



HxGN SmartNet

GPS
GLONASS
GALILEO
BEIDOU



HEXAGON
GEOSYSTEMS

www.hxgnsmartnet.com/de-at/

**Preisverleihungen der Österreichischen Geodätischen Kommission an
a.o. Univ.Prof. Dr. Robert Weber und an Dr. Matthias Ehrhart**
N. Höggerl, G. Beutler, W. Lienhart

**Positionierung und Geomonitoring mit GNSS: Anwendungen,
Chancen und Risiken**
R. Weber

Anwendungen von Videotalstationen
M. Ehrhart

Indoor WLAN Fingerprinting mittels kinematischen Trainingsmessungen
G. Retscher, A. Leb

**Umgang mit Restklaffungen nach Anfelderung an das
amtliche Festpunktfeld – ein Pro und Contra**
E. Grillmayer, F. Blauensteiner



On the occasion of 50 years
Austrian Board on Geographical Names (AKO)
GeoNames19 Symposium
“Place names and migration”
Vienna, 6th – 8th November 2019



Call for papers

Migration is a global and all-time phenomenon. Ever since humankind exists, people were migrating – individually or in groups. Concerning place names it is interesting to look on how people – often with a different linguistic and cultural background – deal with the existing namescape.

Related to place names, this prompts a number of delicate questions: How do migrants deal with place names? Do they adapt them to their own language by translation, morphological or phonetic adaptation? Do they create new names (for already named places)? And how do long-term residents of the place react to these attitudes?

Questions like these get addressed as well in traditional fields of onomastics as well as in recent fields of study like “critical onomastics” and “colonial onomastics”. The symposium intends to highlight in this respect various historical situations as well as recent migration events in all parts of the world.

Subthemes (with no claim to be exhaustive):

- Place-name use in historical and in recent situations of migration
- Reactions of long-term residents to the place-name use by migrants
- Attempts of integrating migrant place names into the official namescape
- Place-name use of migrants by feature categories and by kinds of migration
- Transfer of place names from the former home to the new place
- Use of exonyms of the local community by migrants

Symposium language: English

Registration: For participation and paper presentation **new extension until mid-May 2019.**

Find registration form and further information at

<http://ortsnamen.at/ako50>

Venue: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Federal Office of Metrology and Surveying), Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Vienna

We are looking forward to seeing you in Vienna!

Austrian Board on Geographical Names (AKO)
UNGEGN Dutch and German Speaking Division (DGSD)
Joint ICA/IGU Commission on Toponymy
Federal Office of Metrology and Surveying (BEV)
Austrian Geographical Society (ÖGG)



Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation

Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation
und der Österreichischen Geodätischen Kommission

107. Jahrgang 2019

Heft: 1/2019

ISSN: 1605-1653

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Andreas Pammer

Stellvertreter: Dipl.-Ing. Ernst Zahn

Dipl.-Ing. (FH) Georg Topf

A-1020 Wien, Schiffamtsgasse 1-3

Internet: <http://www.ovg.at>

<i>N. Höggerl: Verleihung der Friedrich Hopfner Medaille 2018, Verleihung des Karl Rinner Preises 2017</i>	3
<i>G. Beutler: Laudatio auf a.o. Prof. Dr. Robert Weber anlässlich der Überreichung der Friedrich-Hopfner Medaille 2018</i>	6
<i>W. Lienhart: Laudatio auf Dr. Matthias Ehrhart anlässlich der Überreichung des Karl Rinner Preises 2017</i>	9
<i>R. Weber:</i> Positionierung und Geomonitoring mit GNSS: Anwendungen, Chancen und Risiken	10
<i>M. Ehrhart:</i> Anwendungen von Videotalstationen	21
<i>G. Retscher, A. Leeb:</i> Indoor WLAN Fingerprinting mittels kinematischen Trainingsmessungen	27
<i>E. Grillmayer, F. Blauensteiner:</i> Umgang mit Restklaffungen nach Anfelderung an das amtliche Festpunktfeld – ein Pro und Contra	44
Dissertationen, Diplom- und Magisterarbeiten	48
Recht und Gesetz	51
Mitteilungen	57
Tagungsberichte	58
Aus dem Vereinsleben	60
Persönliches	61
Buchbesprechungen	62
Neuerscheinungen	62
Veranstaltungskalender	63



Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation und der Österreichischen Geodätischen Kommission

107. Jahrgang 2019 / ISSN: 1605-1653

Herausgeber und Medieninhaber: Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), Austrian Society for Surveying and Geoinformation, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien zur Gänze. Bankverbindung: BAWAG P.S.K., IBAN: AT21 60000 00001190933, BIC: OPSKATWW. ZVR-Zahl 403011926.

Präsident der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Julius Ernst, Tel. +43 1 21110-823703, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien.

Sekretariat der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Franz Blauensteiner, Tel. +43 1 21110-822216, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. E-Mail: office@ovg.at.

Schriftleitung: Dipl.-Ing. Andreas Pammer, Tel. +43 1 21110-825262, Dipl.-Ing. Ernst Zahn, Tel. +43 1 21110-823209, Dipl.-Ing.(FH) Georg Topf, Tel. +43 1 21110-823620, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. E-Mail: vgi@ovg.at.

Manuskripte: Bitte direkt an die Schriftleitung senden. Es wird dringend ersucht, alle Beiträge in digitaler Form zu übersenden. Genaue Angaben über die Form der Abfassung des Textteiles sowie der Abbildungen (Autoren-Richtlinien) können bei der Schriftleitung angefordert werden bzw. sind auf <http://www.ovg.at> unter „VGI Richtlinien“ zu ersehen. Beiträge können in Deutsch oder Englisch abgefasst sein; Hauptartikel bitte mit deutschem und englischem Titel, einer deutschsprachigen Kurzfassung und einem englischen Abstract sowie Schlüsselwörter bzw. Keywords einsenden. Auf Wunsch können Hauptartikel einem „Blind-Review“ unterzogen werden. Nach einer formalen Überprüfung durch die Schriftleitung wird der Artikel an ein Mitglied des Redaktionsbeirates weitergeleitet und von diesem an den/die Reviewer verteilt. Artikel, die einen Review-Prozess erfolgreich durchlaufen haben, werden als solche gesondert gekennzeichnet. Namentlich gezeichnete Beiträge geben die Meinung des Autors wieder, die sich nicht mit der des Herausgebers decken muss. Die Verantwortung für den Inhalt des einzelnen Artikels liegt daher beim Autor. Mit der Annahme des Manuskriptes sowie der Veröffentlichung geht das alleinige Recht der Vervielfältigung und Wiedergabe auf den Herausgeber über.

Redaktionsbeirat für Review: Univ.-Prof. Dr. Johannes Böhm, Dipl.-Ing. Julius Ernst, Univ.-Prof. Dr. Werner Lienhart, Univ.-Prof. Dr. Norbert Pfeifer, Prof. Dr. Josef Strobl, O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hans Sünkel und Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.iur. Christoph Twaroch

Copyright: Jede Vervielfältigung, Übersetzung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen sowie Mikroverfilmung der Zeitschrift oder von in ihr enthaltenen Beiträgen ohne Zustimmung des Herausgebers ist unzulässig und strafbar. Einzelne Photokopien für den persönlichen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen davon angefertigt werden.

Anzeigenbearbeitung und -beratung: Dipl.-Ing. Andreas Pammer, Tel. +43 1 21110-825262, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. Unterlagen über Preise und technische Details werden auf Anfrage gerne zugesendet.

Erscheinungsweise: Vierteljährlich in zwangloser Reihenfolge (1 Jahrgang = 4 Hefte). Auflage: 1000 Stück.

Abonnement: Nur jahrgangsweise möglich. Ein Abonnement gilt automatisch um ein Jahr verlängert, sofern nicht bis zum 1.12. des laufenden Jahres eine Kündigung erfolgt. Die Bearbeitung von Abonnementangelegenheiten erfolgt durch das Sekretariat. Adressänderungen sind an das Sekretariat zu richten.

Verkaufspreise: Einzelheft: Inland 20 €, Ausland 25 €; Abonnement: Inland 60 €, Ausland 75 €; alle Preise inklusive Mehrwertsteuer. OVG-Mitglieder erhalten die Zeitschrift kostenlos.

Satz und Druck: Buchdruckerei Ernst Becvar Ges.m.b.H., A-1150 Wien, Lichtgasse 10.

Offenlegung gem. § 25 Mediengesetz

Medieninhaber: Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), Austrian Society for Surveying and Geoinformation, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien zur Gänze.

Aufgabe der Gesellschaft: gem. § 1 Abs. 1 der Statuten (gen. mit Bescheid der Bundespolizeidirektion Wien vom 26.11.2009): a) die Vertretung der fachlichen Belange der Vermessung und Geoinformation auf allen Gebieten der wissenschaftlichen Forschung und der praktischen Anwendung, b) die Vertretung aller Angehörigen des Berufsstandes, c) die Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Kollegen der Wissenschaft, des öffentlichen Dienstes, der freien Berufe und der Wirtschaft, d) die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, e) die Herausgabe einer Zeitschrift mit dem Namen „Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation“ (VGI).

Erklärung über die grundlegende Richtung der Zeitschrift: Wahrnehmung und Vertretung der fachlichen Belange aller Bereiche der Vermessung und Geoinformation, der Photogrammetrie und Fernerkundung, sowie Information und Weiterbildung der Mitglieder der Gesellschaft hinsichtlich dieser Fachgebiete.



<http://www.ovg.at>



<http://www.oegk-geodesy.at>

Vorwort und Laudatio

Preisverleihungen der Österreichischen Geodätischen Kommission an a.o. Univ.Prof. Dr. Robert Weber und an Dr. Matthias Ehrhart

Um die Belange der Geodäsie in Österreich zu fördern und öffentlich bekannt zu machen, werden von der Österreichischen Geodätischen Kommission (ÖGK) die Friedrich Hopfner Medaille (alle vier Jahre) und der Karl Rinner Preis (jährlich) vergeben. Am 25. Oktober 2018 wurden in einer öffentlichen Sitzung der ÖGK im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, diese beiden Auszeichnungen in einer feierlichen Zeremonie überreicht: die Friedrich Hopfner Medaille 2018 an a.o. Univ.Prof. Dr. Robert Weber und der Karl Rinner Preis 2017 an Dr. Matthias Ehrhart. Im Folgenden wird über diese Festveranstaltung kurz berichtet.

Friedrich Hopfner Medaille 2018 an a.o. Univ.Prof. Dr. Robert Weber

Um die Verdienste von Friedrich Hopfner, Professor für Höhere Geodäsie an der Technischen Hochschule in Wien von 1936 bis 1949, in Hinblick auf die internationale Erdmessung zu würdigen, beschloss im Jahre 1976 die damalige Österreichische Kommission für die internationale Erdmessung (heute Österreichische Geodätische Kommission) die Stiftung einer Friedrich Hopfner Medaille für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der Geodäsie.

Die 2018 aktualisierten Bestimmungen zur Verleihung der Hopfner Medaille sind auszugsweise folgende [1]:

- Die Friedrich Hopfner-Medaille wird von der Österreichischen Geodätischen Kommission – ÖGK im Abstand von vier Jahren verliehen.
- Die Medaille wird im Regelfall an österreichische Staatsbürgerinnen/Staatsbürger für hervorragende wissenschaftliche Leistungen auf einem Gebiet verliehen, das in den Aufgabenbereich der Kommission fällt (§ 2 Abs. 2 der Statuten der ÖGK).
- Jedes ordentliche, außerordentliche oder korrespondierende Mitglied der Österreichischen Geodätischen Kommission ist zum Vorschlag von Kandidatinnen/Kandidaten für die Verleihung der Friedrich Hopfner-Medaille berechtigt.
- Die Österreichische Geodätische Kommission wählt aus den vorgeschlagenen Kandidatinnen/

Kandidaten den ihr am geeignetsten erscheinenden aus.

- Die Medaille wird der Preisträgerin/dem Preisträger anlässlich einer öffentlichen Sitzung der ÖGK durch deren Präsidentin/Präsidenten überreicht.

Die Österreichische Geodätische Kommission (ÖGK) ist ein Beratungsorgan der Bundesministerin/des Bundesministers für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort gemäß § 8 Bundesministerien-gesetz 1986 in der geltenden Fassung in allen Angelegenheiten der Geodäsie [2]. Die ÖGK nimmt ihre Aufgabe auch mit dem Ziel wahr, auf internationale Anforderungen und Weiterentwicklungen im Bereich der Geodäsie Bedacht zu nehmen und ist zu diesem Zwecke in der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) sowie der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) vertreten.

Die Kommission setzt sich aus Universitätsprofessoren, Vertretern der fachlich zuständigen Bundesministerien, des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, des Instituts für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie für Wissenschaften, sowie der Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten zusammen. Die ÖGK ist damit in dieser personellen Zusammensetzung eine wichtige Plattform, in der Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Verwaltung und Praxis durch den gegebenen gemeinsamen fachlichen Hintergrund beratend tätig werden können. Die Verleihung der Friedrich Hopfner Medaille durch die ÖGK ist die höchste Auszeichnung, die die Geodäsie in Österreich vergeben kann, und ist daher eine ganz besondere Auszeichnung.

Die ÖGK hat, unter Einbindung von zwei nicht der Kommission angehörender Gutachter in ihrer Sitzung am 16. Mai 2018 beschlossen, die Friedrich Hopfner Medaille 2018 an a.o. Univ. Prof. Dr. Robert Weber zu vergeben.

Die feierliche Verleihung der Medaille fand am 25. Oktober 2018 im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen/Wien statt. Die Höhepunkte der Veranstaltung waren die von Prof. Dr. Gerhard Beutler (früherer Präsident der Internationalen Assoziation für Geodäsie-IAG) sehr launig präsentierte Laudatio sowie die Überreichung der Medaille an Prof. Dr. Weber durch den Präsidenten

der ÖGK, Prof. Dr. Pfeifer und durch den Leiter des BEV und Hausherrn, Präsident Dipl.Ing. Hoffmann. Im Anschluss an die Überreichung der Auszeichnung hielt Prof. Dr. Weber seinen Festvortrag mit dem Titel „*Positionierung und Geomonitoring mit GNSS: Anwendungen, Chancen und Risiken*“.

Die Verleihung der Friedrich Hopfner Medaille 2018 an Prof. Dr. Weber stellt die Würdigung *...herausragender Arbeit im Gebiet der Geodäsie, insbesondere der Satellitengeodäsie, dar. Als Österreicher und Geodät ist er ein würdiger Preisträger der Friedrich-Hopfner Medaille 2018* (Auszug Gutachten).

Prof. Dr. Weber reiht sich bestens in die Reihe der bisherigen Preisträger ein: Prof. Dr. Karl Kilian (1978), Prof. Dr. Karl Ramsayer (1982), Prof. Dr. Hellmut Schmid (1986), Prof. Dr. Fritz K. Brunner (1990), Prof. Dr. Heinrich Ebner (1998), Prof. Dr. Thomas Wunderlich (2002), Prof. Dr. Manfred Buchroithner (2010) und Prof. Dr. Franz Leberl (2014).



Preisverleihung durch ÖGK-Präsident Prof. Pfeifer



Laudatio auf Prof. Weber durch Prof. Beutler



Gratulanten Präs. Hoffmann, Prof. Beutler, Prof. Pfeifer und Preisträger Prof. Weber



Blick ins Auditorium der Preisverleihung

Karl Rinner Preis 2017 an Dr. Matthias Ehrhart

Zur Förderung von hervorragenden jungen Wissenschaftlerinnen oder Wissenschaftler verleiht die Österreichische Geodätische Kommission seit 2003 jährlich den Karl Rinner Preis. Mit diesem Preis sollen auch die Verdienste von Karl Rinner, Universitätsprofessor an der Technischen Hochschule in Graz und von 1980-1987 Präsident der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung (jetzt ÖGK), gewürdigt werden. Karl Rinner hat die österreichische Geodäsie auf vielfältige Art und Weise gefördert und zu großem internationalen Ansehen verholfen.

Die Bestimmungen für die Verleihung des Karl Rinner Preises sind auszugsweise folgende [3]:

- Der Karl Rinner Preis wird von der Österreichischen Geodätischen Kommission jährlich, beginnend mit dem Jahr 2003, verliehen.
- Die Preisträger/Innen müssen österreichische Staatsbürger sein oder im Beurteilungsjahr in Österreich beschäftigt gewesen sein.
- Die Kandidaten/Innen dürfen im Beurteilungsjahr das 37. Lebensjahr nicht vollendet haben.
- Das Beurteilungskriterium ist die herausragende Qualität einer Präsentation an einer internationalen Tagung oder einer Publikation in einer internationalen Zeitschrift im Fachgebiet Geodäsie.
- Jedes Mitglied der Österreichischen Geodätischen Kommission ist zum Vorschlag von Kandidaten/Innen für die Verleihung des Karl Rinner Preises berechtigt. Die Österreichische Geodätische Kommission wählt aus den Vorschlägen den Preisträger/In aus.
- Der Karl Rinner Preis besteht aus einem Zertifikat und einem Scheck über € 1.000,-.
- Der Preis wird dem/der Preisträger/In anlässlich einer Sitzung der Österreichischen Geodätischen Kommission überreicht.
- Der Preisträger/In wird eingeladen, einen öffentlichen Vortrag über das Thema, das die Preisvergabe begründet hat, zu halten.
- Der/Die Preisträger/In verpflichtet sich, zum Thema, das die Preisvergabe begründet hat, in der Österreichischen Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI) zu publizieren.

