; Förste, C.; Flechtner, F. (2021): Technical note: Introduction of a superconducting gravimeter as novel hydrological sensor for the Alpine research catchment Zugspitze. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 5047–5064, 2021, <https://doi.org/10.5194/hess-25-5047-2021>
- Zhang, G., Icking, L., Hsu, L., Schön, S. (2021): A Study on Multipath Spatial Correlation for GNSS Collaborative Positioning, *Proc ION GNSS+ 2021*, St. Louis, Missouri, September 2021, pp. 2430-2444. DOI: 10.33012/2021.17942

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Dbouk H., Schön S., Neumann I., Kreinovich V. (2021): How to Detect Possible Additional Outliers: Case of Interval Uncertainty *Reliable Computing* 28, 101
- Krawinkel T., Schön S., Bauch A. (2021) Recent and Future Activities at Leibniz University Hannover in GNSS Frequency Transfer *Joint Conference of the European Frequency and Time Forum and IEEE* 10.1109/EFTF/IFCS52194.2021.9604309
- Ruwisch F., Ren L., Skupin C., Kersten T., O'Connor M., Schön S., Wübbena T. (2021) Analysis of the Carrier Phase Multipath Error in the Context of Correction Maps for Urban Navigation, *European Navigation Conference Edinburgh: Royal Institute of Navigation*
- Schaper, A., Lin, Q., Janecki, K., Mußgnug, D., Heiken, M., Chawda, V., Icking, L., Kröger, J., Schön, S. (2021): Improving Multi-GNSS Solutions with 3D Building Model and Tree Information, *FIG eWorking Week 2021*, May 20-25, The Netherlands
- Schön, S., Kermarrec G. (2021) Studying tropospheric turbulence with GNSS *EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 18*, EMS2021-486, 2021 DOI: 10.5194/ems2021-486
- Singh, V.V., Biskupek, L., Müller, J. Zhang, M. (2021): Earth rotation parameter estimation from LLR and impact of non-tidal station loading. <https://arxiv.org/abs/2110.14274>
- Tennstedt B., Schön S. (2021): Integration of atom interferometers and inertial measurement units to improve navigation performance. In: *28th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS)*. Piscataway, NJ: IEEE, 2021. DOI:10.23919/ICINS43216.2021.9470809
- Weddig N., Tennstedt B., Schön S. (2021): Performance evaluation of a three-dimensional cold atom interferometer based inertial navigation system, *DGON Inertial Sensors and Systems (ISS)*, 1-20 10.1109/ISS52949.2021.9619776

SONSTIGE BEITRÄGE

- Müller, J.: Alles normal. *zfv* 2/2021, editorial, S. 1, 2021
- Müller, J., Hu Wu (2021): Space-borne Clocks for Geodetic Applications - A topical white paper submitted to the Committee on the Biological and Physical Sciences Research in Space 2023-2032 of The National Academies of Sciences of the USA
- Porcelli A., Biskupek, L., Müller, J. + 37 weitere Ko-Autoren (2021): Next generation lunar laser retroreflectors for fundamental physics and lunar science - A topical white paper submitted to the Committee on the Biological and Physical Sciences Research in Space 2023-2032 of The National Academies of Sciences of the USA

VORTRÄGE UND POSTER

- Biskupek L., Singh V.V., Müller J., Zhang M. (2021): Estimation of Earth Rotation Parameter UT from Lunar Laser Ranging Observations, *IAG 2021, Scientific Assembly of the International Association of Geodesy*, June 28th - July 2nd, Beijing, China, online
- Biskupek L., Zhang M., Müller J., Singh V.V. (2021): Benefit of new high-precision LLR data for the determination of relativistic parameters, *European Physical Society Conference on Gravitation*, July 5th - 7th, online
- Biskupek L., Zhang M., Müller J., Singh V.V. (2021): Testing Relativity using LLR, *International Workshop on Gravitomagnetism and Large-Scale Rotation Measurement*, 25.-26.11.2021, online
- Breva Y., Kröger J., Kersen T., Schön S. (2021): Estimation and Validation of Codephase Center Correction using the Empirical Mode Decomposition, *IAG 2021 - Scientific Assembly of the International Association of Geodesy*, June 28 - July 2, Beijing, China

- HosseiniArani, A., Tennstedt, B., Schilling, M., Knabe, A., Wu, H., Kupriyanov, A., Schön, S., Müller, J. (2021): Kalman-filter Based Hybridization of Classic and Cold Atom Interferometry Accelerometers for Future Satellite Gravity Missions, Poster, Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG), June 28 - July 2, 2021, Beijing, China (online)
- Jäggi A., Meyer U., Lasser M., Flechtner F., Dahle C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Lemoine J.-M., Bourgoigne S., Koch I., Groh A., Förste C., Eicker A., Meyssignac B. (2021): Combination Service for Time-variable Gravity Fields (COST-G) – one year of operational service, 43rd COSPAR Scientific Assembly 2021, 28. January - 4. February 2021, Sydney/Virtual
- Karimidoona, A., Schön, S. (2021): Network RTK performance analysis on a moving vehicle in challenging environments, Presentation, Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG), June 28 - July 2, 2021, Beijing, China (online)
- Karimidoona, A., Schön, S. (2021): Analysis of the performance of commercial RTK receivers in urban environments using Network RTK corrections, *Frontiers of Geodetic Science*, September 21-23, 2021 (online)
- Kermarrec G., Schön S. (2021): Estimation of the scale lengths of turbulence from GPS single difference phase observations EGU General Assembly Conference Abstracts, DOI 10.5194/egusphere-egu21-58
- Kersten T., Kröger J., Brea Y., Schön S. (2021): On the Role of GNSS Receivers for Antenna Patterns and Parameter Estimations, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-3029 DOI: 10.5194/egusphere-egu21-3029
- Kersten T., Brea Y., Kröger J., Schön S. (2021): The receiver antenna as a bottleneck in GNSS - assessing effects on geodetic parameters, Geo-monitoring with low-cost, mass-market, and consumer-grade sensors, Online seminar, June 17-18, Virtual meeting
- Kersten T., Krzan G., Dawidowicz K., Schön S. (2021): On the impact of individual PCC errors on regional networks using different processing strategies, IAG 2021 - Scientific Assembly of the International Association of Geodesy, June 28- July 2, Beijing China
- Kersten T., Paffenholz J.-A. (2021): Assessment of performance parameters for high-sensitivity receivers for use in multi-sensor integration applications, Geo-monitoring with low-cost, mass-market, and consumer-grade sensors, Online seminar, June 17-18, Virtual meeting
- Knabe A., Schilling M., Wu H., HosseiniArani A., Müller J., Beaufils Q., Pereira dos Santos F. (2021): The Benefit of Accelerometers based on Cold Atom Interferometry for Future Satellite Gravity Missions, Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG), June 28 - July 2, 2021, Beijing, China
- Knabe A., Schilling M., Wu H., HosseiniArani A., Müller J., Beaufils Q., Pereira dos Santos F. (2021): Improving Satellite Gravity Mission Accelerometers by Cold Atom Interferometry, *Frontiers of Geodetic Science*, September 21-23, 2021
- Knabe A., Wu H., Schilling M., HosseiniArani A., Müller J., Pereira dos Santos F., Beaufils Q. (2021): Future Satellite Gravity Missions enhanced by Cold Atom Interferometry Accelerometers, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021
- Koch I., Duwe M., Flury J., Shabanloui A. (2021): GRACE-FO processing at IfE/LUH, COST-G Team Meeting, Presentation, 11.-15. January, Virtual, DOI: 10.15488/10341
- Kröger J., Kersten T., Brea Y., Schön S. (2021): On the Potential of Image Similarity Metrics for Comparing Phase Center Corrections, IAG 2021 - Scientific Assembly of the International Association of Geodesy, June 28 - July 2, Beijing, China
- Kröger J., Kersten T., Brea Y., Schön S. (2021): Impact of Multi-GNSS Antenna-Receiver Calibrations in the Coordinate Domain EGU General Assembly Conference Abstracts, EGU21-8507 DOI 10.5194/egusphere-egu21-8507
- Kupriyanov A., Schilling M., Müller V., Müller J. (2021): Sensor and performance modelling of an optical accelerometer for future gravity field missions, *Frontiers of Geodetic Science*, online, September 21-23, 2021
- Meister, M., Leipner, A., Bremer, S., HosseiniArani, A., List, M., Schilling, M. (2021): Development of a virtual environment for quantum technologies on satellite based next-generation gravimetry missions, Poster, AGU Fall Meeting 2021, 13.-17. Dez 2021, New Orleans, USA (online)
- Meyer U., Lasser M., Jäggi A., Flechtner F., Dahle C., Boergens E., Förste C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Bourgoigne S., Koch I., Flury J., Groh A., Eicker A., Meyssignac B., Sasgen I., De Teixeira da Encarnação, J. (2021): Consolidated and validated monthly gravity field combinations of the GRACE, Swarm and GRACE-FO satellite missions, First Workshop of the Inter-Commission Committee on "Geodesy for Climate Research" (ICCC) of the International Association of Geodesy (IAG), 29.-31. March, Virtual, DOI: 10.48350/157867