In ihrer Sitzung am 16. Mai 2018 hat die Österreichische Geodätische Kommission beschlossen den Karl Rinner Preis 2017 an Dr. Matthias Ehrhart für seine am Institut für Ingenieurvermessung und



Laudatio auf Dr. Ehrhart durch Prof. Lienhart



Preisverleihung an Dr. Ehrhart durch ÖGK-Präsident Prof. Pfeifer



Überreichung des Preisschecks an Dr. Ehrhart durch Hr. Flechl/Fa. LEICA

Messsysteme der TU Graz erstellte Arbeit „*Accurate Measurements with Image-Assisted Total Stations and Their Prerequisites*“ zu verleihen. Publiziert wurde dieser Artikel im Jahre 2017 im *Journal of Surveying Engineering*.

Gemeinsam mit der Verleihung der Friedrich Hopfner Medaille an Dr. Weber wurde auch der Karl Rinner Preis am 25. 10. 2018 überreicht. Nach der von Prof. Dr. Lienhart gehaltenen Laudatio wurde die Karl Rinner Preis Urkunde durch den Präsidenten der ÖGK, Prof. Dr. Pfeifer, sowie der Preisscheck durch den Sponsor, Hr. Flechl von der Firma LEICA Geosystems Austria überreicht. Im Anschluss an die Preisverleihung hielt der Ausgezeichnete seinen Festvortrag mit dem Titel „*Anwendungen von Video Totalstationen*“.

Danksagung

Da die ÖGK als beratendes Gremium für die Ministerin des Ministeriums für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort über keine eigenen finanziellen Mittel verfügt, war es für die Durchführung der o.a. Festveranstaltung und für die Preisverleihungen erforderlich mit Sponsoren zusammen zu arbeiten. Es gebührt daher den im Folgenden angeführten Sponsoren der Dank der ÖGK, speziell aber auch der ausgezeichneten Wissenschaftler, aber auch der Dank aller Teilnehmer.

- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV): Sponsoring der Hopfner Medaille, sowie Bereitstellung der Veranstaltungsräume mit der erforderlichen Infrastruktur, Druck der Einladungen
- TU Wien/Forschungsgruppe Höhere Geodäsie: Reise- und Aufenthaltskosten Laudator; Kostenanteil Buffet
- Firma LEICA Geosystems Austria: Sponsoring des Preisschecks für den Karl Rinner Preis
- Österreichischer Verein für Navigation (OVN): Kostenanteil Buffet

Literatur

- [1] <http://www.oegk-geodesy.at/ehrungen.html>
- [2] Höggerl, N.: Österreichische Geodätische Kommission (ÖGK) – Neubestellung der Mitglieder für die Funktionsperiode 2016 -2019 und aktuelle Aufgaben. Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation, 104. Jahrgang, Heft 1/2016.
- [3] <http://www.oegk-geodesy.at/ehrungen-2.html>

Norbert Höggerl



Abb. 1: Robert Weber und die Hopfner Medaille

Laudatio auf Ao. Prof. Dr. Robert Weber anlässlich der Überreichung der Friedrich- Hopfner Medaille 2018

Sehr geehrter Herr Präsident, sehr geehrter Herr Sekretär, liebe Anwesende, lieber Robert, liebe Michaela, lieber „Junior“ Nicolas

Ich gliedere meine Ansprache wie folgt:

1. Drei Präambeln: Laudatio, Hopfner Medaille, Erdrotation
2. Akademischer Werdegang
3. Berner Jahre und IGS-Koordination
4. Schriften, Tätigkeit in internationalen Organisationen, Sonstiges
5. Schlusswort

Präambel – 1: Nach Duden stellt die Laudatio, die im Rahmen eines Festakts gehaltene feierliche Rede dar, in der jemandes Leistungen und Verdienste würdigt. Meine Rede hat also feierlich zu sein – eine Herausforderung!

Präambel – 2: Jemand ist in unserem Fall Robert Weber, seines Zeichens Ao. Universitätsprofessor an der Technischen Universität Wien. Um sicherzustellen, dass Sie sich am richtigen Anlass befinden, sei erwähnt, dass es hier um die Verleihung der Friedrich-Hopfner Medaille 2018 geht, also um die Verleihung der höchsten Auszeichnung Österreichs für hervorragende Leistungen in der Geodäsie. Der Lebenslauf von Friedrich Hopfner belegt, dass Friedrich Hopfner nicht nur ein herausragender Wissenschaftler, sondern auch ein sehr integrier Mensch war, was beides auch auf Robert Weber zutrifft.

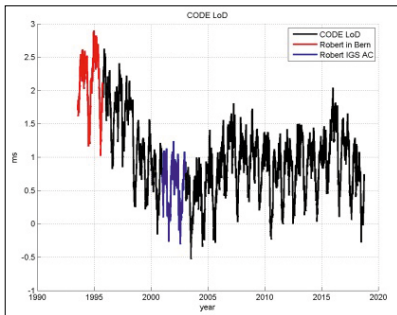
Präambel – 3: Die Rotationsachse der Erde bewegt sich unter den Sternen, man spricht dabei von Präzession und Nutation, und auf der Erdoberfläche, man spricht dabei von Polschwankung.

Die Erde dreht sich einmal pro Tag um ihre Achse (!). Misst man die Rotationsperiode relativ zu den Sternen, spricht man vom *Sterntag*, misst man diese relativ zur Sonne, vom *Sonntag*.

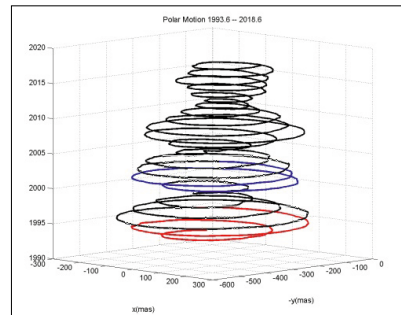
Während des größten Teils ihrer Geschichte war die *Erde die genaueste Uhr der Menschheit*. Heute haben ihr Atomuhren, eine Erfindung der Physiker, diesen Rang abgelassen. Mit Atomuhren und astronomisch-geodätischen Verfahren misst man heute Variationen der Tageslänge mit „Perioden“ im Bereich weniger Stunden bis zu Jahrhunderten – und dies mit einer Genauigkeit von wenigen Millionstel Sekunden (μs). Seit langer Zeit bekannt ist die stetige Zunahme der Tageslänge um etwa 1.8 ms pro Jahrhundert infolge der Gezeitenreibung. Überlagert sind „Exkursionen“ viel größerer Amplituden, die sich über ein oder mehrere Jahrzehnte erstrecken. Wohlbekannt sind auch die Variationen mit Jahresperiode infolge Drehimpulsaustausch zwischen der festen Erde und der Atmosphäre sowie den Ozeanen.

Akademischer Werdegang: Herr Robert Weber hat seine Studien in Geodäsie an der TU Wien im Jahr 1983 mit dem Diplom abgeschlossen.

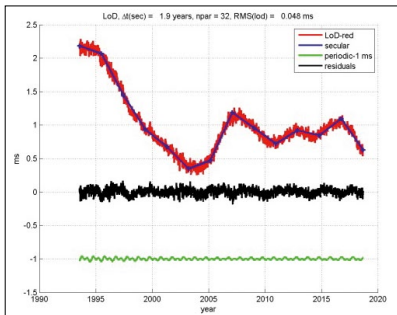
Die Dissertation *Lokale Schwerfeldmodellierung unter Berücksichtigung spektraler Methoden zur Geländereduktion* folgte im Jahr 1990. Es schlossen sich Assistentenjahre am Institut für höhere Geodäsie der Technischen Universität Wien bis zum Jahr 2000 an, unterbrochen durch etwa zwei Jahre als Forschungsassistent am Astronomischen Institut der Universität Bern. Zurückgekehrt nach Wien hielt Robert seine neu erworbenen Kenntnisse – er hatte sich in Bern zum GPS- resp. GNSS-Spezialisten entwickelt – in seiner im Jahr 2000 eingereichten Habilitationsschrift *The ability of the GPS to monitor Earth Rotation Variations* fest. Im Jahr 2000 wurde Prof. Robert Weber zum außerordentlichen Professor befördert und übernahm zeitgleich die Leitung der Arbeitsgruppe Satellitengeodäsie des Institutes für Geodäsie und Geophysik an der TU Wien. Nach einer Restrukturierung war er im Jahr 2012 während drei Monaten Direktor dieses Instituts, im Anschluss für zwei Jahre Vizedirektor des Departements für Geodäsie und Geoinformation der TU Wien. Seit 2014 ist Robert Weber zudem Studiendekan.



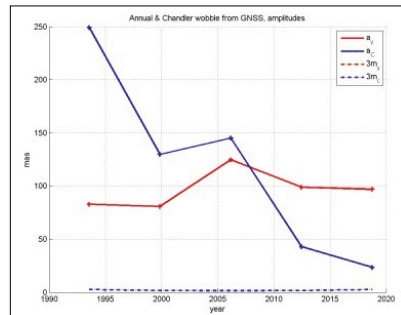
Tageslängenvariationen 1993-2018 (Gezeitenvariationen eliminiert)



Polschwankung 1993-2018 (rot: Robert in Bern, blau: IGS Robert Analyse-Koordinator)



Tageslängenvariationen 1993-2018 (ohne Gezeitenvariationen und durch Atmosphäre bedingte Änderungen)



Veränderung der Chandler-Amplitude und der jährlichen Amplitude seit 1993

Abb. 2: Tageslänge (links) und Polschwankung (rechts)

Berner Jahre und IGS Koordinator: Robert Weber traf im Jahr 1993 in Bern auf ein sehr kreatives Umfeld – Markus Rothacher, Leos Mervart, Urs Hugentobler sollten sich kaum ein Jahrzehnt später im akademischen Umfeld fest etablieren – wie auch Robert Weber. In Bern kam das GPS-Team in den frühen 1990er Jahren zur Überzeugung, dass man mit GNSS auch die Nutationsraten und nicht nur die Tageslängen bestimmen müsste, handelt es sich bei diesen schließlich auch um Raten von Drehbewegungen.

Jahre später führten die Aktivitäten dieser Jahre zu zwei wichtigen Publikation:

- Rothacher M, Beutler G, Herring TA, Weber R (1999): *Estimation of Nutation using the Global Positioning System*. J Geophys Res 104(B3):4835--4895.
- Rothacher M, Beutler G, Weber R, Hefty J (2001): *High-frequency variations in Earth rotation from Global Positioning System data*. J Geophys Res 106:13711--13738.

Mit der Habilitationsschrift etablierte sich Robert Weber in der Riege der führenden Experten des Jahres 2000 im Gebiet der hochpräzisen globalen GPS-Geodäsie.

Schriften, Tätigkeit in Organisationen, Sonstiges oder Leistung, Arbeit, Wirkung: Die drei Begriffe sind der Physik entnommen. Sie werden im täglichen Leben „sinngemäß“ verwendet.

Durch *Arbeit* wird einem physikalischen System Energie zugeführt, das System wird also verän-

dert. Im täglichen Leben ist es beispielsweise ein vornehmes Ziel einer jeden neuen Generation „das System = Establishment“ zu verändern, zu unterwandern, etc.

Leistung ist einfach Arbeit pro Zeiteinheit, *Wirkung* das Produkt *Arbeit · Zeit*.

Im akademischen Sektor kann man die drei Begriffe auch einfacher umschreiben: Ein Student muss *Leistung* zeigen, ein Assistent muss *arbeiten*, während ein Professor nur noch *Wirkung* haben muss.

Letztere misst man an der Zahl der Publikationen, der Zahl der betreuten Diplome (neudeutsch: Masterarbeiten) und Dissertationen (neudeutsch: Ph.D. theses), sowie der Mitarbeit in internationalen wissenschaftlichen Konsortien. Der Druck, in diesen Bereichen zu bestehen, ist für junge Akademiker beträchtlich (siehe Abbildung 3, links). Wir befassen uns zum Schluss mit der *Wirkung* von Robert Weber.

Schlusswort: Lieber Robert: Es ist mir ein Anliegen, Dir für die schöne und fruchtbare gemeinsame Zeit zu danken und Dir zur Verleihung der Hopfner Medaille 2018 von Herzen zu gratulieren. Wir alle freuen uns nun auf

- die Überreichung der Auszeichnung,
- den Festvortrag *Positionierung und Geomonitoring mit GNSS: Anwendungen, Chancen und Risiken* – sowie, in absehbarer Zukunft, auf
- das anschließende Buffet.

Gerhard Beutler

Robert Weber konnte lebensbedrohlichen Situationen, wie der rechts gezeigten, bislang ausweichen.

- Er hat mehr als fünfzig Artikel in internationalen Zeitschriften, acht Buchbeiträge sowie mehr als fünfzig Beiträge in Tagungsbänden als (Ko)autor verfasst.
- Er hat bislang mehr als sechzig Diplomarbeiten und mehr als zwanzig Dissertationen betreut.
- Er war während zwei Jahren IGS Analysis Coordinator, hat anschließend im IGS eine Working Group geleitet und war 2001–2012 IGS Governing Board Member.
- In der IAG hat er vier Special Study Groups geleitet.
- Während vier Jahren war er Mitglied des ESA Galileo Science Advisory Committee (GSAC), zudem ist er seit 2012 der Vertreter Österreichs in der EC Galileo Commercial Service Working Group.
- Im Jahr 2003 durfte er im Rahmen eines europäischen Konsortiums den mit 1 Million Euro dotierten Descartes-Preis entgegen nehmen – wobei meines Wissens nicht die ganze Summe an ihn fiel.



Abb. 3: Die bisherige Wirkung von Prof. Robert Weber

Laudatio auf Dr. Matthias Ehrhart anlässlich der Überreichung des Karl Rinner Preises 2017

Sehr geehrte Damen und Herren,

es freut mich, den diesjährigen Preisträger des Karl Rinner Preises vorstellen zu dürfen. Für den Karl Rinner Preis gibt es zwei Voraussetzungen. Einerseits muss eine herausragende wissenschaftliche Leistung vorliegen und andererseits darf die Kandidatin bzw. im vorliegenden Fall der Kandidat das 37. Lebensjahr noch nicht vollendet haben. Dr. Matthias Ehrhart, welcher heute den Preis bekommt, ist 1988 in Vorarlberg geboren und erfüllt somit eindeutig das zweite Kriterium. Dass Dr. Ehrhart auch das erste Kriterium mehr als ausreichend erfüllt, möchte ich Ihnen nun näher erläutern.

Herr Ehrhart hat bereits früh praktische Erfahrung im Vermessungswesen im Büro seines Vaters in Vorarlberg sammeln können. Für sein Studium hat sich Herr Ehrhart aber hinter den Arlberg begeben und in Graz Geodäsie inskribiert. Dieses Studium hat er im Jahr 2012 mit Auszeichnung abgeschlossen und drei Wochen nach der Diplomprüfung bereits als Universitätsassistent an meinem Institut seine Forschungstätigkeit begonnen. Dr. Ehrhart war fünf Jahre lang Assistent am Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme und hat in dieser Zeit Studierende unterrichtet, aber auch an zahlreichen Forschungsprojekten des Institutes mitgewirkt. Er war z.B. für die Geometriebestimmung einer Druckrohrleitung in Marokko zuständig, hat die faseroptischen Sensoren an der Deponie Longsgraben des Semmering Basistunnels eingemessen und an einem Dammbruchexperiment im Rahmen des Baus eines Murkraftwerkes mitgewirkt.

Bei all diesen Tätigkeiten war die Totalstation ständiger Begleiter von Dr. Ehrhart. Daraus hat sich die Liebe zu der Sensorik des Instruments entwickelt und seine Forschungsfrage herauskristallisiert. Moderne Totalstationen haben eine oder mehrere Kameras integriert, welche zur Dokumentation eingesetzt werden. Die Frage, die sich Dr. Ehrhart gestellt hat, war, ob diese Kameras auch zum Messen eingesetzt werden können. Der Schwerpunkt seiner Dissertation war somit die Beurteilung, ob diese Kameras als hochwertige Sensoren für präzise Messungen geeignet sind und welche Anwendungen es für bildbasierte Messungen einer steuerbaren Plattform in der Ingenieurgeodäsie gibt. Um dies herauszufinden, hat Dr. Ehrhart unzählige Bilder und Videos im Messlabor, am Gelände der TU Graz und im Grazer Stadtgebiet aufgenommen. Aufbauend auf diese Daten hat er Messkonzepte, Kalibriermodelle und Auswertemethoden entwickelt und diese bereits während seiner Zeit als Assistent publiziert. Entstanden sind vier Zeitschriftenpublikationen, fünf Publikationen auf Konferenzen und natürlich auch die Dissertationsschrift.

Eine dieser Publikationen war die Grundlage für die Nominierung zum Karl Rinner Preis. Die Publikation *Accurate Measurements with Image-Assisted Total Stations and Their Prerequisites* ist im Journal *Surveying Engineering* im Jahr 2017 erschienen. Wie heutzutage bei wissenschaftlichen Artikeln üblich, hat diese Publikation ein Reviewverfahren durchlaufen. Aufbauend auf der Nominierung und dem Artikel hat die Österreichische Geodätische Kommission in der Frühjahrsitzung Dr. Ehrhart als Preisträger ausgewählt.

Als Doktorvater von Matthias Ehrhart freut es mich besonders, dass er diesen Preis erhält und ich bitte um einen großen Applaus für Dr. Ehrhart.