- Meyer U., Lasser M., Jäggi A., Flechtner F., Dahle C., Boergens E., Förste C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Bourgogne S., Koch I., Flury J., Groh A., Eicker A., Meyssignac B., Zhou H., Yan Z., Chen Q., Guo X., Wang C., Feng W. (2021): Combination Service for Time-variable Gravity Fields: operational GRACE-FO combination and validation of Chinese GRACE time-series, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-2416, DOI: 10.5194/egusphere-egu21-2416
- Meyer U., Peter H., De Teixeira da Encarnação J., Lasser M., Jäggi A., Flechtner F., Dahle C., Boergens E., Förste C., Mayer-Gürr T., Kvas A., Behzadpour S., Lemoine J.-M., Bourgogne S., Koch I., Flury J., Groh A., Eicker A., Meyssignac B., Zhou H., Yan Z., Chen Q., Guo X., Wang C., Feng W. (2021): Combination Service for Time-variable Gravity Fields (COST-G): operations and new developments, IAG Scientific Assembly 2021, 28. June - 02. July, Beijing/Virtual, DOI: 10.48350/157869
- Müller, J. (2021): Benefit of Novel Quantum-Optics Sensors for Future Satellite Gravity Missions. 43rd COSPAR Scientific Assembly, Sidney, 1.2.2021 (Vortrag, online)
- Müller, J. (2021): Applications of Clock Measurements in Geodesy. TiFOON stakeholder workshop, 9.2.2021 (Vortrag, online)
- Müller, J. (2021): Nutzen von neuartigen Quantensensoren für die gravimetrische Erdbeobachtung. Deutsch-Österreichischer Workshop „Quantum Technologies for Space Days“, 5./6.5.2021 (Vortrag, online)
- Müller, J. (2021): Relativistic Geodesy with Clocks. Kolloquium am Space Research Center der polnischen Akademie der Wissenschaften, Warschau, 11.6.2021 (Vortrag, online)
- Müller, J. (2021): Benefit of Novel Quantum Sensors for Geodetic Earth Observation. Helmholtz Think Tank Meeting, 15.6.2021 (Vortrag, online)
- Müller, J. (2021): Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy. 19th International Symposium on Geodynamics and Earth Tides, Wuhan, 25.6.2021 (Vortrag/Poster, online)
- Müller, J. (2021): Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy. IAG Scientific Assembly, Peking, 30.06.2021 (Poster, online)
- Müller, J. (2021): Benefit of Clock Networks for Geodetic Applications. DGK/DLR Workshop, München, 28./29.9.2021 (Vortrag, hybrid)
- Müller, J. (2021): General Relativity and Geodesy. GRACE Hackweek 'Relativity and Gravity', Kalyanpur, Indien 14.10.2021 (Vortrag, online)
- Müller, J. (2021): Chronometrisches Nivellement. Jahrestagung BDVI-Niedersachsen, Hannover, 12.11.2021 (Vortrag)
- Müller, J. (2021): Nutzen von neuartigen Quantensensoren für die gravimetrische Erdbeobachtung. Kolloquium am Fördererntag, Hannover; 16.11.2021 (Vortrag, hybrid)
- Müller, J. (2021): Nutzen von neuartigen Quantensensoren für die gravimetrische Erdbeobachtung. BWG-Tag in Hannover, 19.11.2021 (Vortrag)
- Müller, J. (2021): Aktivitäten der DGK-Abteilung Erdmessung. DGK Jahressitzung, München 24.-26.11.2021 (Vortrag, hybrid)
- Müller, J. (2021): Status Report 2021 on IAG Project Novel Sensors and Quantum Technology for Geodesy (QuGe), QuGe Meeting, 13.12.2021 (Vortrag, online)
- Schilling, M., Müller, J. (2021): Benefit of improved accelerometry for recovering the Earth gravity field. COM-ESA Workshop on User Requirements for Space (Quantum) Gravimetry. 30.9./1.10.2021 (Vortrag, online)
- Schilling M., Knabe A., Wu H., Müller J. (2021): Cold atom interferometer accelerometry for future satellite gravimetry missions, 43rd COSPAR Scientific Assembly, January 28th - February 2nd, Sydney, Australia, online
- Schilling, M., Wodey, É., Timmen, L., Zipfel, K.H., Schlippert, D., Schubert, C., Rasel, E.M., Müller, J. (2021): Status of gravimetric measurements and modelling along a 10m atom interferometer, Poster, Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG), June 28 - July 2, 2021, Beijing, China (online)
- Schön S., Kermarrec G. (2021): Studying tropospheric turbulence with GNSS. EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 18, EMS2021-486, 2021 doi.org/10.5194/ems2021-486
- Schön S., Icking L., Kermarrec G. (2021): Monitoring Water Vapour Distribution Over Cities Using Galileo Signals From Connected Vehicles: A Feasibility Study, EARSeL 2021, Joint Virtual Workshop, March 30 - April 1, Liège, Belgium
- Schön S. (2021): Vernetzte dynamische Sensorplattformen: Mehr Fahrzeuge -bessere Performance? Münchner GI-Runde online - 24.3. 2021 (invited)