Werner Lienhart



Positionierung und Geomonitoring mit GNSS: Anwendungen, Chancen und Risiken

GNSS based Positioning and Geomonitoring: Applications, Opportunities and Risks

Robert Weber, Wien

Kurzfassung

Verglichen mit der Punktaufnahme mittels Theodolit oder Tachymeter stehen die sogenannten modernen Raumtechniken wie SLR, VLBI, GNSS und DORIS den Geodäten erst vergleichsweise kurz zur Verfügung. Unter diesen Techniken hat vor allem die satellitengestützte Punkt- und Zeitbestimmung mittels GPS/GLONASS nicht nur die geodätischen Aufnahmeverfahren revolutioniert, sondern inzwischen alle Bereiche unseres täglichen Lebens erfasst. In jüngster Zeit konnte zudem durch Modernisierung bestehender und dem Aufbau neuer globaler Satellitennavigationssysteme (Galileo, Beidou) die Zahl der unterstützten Applikationen weiter gesteigert werden. Moderne High-end als auch Low-end Sensoren unterstützen den Empfang von zumindest zwei Systemen und in diesem Sinne ist heute auch der Begriff der GNSS-Positionierung (anstelle GPS) mehr als gerechtfertigt. Der vorliegende Artikel basiert auf den Vortragsunterlagen des Autors zur Verleihung der Friedrich-Hopfner Medaille im Oktober 2018. Er soll einerseits die heute von GNSS gebotenen Möglichkeiten zur Positionierung und des Geomonitorings mittels GNSS an Hand weniger Beispiele beleuchten und damit auch die rasante Entwicklung verglichen mit den Anfängen von GPS vor ca. 30 Jahren dokumentieren. Im Anschluss soll ein Ausblick auf die absehbaren GNSS-Entwicklungen, aber auch Risiken im kommenden Jahrzehnt gewagt werden. Darauf aufbauend werden mögliche weitere Applikationen, die noch vor wenigen Jahren undenkbar erschienen, diskutiert.

Schlüsselwörter: GNSS-Applikationen, GNSS-Entwicklung, PPP, Galileo-HAS, Friedrich Hopfner

Abstract

In contrast to long time established point positioning methods by means of theodolites and tachymeters the so-called modern space techniques like SLR, VLBI, GNSS and DORIS are available for a comparatively short time. Within the space techniques especially the GPS/GLONASS based point-positioning and time determination has revolutionized not only geodesy but all domains of daily live. Recently, the modernization of existing satellite navigation systems as well as the built-up of new systems like Galileo and Beidou have increased the number of supported applications dramatically. Modern high-end GNSS sensors are able to track at least two or even more systems at various frequencies. This manuscript is based on the author's presentation slides commemorating the Friedrich Hopfner Award in October 2018. The manuscript shall discuss by means of a few examples the potential of current GNSS in terms of positioning and geomonitoring and will also briefly highlight the rapid development of this technique over the past 30 years. Subsequently, a forecast on medium-term GNSS developments and also risks shall be dared. Finally, feasible GNSS applications, which seemed to be impossible even a few years ago, shall be listed.

Keywords: GNSS-applications, GNSS-development, PPP, Galileo-HAS, Friedrich Hopfner

Friedrich Hopfner

In Erinnerung an den Namensgeber der Hopfner-Medaille und in Würdigung seiner hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen erscheint es mehr als angebracht hier vorab kurz den Lebenslauf von Prof. Friedrich Hopfner zu skizzieren. Hopfner, 1881 in Böhmen geboren, studierte in den Jahren 1899 – 1904 an den Universitäten in Prag und München die Fächer Mathematik, Physik, Astronomie und Meteorologie. Er promovierte 1905 und bekleidete zwischen 1905 – 1912 Assistenzstellen an verschiedenen Instituten in Wien, Berlin, Innsbruck und in Triest. 1912 wechselte er als Adjunkt an das Gradmessungsbüro in Wien. Im 1. Welt-

krieg war er der Leiter des Feldwetterdienstes an der italienischen Front.

1921 avancierte Hopfner zum Chefastronom für den wissenschaftlichen Vermessungsdienst im damaligen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien. 1936 wurde er zum ordentlichen Professor für Höhere Geodäsie und Sphärische Astronomie an die Technische Hochschule in Wien berufen. In den Kriegsjahren 1938 – 1945 zwangsweise pensioniert wurde er rasch nach Kriegsende 1948/49 zum Rektor der Technischen Hochschule Wien bestellt.

Unter seinen reichen wissenschaftlichen Publikationen finden sich Arbeiten zur Experimentalphysik, zur Geophysik und zur Bahnrechnung klei-

ner Planeten. Besondere Beachtung fanden seine Beiträge über die ‚Gezeiten der Meere‘ (1931) und ‚Die Figur der Erde, Dichte und Druck im Erdinneren‘ (1933). Ebenfalls höchst bemerkenswert sind seine Arbeiten zur solaren Steuerung des Klimas, welche ihn seit 1906 beschäftigten, da sie im Wesentlichen bereits die Theorie von Milankovich als Spezialfall enthalten. 1949 publizierte er das Lehrbuch über die ‚Grundlagen der Höheren Geodäsie‘. Friedrich Hopfner verfasste insgesamt 81 fachbezogene Publikationen.

1. Rückblick GNSS

Sucht man nach dem Ereignis an dem am vormaligen Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik der TU-Wien die Forschungen im Bereich GPS-Positionierung aufgenommen wurden, so könnte man hier wohl am besten den Ankauf eines Wild/Magnavox WM102 GPS Receivers durch Investitionsmittel der Universität im Jahr 1990 nennen. Mit Hilfe dieses Empfängers und weiterer geliehener Geräte wurden erste Erfahrungen in den Bereichen Datenaufnahme und Datenauswertungen in diversen nationalen Testkampagnen und Kleinprojekten gewonnen. Unter der Voraussetzung präziser Bahn- und Uhrkorrekturdaten versprach GPS als global verfügbares Positionierungsverfahren im Optimalfall Genauigkeiten von wenigen cm auch für Basislinienlängen von wenigen km bis hin zu mehreren hundert km. Um diese Bahninformation der Öffentlichkeit mit hoher Qualität und täglich zur Verfügung zu stellen wurde der IGS (vormalig: *International GPS Service*) an der IUGG Generalversammlung in Wien im Juni 1991 ins Leben gerufen.

Ein Zeitsprung von 25 Jahren führt die unglaubliche Entwicklung dieser Raumtechnik vor Augen. Im Rahmen dieses Artikels kann und soll natürlich nur auf die Aspekte der geodätischen Punktbestimmung und der Nutzung als Geomonitoring-Verfahren eingegangen werden.

Der IGS lieferte Mitte der 90-er Jahre nur GPS-Satellitenbahndaten und korrespondierende Uhrkorrekturen mit einer Genauigkeit weniger dm basierend auf der Auswertung von Messdaten von ca. 30 Referenzstationen (siehe Abbildung 1) mit einer Verzögerung von einigen Tagen. Heute bezeichnet IGS den ‚*International GNSS Service*‘ und stellt täglich neben den Kernprodukten (± 2 cm Bahngenauigkeit, ± 0.1 ns Uhrkorrekturen) noch Modelle der atmosphärischen Verzögerung und Erdrotationsparameter weitgehend in Echtzeit zur Verfügung. Beobachtungsdatenströme

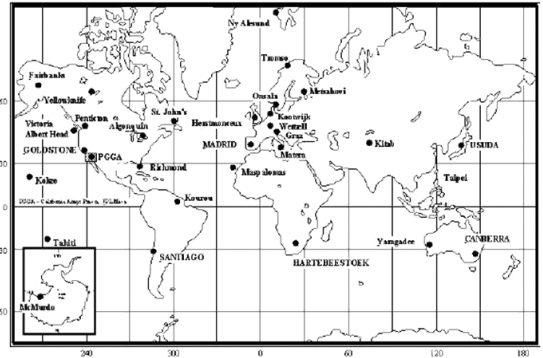


Abb. 1: IGS-GPS Referenznetz 1994

von mehreren 100 GNSS-Stationen werden dazu von den IGS-Analysezentren prozessiert (www.igs.org). Im Rahmen des IGS-MGEX Projektes werden Produkte basierend auf Messdaten zu allen 4 operablen GNSS (GPS, Galileo, GLONASS, Beidou) verarbeitet.

Musste 1991 für die Besetzung eines Messpunktes noch ein ca. 20 kg schwerer 12-Kanalempfänger transportiert werden, kann der Geodät heute hochqualitative Sensoren mit einem Gewicht von 1 kg oder weniger zum Einsatz bringen. Die modernen GNSS-Receiver verfügen über hohe Konnektivität, bis zu 864 Aufnahmekanäle, und sind nicht selten in Multisensorsystemen integriert. Vor 25 Jahren waren Messzeiten von 6-24 Stunden für die ± 1 cm Positionierung bei optimalen Abschattungsverhältnissen unumgänglich. Heute sind wir zunehmend verärgert, wenn die ermittelte Koordinate im bewaldeten oder innerstädtischen Gebiet im 2-3 cm Bereich schwankt, obwohl der Punkt nun schon seit 30 Sekunden besetzt ist. Ermöglicht wurde diese Revolution durch eine stetige Entwicklung der Mess- und Kommunikationstechnik. Wesentlich für die Entwicklung sind aber auch die heute in den meisten Ländern verfügbaren GNSS-Referenzstationsnetze, welche dem Nutzer über standardisierte Korrekturdaten (RTCM 3.x) Modelle der dispersiven und nicht-dispersiven Fehleranteile, als auch Referenzrahmeninformationen in Echtzeit übermitteln.

2. GNSS Signale

Noch vor wenigen Jahren war die Zahl der frei verfügbaren (nicht verschlüsselten) GNSS Signale mit GPS C/A und GLONASS L1, L2 einfach überschaubar. Daneben erlaubten spezielle Korrelationstechniken sowohl die P1- und P2-Codestrecken als auch die zugrunde liegenden Phasenstrecken nutzbar zu machen. Heute hat

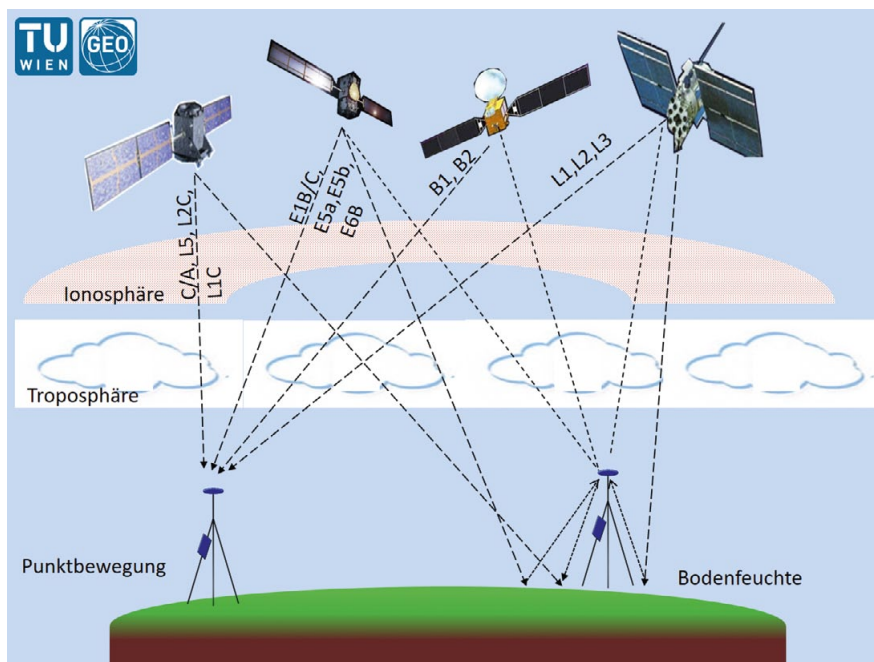


Abb.2: GNSS Signale

sich das Bild total gewandelt, und ist in gewissem Sinne auch schwerer überschaubar geworden. Abbildung 2 zeigt das heute zur Verfügung stehende Portfolio nicht verschlüsselter GNSS Signale. Je nach Zählweise und Empfängertyp können bis zu 15 freie Signale aufgenommen werden. Nicht alle Signale sind für geodätische Anwendungen notwendig oder nützlich und zudem fokussieren Massenmarktempfängerhersteller ihr Interesse auf den L1/E1 Frequenzbereich bei 1575,42 MHz. 2-Frequenzempfänger erlauben dagegen die einfache Reduktion des ionosphärischen Streckenfehlers und sind für die schnelle RTK-Positionierung unabdingbar. 3- oder Mehrfrequenzempfänger erweisen sich bei der schnellen PPP-Lösung als nützlich und wären z. B. im Fall von Galileo auch in der Lage den HAS-Dienst zu nützen (siehe Kapitel 5).

Ab 2020 werden sich ca. 100 GNSS Satelliten im All befinden. Aufgrund des großzügigen Angebots an Navigationssatelliten, der Signalfülle, kostengünstiger Bodenempfänger und dichter Referenzstationsnetze sind die GNSS-Anwendungsfelder heute breit gefächert. In Abbildung 2 wurden das Monitoring von Punktbewegungen als auch die Bestimmung der Bodenfeuchte über GNSS Multipath exemplarisch angeführt. Eine optimale Signal- oder Systemkombination hier anzuführen

wäre jedenfalls unseriös. Es kann aber festgestellt werden, dass Interoperabilität einen wesentlichen Faktor für die Receiver-Hersteller darstellt. GPS und Galileo weisen eine hohe Interoperabilität in den Frequenzbändern L1/E1 und L5/E5a auf. Es ist deshalb davon auszugehen, dass Signale auf diesen Frequenzen in Zukunft den Markt beherrschen werden. Studien zeigen des Weiteren, dass bei Nutzung von bereits drei GNSS-Systemen ein Optimum in der Beobachtungsgeometrie erreicht werden kann.

3. Geomonitoring mittels GNSS

Beispielhaft sollen in der Folge Arbeiten unseres Forschungsbereichs zur Bestimmung von Erdrotationsparametern und Atmosphärenmonitoring beschrieben werden.

3.1 Erdrotation

GNSS-Verfahren stellen nicht zuletzt aufgrund des dichten Stationsnetzes das heute primäre Verfahren zur Bestimmung der Erdrotationsparameter dar. Unter den Erdrotationsparametern versteht man die Polkoordinaten x_p , y_p und die Zeitdifferenz $dUT1 = UT1 - UTC$, welche im Prinzip den Unterschied der wahren Erddrehung und 24h Atomzeit beschreibt. $dUT1$ kann allerdings mittels Satellitenverfahren aufgrund der Korrelation mit Bahnparametern nicht mit höchster Präzision bestimmt

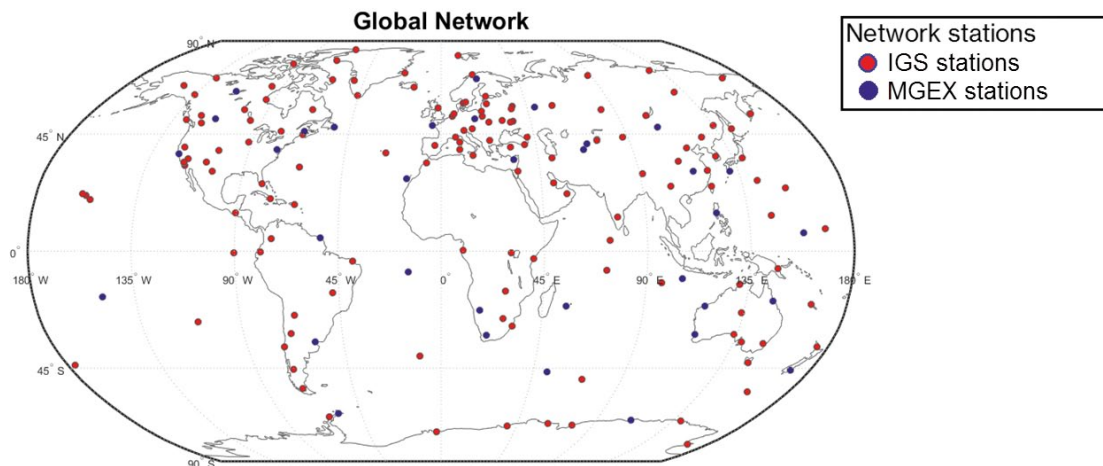


Abb. 3: Globales IGS+MGEX Netzwerk (Quelle: Horozovic [6])

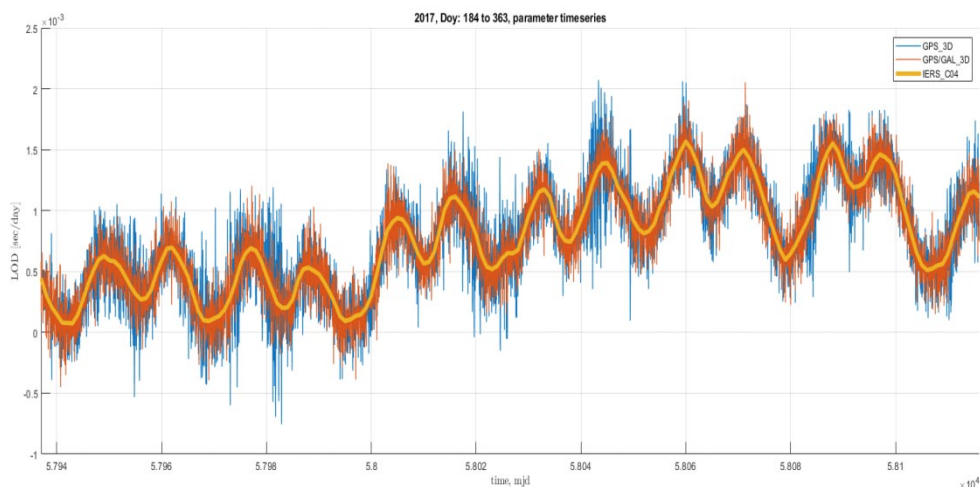


Abb. 4: LOD Zeitserie berechnet aus globalen GPS + Galileo Beobachtungen (Quelle: Horozovic [6])

werden. Die Änderung $dUT1/dt = LOD$ (Length of Day) ist dagegen so genau wie mit keinem anderen Verfahren aus GNSS Daten berechenbar. Die Polkoordinaten können so mit einer Genauigkeit von ± 0.03 mas und LOD mit ± 0.01 msec mit hoher zeitlicher Auflösung bestimmt werden. Werden nur GPS-Beobachtungen genutzt sind allerdings systematische Fehleranteile, die vor allem von der 1:2 Resonanz der Satellitenumlaufperiode mit der Erdrotation herrühren, nachgewiesen. Hier kann die Nutzung weiterer Satellitensystemdaten, z. B. von Galileo, Abhilfe schaffen (siehe [10]). Das IGS-MGEX Projekt erlaubt heute Zugriff auf globale Stationsdaten mit Multi-GNSS-Empfängern. Auf Basis der Messdaten von 190 Stationen mit kombinierten GPS/GLONASS Mehrfrequenz-

empfängern (siehe Abbildung 3) konnten somit Zeitreihen der Erdrotationsparameter mit einer zeitlichen Auflösung von 1 h im Zeitraum Juni-Dezember 2017 berechnet werden. Die präzisen Bahndaten stammen von ESA/ESOC, als Koordinaten-Referenzrahmen diente der ITRF2014 als modernste Realisierung des ITRS. Abbildung 4 zeigt LOD-Zeitserien berechnet mit kombinierten GPS/Galileo Daten (orange) im Vergleich zu einer reinen aus GPS abgeleiteten Zeitreihe (blau). Die gelbe Linie bezeichnet die mit täglicher Auflösung vom IERS veröffentlichten C04 LOD Serie. Deutlich ist die 13.7-tägige zonale Tide der festen Erde als Hauptperiode in den Serien ersichtlich. Klar ist auch das höhere Rauschen der GPS-only Zeitserie erkennbar.