- Schön S (2021): GNSS: A universal tool for navigation and remote sensing, Guest lecture Uni Bremen 21.5.2021
- Schön S (2021): Bausteine für die Navigation mit Cold Atom Interferometers Synergietreffen der DLR Explorer-Initiativen 2021, Bremen (invited)
- Singh, V.V., Biskupek, L., Müller, J. Zhang, M. (2021): Impact of NTSL on LLR observatories and on the estimation of EOPs, EGU General Assumbley 2021 (Presentation, online), DOI: 10.5194/egusphere-egu21-7827
- Tennstedt B, Weddig N, Schön S. (2021) A hybrid CAI/IMU solution for higher navigation performance EGU General Assembly 2021 DOI: 10.5194/egusphere-egu21-9776
- Timmen, L. (2021): Geodetic-Gravimetric measurements of vertical displacements of the Earth's surface and of hydrological variations: Helgoland and Mt. Zugspitze, presentation, International Geodetic Student Meeting 2021 (IGSM2021), Hannover, 28th - 29th June 2021 (online)
- Timmen, L. (2021): Absolutgravimetrie Zugspitze – Karwoche 2021, Vortrag, Arbeitskreis Geodäsie und Geophysik, Naturfreundehaus Laacherseehaus, Medig/Osteifel, 16. bis 19. November
- Timmen, L. (2021): Geodetic-Gravimetric measurements of vertical displacements of the Earth's surface and of hydrological variations: Helgoland and Mt. Zugspitze, Vortrag, Mitgliederversammlung des BDVI Landesgruppe Niedersachsen, Kastens Hotel Luisenhof Hannover, 13. November 2021
- Timmen, L., Gerlach, C., Rehm, T., Völksen, C., Voigt, C. (2021): Geodetic-Gravimetric Monitoring of Mountain Uplift and Hydrological Variations at Zugspitze and Wank Mountains (Bavarian Alps, Germany), Vortrag, Timmen, Arbeitskreis Geodäsie und Geophysik, Naturfreundehaus Laacherseehaus, Mendig/Osteifel, 16. bis 19. November
- Timmen, L. (2021): Absolutgravimetrie der LUH auf der Zugspitze seit 2004, Status und mögliche Perspektiven, Vortrag, 1. Hydro-Gravimetrie-Arbeitstreffen Zugspitze, Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS), 6. bis 8. Sept. 2021
- Wu, H., Müller J. (2021): Novel Atom-Optics Sensors for Future Satellite Gravity Missions. Moriond Gravitation Workshop, 11.3.2021 (Poster, online)
- Wu, H., M., Müller, J. (2021): Space-Based Atomic Clocks for Geodesy. COM-ESA Workshop on Cold Atoms in Space. 23./24.9.2021 (Vortrag, online)
- Wu H., Schilling M., Knabe A. and Müller J.(2021): Novel Atom-Optics Sensors for Future Satellite Gravity Missions, Moriond Gravitation Workshop, March 9-11, 2021, France (online)
- Zhang M., Müller J., Biskupek L., Singh V.V. (2021): Characteristics of Novel Differential Lunar Laser Ranging Compared to Classical Lunar Laser Ranging, IAG 2021, Scientific Assembly of the International Association of Geodesy, June 28th - July 2nd, Beijing, China, online

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Axmann, J., Brenner, C. (2021): Maximum consensus localization using lidar sensors, ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., V-2-2021, 9–16 DOI:<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-2-2021-9-2021>
- Fassò, A., Maranzano, P., Otto, P. (2021): Spatiotemporal variable selection and air quality impact assessment of COVID-19 lockdown, *Spatial Statistics*, 100549.
- Fuest, S., Grüner, S., Vollrath, M., Sester, M. (2021): Evaluating the effectiveness of different cartographic design variants for influencing route choice, *Cartography and Geographic Information Science*, 48(2), 169-185. DOI:10.1080/15230406.2020.1855251
- Cheng, Hao, Wentong Liao, Michael Ying Yang, Bodo Rosenhahn, Monika Sester (2021): AMENet: Attentive Maps Encoder Network for Trajectory Prediction, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, DOI:10.1016/j.isprsjprs.2020.12.004 arXiv:2006.08264.
- Golze, J., Feuerhake U., Koetsier C., Sester M. (2021): Impact Analysis of Accidents on the Traffic Flow Based on Massive Floating Car Data, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIII-B4-2021, 95–102. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2021-95-2021
- Kamalasanan, Vinu, Frederik Schewe, Monika Sester, and Mark Vollrath (2021): Exploratory Study on the use of Augmentation for Behavioural Control in Shared Spaces, *HCI International 2021*
- Koetsier, C., Fiosina, J., Gremmel, J. N., Sester, M., Müller, J. P., Woisetschläger, D. (2021): Federated cooperative detection of anomalous vehicle trajectories at intersections, *Proceedings of the 4th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Advances in Resilient and Intelligent Cities* (pp. 13-22)
- Li, Yang, Hao Cheng, Zhe Zeng, Hailong Liu, Monika Sester (2021): Autonomous Vehicles Drive into Shared Spaces: eHMI Design Concept Focusing on Vulnerable Road Users, *Proceedings of 2021 IEEE 24th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, arXiv:2104.06916
- Malinovskaya, A., Otto, P. (2021): Online network monitoring. *Statistical Methods & Applications*, 30(5), 1337-1364
- Malinovskaya, A., Otto, P., Peters, T. (2021): Statistical learning for change point and anomaly detection in graphs, accepted: *Springer Handbook on Artificial Intelligence, Big Data, Data Science and Machine Learning in Statistics*
- Merk, M., Otto, P. (2021): Directional spatial autoregressive dependence in the conditional first- and second-order moments, *Spatial Statistics* (online first)
- Merk, M., Otto, P. (2022): Estimation of the spatial weighting matrix for regular lattice data -- An adaptive lasso approach with cross-sectional resampling, *Environmetrics* 33(1).
- Otto, P., Otto, P. (2021): Impact of academic authorship characteristics on article citations, *REVSTAT* (online first).
- Otto, P., Piter, A., Gijssman, R. (2021): Statistical Analysis of Beach Profile Evolution and External Influences: Applying a Spatiotemporal Functional Approach, *Coastal Engineering* 170
- Politz, F., Sester, M., Brenner, C. (2021): Building Change Detection of Airborne Laser Scanning and Dense Image Matching Point Clouds using Height and Class Information, *AGILE GIScience Ser.*, 2, 10 DOI:<https://doi.org/10.5194/agile-giss-2-10-2021>
- Tempelmeier, N., Feuerhake U., Wage O., Demidova E. (2021): Mining Topological Dependencies of Recurrent Congestion in Road Networks, *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2021; 10(4):248, DOI:<https://doi.org/10.3390/ijgi10040248>
- Rözer, V., Peche A., Berkahn S., Feng Y., Fuchs L., Graf T., Haberlandt U., Kreibich H., Sämam R., Sester M., Shehu B., Wahl J., Neuweiler I. (2021): Impact-based forecasting for pluvial floods, *Earth's Future*, e2020EF001851. DOI:10.1029/2020EF001851
- Voelsen, M., Schachtschneider, J., Brenner, C. (2021): Classification and Change Detection in Mobile Mapping LiDAR Point Clouds, *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* DOI:<https://doi.org/10.1007/s41064-021-00148-x>
- Wage, O., Sester M. (2021): Joint estimation of road roughness from crowd-sourced bicycle acceleration measurements, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, V-4-2021, 89–96, <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-4-2021-89-2021>, DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-4-2021-89-2021>

Wang, C., Zourlidou, S., Golze, J., Sester, M. (2021): Trajectory analysis at intersections for traffic rule identification, *Geospatial Information Science*, 24(1),75-84.

DOI:<https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1843374>

Yang, J., Kang Z., Zeng L., Akwensi P. H., Sester M. (2021): Semantics-guided reconstruction of indoor navigation elements from 3D colorized points, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 173, 2021, Pages 238-261

DOI:10.1016/j.isprs.2021.01.013 ISSN: ISSN 0924-2716

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

Cheng, H., Feng L., Liu H., T Hirayama T., Murase H., Sester M. (2021): Interaction Detection Between Vehicles and Vulnerable Road Users: A Deep Generative Approach with Attention, arXiv:2105.03891

Fuest, S., Sester, M., Griffin, A.L. (2021): Nudging travelers to favorable routes: The impact of visual communication and emotional responses on decision making, *Abstracts of the ICA*, 3

Leichter, A., Feuerhake, U., Sester, M. (2021): Determination of Parking Space and its Concurrent Usage Over Time Using Semantically Segmented Mobile Mapping Data, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 185-192.

Li, Y., Sester, M. (2021): Group Formation in Shared Spaces, *AGILE: GIScience Series*, 2, 1-8.

Satari, R., Kazimi, B., Sester, M. (2021): Extraction of linear structures from digital terrain models using deep learning, *AGILE: GIScience Series*, 2, 1-14

Sester, M., Vollrath, M., Cheng, H. (2021): Improving Take-over Situation by Active Communication, arXiv:2106.06255

Thiemann, F., Schulze, M., Böhner, U. (2021). State-Wide Calculation of Terrain-Visualisations and Automatic Map Generation for Archaeological Objects. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 907-913.

Yuan, Y. Sester, M. (2021): COMAP: A synthetic dataset for collective multi-agent perception of autonomous driving, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-255-2021, arXiv:255--263

Yuan, Y., Cheng, H., Sester, M. (2021): Keypoints-Based Deep Feature Fusion for Cooperative Vehicle Detection of Autonomous Driving, arXiv:2109.11615.

Zou, Q., Sester, M. (2021): Incremental Map Refinement of Building Information Using LIDAR Point Clouds, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 277-282.

DISSERTATIONEN

Cheng, Hao (2021): Deep Learning of User Behavior in Shared Spaces, *Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Reihe C, Dissertationen, Heft Nr. 872, München 2021, ISBN: 978-3-7696-5284-0 ISSN: 0065-5325*

Feng, Yu (2021): Extraction of Flood and Precipitation Observations from Opportunistic Volunteered Geographic Information, *Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Reihe C, Dissertationen, Heft Nr. 882, München 2021, ISBN: 978-3-7696-5294-9, ISSN: 0065-5325*

Kazimi, Bashir (2021): Self Supervised Learning for Detection of Archaeological Monuments in LiDAR Data, *Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Reihe C, Dissertationen, Heft Nr. 879, München 2021*

SONSTIGE BEITRÄGE UND POSTER - VORTRÄGE

Brenner, C. (2021): Mobile Mapping für die Integrität dynamischer Karten - GRK i.c.sens. BWG-Tag in Hannover, 19.11.2021

Brenner, C. (2021): "LiDAR mapping and localization", Mapping and Integrity Workshop des i.c.sens Graduiertenkollegs, 25.3.2021

Sester, M.: KI und Kartographie, eingeladener Vortrag beim DGfK Carto-Cafe, 4.3.2021

Sester, M.: Mobility monitoring with modern sensors and analysis methods, eingeladener Keynote-Vortrag bei AGILE-Tagung, 8.6.2021

Sester, M.: Capture and Interpretation of Mobility Data, ISPRS Virtual Keynote Speaker Series, 29.6.2021

Sester, M.: Improving take-over situation by active communication – a research idea, eingeladener Vortrag bei IV2021 workshop on trust calibration for human-AV interactions, 11.-12.7.2021

Sester, M.: How perfect does a 3D-city model have to be? eingeladener Keynote-Vortrag bei 3D-Geoinfo, 11.-14.10.2021

Sester, M.: Interaction of humans and autonomous vehicles - the role of maps and visual communication, eingeladener Keynote-Vortrag bei ITSC2021 Workshop Communication Between Autonomous Vehicle and Human Traffic Partners, 19.9.2021

Sester, M.: Automatic analysis of mobility data, eingeladener Keynote-Vortrag bei Workshop Traffic4Cast bei NeurIPS Conference, 10.12.2021

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Chen L., Rottensteiner F., Heipke C. (2021): Feature detection and description for image matching: from hand-crafted design to deep learning. *Geo-spatial Information Science* 24(1), 58-74., DOI:10.1080/10095020.2020.1843376
- Coenen, M., Rottensteiner, F. (2021): Pose estimation and 3D reconstruction of vehicles from stereo-images using a subcategory-aware shape prior, *ISPRS Journal for Photogrammetry and Remote Sensing* 181:27-47
- Coenen M., Schack T., Beyer D., Heipke C., Haist M. (2021) :Semi-supervised segmentation of concrete aggregate using consensus regularisation and prior guidance. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, V-2-2021, 83–91, DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2021-83-2021
- Ghosh, B., Motagh, M., Haghshenas Haghighi, M., Stefanova Vassileva, M., Walter, T., Maghsudi, S. (2021): Automatic detection of volcanic unrest using blind source separation with a minimum spanning tree based stability analysis. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 7771-7787
- Hu, J., Motagh, M., Wang, J., Qin, F., Zhang, J., Wu, W., Han, Y. (2021): Karst Collapse Risk Zonation and Evaluation in Wuhan, China Based on Analytic Hierarchy Process, Logistic Regression, and InSAR Angular Distortion Approaches. *Remote Sensing*, 13, 24, 5063
- Karanam, V., Motagh, M., Garg, S., Jain, K. (2021): Multi-sensor remote sensing analysis of coal fire induced land subsidence in Jharia Coalfields, Jharkhand, India. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102, 102439
- Kölle, M., Laupheimer, D., Schmohl, S., Haala, N., Rottensteiner, F., Wegner, J. D., Ledoux, H. (2021): The Hessigheim 3D (H3D) benchmark on semantic segmentation of high-resolution 3D point clouds and textured meshes from UAV LiDAR and multi-view-stereo, *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 1, paper 100001
- Mehltretter M., Heipke C. (2021) :Aleatoric uncertainty estimation for dense stereo matching via CNN-based cost volume analysis., *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (171), 63-75. DOI:10.1016/j.isprs-jprs.2020.11.003
- Mohammadi, M., Khami, A., Rottensteiner, F., Heipke, C. (2021); Mounting calibration of a multi-view camera system on a UAV platform, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-1-2021*, pp. 97–104
- Neves A.K., Körting T.S., Fonseca L.M.G., Soares A.R., Girolamo-Neto C.D., Heipke C. (2021) : Hierarchical mapping of Brazilian Savanna (Cerrado) physiognomies based on Deep Learning, *Journal of Applied Remote Sensing*, 15(4), 044504, DOI:10.1117/1.JRS.15.044504
- Noa Turnes, J., Soto Vega, G. A. O. Pedro Costa, Wittich, D., Feitosa, R. Q., Rottensteiner, F. (2021): Adversarial discriminative domain adaptation for deforestation detection, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-3-2021*, pp. 151–158
- Otto, P., Piter, A., Gijsman, R., (2021). Statistical analysis of beach profiles - A spatiotemporal functional approach. *Coastal Engineering* 170.103999
- Pawluszek, K., Borkowski, A., Motagh, M. (2021): Multi-temporal landslide activity investigation by spaceborne SAR interferometry: The case study of the Polish Carpathians. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24, 100629
- Schleider, T., Troncy, R., Ehrhart, T., Dorozynski, M., Rottensteiner, F., Sebastián Lozano, J., Lo Cicero, G. (2021): Searching silk fabrics by images leveraging on knowledge graph and domain expert rules, *Proceedings of the 3rd Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia HeritAge Contents (SUMAC'21)*, pp. 41-49
- Sefercik, U., Alkan, M., Jacobsen, K., Atalay, C., Buyuksalih, G. (2021) :Quality Analysis of WorldView-4 DSMs generated by Least Squares Matching and Semi-Global Matching, *Journal of Applied Remote Sensing*, 15(3), 034515, DOI: 10.1117/1.JRS.15.034515
- Sledz A., Heipke, C. (2021) :Thermal anomaly detection based on saliency analysis from multimodal imaging sources. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, V-1-2021, 55–64, DOI:10.5194/isprs-annals-V-1-2021-55-2021
- Soto Vega, P. J., da Costa, G. A. P., Feitosa, R. Q., Ortega Adarme, M. X., de Almeida, C. A., Heipke, C., Rottensteiner, F. (2021): An unsupervised domain adaptation approach for change detection and its application to deforestation mapping in tropical biomes, *ISPRS Journal for Photogrammetry and Remote Sensing*, 181:113-128