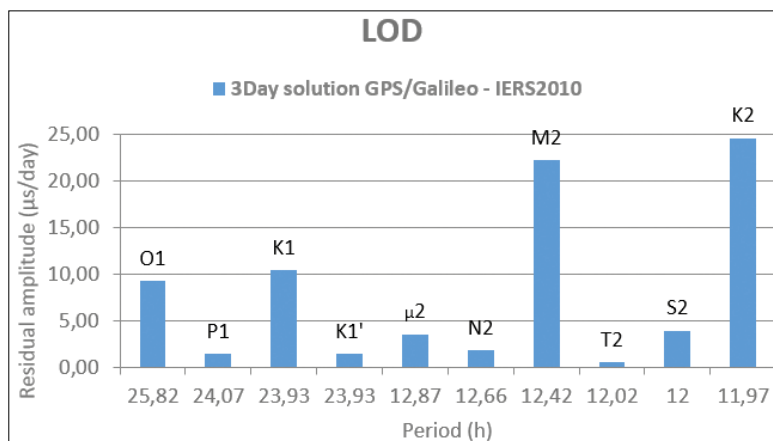


Abb. 5: LOD- Amplitudendifferenzen zum IERS2010 Modell für 10 sub-tägliche Haupttiden (Quelle: Horozovic [6])

Ziel der Untersuchung war allerdings die Bestimmung sub-täglicher Gezeitenperioden. Diese LOD-Variationen lassen sich vor allem auf die Wirkung der Ozeane zurückführen. Diese Wirkung hat ja bereits 1931 F. Hopfner beschrieben, natürlich noch ohne die Option sie mit künstlichen Erdsatelliten mit hoher Präzision messtechnisch erfassen zu können. Subtrahiert man von den LOD-Zeitserien die C04-LOD Werte und unterzieht diesen Restanteil einer Spektralanalyse, so lassen sich bei bekannten sub-täglichen Tidenperioden Korrekturen zum derzeitigen Standardmodell IERS2010 ableiten. Abbildung 5 zeigt die Amplituden-Abweichungen für die Haupttiden im täglichen und halb-täglichen Bereich, die in der Größenordnung von bis zu 25 µs/Tag betragen. Hier sind natürlich noch weitere auf einen längeren Datensatz basierende Untersuchungen nötig, um diese Abweichung als statistisch signifikant zu verifizieren.

3.2 Atmosphärenmonitoring

Im Forschungsbereich Höhere Geodäsie werden vielfältige Arbeiten zur Modellierung der ionosphärischen und troposphärischen Signalverzögerung durchgeführt. Am bekanntesten sind in diesem Zusammenhang die Entwicklung der Vienna Mapping Funktionen durch Prof. Johannes Böhm, welche heute weltweit ihren Einsatz finden. An dieser Stelle soll allerdings ein Beispiel zur GNSS-gestützten 3D-Modellierung der Refraktivität der Troposphäre vorgestellt werden. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Troposphären-Tomographie. Liegen ausreichend GNSS-Mehrfrequenz-Beobachtungen

eines dichten Referenzstationsnetzes vor, kann aus diesen der Feuchtanteil der troposphärischen Signal-Zenitverzögerung geschätzt werden. Der Trockenanteil (hydrostatischer Anteil) kann über apriori Modelle bzw. aus gemessenen Druckwerten an den Stationen genau berechnet werden. Projiziert man nun diese Zenitverzögerungen mit Hilfe der Satellitenelevation zwischen Empfangsstationen und den Satelliten, im besten Fall unter Einbeziehung von Gradienteninformation, so erhält man die

feuchten und hydrostatischen Signalverzögerungen entlang der Sichtlinien. Bei durchschnittlich 15 sichtbaren Satelliten und einer Aufzeichnungsrate von 30 Sekunden ergeben sich über 40 000 Beobachtungen pro Station und Tag. Teilt man nun, wie in Abbildung 6 gezeigt, den Raumbereich über dem Interessensgebiet in 3D-Quader (Voxel), so lässt sich mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung die hydrostatische und feuchte Refraktivität in jedem Voxel berechnen, da die Beobachtungen von verschiedenen Stationen und zu verschiedenen Satelliten die Voxel passieren.

Natürlich ergeben sich hier auch eine Vielzahl von Problemen. Nicht alle Voxel werden von Beobachtungen passiert und das hier beschriebene Inversionsverfahren ist damit sehr schwach konditioniert. Geeignete Inversionsmethoden sind in [9] beschrieben. Hilfreich ist jedenfalls ein gutes apriori Modell der Refraktivität, welches entwe-

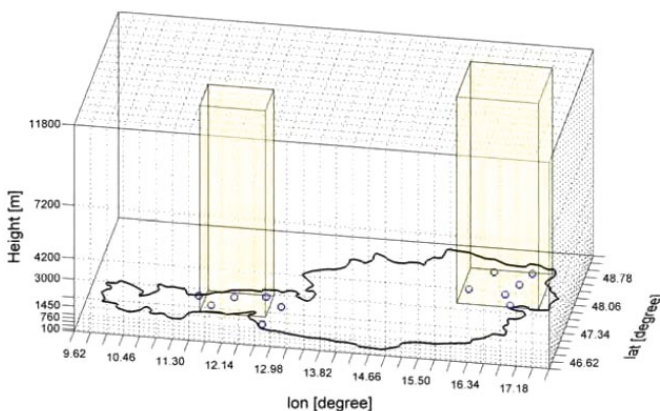


Abb. 6: Bereich regionaler Voxel Modelle (Quelle Möller [9])

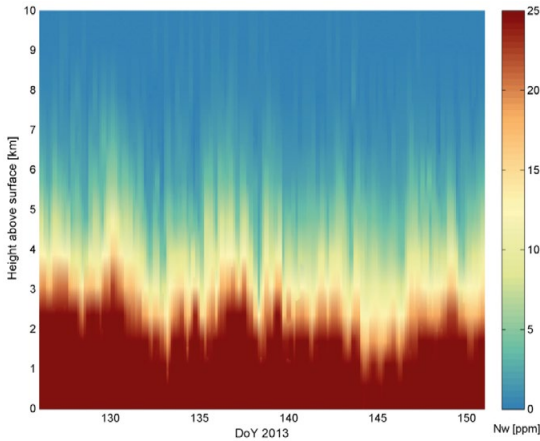


Abb. 7: Feuchter Refraktivitätsverlauf – Gebiet Innsbruck – Mai 2013 (Quelle Möller [9])

der auf 3D-Modellinformation der ZAMG oder auf dem letzten Inversionsschritt basieren kann. Der Vorteil des hier beschriebenen Verfahrens liegt in der abgeleiteten 3D-Information der Refraktivität im Gegensatz zu der im Prinzip nur 1-dimensionalen integralen Refraktivitätsinformation in Zenitrichtung der Referenzstation. Die GNSS-Troposphärentomographie ist seit mehreren Jahren ein sehr aktives Forschungsgebiet und wird aus Sicht des Autors in Zukunft das Standardverfahren zur Verarbeitung der GNSS-Messdaten. Abbildung 7 zeigt den mittels GNSS-Tomographie abgeleiteten

Höhenverlauf der feuchten Refraktivität über Innsbruck für den Monat Mai 2013.

Auch auf dem Gebiet der Ionosphärenmodellierung zur Reduktion von GNSS-Messungen ist unser Forschungsbereich aktiv. Aus den Messdaten eines österreichischen Referenzstationsnetzes wird regelmäßig ein regionales VTEC-Modell (IONEX-Format) mit einer Genauigkeit von ± 1 TECU für Postprozessingzwecke zur Verfügung gestellt (siehe [3], [8]). Zudem ist auch ein auf globalen Messdaten basierendes Modell für die Echtzeitdatenverarbeitung mit etwas geringerer Genauigkeit verfügbar. Mit beiden Modellen können z. B. alle in Österreich bis zu einem tiefen Elevationswinkel von 5 Grad aufgenommenen 1-Frequenz-GNSS-Beobachtungen um die ionosphärische Signalverzögerung korrigiert werden.

Abbildung 8 zeigt die VTEC-Differenzen des an der TU-Wien erstellten regionalen Ionosphärenmodells relativ zu den vom IGS Analysezentrum CODE publizierten VTEC-Maps. Die Karten wurden mit einer zeitlichen Auflösung von 2h erstellt und zeigen über das gesamte Interessensgebiet Differenzen von nur wenigen TECU. Mit diesen Korrekturmodellen ist es möglich bis in tiefe Elevationswinkel 70% der GNSS 1-Frequenz-Distanzmessungen im sub-Meter-Bereich zu reduzieren. Für zenitnahe Beobachtungen ergeben sich Streckenfehler von max. 30 cm.

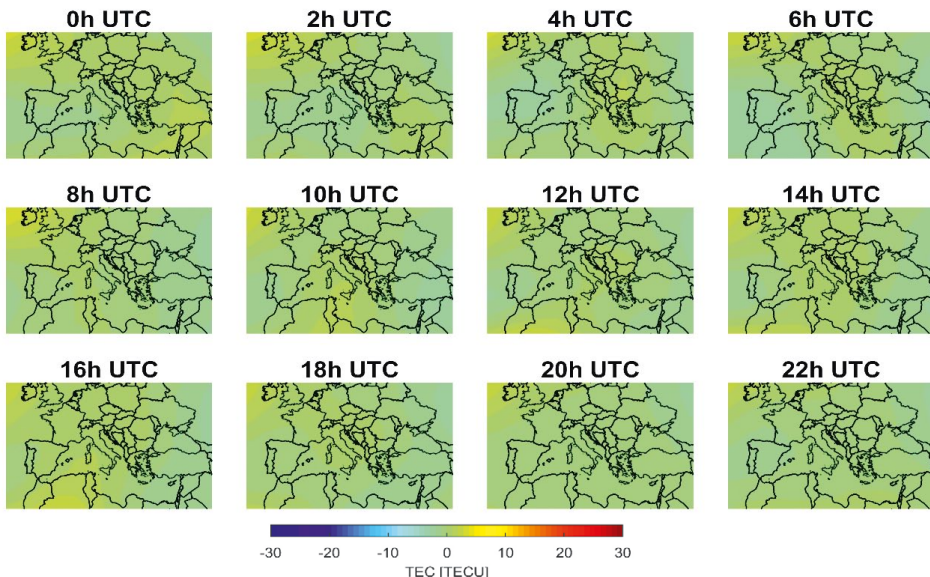


Abb. 8: Differenz regionales VTEC Modell TU-Wien – CODE VTEC Maps, 26. November 2018 (Quelle Magnet [8])

4. GNSS Referenznetze versus PPP (Precise Point Positioning)

Die derzeit geeignetste Methode zur geodätischen Punktbestimmung in nahe-Echtzeit wird mit RTK (Real-Time-Kinematic) bezeichnet. Bedient man sich der Dienste eines GNSS-Korrekturanbieters, so überträgt dieser Dienst die an den Referenzstationen gewonnenen Beobachtungen bzw. Beobachtungskorrekturen inklusive allfälliger Fehlermodelle an den Rover mittels RTCM-Standardformat (aktuell RTCM 3.1-3.3 Formate) und erlaubt in knapp 1 Minute (oder kürzer) Positionierungsgenauigkeiten von $\pm 1-3$ cm in Lage und etwas schwächer in der Höhenkomponente. Zu den zu modellierenden Fehlern zählen unter anderem der Satellitenuhrfehler, der Satellitenbahnfehler, sowie der Einfluss der Ionosphäre und Troposphäre. Diese systematischen Einflüsse sind in der Regel entfernungsabhängig und weisen unterschiedliche räumliche wie auch zeitliche Auflösungen auf. In der Regel werden die Fehlereinflüsse in Korrekturmodellen erfasst, die eine Interpolation innerhalb des vom Referenznetz abgedeckten Gebietes erlauben. Zur Vereinfachung werden meistens troposphärischer Einfluss und Bahnfehlerinfluss zum nicht-dispersiven (geometrischen) Korrekturterm zusammengefasst. Die Trennung in disperse (ionosphärische) und nicht-dispersive Korrekturmodelle hat Vorteile in Bezug auf den notwendigen zeitlichen Aufdatierungsabstand. Basierend auf diesen Korrekturen werden Beobachtungen oder Beobachtungskorrekturen (Observation Space Representation (OSR)) generiert, die in weiterer Folge an den Nutzer übertragen werden.

Für die kommenden Jahre zeichnet sich allerdings ein Übergang von den Differenztechniken wie RTK zu der auf Code- und Phasenstrecken beruhenden Einzelpunktbestimmung PPP ab. In dieser Technik sind alle Fehleranteile individuell zu modellieren (SSR = State Space Representation). Diese Darstellung der Fehler ist näher an den physikalischen Fehlerquellen und ermöglicht daher eine bessere Darstellung der Fehlercharakteristik. Des Weiteren können die Fehler besser voneinander getrennt werden, was zu einer Verbesserung in der Performance als auch zu einer niedrigeren benötigten Bandbreite bei der Datenübertragung führt.

Das Konzept des Precise Point Positioning wurde bereits 1970 von R. R. Anderle [1] als Einzelpunktbestimmung unter Nutzung von Doppelbeobachtungen mit präziser Bahninformation

vorgeschlagen. Erste Untersuchungen unter Nutzung von Zweifrequenzmessdaten eines einzelnen GPS-Empfängers im Postprocessing wurden bereits 1997 am JPL (Jet Propulsion Laboratory) von Zumberge [11] publiziert. Sie zeigten bereits das Potenzial dieser Technik einer globalen absoluten Positionierung im sub-dm Bereich. Eine präzise Positionsbestimmung ist möglich, sofern Satellitenbahn- und Satellitenuhrkorrekturen (Korrekturen zur Almanachinformation) durch externe Datenquellen zur Verfügung stehen.

Diese präzisen Ephemeriden für Post-Processing als auch Echtzeitanwendungen werden derzeit unter anderem von Organisationen wie z. B. dem IGS veröffentlicht. Die ionosphärische Signalverzögerung wird durch Bildung der ionosphärenfreien Linearkombination fast vollständig eliminiert. Im Fall von 1-Frequenzmessungen muss ein qualitativ hochwertiges Ionosphärenmodell angebracht werden. Die troposphärische Verzögerung wird entweder modelliert oder im Allgemeinen mitgeschätzt. Einige der relevanten Fehlerquellen sind in Abbildung 9 dargestellt. Unter den oben genannten Voraussetzungen gelingt die Positionierung abhängig von der Beobachtungsdauer bis in den Bereich von wenigen Zentimetern. In der vergangenen Dekade wurde die PPP-Technik deutlich weiterentwickelt, um verschiedenste Applikationen bis hin zur Echtzeitpositionierung zu bedienen.

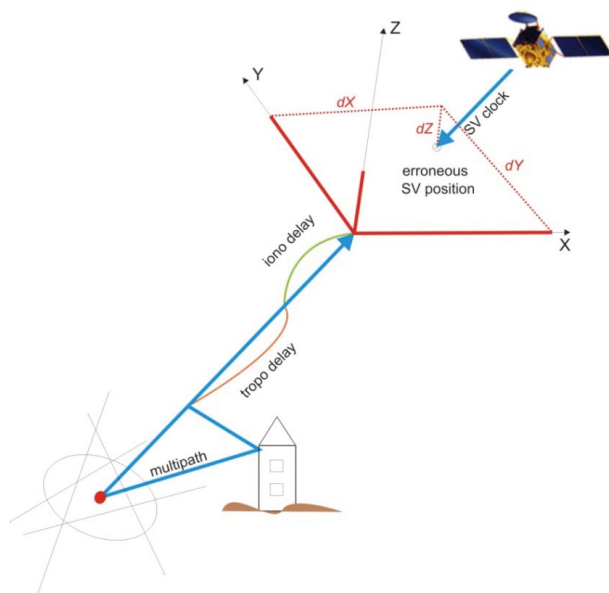


Abb. 9: PPP-Fehleranteile (Quelle: Hinterberger [5])

Das funktionale Modell von PPP basiert auf der ionosphärenfreien Linearkombination der Code- und Phasenstrecken. Die vereinfachten Beobachtungsgleichungen haben dabei folgende Gestalt:

$$P_{r,i}^s = \rho_r^s + \Delta\rho_{r,Ion,i}^s + \Delta\rho_{r,Trop}^s + c\Delta t_r - c\Delta t^s + \upsilon_{r,i}^s$$

$$L_{r,i}^s = \rho_r^s - \Delta\rho_{r,Ion,i}^s + \Delta\rho_{r,Trop}^s + c\Delta t_r - c\Delta t^s + \lambda_i \cdot (N_{r,i}^s + B_{R,i}^s) + \epsilon_{r,i}^s$$

Der Term ρ bezeichnet die geometrische Distanz zwischen der Satelliten- und der Empfängerantenne, c steht für die Lichtgeschwindigkeit und die Größen Δt^s und Δt_r bezeichnen die Satelliten- und Empfängeruhrkorrekturen. $\Delta\rho_{Trop}$ entspricht der troposphärischen Signalverzögerung. Die Phasengleichung enthält zusätzlich die ionosphärenfreie effektive Trägerphasenwellenlänge λ_{IF} und den Parameter $b_{IF} = N + B$, der sich aus der ganzzahligen Mehrdeutigkeit N und einem reell-wertigen Phasenstück B (UPD = uncalibrated phase delay) zusammensetzt.