- Stefanova Vassileva, M., Al-Halbouni, D., Motagh, M., Walter, T., Dahm, T., Wetzel, H.-U. (2021): A decade-long silent ground subsidence hazard culminating in a metropolitan disaster in Maceió, Brazil. - *Scientific Reports*, 11, 7704. DOI: 10.1038/s41598-021-87033-0
- Tang, W., Zhan, W., Jin, B., Motagh, M., Yubin, X. (2021): Spatial variability of relative sea-level rise in Tianjin, China: Insight from InSAR, GPS, and tide-gauge observations. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 2621-2633, DOI: 10.1109/JSTARS.2021.3054395
- Tang, W., Zhao, X., Motagh, M., Bi, G., Li, J., Chen, M., Chen, H., Liao, M. (2021 online): Land subsidence and rebound in the Taiyuan basin, northern China, in the context of inter-basin water transfer and groundwater management. *Remote Sensing of Environment*, 112792
- Vassileva, M., Al-Halbouni, D., Motagh, M., Walter, T., Dahm, T., Wetzel, H.-U. (2021): A decade-long silent ground subsidence hazard culminating in a metropolitan disaster in Maceió, Brazil. *Scientific Reports*, 11, 7704
- Vey, S.; Al-Halbouni, D.; Haghshenas Haghghi, M.; Alshawaf, F.; Vüllers, J.; Güntner, A.; Dick, G.; Ramatschi, M.; Teatini, P.; Wickert, J.; Weber, M.(2021): Delayed subsidence of the Dead Sea shore due to hydro-meteorological changes., *Scientific Reports*, 11, 13518
- Voelsen, M., Lobo Torres, D., QFeitosa, R. Q., Rottensteiner, F., Heipke, C. (2021): Investigations on feature similarity and the impact of training data for land cover classification, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences V-3-2021*, pp. 181–189
- Voelsen, M., Schachtschneider, J., Brenner, C. (2021): Classification and Change Detection in Mobile Mapping LiDAR Point Clouds, *PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, DOI:10.1007/s41064-021-00148-x
- Wang X.; Xiao T.; Kasten Y.(2021): A hybrid structure from motion method for synchronously estimating global rotations and global translations., *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (174), 35-55, DOI:https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.02.002
- Wittich, D., Rottensteiner, F. (2021): Appearance based deep domain adaptation for the classification of aerial images, *ISPRS Journal for Photogrammetry and Remote Sensing*, 180:82–102
- Xia, Z., Motagh, M., Li, T., Roessner, S. (2021): The June 2020 Aniangzhai landslide in Sichuan Province, Southwest China: slope instability analysis from radar and optical satellite remote sensing data. *Landslides*, DOI: 10.1007/s10346-021-01777-4
- Xiao T., Wang X., Deng F., Heipke, C.(2021): Sequential Cycle Consistency Inference for Eliminating Incorrect Relative Orientations in Structure from Motion. *PFG* 89:233-249, DOI:10.1007/s41064-021-00152-1
- Yang., C. Rottensteiner, F., Heipke, C. (2021): A hierarchical deep learning framework for the consistent classification of land use objects in geospatial databases, *ISPRS Journal for Photogrammetry and Remote Sensing* 177:38–56
- Zhong, Z., Mehlretter, M. (2021): Mixed Probability Models for Aleatoric Uncertainty Estimation in the Context of Dense Stereo Matching, *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, V-2-2021, 17-26, DOI:10.5194/isprs-annals-V-2-2021-17-2021

NICHT BEGUTACHTETE PUBLIKATIONEN

- Haghshenas Haghghi, M.; Motagh, M.:(2021): Land Subsidence Hazard in Iran Revealed by Country-Scale Analysis of SENTINEL-1 InSAR. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. vol. XLIII-B3-2021, 155-161, 2021
- Haist M., Heipke C., Schack T. (2021): Computer Vision-basierte Messmethoden zur Charakterisierung von (Frisch-)Betoneigenschaften. *DBV-Rundschreiben* 269, September, 24-27
- Heinrich, K., Mehlretter, M. (2021): Learning Multi-Modal Features for Dense Matching-Based Confidence Estimation, *ISPRS Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B2-2021, 91-99, DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-91-2021
- Jacobsen, K., Passini, R.(2021): Analysis and Bias Improvement of Height Models based on Satellite Images, *ISPRS Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B1-2021, 23–30, 2021
- Piter, A.; Vassileva, M.; Haghshenas Haghghi, M.; Motagh, M.:(2021): Exploring Cloud-Based Platforms for Rapid Insar Time Series Analysis., *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. vol.43
- Trusheim, P., Chen, Y., Rottensteiner, F., Heipke, C. (2021): Cooperative localisation using image sensors in a dynamic traffic scenario. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLIII-B1-2021*, pp. 117–124

Yang., C. Rottensteiner, F., Heipke, C. (2021): CNN-based multi-scale hierarchical land use classification for the verification of geospatial databases, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLIII-B2-2021, pp. 495–502

BÜCHER, BUCHKAPITEL

- Heipke C. (2021): Preface. In: Hinz S., Braun A., Weinmann M. (Hrsg.), Object and pattern recognition in remote sensing: Modelling and monitoring environmental and anthropogenic objects and change processes. Whittels Publishing, Dunbeath, Caithness, UK, p. vii-ix
- Rottensteiner, F. (2021): Context-based classification. In: Hinz, S., Braun, A., Weinmann, M. (Hrsg.), Object and pattern recognition in remote sensing: Modelling and monitoring environmental and anthropogenic objects and change processes. Whittles Publishing, Dunbeath, Caithness, UK, p. 127-150

DISSERTATIONEN

- Chen, L. (2021): Deep Learning for Feature based Image Matching. In: Deutsche Geodätische Kommission Reihe C, Nr. 867, ISSN 0065-5325 (ebenfalls in: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, Nr. 369, ISSN: 0174-1454)
- Mehlretter, M. (2021): Uncertainty Estimation for Dense Stereo Matching using Bayesian Deep Learning. In: Deutsche Geodätische Kommission Reihe C, Nr. 878, ISSN 0065-5325 (ebenfalls in: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, Nr. 378, ISSN 0174-1454)
- Wang, X. (2021): Robust and Fast Global Image Orientation. In: Deutsche Geodätische Kommission Reihe C, Nr. 871, ISSN 0065-5325 (ebenfalls in: Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover, Nr. 373, ISSN 0174-1454)

VORTRÄGE UND POSTER

- Durand, V., Martinez Garzon, P., Gualandi, A., Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M., Dresen, G., Bohnhoff, M. (2021): Deciphering deformation along submarine fault branches below the eastern Sea of Marmara (Turkey): insights from seismicity, strainmeter, GPS and InSAR data - Abstracts, EGU General Assembly 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8651>
- Garg, S., Karanam, V., Motagh, M. (2021): The continuous sinking of National Capital Region, India – Investigated using the Sentinel-1 time series InSAR approach - Abstracts, FRINGE Workshop 2021 (Online 2021)
- Garg, S., Karanam, V., Motagh, M., Jayaluxmi, I. (2021): Risk of Ground movement in Faridabad, India investigated using remote sensing and insitu data - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (online 2021). DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-15694>
- Garg, S., Xiao, T., Motagh, M. (2021): Artificial Intelligence for flood analysis - first results from the 'AI4Flood project'. ML for Earth System Modelling and Analytics workshop 2021 (online 2021)
- Ghosh, B., Motagh, M., Haghshenas Haghghi, M., Walter, T. (2021): Using minimal spanning tree based ICA optimization for volcanic unrest determination - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (online 2021). DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-3200>
- Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2021): Monitoring stability of embankment dams in response to 2019 Iran Flood event - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (online 2021). DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-14308>
- Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2021): Aquifer Depletion in Iran: A Nation-wide Survey from Space-borne and In-situ Measurements - Abstracts, FRINGE Workshop 2021 (online 2021).
- Haghshenas Haghghi, M., Motagh, M. (2021): Monitoring flood-cycle stability of embankment dams: Results from 2019 flood event in Khuzestan, Iran - Abstracts, FRINGE Workshop 2021 (online 2021).
- Heipke, C.: Geospatial trends and the ISPRS mission, Opening Key Note, International Geoinformatics Conference 2021, Riyadh (online), 29.03.2021
- Heipke, C.: Modern photogrammetry for smart cities, Seminar Lands Dep. Hong Kong (online), 12.04.2021

- Heipke, C.: The Roles of Remote Sensing, Photogrammetry and Spatial Information Science in Sustainable Development, ISPRS Virtual Congress, Forum "Towards Transformational Change: Potential Contributions of ISPRS and the Role of the Youth in Sustainable Development", Nizza (online), 08.07.2021
- Heipke, C.: Deep learning for cultural heritage, Opening Key Note, 28th CIPA Symposium, Beijing (online), 28.08.2021
- Heipke, C.: Space & Geospatial Value Chain – Co-creating Geospatial Knowledge Infrastructure, Plenary Address, Geospatial World Forum, Amsterdam, 20.10.2021
- Heipke, C.: Quelles compétences de haut niveau en géomatique pour demain? Un point de vue européen. Séminaire IGN « Enjeux et besoin émergents en géomatiques : rôle et place de l'ENSG », Paris, 21.10.2021
- Heipke, C.: Role of Remote Sensing and Spatial Systems in the era of Digital Transformation, Key Note, XIX International SELPER Symposium, Santiago de Chile (online), 16.11.2021
- Heipke, C.: Deep learning for remote sensing and the role of ISPRS, Key Note, Pacific Islands GIS and Remote Sensing User Conference, Port-Vila, Vanuatu (online), 22.11.2021
- Karanam, V., Garg, S., Motagh, M., Kamal, J. (2021): The Risk of Coal fires and land subsidence in Jharia Coalfields, India - analyzed using remote sensing techniques - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (online 2021). DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-14419>
- Karanam, V., Motagh, M., Garg, S., Kamal, J. (2021): Coal Fire Induced Land Subsidence in Jharia Coalfields, India, Investigated Using Thermal Anomaly Mapping and Persistent Scatterer Interferometry - Abstracts, FRINGE Workshop 2021 (Online 2021)
- Montazeri, S., Ansari, H., De Zan, F., Mania, R., Shau, R., Beker, T., Parizzi, A., Haghshenas Haghghi, M., Niemz, P., Cesca, S., Motagh, M., Walter, T., Eineder, M., Zhu, X. X. (2021): TecVolSA: InSAR and Machine Learning for Surface Displacement Monitoring in South America - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (online 2021).
- Rottensteiner, F.: What is AI? An introduction to the basics of artificial intelligence in the context of NMCAs, eingeladener Vortrag beim Joint Virtual Workshop on Artificial Intelligence for NMCAs von EuroGeographics und EuroSDR, online, 03.02.2021
- Rottensteiner, F.: Strategies for deep domain adaptation in remote sensing applications, eingeladener Vortrag beim Simpósio Brasileiro de Sensoramento Remoto Interim, der Brasilianischen Gesellschaft für Fernerkundung, online, 13.04.2021
- Stefanova Vassileva, M., Al-Halbouni, D., Motagh, M., Walter, T., Dahm, T., Wetzel, H.-U. (2021): Man-made disaster on urban area: subsidence and underground salt dissolution in Maceio (Brazil) revealed by remote sensing and numerical modelling - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (Online 2021). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-12371>
- Stefanova Vassileva, M., Al-Halbouni, D., Motagh, M., Walter, T., Dahm, T., Wetzel, H.-U. (2021): Rapidly Accelerating Subsidence In Maceió Brazil Analyzed By Multi temporal Multi sensor DInSAR - Abstracts, FRINGE Workshop 2021 (Online2021).
- Tang, W., Zhao, X., Bi, G., Li, J., Motagh, M., Chen, M., Chen, H. (2021 online): Investigation of present-day ground displacement in Taiyuan basin by InSAR in the context of interbasin water transfer project - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (online 2021). DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-9340>
- Trusheim, P.: Cooperative Localisation Using Image Sensors in a Dynamic Traffic Scenario, DGK PhD Colloquium Geomatics for Mobility (online), 30.04.2021
- Xia, Z., Motagh, M., Li, T. (2021): Precursory and post-failure analysis of landslide deformation in Danba County, China using optical remote sensing and Multi-temporal InSAR (MTI) methods with corner reflectors - Abstracts, EGU General Assembly 2021 (Online 2021). <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-6664>
- Xiao, T., Motagh, M., Garg, S. (2021): Investigating the role of globally available labeled dataset for flood detection using Sentinel-1 imagery and deep learning - Abstract Book, Helmholtz AI virtual conference 2021 (online 2021)

HERAUSGABEN

Heipke C., Li D. (2021): Gottfried Konecny: From draftsman to Professor emeritus – 75 years of involvement in photogrammetry and remote sensing. Editorial, Geo-spatial Information Science, 24:1, 1-4, Special Issue dedicated to the 90th birthday of Prof. Gottfried Konecny, DOI:10.1080/10095020.2021.1886479

GEODÄTISCHES KOLLOQUIUM

WINTERSEMESTER 2020 /21 (ONLINE)

Dienstag, 08.12.2020: Prof. Andreas Reigber, DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, Oberpfaffenhofen, Thema: DLR's Airborne SAR Research: Preparing future satellite missions

Dienstag, 15.12.2020: Prof. Dr. Monica Wachowicz, University of New Brunswick, Canada, Thema: Internet of Things: Challenges and Opportunities in Geographic Information Science

Dienstag, 12.01.2021: Prof. Dr.-Ing. Annette Eicker, Professur für Geodäsie und Ausgleichsrechnung, HafenCity University Hamburg, Thema: The attraction of water: New applications of GRACE in hydrology and climate research

Dienstag, 19.01.2021: Dipl.- Ing. Ulrich Gellhaus, Vorsitzender Lenkungsausschuss Geobasis, Landesamt GeoInformation Bremen, Thema: LA Geobasis – ein Werkstattbericht