Abbildung 10 zeigt die Entwicklung einer PPP-Positionslösung berechnet mit einem Kalman-Filter-Modell. Das Phasenreststück wird hier noch reell-wertig geschätzt und bewirkt deshalb eine noch relativ langsame Konvergenz. Gelingt es in dieser Zero-Difference Technik auch die Mehrdeutigkeiten ganzzahlig zu schätzen, so lässt sich die Konvergenzzeit wesentlich reduzieren. Aktuelle Forschungsarbeiten beschäftigen sich deshalb weltweit mit dieser PPP-Integerfixierung

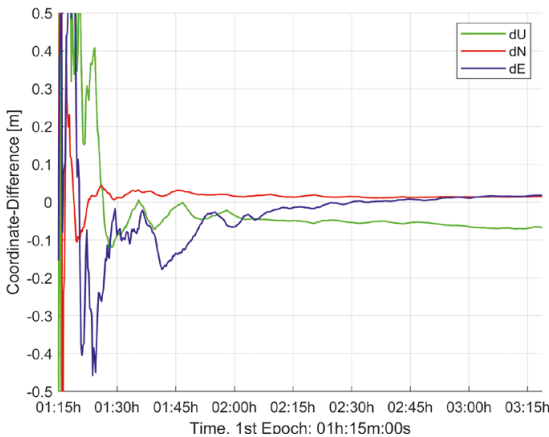


Abb. 10: GPS only / Float Solution-Konvergenz im 1 dm-Bereich nach ca. 20 Minuten (Quelle M.F. Glaner)

der Phasenunbekannten. Dies gelingt unter Berücksichtigung von GNSS-Signalen auf zumindest drei Frequenzen und hochauflösender Ionosphärenmodelle.

5. Galileo-High Accuracy Service (HAS)

Im Rahmen der Galileo-Services ist vorgesehen, ab dem Zeitraum 2021 über die Galileo Satelliten auch einen kostenpflichtigen SIS (Signal in Space) Dienst (Commercial Service (CS)) anzubieten. Dieser umfasst zwei Kernfelder, nämlich einen High-Accuracy Service (HAS) und einen Authentifizierungsdienst (CAS). Die entsprechenden Korrektur- und Authentifizierungs-codes sollen vorrangig den Galileo Trägerwellen im E6-Band (E6B, E6C) bzw. E1-Band (open-CAS) aufmoduliert werden. Der HAS Dienst beruht auf der PPP-Technik und wird gemäß einer Entscheidung der EC im Herbst 2018 frei für alle Nutzer verfügbar sein.

Die Mehrzahl der Galileo-Satelliten ist zu diesem Zweck direkt und weitgehend permanent mit den Upload-Stationen des Bodensegments in Verbindung, um möglichst aktuelle Bahn- und Uhrkorrekturen den Nutzern zur Verfügung stellen zu können. Der HAS Dienst verspricht auf Basis von globalen Satellitenbahn- und Uhrkorrekturen im PPP-Mode für Nutzer mit geodätischen High-End GNSS-Empfängern Positionsgenauigkeiten im 1 dm-Bereich (nach einer Koordinaten-Konvergenzzeit von wenigen Minuten). Die Korrekturdaten werden von einem sogenannten Commercial Service Provider (CSP) geliefert (siehe Abbildung 11). Dieser überträgt in Echtzeit seine Korrekturdaten an das GSC (Galileo Service Center) von dem aus die Daten an die Galileo Satelliten hochgeladen werden. Abbildung 11 zeigt die geplante Architektur (das Interface zwischen CSP und GSC) des Galileo Commercial Service High Accuracy.

Der Vorteil gegenüber derzeitigen SIS-Diensten besteht in der Abstrahlung der Korrekturdaten über Satelliten in inklinierten MEO (Medium Earth Orbiter) Bahnen, welche damit Nutzer über den gesamten Globus erreichen können. Derzeit sind diese Dienste vor allem durch die geostationären Bahnen ihres Satellitensegments begrenzt. Eine Erhöhung der Galileo Uplink Kapazitäten (20 ULS) erlaubt es, in Echtzeit Korrekturdaten an 20 Galileo Satelliten gleichzeitig hochzuladen.

6. GNSS Risiken

GNSS-Signale werden mit einer Signalstärke von rund 20 Watt von den Satelliten abgestrahlt. An

nalaufnahmen gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt dem Empfänger zugespielt werden.

7. Entwicklungen EGNSS (2025+)

Unter dem Acronym EGNSS wird allgemein European GNSS verstanden und dieser Begriff umfasst im Wesentlichen die Systeme EGNOS und Galileo.

Unter dem Begriff EGNOS V3 soll das derzeit in Betrieb befindliche europäische Augmentationsystem EGNOS unter anderem eine komplette Neuausstattung des Bodensegments mit über 50 Bodenstationen erfahren. EGNOS wird in Zukunft neben dem GPS L1 Signal auch die Signale GPS L5 und Galileo E1/E5 unterstützen. Neben der Aussendung der bekannten Korrekturen für Satellitenbahn, Satellitenuhr, dem Ionosphärenmodell NeQuick und der Integritätsmessage ist im Rahmen des EGNOS/EDAS Services auch eine künftige Abstrahlung von Authentifizierungs- bzw. VRS-Korrekturinformationen angedacht.

Auch das Galileo-Raumsegment wird im kommenden Jahrzehnt wesentliche technische Entwicklungsstufen durchlaufen. Nachdem alle FOC-Satelliten der ersten Generation sich im All befinden werden mit Hilfe einer weiteren Gruppe von Galileo-Satelliten (Transition Batch) technische Neuerungen erprobt, welche bei Erfolg dann zum Standard der G2G-Satelliten (Galileo 2nd Generation) gehören werden. Diese G2G Satelliten werden jedenfalls nicht vor 2025 gestartet, ihre technischen Spezifikationen werden aber gerade 2019 endgültig festgelegt. Hoher Wert wird auf die Steigerung der Galileo-Performance gelegt. So soll die Zeit bis zur ersten Positionsermittlung im Receiver (Time to First Fix, TFFF) auch für Massenmarktreceiver deutlich verringert werden. Die Signale sollen sich robuster gegen Multipath verhalten und der heute bei <1 m liegende User Range Error soll durch verschiedene Weiterentwicklungen im Bodensegment und im Raum auf 30 cm gesenkt werden. Die Weiterentwicklung des Galileo Commercial Services HAS soll um 2030 PPP Positionierung mit 10 cm Genauigkeit bei Konvergenzzeiten von 1-2 Minuten erlauben.

Aber auch die Empfängertechnologie ist in stetiger Weiterentwicklung. Dies betrifft natürlich nicht nur die geodätischen High-end Empfänger, sondern auch den heiß umkämpften Massenmarkt. Smartphones mit kombiniertem GPS/Galileo Signaltracking sind fast schon Standard. Kürzlich wurde auch das erste Smartphone mit 2-Frequenz-GNSS-Empfangstechnologie

vorge stellt. Bei geeigneter Performance der eingebauten GNSS-Antenne ist der Weg zur Smartphone-Positionierung im sub-Meter-Bereich nicht mehr weit. Zudem können bei Nutzung des Android-Betriebssystems bereits seit 2016 die rohen Code- und Phasenstreckendaten ausgelesen und in quasi-Echtzeit weiterverarbeitet bzw. veredelt werden. In diesem Genauigkeitsbereich kommt auch das geodätische Wissen über Koordinatensysteme wieder zum Tragen, da auch die genaueste Positionierung nicht ohne das Wissen über das zugrundeliegende Koordinatensystem auskommt.

Last but not least sei die fortschreitende Sensorfusion erwähnt. Häufig werden heute kombinierte GNSS/INS (Inertial Navigation System)-Sensoren angeboten, welche GNSS-Signalausfälle mit immer höherwertigen INS-Sensoren überbrücken. In Zukunft wird auch eine Kombination von GNSS und dichten 5G-Netzen zur Positionierung an Bedeutung gewinnen. Bereits heute wird an geeigneten Standards gearbeitet, die in wenigen Jahren die schnelle gemeinsame Verarbeitung von GNSS/5G Daten gewährleisten sollen.

Dank

Speziell danken möchte ich meinen Dissertanten, deren Beiträge hier in diesen Artikel mit eingeflossen sind. Mein Dank geht an dieser Stelle aber auch generell an all meine Kollegen und Kolleginnen, Dissertanten und Diplomanden, mit denen ich über die letzten nun fast 35 Jahre im Forschungsbereich Höhere Geodäsie zusammenarbeiten durfte. Viele darf ich auch heute zu meinem Freundeskreis zählen.

Einige Personen möchte ich dennoch hier namentlich erwähnen, deren Unterstützung und fachlicher Enthusiasmus meinen wissenschaftlichen Lebensweg wesentlich beeinflusst haben. Dies waren und sind die Professoren Hermann Mucke, Kurt Bretterbauer, Thomas Wunderlich, Johannes Böhm, und vor allem Gerhard Beutler. Vor allem sei aber meiner Gattin Michaela und meinem Sohn Nicolas gedankt, die nur allzu oft unter meinem zeitaufwendigen Hang zur Satellitengeodäsie zu leiden hatten.

Es war mir immer eine Ehre, am Lehrstuhl für Höhere Geodäsie arbeiten zu dürfen, an dem bereits vor rund 80 Jahren Friedrich Hopfner gewirkt hat.

Referenzen

- [1] Anderle, R.J., *Point positioning concept using precise ephemeris*. In: Satellite Doppler positioning; Proceedings of the International Geodetic Symposium, Las Cruces, N. Mex., October 12-14, 1976. Vol. 1.(A77-47370 22-43) Las Cruces, N. Mex., New Mexico State University, 1976, pp. 47-75.
- [2] J. Böhm, A. Niell, P. Tregoning, H. Schuh, *Global Mapping Function (GMF): A new empirical mapping function based on data from numerical weather model data*, Geophysical Research Letters, Vol. 33, L07304, doi:10.1029/2005GL025546, 2006.

- [3] J. Boisits, *Ionospheric Delay Modeling; Vortragsunterlagen: Geoweb - GNSS Course Vienna 2016*, Department Geodäsie und Geoinformation, Austria; 31.05.2016 - 10.06.2016.
- [4] F. Hinterberger, F. Blauensteiner, A. Eichhorn, R. Weber, "GNSS/IMU integration for the precise determination of highly kinematic flight trajectories"; *Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI), Austrian Contributions to the XXV General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)*, 2011, S. 110 - 113.
- [5] F. Hinterberger, R. Weber, K. Huber, R. Lesjak, *Ambiguity fixing in real-time PPP-Determination of uncalibrated phase delays using a regional network; Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI)*, 2015, S. 130 - 137.
- [6] D. Horozovic, R. Weber, *Bestimmung von hochfrequenten Erdrotationsparametern unter Verwendung von GPS und Galileo Beobachtungsdaten; Geodätische Woche 2018, Frankfurt; 16.10.2018 - 18.10.2018; in: „Abstract Book Geodätische Woche 2018“.*
- [7] K. Huber, F. Hinterberger, R. Lesjak, R. Weber, *Real-time PPP with Ambiguity Resolution - Determination and Application of Uncalibrated Phase Delays; Proceedings of the 27th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2014, 2014, S. 976 - 985.*
- [8] N. Magnet, *Giomo: A robust modeling approach of ionospheric delays for GNSS real-time positioning applications; Dissertation Department für Geodäsie und Geoinformation / Höhere Geodäsie, 2019, in Begutachtung.*
- [9] G. Möller, *Reconstruction of 3D wet refractivity fields in the lower atmosphere along bended GNSS signal paths; Dissertation Department für Geodäsie und Geoinformation / Höhere Geodäsie, 2017.*
- [10] R. Weber, M. Schindelegger, D. Horozovic, J. Nastula, A. Brzezinski, E. Schönemann, W. Enderle, *Determination of High Frequency Earth Rotation Parameters from GPS+Galileo observation data; 6th International Colloquium - Scientific and Fundamental Aspects of GNSS/Galileo, 2018.*
- [11] Zumbege, J., Heflin, M., Jefferson, D., Watkins, M. & Webb, F., *Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. Journal of Geophysical Research, Vol. 102, 1997, pp. 5005-5017.*

Anschrift des Autors

Ao. Prof. Dipl.Ing. Dr.techn. Robert Weber, Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsbereich Höhere Geodäsie, TU-Wien, Gußhausstraße 27-29, A-1040 Wien.

Email: robert.weber@geo.tuwien.ac.at



Jetzt Mitglied werden!

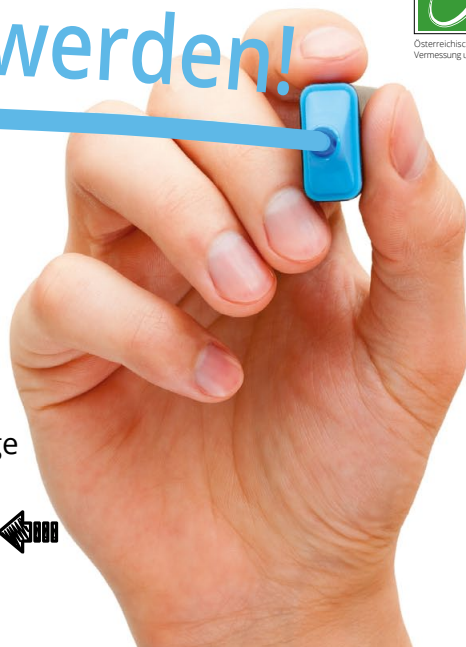


Wir bieten vieles..

- ➡ Netzwerken und Weiterbilden
- ➡ Kostenlose Fachzeitschrift vgi
- ➡ Vorträge und Seminare
- ➡ Ermäßigungen und Förderungen
- ➡ Mitgliederbereich auf der Homepage

➡➡➡ Näheres unter www.ovg.at ➡➡➡

:: Be part of it! ::





Anwendungen von Videotalstationen

Applications of image-assisted total stations

Matthias Ehrhart, Dornbirn

Kurzfassung

Die Totalstationen verschiedener Hersteller sind heutzutage üblicherweise mit zusätzlichen Kameras ausgestattet. Allerdings werden die Kameras dieser Videotalstationen - im Englischen hat sich der Begriff image-assisted total station (IATS) etabliert - durch die verfügbare Instrumentensoftware hauptsächlich zu Dokumentationszwecken und zur Benutzerinteraktion verwendet. In diesem Artikel wird gezeigt, dass sich die Kameras auch als Sensoren für unterschiedliche Vermessungsanwendungen nutzen lassen. So stellt eine IATS bei Deformationsmessungen ein völlig kontaktloses Messsystem dar. Anstatt der herkömmlichen Messung zu Prismen werden hier natürliche Strukturen am überwachten Objekt als Ziele verwendet, welche mithilfe der Bilddaten automatisch detektiert werden können. Die Videodaten einer IATS bieten eine Möglichkeit, die bei Deformationsmessungen oft störende zeitliche Veränderung des vertikalen Refraktionswinkels abzuschätzen. In kleinräumigen geodätischen Netzen, wie sie im Bereich der Industrievermessung vorliegen, können durch IATS-Messungen die 3D Koordinaten von einfachen Zielmarken mit einer Genauigkeit von wenigen 0.01 mm bestimmt werden. Außerdem können die Videodaten einer IATS zur Verbesserung der prismenbasierten Zielverfolgung beitragen.

Schlüsselwörter: Totalstation, Video, Bild, IATS

Abstract

Today, the total stations of different manufacturers are usually equipped with additional cameras. However, with the given software the cameras of these image-assisted total stations (IATS) are primarily used for documentation purposes and user interaction. This article shows that the cameras can also serve as sensors for different measurement applications. In deformation monitoring, an IATS can be used as a fully contactless measurement system. Instead of conventional measurements to retroreflective prisms, natural structures of the monitored object are used as targets which are detected automatically by means of image processing. The IATS's video data can be utilized to assess temporal changes in the vertical refraction angle which often biases the results of deformation measurements. In small-scale geodetic networks, as present in industrial measurement, an IATS can be used to determine the 3D coordinates of simple target markings with an accuracy of a few 0.01 mm. The video data of an IATS can also contribute to the improvement of the conventional object tracking based on retroreflective prisms.

Keywords: total station, video, image, IATS

1. Einleitung

Die Totalstationen der drei großen Hersteller (Leica, Topcon, Trimble) sind heutzutage üblicherweise mit Kameras ausgestattet. Mangels entsprechender Softwareunterstützung können diese zusätzlichen Sensoren aber nicht für Vermessungsaufgaben, sondern lediglich zu Dokumentationszwecken bzw. zur Benutzerinteraktion verwendet werden. Das Finden und Erproben möglicher Vermessungsanwendungen von Videotalstationen (engl.: image-assisted total station, IATS) war Thema der Dissertation „Applications of image-assisted total stations: Concepts, experiments, results and calibration“ welche von 2012 bis 2017 am Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme (IGMS) der TU Graz bearbeitet wurde [1]. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit werden im gegenständlichen Beitrag zusammengefasst.