Dienstag, 26.01.2021: Dr.-Ing. Hamza Alkhatib, Geodätisches Institut, Leibniz Universität Hannover, Thema: Fortgeschrittene Methoden für die computergestützte Datenanalyse und ihre Anwendung in der Ingenieurgeodäsie

SOMMERSEMESTER 2021 (ONLINE)

Dienstag, 27.04.2021: Mozhdeh Shahbazi, PhD, Peng, Directrice Scientifique – Applied Science Manager, Cégep de Chicoutimi, Quebec, Canada, Thema: Autonomous mapping & Visual intelligence

Dienstag, 01.06.2021: Prof. Alper Yilmaz, The Ohio State University, Columbus, OH (USA), Thema: Geolocalization on Maps by Fusing Motion and Visual Data through Attention Mechanisms

Dienstag, 08.06.2021: Prof. Dr. Hermann Drewes, Technische Universität München, Thema: The Progress of International Geodesy after World War II

Dienstag, 22.06.2021: Prof. Raid Amin, Department of Mathematics and Statistics, University of West Florida, Pensacola, FL (USA), Thema: Spatial Surveillance of Pediatric Cancer, Structural Problems in Bridges, and Sources of Cyber Attacks

Dienstag, 13.07.2021: Gerd Grabau und Michael Köster (Hanack und Partner mbB, Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure), Thema: ÖbVI: Der Allwissende? Einblick in das Aufgabenspektrum eines Hamburger Vermessungsbüros

LEHRVERANSTALTUNGEN

GEODÄTISCHES INSTITUT

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR WS 20/21 UND SS 21

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Sensorik	Jens Hartmann / Khami	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	Prof. Neumann / Dr. Omidalizarandi	3	3	2
Ingenieurgeodäsie	Jens Hartmann / Khami	4	3	2
Schätz- und Prädiktionsverfahren	Prof. Neumann / Dr. Alkhatib	4	3	1
Praxisprojekt Ingenieurgeodäsie	Jens Hartmann / Khami	4	10 Tage	
Multi-Sensor-Systeme	Dr. Vogel / Khami	5	2	2

Flächen- und Immobilienmanagement

Grundlagen der Stadt- und Regionalplanung	Prof. Voß / Gebauer	1	2	1
Immobilienmanagement I	Prof. Voß / Bannert	4	2	1
Flächenmanagement und Bodenordnung I	Prof. Voß / Bannert	5	2	1
Land- und Dorfentwicklung I	Prof. Voß	5	1	-

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WS 20/21 UND SS 21

INGENIEURGEODÄSIE UND GEODÄTISCHE AUSWERTEMETHODEN

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Schätz- und Optimierungsverfahren	Kermarrec / Jan Hartmann	1 N	2	1
Introduction into Geodetic Data Analysis	Dr. Alkhatib / Mohammadivojdan	1/2G	2	1
Kinematic Measurement Processes in Engineering Geodesy	Dr. Vogel / Dr. Omidalizarandi	2 G	2	1
Projektseminar II: Georeferencing and validation of a laser scanned-based multi-sensor system	Dr. Alkhatib / Dr. Vogel / Moftizadeh	2 G	-	8
Projektseminar I: Kinematic Monitoring or Bridge Structures	Dr. Omidalizarandi	2 G	-	8
Industrial Surveying (W)	Prof. Neumann / Jan Hartmann / Mohammadivojdan	2 G	2	2
Selected Topics of Geodetic Data Analysis (W)	Prof. Neumann / Dr. Alkhatib / Dorndorf / Vogel	2 G	2	1
Recursive State Estimation (W)	Dr. Alkhatib / Moftizadeh	3 G	2	2
Ingenieurgeodäsie, Aktuelle Aspekte (Wahl)	Prof. Neumann	3 G	1	-
Analysis of Deformation Measurements (W)	Dr. Omidalizarandi / Prof. Neumann	3 G	1	1

Flächen- und Immobilienmanagement

Lehrveranstaltung	Dozent/Assistent	Sem.	V	Ü
Land Management a. Real Estate Economics II	Prof. Voß/Dr. Asiama	2 G	2	1
Land Tenure and Land Policy (W)	Prof. Voß/Dr. Asiama	2 G	-	2
Projektseminar I: Wind Energy and rural Development	Dr. Asiama	2 G	-	8
Projektseminar II: Determination of comparable locations for the city of Hannover from geodata using GIS “	Prof. Voß / Bannert	2 G	-	8
Rural and Village Development (W)	Gottwald	2 G	2	-
Städtebauliche Projektentwicklung (W)	Dr. Wolf	3 G	2	-
Flächenmanagement III (W)	Prof. Voß	3 G	1	1
Real Estate Economics III (Wahl)	Prof. Voß/Dr. Asiama	3G	1	-

(W) Wahlpflichtveranstaltung, G: Master GuG, N: Master Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WS 20/21 UND SS 21

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Wirtschaftlichkeitsbewertung von Immobilien (EX: Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen Bau, TU Braunschweig)	Prof. Voß	5	2	-

(EX) Lehrexpert für andere Fachrichtungen

Institut für Erdmessung**LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR IM WS 20/21 UND SS 21**

Lehrveranstaltung	Dozent / Assistent	Sem.	V	Ü
Grundlagen der Erdmessung	Prof. Flury / Duwe	3	4	1
Grundlagen der GNSS und Navigation	Prof. Schön / Brevia	4	2	2
Mathematische Geodäsie	Dr. Denker / Knabe	5	1	1
GNSS II	Prof. Schön / Brevia / 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 + Brevia / Kröger	6	3	2
Landesvermessung	Dr. Jahn / Brevia	6	2	1
Praxisprojekt Landesvermessung und GNSS	Brevia / Kröger	6	10 Tage	

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WS 20/21 UND SS 21

Lehrveranstaltung	Dozent / Assistent	Sem.	V	Ü
Positionierung und Navigation	Prof. Schön / Brevia	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 / Weddig	2+3 G/N	2	2
GNSS Receiver-Technologie (W)	Prof. Schön	3 G	2	2
Signalverarbeitung in der Erdmessung (W)	Dr. Denker / Dr. Timmen	3 G	2	2
Concepts of Geodesy and Geodetic Methods	Prof. Flury / Koch Prof. Schön / Kröger	3 G	2	1
Physikalische Geodäsie und Gravimetrie II (W)	Dr. Denker / Dr. Timmen	2 G	3	1
Aktuelle Satellitenmissionen - Recent Gravimetric Satellite Missions (W)	Prof. Müller / Knabe	3 G	2	2
Advanced Concepts for Positioning and Navigation	Prof. Schön / Ren / Breva	1+2 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung; G: Master GuG, N: Master Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR ANDERE FACHRICHTUNGEN IM WS 20/21 UND SS 21

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Approximation und Prädiktion raumbezogener Daten (EX: MSc Geowissenschaften und M.Sc. Umweltingenieurwesen, LUH)	Prof. Flury	2	2	1

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEOINFORMATIK

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR IM WS 2020/21 UND SS 21

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Informatik für Ingenieure	Prof. Brenner / Peters	1	2	1
Einführung in GIS und Kartographie I	Prof. Sester / Thiemann	1	1	1
Einführung in GIS und Kartographie II	Thiemann	2	1	1
Praxisprojekt Topographie (Schlussübung)	Thiemann / Schulze	2	10 Tage	
Bachelorprojekt	Schulze / Thiemann	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 2020/21 UND SS 21