2. System IATS

Im Gegensatz zu anderen Forschungsansätzen, bei denen eine konventionelle Totalstation durch den Einbau einer Kamera in eine IATS umgerüstet wird [2,3,4,5], wird in [1] ausschließlich mit kommerziell verfügbaren IATS gearbeitet (Leica MS50 und Leica MS60). Beide Instrumente sind mit einer Überblickskamera und einer Teleskopkamera ausgestattet. Bezüglich Bildgebung liegt der Unterschied zwischen den beiden Instrumenten darin, dass bei der Leica MS60 der Videostream mit bis zu 30 Hz an einen externen Computer übertragen werden kann, wobei man bei der Leica MS50 auf 10 Hz limitiert ist. Insbesondere die Bilddaten der Teleskopkamera, welche im Fernrohr der Totalstation verbaut ist, lassen sich aufgrund der 30-fachen optischen Vergrößerung hervorragend für Vermessungszwecke verwenden. Die Mess- und Bilddaten werden auf einen

externen Computer, welcher mittels Kabelverbindung an die IATS angeschlossen ist, übertragen und dort verarbeitet. Hierbei können aus den Bilddaten Messungen parallel zur Bildebene des Kamerasensors getätigt werden. Für die Tiefenkomponente bleibt die herkömmliche Methode der elektronischen Distanzmessung (EDM).

2.1 Komponenten

Zu den wesentlichen Komponenten einer IATS zählen a) die Teilkreise für die horizontale und vertikale Winkelmessung, b) der Neigungssensor, c) die Kamera, d) das EDM-Modul sowie e) entsprechende Software, welche die Messdaten der einzelnen Sensoren miteinander verknüpft. Insbesondere der Zusammenhang zwischen den Bildkoordinaten des Kamerasensors und den von der Totalstation gemessenen Horizontal- und Vertikalwinkeln ist keineswegs trivial und bedarf eines genauen Studiums. Für die Teleskopkameras der untersuchten IATs haben sich für die Beschreibung dieses Zusammenhangs folgende Parameter als notwendig erwiesen [1]: a) Kamerakonstante b) Rotation des Bildsensors um die Fernrohrachse c) ein Parameter für die radiale Kameraverzeichnung d) Koordinaten des Bildhauptpunktes e) Rotation zwischen EDM-Achse und Hauptachse der Kamera.

2.2 Kalibrierung

Die Kalibrierung der oben genannten Parameter ist ein wesentlicher Bestandteil des „Systems IATS“. Hierzu existieren in der Literatur verschiedene Ansätze [2,3,7] bei denen die Möglichkeit einer automatischen und genauen Verdrehung des Fernrohrs einer IATS genutzt wird. Diese Idee wird auch in [1] aufgegriffen wobei zusätzlich auf eine möglichst praktische Umsetzbarkeit der Kalibrierung geachtet wird. So wird neben dem zu kalibrierenden Instrument keine zusätzliche Messausrüstung benötigt. Die Messungen zur Kalibrierung der Parameter lassen sich vollautomatisch durchführen und benötigen ca. eine Stunde. Hierbei sei erwähnt, dass die Parameter, mit Ausnahme der Koordinaten des Bildhauptpunktes, eine gute zeitliche Stabilität aufweisen. Somit ist es für die meisten Anwendungen ausreichend, diese Parameter beim jährlichen Service überprüfen zu lassen. Die Koordinaten des Bildhauptpunktes können, analog zu den bekannten Prüfverfahren für die Instrumentenfehler, einfach und schnell im Feld bestimmt werden.

3. Deformationsmessung

Bei der Deformationsmessung, einer Kernkompetenz der Ingenieurgeodäsie [8,9], wurden kommerziell verfügbare IATS sowohl für statische als auch dynamische Messungen getestet. Bei statischen Messungen ist v.a. die Kontrolle der Stabilität des Messgeräts von entscheidender Bedeutung, da hier bei eher langsamen Objektbewegungen Messungen über lange Zeiträume durchgeführt werden. Gegenüber reinen Kamerasystemen zeigt sich in diesem Punkt ein großer Vorteil der IATS, da zum Zweck der Stabilitätskontrolle bequem auf die Funktionalität einer herkömmlichen Totalstation zurückgegriffen werden kann. Bei dynamischen Messungen, bei denen die Schwingungen des überwachten Objekts erfasst werden, ist die Messrate von großer Bedeutung. Gegenüber einem reinen Kamerasystem bietet die IATS mit ihrer berührungslosen Distanzmessung die Möglichkeit, die aus der Bildanalyse gewonnenen Bewegungen von der Einheit Pixel bzw. Winkel in Längeneinheiten umzurechnen.

Für sowohl statische als auch dynamische Messungen liegt der entscheidende Vorteil gegenüber konventionellen Messungen mit Totalstationen darin, dass am Objekt keine künstlichen Ziele (Prismen) angebracht werden müssen. Stattdessen werden markante natürliche Objektstrukturen mittels Bildanalyse detektiert und in verschiedenen Epochen verglichen. Somit muss das zu überwachende Objekt zu keiner Zeit betreten werden.

Da die aus Bildanalyse gewonnenen Messungen quer zur Bildebene eine höhere Qualität als die EDM-basierte Tiefenkomponente aufweisen (siehe Abschnitt 5), ist es von Vorteil wenn die Aufnahmegeometrie so gewählt werden kann, dass die kritischen Bewegungen des überwachten Objekts quer zur Bildebene der IATS auftreten. Eine Beurteilung der zu erwartenden Bewegungsrichtungen und -magnituden ist ohnehin integraler Bestandteil bei Deformationsmessungen [10].

3.1 Dynamische Messungen

Als Experimentierfeld für dynamische Messungen wurden verschiedene Fußgängerbrücken in Graz ausgewählt. Hierbei wurden aus Distanzen von ca. 30m IATS Messungen auf natürliche Strukturen der Brücken durchgeführt. Zu Vergleichszwecken wurden Messungen mit einer herkömmlichen Totalstation auf ein Prisma vorgenommen sowie Daten von Beschleunigungssensoren erfasst. Die durch Fußgänger und Jogger angeregten Schwingungen der Brücken mit Amplituden von

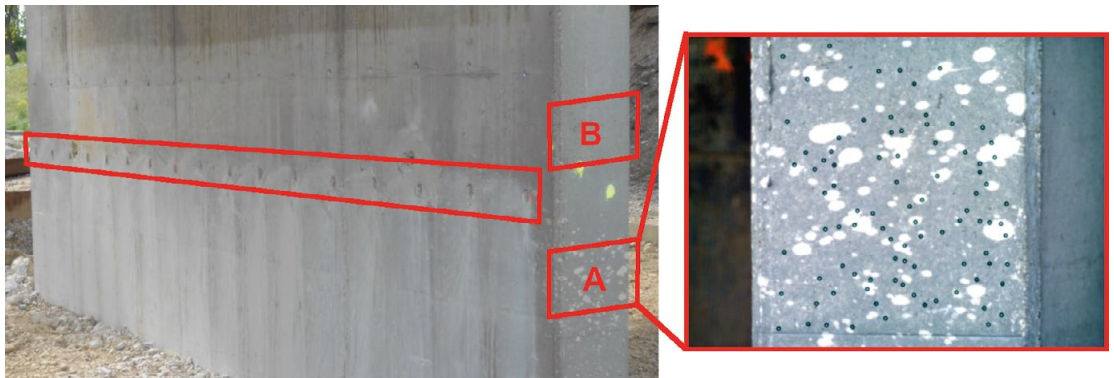


Abb. 1: Schädigung des Brückenpfeilers durch Quellsprengmittel zwischen den Regionen A und B sowie automatisch detektierte natürliche Ziele der Region A (schwarze Punkte im Bild rechts)

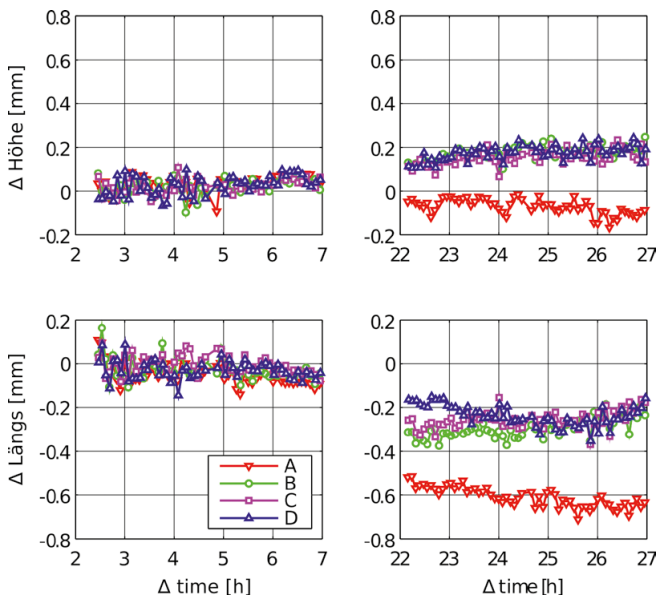


Abb. 2: Bewegungen der Beobachtungsregionen am Brückenpfeiler in vertikaler Richtung und längs der Brückenachse relativ zum Zeitpunkt des Einbringens des Quellsprengmittels

0.1 bis 3 mm und Frequenzen von 1.5 bis 3 Hz konnten mit den verwendeten IATS zuverlässig erfasst werden.

3.2 Statische Messungen

Messungen über einen längeren Zeitraum wurden bei einer vorgespannten Stahlbetonbrücke (Länge 62 m, Breite 10 m) über die Schwechat bei Mannswörth durchgeführt. Diese Brücke sollte altersbedingt ersetzt werden und wurde vor dem Abriss durch das Austrian Institute of Technology (AIT) für verschiedene Schadensanalysen verwendet [11]. Ein Experiment sah die

bewusste Schädigung eines Brückenpfeilers vor. Hierbei wurde der Pfeiler an verschiedenen Stellen durchörtert und die Bohrlöcher anschließend mit einem Quellsprengmittel befüllt. Mit der IATS wurden an unterschiedlichen Stellen am Brückenpfeiler Zielregionen definiert, deren Bewegungen in unterschiedlichen Epochen erfasst werden sollten. Abbildung 1 zeigt die Regionen A und B, zwischen denen die Schädigung des Pfeilers vorgenommen wurde, sowie exemplarisch detektierte markante natürliche Punkte der Region A.

Die Messungen wurden über zwei Tage durchgeführt wobei die IATS über Nacht vom Stativ entfernt wurde. Die Stationierung bzw. Stabilitätskontrolle der IATS erfolgte über stabile Referenzpunkte am Wiederlager der Brücke und an umliegenden Gebäuden. Abbildung 2 zeigt die Bewegungen der Beobachtungsregionen am Brückenpfeiler. Die relative Zeitangabe bezieht sich auf das Einbringen des Quellsprengmittels in die Bohrlöcher des Pfeilers. Nach einer Latenzzeit, welche auch in der Beschreibung des Quellsprengmittels erwähnt wird, zeigt sich aus den IATS-Messungen ein eindeutiger Versatz zwischen der Region A und den Regionen B-D.

Obwohl der Versatz nur wenige 0.1 mm groß ist, kann er mittels IATS eindeutig gemessen werden - und zwar aus einer sicheren Entfernung von über 20 m und ohne das gefährdete Objekt je betreten zu haben. Durch Kenntnis der relativen Lage der Beobachtungsregionen können weitere Analysen, wie z.B. Neigungsänderungen des Pfeilers und des Brückendecks, vorgenommen werden [1].

4. Refraktion

Bei Deformationsmessungen über längere Zeiträume kann eine Änderung des vertikalen Refraktionswinkels zu scheinbaren Höhenänderungen und somit zu fehlerhaften Interpretationen der Messergebnisse führen. Deshalb wurde der Versuch unternommen, diese Änderung des Refraktionswinkels mithilfe der Videodaten einer IATS zu bestimmen. Das grundlegende Prinzip hierfür ist, den vertikalen Refraktionswinkel δ aus der turbulenten Fluktuation des Einfallswinkels s_δ zu bestimmen [12,13]. Ein Wert für s_δ kann aus der Standardabweichung des Bildflimmerns eines Ziels im Videostream der IATS bestimmt werden. Bei Deformationsmessungen ist es nicht notwendig, den absoluten Wert des Refraktionswinkels δ zu kennen. Es genügt, wenn seine Änderung $\Delta\delta$ bezüglich einer Referenzepoche bekannt ist.

Zur experimentellen Überprüfung der Theorie wurde Ende November 2016 bei Temperaturen zwischen 6° und 18°C und sonniger Witterung ein Versuch gestartet. Auf einer ebenen Wiese wurde ein Ziel in einer Distanz von ca. 100 m zur IATS zwischen 8:00 und 15:00 Uhr beobachtet. Die Stabilität des Höhenunterschieds zwischen IATS und Ziel wurde mittels Nivellement überprüft. So darf geschlossen werden, dass Änderungen im gemessenen Vertikalwinkel auf Refraktionseffekte zurückzuführen sind.

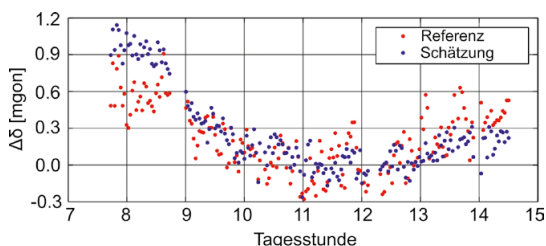


Abb. 3: Änderungen des vertikalen Refraktionskoeffizienten $\Delta\delta$

Abbildung 3 zeigt die Referenzwerte für die Änderung des vertikalen Refraktionswinkels $\Delta\delta$, welche aus den gemessenen Vertikalwinkeln und dem bekannten, konstanten Höhenunterschied (Nivellement) abgeleitet wurden. Außerdem werden die aus dem Bildflimmern abgeleiteten Schätzwerte dargestellt. Für das gegenständliche Experiment können in der Zeit von 9:00 bis 15:00 gute Werte für die Änderung des Refraktionswinkels ermittelt werden. Bei einer Deformationsmessung könnten diese Werte dazu verwendet werden, die gemessenen Vertikalwinkel zu den Zielpunkten zu

korrigieren. Im Zeitraum von 8:00 bis 9:00 Uhr treten jedoch große Diskrepanzen zwischen Referenz- und Schätzwerten auf. Da die Ursache für dieses Verhalten bis heute ungeklärt ist, bedarf es zu diesem Thema weiterer Experimente, wobei Anmerkungen zu einer möglichen Gestaltung dieser Experimente in [1] angeführt werden. Es sei erwähnt, dass die grundsätzliche Idee, den Refraktionswinkel aus dessen Standardabweichung zu schätzen, nicht auf die vertikale Refraktion beschränkt ist. So könnte z.B. der Versuch unternommen werden, die Seitenrefraktion im Tunnelbau [14,15] auf ähnliche Weise zu kompensieren.

5. Industrievermessung

Im Zuge unterschiedlicher Experimente hat sich gezeigt, dass mithilfe einer IATS hochgenaue Winkelmessungen möglich sind. Dies resultiert auch aus den Eigenschaften der Teleskopkamera, bei welcher ein Pixel einem Winkelwert von ca. 0.6 mgon entspricht. Da die bildbasierten Messungen zu geeigneten Zielpunkten mit Subpixel-Genauigkeit vorgenommen werden können, lassen sich für die daraus resultierenden Winkel sehr hohe Genauigkeiten erwarten.

Für die Überprüfung der Genauigkeit der Winkelmessung des „Systems IATS“, welches aus den in Abschnitt 2.1 beschriebenen Komponenten besteht, wurde im Labor des IGMS eine überbestimmte Netzmessung durchgeführt. Das Netz bestand aus vier Instrumentenstandpunkten, in welchen je vier Beobachtungssätze zu acht Zielpunkten durchgeführt wurden. Die Zielpunkte waren kreisrunde Marken bzw. die beiden Endmarkierungen eines Industriemaßstabes.

Aus dem Ausgleich der Sätze resultierten phantastische Werte von 0.04 mgon (1σ) für die empirischen Standardabweichungen der horizontalen und vertikalen bildbasierten Winkelmessung. Dieser Wert berücksichtigt allerdings keine systematischen Fehler wie z.B. Fehler in der Zielpunkt-detektion. Beispielsweise werden die verwendeten kreisrunden Zielmarken am Bildsensor als Ellipsen abgebildet, deren Zentrum aber nicht mit dem Zentrum des Kreises übereinstimmt. Durch Kenntnis der relativen Verdrehung von Ziel- und Bildebene, welche mit herkömmlichen Messmethoden bestimmt werden kann, lässt sich dieser Versatz aber berechnen und korrigieren. Um eine realistische Abschätzung der Genauigkeit der Winkelmessung für das „System IATS“ treffen zu können, wurde mit den Messdaten der Netzmessung eine Varianzkomponentenschätzung

durchgeführt. Daraus resultierten die realistischen und immer noch hervorragenden Werte von besser als 0.1 mgon (1σ) für horizontale und vertikale bildbasierte Winkelmessungen - allerdings unter Laborbedingungen.

Die Genauigkeiten (95 % Konfidenzellipse und äußere Zuverlässigkeit) der 3D Koordinaten der Netzpunkte wurden mit wenigen 0.01 mm geschätzt. Der Maßstab des Netzes wurde hierbei über einen 1.3 m langen Invar-Industriemaßstab eingeführt. Dieser könnte für praktische Anwendungen auch durch Präzisionsnivellierlatten, welche als Standardausrüstung in jedem Ingenieurbüro verfügbar sind, ersetzt werden. Die automatisierten Messungen auf codierte Nivellierlatten mit einer IATS wurde in der Literatur bereits behandelt [16].

6. Zielverfolgung

In den Abschnitten 3 bis 5 wurde aufgrund der hohen Genauigkeitsanforderungen ausschließlich die Teleskopkamera der IATS verwendet. Eine Anwendung, bei der die Überblickskamera der IATS zum Einsatz kommt, ist die Verbesserung der konventionellen prismenbasierten Zielverfolgung. Hier kann es vorkommen, dass irrtümlicherweise ein falsches Ziel gemessen wird oder dass die Zielverfolgungseinheit mit einem kleinen Gesichtsfeld (ca. 2 gon [17]) das Prisma verliert. Nach letzterem ist ein grobes Wiederauffinden des Prismas nötig, um die Zielverfolgung fortsetzen zu können.

Für beide Probleme (Wiederauffinden und Identifikation) bieten die Bilddaten der Überblickskamera aufgrund des wesentlich größeren Gesichtsfelds (17.2 gon x 13.0 gon) Lösungsmöglichkeiten. Der grundsätzliche Ansatz ist hierbei derselbe: im Videostream der Überblickskamera wird das Objekt (z.B. Baumaschine), welches das Prisma trägt, mittels visuellem Tracking verfolgt. Hierzu wird der auf Farbinformation basierende

CAMSHIFT (continuously adaptive mean shift, [18]) Algorithmus verwendet.

Abbildung 4 zeigt einen möglichen Ablauf für die Zielpunktidentifikation: zu Beginn (linkes Bild) wird richtigerweise das Prisma auf dem Lotstock verfolgt. Im Videostream der Überblickskamera wird die Warnweste des Vermessers verfolgt. Nachdem sich dieser hinter einem anderen Prisma vorbei bewegt (mittleres Bild), wird irrtümlicherweise das falsche Prisma verfolgt. Wird nun an der Position im rechten Bild eine Messung ausgelöst, gibt das System eine Warnung aus, da der zuvor definierte Maximalabstand (hier: Armlänge) zwischen visuell verfolgtem Ziel und Position des Fernrohrs überschritten wird.

Verliert die konventionelle Zielverfolgungseinheit das Prisma, ist das Objekt aufgrund des etwa 10x größeren Gesichtsfelds immer noch im Bild der Überblickskamera sichtbar (wie z.B. in Abbildung 4 rechts). Nach Umrechnen der Bildkoordinaten des visuell verfolgten Objekts in Winkelwerte kann das Fernrohr rasch in die entsprechende Richtung positioniert werden. Das bildbasierte Wiederauffinden des Prismas ist 4 bis 10x schneller als momentan verfügbare Methoden für die Grobsuche des Prismas [17].

7. Ausblick

Die in diesem Beitrag vorgestellten Anwendungen zeigen, dass die Kameras kommerzieller Totalstationen als leistungsfähige Sensoren für verschiedene Vermessungsaufgaben genutzt werden können. Für die Verwendung in der geodätischen Praxis ist es jedoch notwendig, den externen Computer, auf welchem die Mess- und Bilddaten in den präsentierten Forschungsarbeiten verarbeitet werden, aus den Komponenten des gegenständlichen „Systems IATS“ zu eliminieren. Hierzu muss die Bildverarbeitung auf dem in der Totalstation verbauten Computer durchgeführt werden. Denk-

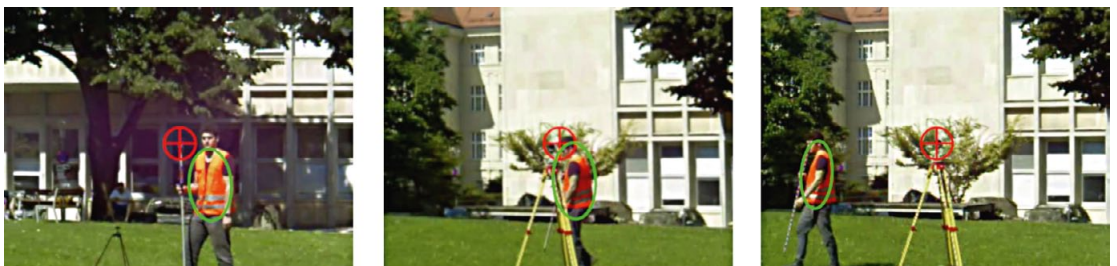


Abb. 4: Visuelle Zielverfolgung im Bild der Überblickskamera mit automatisch detektiertem Objekt (Warnweste des Vermessers), Position des Fernrohrs (rotes Kreuz) und Gesichtsfeld der konventionellen Zielverfolgungseinheit (roter Kreis)

bar ist auch die Verarbeitung auf einem externen, drahtlos verbundenen Feldcontroller. Der Zugang zu den Kameradaten ist technisch offensichtlich möglich, da sowohl auf der Totalstation als auch auf dem Feldcontroller der Videostream in nahezu Echtzeit angezeigt werden kann. Ebenso sollte die Rechenleistung des Computers der Totalstation bzw. des Feldcontrollers für die Bildverarbeitung ausreichen. Hierzu sei erwähnt, dass die in [1] verwendeten Bildverarbeitungsalgorithmen teilweise erstmals auf Computern der 1980er Jahre implementiert wurden.

Referenzen

- [1] *Ehrhart M. (2017)*: Applications of image-assisted total stations: Concepts, experiments, results and calibration. Shaker Verlag, Aachen.
- [2] *Walser B. H. (2004)*: Development and calibration of an image assisted total station. Dissertation No. 15773, ETH Zürich.
- [3] *Wasmeier P. (2009)*: Grundlagen der Deformationsbestimmung mit Messdaten bildgebender Tachymeter. Dissertation DGK C-638, TU München.
- [4] *Bürki B., Guillaume S., Sorber P., Oesch H.-P. (2010)*: DAEDALUS: A Versatile Usable Digital Clip-on Measuring System for Total Stations. Proc. Int. Conf. on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), Zürich, S. 1-10.
- [5] *Hauth S., Schlüter M., Thiery F. (2012)*: Modular Imaging Total Stations - Sensor Fusion for high precision alignment. Proc. 3rd Int. Conf. on Machine Control and Guidance, Stuttgart, S. 202-210.
- [7] *Vogel M. (2006)*: Vom Pixel zur Richtung: Die räumlichen Beziehungen zwischen Abbildungsstrahlen und Tachymeterrichtungen. Dissertation, Schriftenreihe Fachrichtung Geodäsie 20, TU Darmstadt.
- [8] *Brunner F. K. (2007)*: On the methodology of Engineering Geodesy. In: J. Appl. Geodesy 1(2), S. 57-62.
- [9] *Kuhlmann H., Schwieger V., Wieser A., Niemeier W. (2014)*: Engineering Geodesy - Definition and Core Competencies. In: J. Appl. Geodesy 8(4), S. 327-334.
- [10] *DIN 18710-4:2010-09*, Ingenieurvermessung - Teil 4: Überwachung.
- [11] *Alten K., Ralbovsky M., Vorwagner A., Topfitzer H., Wittmann S. (2017)*: Evaluation of Different Monitoring Techniques During Damage Inflection on Structures. In: Procedia Eng. 199, S. 1840-1845.
- [12] *Brunner F. K. (1979)*: Vertical refraction angle derived from the variance of the angle-of-arrival fluctuations. International Astronomical Union Symposia 89, S. 227-238.
- [13] *Brunner F. K. (2014)*: Diskussion der Modellierung der Vertikalrefraktion mit dimensionslosen atmosphärischen Parametern. In: Allg. Verm.-Nachrichten 121(6), S. 226-230.
- [14] *Hennes M., Dönicke R., Christ H.-P. (1999)*: Zur Bestimmung der temperaturgradienteninduzierten Richtungsverschwenkung beim Tunnelvortrieb. In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 97(8), S. 418-426.
- [15] *Strobl K. (2017)*: Über mögliche Auswirkungen systematischer Fehlereinflüsse auf die Durchschlagsgenauigkeit bei Tunnel-Hauptkontrollmessungen am Beispiel des Koralmtunnels. Proc. Ingenieurvermessung 2017, Graz, S. 457-469.
- [16] *Wiedemann W., Wagner A., Wunderlich T. (2017)*: Nivelieren mit bildunterstützten Totalstationen. Proc. Ingenieurvermessung 2017, Graz, S. 47-61.
- [17] *Ehrhart M., Lienhart W. (2017b)*: Object tracking with robotic total stations: Current technologies and improvements based on image data. In: J. Appl. Geodesy 11(3), S. 131-142.
- [18] *Bradski G. R. (1998)*: Computer Vision Face Tracking For Use in a Perceptual User Interface. Intel Technology J. Q2, S. 1-15.

Anschrift des Autors

Dr. Matthias Ehrhart, AVD Vermessung ZT GmbH, Eisen-gasse 2, 6850 Dornbirn
E-Mail: matthias.ehrhart@avd-zt.at



Indoor WLAN Fingerprinting mittels kinematischen Trainingsmessungen

Indoor Wi-Fi Fingerprinting with Kinematic System Training

Günther Retscher und Alexander Leb, Wien

Dieser Beitrag wurde als „reviewed paper“ angenommen.

Kurzfassung

WLAN Fingerprinting hat sich zu einem populären Verfahren für die Indoor-Positionierung mit Smartphones entwickelt, wobei vorerst Signalstärken der umliegenden Access Points (APs) an Referenzpunkten in der Regel statisch eingemessen werden. In der Folge wird daraus eine sogenannte Radio Map aus den Messungen der Fingerprinting-Trainingsphase erzeugt, mit der anschließend die aktuellen Messungen in der Online-Phase verglichen werden und so die Nutzerposition bestimmt werden kann. In dieser Arbeit wird auf statische Trainingsmessungen zur Gänze verzichtet. Kinematische Messungen stellen eine wesentlich größere Herausforderung dar als die üblichen statischen bzw. Messungen im Stop-and-Go Modus. Im Rahmen dieser Studie wurden die WLAN-Signalstärken mit drei unterschiedlichen Smartphones kinematisch entlang von zwei Trajektorien, die vor den Eingängen eines Bürogebäude starten und durch das Erdgeschoß führen und im Hof des Gebäudes enden, gemessen. Es zeigte sich, dass je nach verwendetem Smartphone die Ergebnisse stark variieren können, was im Wesentlichen auf die Dauer eines WLAN-Scans zurückzuführen ist. Diese Dauer hängt von der Anzahl der empfangbaren APs ab und war für die einzelnen Smartphones unterschiedlich. Die Ergebnisse der Positionsbestimmung ergaben Abweichungen von der wahren Position von rund 2 bis 5 m, was nur geringfügig schlechter als bei statischen Trainingsmessungen ist. Der große Vorteil ist aber, dass die Trainingsphase wesentlich kürzer ausfällt und kontinuierliches Systemtraining ausgeführt werden kann.

Schlüsselwörter: WLAN Fingerprinting, kinematische Trainingsphase, Scandauer-Abhängigkeit, Zeitreduktion für Training, kontinuierliches Systemtraining

Abstract

Wi-Fi fingerprinting has developed into a popular method for indoor positioning with smartphones, whereby signal strengths (i.e., Received Signal Strength Indicator RSSI) of the surrounding Access Points (APs) are usually measured statically at reference points for the time being. Subsequently, a so-called radio map is generated from the measurements of the fingerprinting training phase, with which the current measurements in the online phase can then be compared and the user's position determined. In this work, static training measurements are completely not foreseen. Kinematic measurements pose a much greater challenge than the usual static or stop-and-go measurements. In this study, the Wi-Fi RSSI were measured with three different smartphones kinematically along two trajectories that start in front of the entrances of an office building leading through the ground floor and ending in the courtyard of the building. It turned out that the results can vary significantly depending on the smartphone used, which is mainly caused by the duration of a single Wi-Fi scan. This scan duration depends on the number of visible APs which was different for the individual smartphones. The results of the position determination showed deviations from the ground truth of about 2 to 5 m, which is only slightly worse than with static training measurements. The big advantage is that the training phase is much shorter and continuous system training can be performed.

Keywords: Wi-Fi fingerprinting, kinematic training phase, scan duration dependence, time reduction for training, continuous system training

1. Einleitung

Unter freiem Himmel stellt die satellitengestützte Positionierung mittels Smartphone keine großen Probleme dar. Wir verbringen allerdings einen Großteil unserer Zeit in Gebäuden, in denen die Positionierung mittels GNSS nur sehr ungenau oder gar nicht funktioniert. Deswegen müssen andere Technologien genutzt werden, welche eine Indoor-Positionierung mittels Smartphone ermöglichen.

Für zahlreiche Anwendungen am Smartphone, wie z. B. für Location Based Services (LBS), ist es wichtig, den aktuellen Standort des Nutzers zu kennen. Indoor-Anwendungen finden sich zum Beispiel in Einkaufszentren, Krankenhäusern, Messen, Flughäfen, Universitäten oder Werkshallen. Da es heutzutage in den meisten öffentlichen Gebäuden einen kabellosen Internetzugang gibt, ist die Messung von vorhandenen Wireless Local

Area Networks (WLAN) Signalen die beliebteste Methode, um die Position eines Smartphone Nutzers zu bestimmen [16], [24]. Dabei gibt es mehrere Ansätze, wie die empfangenen Signalstärken (engl. Received Signal Strength Indicator kurz RSSI) verwendet werden können. In dieser Arbeit wird der Ansatz des WLAN Fingerprinting beschrieben und durchgeführt. Dazu wurden vor und im Institutsgebäude der TU Wien Signalstärkemessungen mit drei unterschiedlichen Smartphones durchgeführt.

Zunächst gibt Abschnitt 2 eine Einführung über die WLAN Fingerprinting-Methode wobei auch kurz die technischen Grundlagen von WLAN-Systemen und das Ausbreitungsverhalten elektromagnetischer Wellen beschrieben werden. Im Abschnitt 3 wird ein Überblick über den praktischen Teil dieser Arbeit gegeben. Es werden die verwendeten Smartphones und das Messgebiet vorgestellt. Weiters wird der genaue Messablauf behandelt. Es folgt anschließend im Abschnitt 4 die Auswertung und Analyse der Messungen, u. a. ein Vergleich zwischen den unterschiedlichen Smartphones sowie die Bestimmung der Trajektorien. Der Abschnitt 5 schließt den Beitrag mit einer Zusammenfassung ab.

1.1 Stand der Forschung

Das WLAN-Fingerprinting ist aufgrund der weit verbreiteten Verfügbarkeit und der geringen Kosten der WLAN Infrastruktur eines der am meisten beforschten Verfahren für die Indoor-Positionierung. Zahlreiche Publikationen wurden bereits veröffentlicht. In diesem Unterkapitel wird ein kurzer Überblick über einige verwandte Arbeiten gegeben, welche den Stand der Forschung repräsentieren.

Alshami et al. [2] schlugen ein neues adaptives Indoor Positioning System (DIPS genannt) für dynamische Umgebungen und Umgebungen mit mehreren Etagen vor, das auf einem dynamischen Radio Map Generator, RSSI-Sicherheitstechnik und der Berücksichtigung des People Presence Effect (PPE) basiert. Dynamisch bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Auswirkungen von Mensch und Geräteheterogenität. In [3] wurde ebenfalls ein neuartiges Indoor-Positionierungsmodell vorgestellt, das ein Ausbreitungsmodell des WLAN-Signals verwendet, um eine veraltete Radio Map zu überwinden. Die experimentellen Ergebnisse zeigten, dass das vorgeschlagene Modell die genannten Probleme besonders in

einer sich dynamisch verändernden Umgebung effizient löst.

Costilla-Reyes und Namuduri [6] schlugen einen Ansatz mittels dynamischen Access Points und Fingerprints (DAF genannt) vor, indem sie die WLAN Hotspot-Funktion auf den Smartphones nutzen. Weiters nutzen sie auch den in den meisten Smartphones integrierten Beschleunigungssensor, um die statischen bzw. dynamischen Bewegungsmuster des Nutzers mithilfe von Machine-Learning-Algorithmen vorherzusagen.

Firdaus et al. [9] führten Untersuchungen durch, die sich auf den Einfluss von Personen auf den RSSI-Wert beziehen. Die Ergebnisse zeigen, dass Personen, die sich in der Nähe des Smartphones befinden, den RSSI-Wert stark beeinflussen.

Honkavirta et al. [13] präsentierten eine Übersicht über deterministische und probabilistische Methoden für die statische Positionierung sowie Filtermethoden, die auf Bayes'schen Filtern und Kalman-Filtern basieren. Sie führten weiters eine Reihe von Tests durch, um den Einfluss verschiedener Kalibrierungs- und Positionierungsparameter zu bestimmen. Die Parameter der Methoden wurden in den Tests variiert, um die beste Leistung zu erzielen. Die Umgebungsvariablen, wie z. B. die Anzahl der APs, wurden ebenfalls variiert und die Methoden wurden unter diesen unterschiedlichen Umständen verglichen. In den Tests ergab sich die probabilistische Methode mit der Kernel-Funktionsannäherung der Signalstärkehistogramme als die beste Positionierungsmethode. Darüber hinaus haben alle Filter die Ergebnisse deutlich verbessert.

Das Sammeln der Signalstärken für die Fingerprint-Datenbank ist sehr zeitaufwändig und arbeitsintensiv. Song und Wang [23] führten deshalb eine Crowdsourcing-Methode ein, um den Arbeitsaufwand zu reduzieren. Dies hat jedoch zwei Herausforderungen: Zum einen die Heterogenität von Geräten, die die Positionierungsgenauigkeit erheblich beeinflussen kann, und zum anderen müssen die Nutzer in das Crowdsourcing eingreifen, was die Praktikabilität des Systems verringert. Als Antwort auf diese Herausforderungen wurde eine neue WLAN-Indoor-Positionierungsstrategie vorgeschlagen, die eine neue Vorverarbeitungsmethode für RSS-Samples, die implizite Crowdsourcing-Sampling-Technik und einen semi-supervised Learning Algorithmus umfasst.