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
Internet - GIS	Dr. Feuerhake / Fischer / Cheng / Kazimi	1 G	2	1
GIS in der Fahrzeugnavigation	Prof. Brenner	2 G/N	1	1
GIS III – Anwendungen und neue Forschungsrichtungen (W)	Prof. Sester / Dr. Feuerhake / Westenberg	2 G	3	-
Geodateninfrastrukturen (W)	Dr. Willgalis	2 G	2	-
Hauptseminar	Prof. Sester und Mitarbeiter	2 G	-	2
GIS – Praxis II (W)	Thiemann	3 G	-	2
GIS und Geodateninfrastruktur	Thiemann / Schulze / Politz	1 N	2	1
Laserscanning – Modellierung und Interpretation	Prof. Brenner / Golze	3 G/N	1	1
SLAM und Routenplanung	Prof. Brenner / Leichter	3 G/N	2	1
Geosensornetze	Prof. Sester / Dr. Feuerhake	3 N	2	1
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
Big Geospatial Data	Prof. Otto / Harke	2 G/N	2	1
Statistical Modelling in Data Science	Prof. Otto / Harke	2 G/N	2	1
Modelling Spatio-temporal and Network Data	Prof. Otto	G	4S	
Projektseminar "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 2020/21 UND SS 21

Lehrveranstaltung	Dozenten	V	Ü
Geo-Informationssysteme (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geowissenschaften)	Schulze / Politz	1	1
GIS (EX: Water Resources and Environmental Management, Umweltingenieurwesen)	Sester / Kazimi	1	1
Mechatronik Labor (EX: Mechatronik und Robotik)	Busch		1

(EX) Lehrexpert für andere Fachrichtungen

INSTITUT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND GEOINFORMATION

LEHRVERANSTALTUNGEN BACHELOR IM WS 20/21 UND SS 21

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 / Dorozynski	2	2	1
Grundlagen der Photogrammetrie	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	3	3	1
Luftbildphotogrammetrie	Prof. Heipke / Prof. Rottensteiner	4	2	1
Fernerkundung	Prof. Heipke / Piter	6	2	2
Bachelorseminar	Prof. Heipke und Mitarbeitende	3+4		4

LEHRVERANSTALTUNGEN MASTER IM WS 20/21 UND SS 21

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. Hashshenas	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 Mitarbeitende	1 G	-	-
Projektseminar	Prof. Heipke und Mitarbeitende	2+3 G	-	-
Praxisprojekt Navigation und Umweltrobotik	Prof. Heipke und Mitarbeitende	2+3 N	-	-
3D Image processing (Auflagenkurs)	Prof. Rottensteiner und Mitarbeitende	1 G	2	1

(W) Wahlpflichtveranstaltung; G: Master GuG, N: Master Navigation und Umweltrobotik

LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR EXTERNE IM WS 20/21 UND SS 21

Lehrveranstaltung	Dozenten	Sem.	V	Ü
G&G für Bauingenieure (EX: Bau- und Umweltingenieurwesen, B.Sc.)	Dr. Wiggenhagen	1	2	2
Mechatronik Labor (EX: Mechatronik und Robotik)	Dr. Wiggenhagen	2+3	-	1
Remote Sensing (EX: Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Geographie, Geowissenschaften, WATENV B.Sc. und M.Sc.)	Dr. Hasghshenas	div.	1	1

(EX) Lehrexport für andere Fachrichtungen

ANMERKUNG

Einige Veranstaltungen sind offen für Studierende anderer Fächer (u.a. Informatik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Mechatronik und Robotik, Computergestützte Ingenieurwissenschaften, Mathematik, Physik)

HONORARPROFESSOREN UND LEHRBEAUFTRAGTE DER FACHRICHTUNG

HONORARPROFESSOREN

Es lesen nicht mehr:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Augath (Bestellung: 1993), ehem. Geodätisches Institut TU Dresden

Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Joachim Boljen (Bestellung: 2008), ehem. Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein, a.D.

Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Buziek (Bestellung: 2008), ESRI Geoinformatik GmbH, Kranzberg, Vorlesung: GIS-Visualisierung und Praxisaspekte

Hon.-Prof. Dr.-Ing. D. Grothenn, Ltd.Vermessungsdirektor a.D. (Bestellung: 1978), ehem. Nds. Landesverwaltungsamt – Landesvermessung

Präsident a.D. und **Prof. Dr.-Ing. Dietmar Grünreich** (Bestellung: 1999), ehem. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Dierk Hobbie (Bestellung: 1998), ehem. Carl Zeiss

Prof. Dr.-Ing. habil. Hansjörg Kutterer (Bestellung: 2011), ehemals Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt, jetzt KIT

Ministerialrat a.D. **Hon.-Prof. Dipl.-Ing. Hermann Möllering** (Bestellung: 2000), ehem. Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Peter Reinartz (Bestellung: 2010), Institut für Methodik der Fernerkundung, DLR Oberpfaffenhofen

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Reuter** (Bestellung: 1996), ehem. Amt für Agrarstruktur Hannover

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Hans Werner Schenke (Bestellung: 2010), Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven

Hon.-Prof. Dr.-Ing. K.-W. Schrick, Regierungsdirektor a.D. (Bestellung: 1967), ehem. Deutsches Hydrographisches Institut, 2021 im Alter von 100 Jahren verstorben

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Schroth (Bestellung: 1998), ehemals BLOM Deutschland GmbH.

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Tegeler** (Bestellung: 1994), ehem. Landesvermessung und Bezirksregierung Lüneburg

Ltd. Verm.Dir. a.D. **Hon.-Prof. Dr.-Ing. Werner Ziegenbein** (Bestellung: 1991), ehem. Behörde für Geoinformation, Landentwicklung und Liegenschaften

LEHRBEAUFTRAGTE

Dr.-Ing. Dimitri Bulatov (seit 2014), Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Karlsruhe/Ettlingen, Vorlesung: Mathematical Aspects of Computer Vision

Dipl.-Ing. Hinrich Claussen (seit 2020), Hildesheim, Vorlesung: Business Administration for Engineers

Dipl.-Ing. Martin Gottwald (seit 2016). Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Vorlesung: Rural and Village Development

Dr.-Ing. Cord-Hinrich Jahn (seit 2006), Ltd. Vermessungsdirektor, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN), Landesvermessung und Geobasisinformation, Vorlesung: Landesvermessung

MR Dipl.-Ing. Siegmur Liebig (seit 2012), Ministerialrat, Leiter des Referates Vermessung, Geoinformation, Kampfmittelbeseitigung im Nds. Ministerium für Inneres und Sport, Vorlesung: Öffentliches Vermessungswesen

Dr.-Ing. Werner Mayr (seit 2017), Welzheim, Vorlesung: Führung als Qualifikation im Ingenieurberuf

Dr. Tobias Storch (seit 2018), Institut für Methodik der Fernerkundung, DLR Oberpfaffenhofen, Vorlesung: Operationelle Fernerkundung

Dipl.-Ing. Gerfried Westenberg (seit 2003), Gerfried Westenberg GeoMarketing, Beitrag Geodatenmarkt und Marketing" (im Rahmen der Lehrveranstaltung GIS III)

Dr.-Ing. Reinhard Wolf (seit 2005), im Ruhestand, ehemals Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Planen und Stadtentwicklung, Vorlesung: Städtebauliche Projektentwicklung

Dr.-Ing. Stefan Willgalis (seit 2019), Ministerium für Inneres und Sport, Vorlesung: Geodateninfrastrukturen