Khalajmehrabadi et al. [15] gaben einen Überblick über die Herausforderungen des WLAN-Fingerprinting und haben entsprechende Lösungen zusammengestellt. Weiters wurden einige der repräsentativen Positionierungsmethoden in einer realen Umgebung verglichen und deren Genauigkeit, Positionsfehlerstatistik und Komplexität bewertet. Die Ergebnisse zeigen eine übersichtliche Bewertung der verschiedenen Positionierungsansätze und führen zu zukünftigen Verbesserungsmöglichkeiten.

Eine wesentliche Herausforderung beim WLAN-Fingerprinting ist die starke Schwankung der empfangenen Signalstärke. Fang et al. [7] untersuchten deshalb die Hauptrauschquelle, die durch den Multipath verursacht wird, und boten eine fortschrittliche Lösung, um diese Störung zu reduzieren. Es wurde ein neuartiger Ansatz vorgeschlagen, das robuste Signalmerkmal aus gemessenem RSS zu extrahieren, um den Multipath-Effekt effizient zu begrenzen

Bai et al. [4] führten ein neues auf WLAN und Magnetfeld basierendes Smartphone-Tracking-System namens WMLoc ein. Eine Reihe von Trackingalgorithmen, wie etwa K-Nearest Neighbour (KNN), künstliches neuronales Netzwerk (ANN) und Backtracing (BT) wurden für das System entwickelt oder eingesetzt, um eine echtzeitgenaue Position des Smartphone Nutzers zu erhalten. Die vorläufigen Ergebnisse zeigten, dass der durchschnittliche RMS-Fehler (Root-Mean-Square) des WMLoc-Systems weniger als 2,6 m beträgt.

Feng et al. [8] schlugen ein auf CS (Compressive Sensing) und WLAN-Fingerprinting basierendes IPS vor, welches die Position in zwei Stufen (Grob- und Feinortung) schätzt. Sie verwendeten einen Clustering-Ansatz für die Grobphase, um den erforderlichen Standort grob einzuschätzen, und verwendeten in der zweiten Stufe den CS-Ansatz, um die Position im reduzierten Area of Interest (AOI) genau zu schätzen.

Ali et al. [1] schlugen einen systematischen Lokalisierungsansatz „LOCALI“ für die Positionierung vor. LOCALI erzeugt Radio Maps basierend auf dem Umgebungsplan. Daher sind keine Kalibrierungsdatenbank und umfangreiche Updates erforderlich. LOCALI konvertiert den Umgebungsplan in eine Pixelkarte mit einer Auflösung von 10 Pixel/m. Danach generiert es eine Radio Map basierend auf dieser Pixelkarte und schätzt die Position basierend auf der generierten Radio Map. Die experimentellen Ergebnisse zeigten, dass LO-

CALI mit einem Entfernungsfehler von etwa 2 m ein gutes Positionierungsergebnis erzielt. LOCALI berücksichtigt jedoch nicht den Anwesenheitseffekt der Menschen und den Geräteheterogenitätseffekt.

Liu und Liu [17] schlugen einen QRFC-Algorithmus (Quick Radio Fingerprint Collection) vor, der den integrierten Beschleunigungssensor von Android-Smartphones zur Schritterkennung verwendet, um die Erfassung von Fingerprints zu unterstützen. Dabei wurden kinematische, statische und Trainingsmessungen im Stop-and-Go Modus durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die kinematischen und Stop-and-Go Messungen eine kürzere Trainingsphase benötigen, die Ergebnisse aber mit jenen der statischen Messungen vergleichbar sind.

Zhuang et al. [26] schlugen zwei autonome Crowdsourcing-Systeme vor, um die Position mittels Trilateration bzw. Fingerprinting zu bestimmen. Dabei wird bei der Fingerprinting-Methode die Radio Map mittels kinematischen Trainingsmessungen in Kombination mit MEMS-Sensoren automatisch erstellt und aktualisiert. Die Ergebnisse in verschiedenen Testszenarien ergaben bei der Fingerprinting-Methode einen durchschnittlichen Positionsfehler von 3,5 m.

Bei den oben vorgestellten Arbeiten wurden die Messungen in der Trainingsphase meist statisch durchgeführt. [17] und [26] führten kinematische Trainingsmessungen in Kombination mit in den meisten Smartphones integrierten MEMS-Sensoren durch. In dieser Arbeit werden ausschließlich kinematische Trainingsmessungen verwendet, um die Position zu bestimmen. Kinematische Messungen haben den Vorteil, dass die Trainingsphase wesentlich kürzer ausfällt und kontinuierliches Systemtraining ausgeführt werden kann.

2. WLAN Positionierung mittels Fingerprinting

2.1 Grundlagen

Als WLAN wird ein drahtloses, lokales Funknetzwerk bezeichnet, dass auf dem Standard IEEE 802.11 basiert. Dieser Standard ist vom Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) im Februar 1980 (deswegen auch die Zahl 802) herausgegeben worden. Der Standard wurde seit seiner Einführung mehrfach erweitert und adaptiert. Die drei Smartphones, die für diese Arbeit verwendet wurden, arbeiten alle mit dem Standard 802.11b/g/n, wobei die Buchstaben das jeweilige Frequenzband sowie die Datenübertragungsgeschwindigkeiten beschreiben.

WLAN-Signale arbeiten auf dem freien 2,4 GHz und 5 GHz-Band und haben eine Datenrate von bis zu 600 Mbits/s. Die Frequenzbänder werden zusätzlich in Kanäle mit einer Bandbreite von 20 MHz (2,4 GHz-Band) bzw. 40 MHz (5 GHz-Band) unterteilt. Der Vollständigkeit halber sei noch auf den neuesten Standard 802.11ac hingewiesen, welcher nur auf dem 5 GHz-Band sendet und eine Datenrate von bis zu 1,3 Gbit/s hat. Dieser Standard ist in den neuesten elektronischen Geräten integriert. Bei den unterschiedlichen Frequenzbändern besitzt jedes Band Vor- und Nachteile. So hat das 2,4 GHz Band den Vorteil, dass eine größere Reichweite erzielt werden kann, da es abschirmende Materialien verlustärmer überwindet. Allerdings hat es den Nachteil, dass das Frequenzband mit anderen Geräten bzw. Funktechniken (wie z. B. Bluetooth, Mikrowellenherde, Funkfernbedienung) geteilt werden muss und es dadurch störanfälliger ist. Ein Vorteil des 5 GHz-Bands ist, dass eine deutlich höhere Datenübertragungsrate möglich ist. Die Datenübertragungsrate spielt allerdings bei der Positionierung in Gebäuden keine Rolle, da der Nutzer keine Daten überträgt, sondern nur die Signalstärken messen muss. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass das Signal von Wänden schnell abgeschirmt wird, was vor allem bei der Indoor-Positionierung zu großen Problemen führen kann.

Die Sendeleistung P , welche ein Access Point (AP) abgibt, wird in der logarithmischen Einheit Dezibel-Milliwatt (dBm) angegeben. Die Einheit Bel ist eine logarithmische Größe und definiert sich über den Bezug mit einem bestimmten Referenzwert. Im Fall von Dezibel-Milliwatt ist die Bezugsgröße 1 Milliwatt (mW).

$$P[\text{dBm}] = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P[\text{mW}]}{1 \text{ mW}} \right) \quad (1)$$

Die empfangene Signalstärke ist der sogenannte RSSI-Wert. In dieser Arbeit wurden Werte zwischen -26 und -103 dBm gemessen, wobei -26 den stärksten und -103 den schwächsten gerade noch empfangbaren Wert darstellt. Der RSSI-Wert nimmt demnach im Normalfall ab, je weiter der Empfänger vom Sender entfernt ist. Die elektromagnetischen Wellen werden entlang des Ausbreitungsweges durch verschiedene Einflüsse abgeschwächt. Einige dieser Einflüsse werden im Folgenden kurz erläutert.

Die Freiraumdämpfung beschreibt die Reduktion der Leistungsdichte von elektromagnetischen Wellen im freien Raum, d. h. ohne Störeinflüsse

von dämpfenden Medien (z. B. Luft) oder Störung durch Reflexion. Der Freiraumdämpfungsfaktor $FSPL$ steigt mit der Entfernung und Frequenz:

$$FSPL [\text{dB}] = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{4\pi \cdot d \cdot f}{c} \right) \quad (2)$$

Dabei ist d die Distanz zum Sender in [m], f die Frequenz des Signals in [Hz] und c die Ausbreitungsgeschwindigkeit in [m/s²] [14].

Da die elektromagnetischen Wellen bei der Ausbreitung unterschiedliche Medien durchlaufen, kann das Signal absorbiert, gebeugt, gebrochen, reflektiert oder gestreut werden. Vor allem die Absorption und Reflexion haben dabei einen großen Einfluss auf die empfangene Signalstärke. Das Ausmaß der Abschwächung hängt von den Materialeigenschaften und der Geometrie des Mediums ab. So schwächt beispielsweise Glas bzw. Stahlbeton das Signal um 10 bis 30 dBm ab. Die Signalabschwächung durch die Atmosphäre beträgt etwa 0,2 bis 2 dBm. Da die Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit in einem Gebäude keine großen Schwankungen unterliegen und die Signalwege eher kurz sind, kann der Einfluss dieser Effekte vernachlässigt werden.

Bei der Signaldämpfung spielt vor allem der menschliche Körper eine wesentliche Rolle, da dieser zu ca. 70 % aus Wasser besteht. Wasser hat eine Resonanzfrequenz von 2,4 GHz, dies entspricht genau jener Frequenz, auf der WLAN-Signale senden. Da in der Regel das Smartphone vor dem Körper in Brusthöhe gehalten wird, muss die Dämpfung, welche dabei durch den Körper entsteht, berücksichtigt werden. Dabei kommt es darauf an, in welcher Blickrichtung der Smartphone Nutzer sich befindet und wo die APs im Raum verteilt sind. Steht der Nutzer beispielsweise genau zwischen Smartphone und AP, kann das Signal stark abgeschwächt werden.

Ein weiterer Effekt, der große Probleme verursachen kann, ist die Interferenz, d. h. die Überlagerung von Wellen mit gleicher Frequenz. Zwar senden die APs die WLAN-Signale auf unterschiedlichen Kanälen aus, wodurch der Effekt der Interferenz im Normalfall verhindert wird, allerdings kann es trotzdem vorkommen, dass zwei oder mehrere APs auf der gleichen Frequenz senden und sich somit gegenseitig auslöschen.

2.2 Fingerprinting-Methode

Beim sogenannten Fingerprinting werden die empfangenen WLAN-Signalstärken der umliegenden APs an ausgewählten, koordinativ bekannten

Referenzpunkten gemessen, in eine Datenbank abgespeichert und anschließend mit aktuellen Messungen verglichen. In der Literatur wird diese Methode auch als Scene Analysis bezeichnet. Das Verfahren besteht dabei aus zwei Phasen. Die erste Phase ist die sogenannte Offline- oder Trainings-Phase. Dabei werden an koordinativ bekannten Referenzpunkten die Signalstärken (RSSI-Werte) der umliegenden APs sowie die eindeutige Kennung dieser gespeichert. Die Kennung der APs ist der sogenannte Basic Service Set Identifier (BSSID) und ist als MAC-Adresse einer Station definiert. Die Kombination aus den verschiedenen BSSIDs und ihrer RSSI-Werte ist im Allgemeinen einmalig und wirkt daher wie ein Fingerabdruck. Mittels einer Interpolation über den gesamten Raum wird aus den gemessenen Referenzdaten eine Signalstärkenkarte, die sogenannte Radio Map, erstellt. In der zweiten Phase, der Online- oder Betriebs-Phase, werden nochmals die Signalstärken gemessen und mit den Referenzdatensatz (Radio Map), welcher entweder auf einem externen Server oder am Smartphone selbst verfügbar ist, verglichen. Der Punkt mit der größten Übereinstimmung ergibt dann die Position des Nutzers. Wichtig dabei ist, dass es genügend viele Vergleichswerte gibt, da das WLAN-Signal zeitliche und umgebungsabhängige Variationen aufweisen kann. So kann der RSSI-Wert an ein und demselben Ort unterschiedlich sein, wenn sich zum Beispiel die Anzahl der Personen im Raum mit der Zeit ändert. Um einen repräsentativen Wert zu bekommen, sollten daher mehrere unabhängige Messungen durchgeführt werden, d. h. Messungen an unterschiedlichen Tagen zu unterschiedlichen Zeiten und am besten auch mit unterschiedlichen Smartphones. Der wesentliche Nachteil dieser Methode ist die sehr zeitaufwendige Messung des Referenzdatensatzes in der Offline-Phase. Außerdem kann es zu Problemen kommen, wenn sich die räumliche Struktur ändert (z. B. bei neuen APs oder baulichen Veränderungen [20]). Im Gegensatz zur Trilateration ist diese Methode allerdings nicht so anfällig gegenüber den Umgebungseffekten und der Multipath- und Dämpfungseffekt kann für die Positionsbestimmung sogar genutzt werden. Bei ausreichend vorhandenen Vergleichsdaten können außerdem Messfehler und Ungenauigkeiten leichter ausgeglichen werden. Deshalb ist die Fingerprint-Methode heutzutage das gängigste Verfahren zur Positionierung in einem Gebäude [18].

Eine große Herausforderung der Fingerprinting-Methode ist die Bestimmung der größten Übereinstimmung zwischen den gemessenen RSSI-Werten in der Online-Phase und jenen in der Radio Map. Zur Berechnung der größten Übereinstimmung können verschiedene Ansätze verwendet werden. Im Folgenden werden die bekanntesten Auswertemethoden erläutert. Das Ziel dabei ist, die Position des Nutzers $\hat{p} = (x, y)$ mittels einer Funktion zu finden, welche die Messung der Online-Phase y mit jenen der Radio Map R vergleicht [15]:

$$\hat{p} = f(R, y) \quad (3)$$

2.3 Deterministische Ansätze

Bei den deterministischen Ansätzen werden die Entfernungen der Signalstärken in der Radio Map r_j zu den Signalstärken der Online-Phase y bestimmt. Es wird also berechnet, welche Fingerprints am nächsten zu den Online-Messungen sind:

$$\hat{p}_{NN} = \operatorname{argmin} d(r_j, y) \quad (4)$$

Dabei ist $d(r_j, y)$ der euklidische Abstand zwischen dem RSSI-Wert in der Radio Map r_j und dem RSSI-Wert der Online-Messung y .

$$d(p_j, \psi) = \|\psi - p_j\|_2 = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\psi - p_j)^2} \quad (5)$$

Diese Methode ist die sogenannte Nearest Neighbour (NN) Methode. Neben der euklidischen Distanz können noch andere Vektordistanzen verwendet werden, wie beispielsweise der Manhattan Abstand.

Werden mehrere Positionen mit einem geringen Abstand gefunden, so kann auch ein Satz der Punkte mit den K -kleinsten Distanzen ausgewählt werden. Diese Methode wird dann K -Nearest Neighbour (KNN) genannt. Bei der KNN-Methode ist die Position des Nutzers für gewöhnlich der Schwerpunkt von K Punkten der Positionen p_j mit der geringsten Distanz $d(r_j, y)$. Dabei kann K eine beliebig gewählte Zahl sein oder durch einen Schwellwert für eine bestimmte geringste Distanz bestimmt werden.

$$\hat{p}_{KNN} = \frac{1}{K} \sum_j^K p_j \quad (6)$$

Die KNN-Methode kann noch optimiert werden, indem für jeden der K Fingerprints eine Gewichtung berechnet wird, anhand derer der Schwerpunkt aller K Fingerprints als Position des Smartphone Nutzers berechnet werden kann. In

diesem Fall wird von K -Weighted Nearest Neighbour gesprochen.

2.4 Probabilistische Ansätze

Ein probabilistischer Ansatz berechnet die Ähnlichkeit der Signalstärkenmessungen zueinander. Dabei werden alle Fingerprints der Offline-Phase verwendet, um statistische Eigenschaften über das Gebiet zu bekommen. Laut Fang et al. [2] bieten die probabilistischen Ansätze eine höhere Genauigkeit in der Indoor-Positionierung als die deterministischen Ansätze.

Einer dieser probabilistischen Ansätze ist die Maximum A Posteriori (MAP) Methode, welche die Position des Nutzers anhand der Maximierung der bedingten Wahrscheinlichkeit der Position p_j in Bezug zur empfangenen Online-Messung y bestimmt:

$$\hat{p}_{MAP} = \operatorname{argmax} f(p_j | y) \quad (7)$$

Dabei ist $f(p_j | y)$ die bedingte Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzer an der Position p_j die empfangene Online-Messung y hat. Diese Wahrscheinlichkeit beruht auf dem Satz von Bayes:

$$f(p_j | y) = \frac{f(p_j, y)}{f(y)} = \frac{f(y | p_j) f(p_j)}{\sum_j^N f(y | p_j) f(p_j)} \quad (8)$$

Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion $f(p_j)$ ist dabei die A-priori Wahrscheinlichkeit der Position des Nutzers über das ganze Gebiet und wird üblicherweise als normalverteilt angenommen. Beispielsweise kann $f(p_j) = \frac{1}{N}$ sein, da es im Vorhinein kein Wissen bezüglich der Nutzerposition gibt und alle Punkte N des Raums mit gleicher Wahrscheinlichkeit angenommen werden können. Die bedingte Wahrscheinlichkeit $f(y | p_j)$ kann mittels einer Likelihood-Funktion berechnet werden. Dazu wird aus den Fingerprints der Radio Map eine Wahrscheinlichkeitsverteilung erstellt, die als Likelihood-Funktion zum Vergleich mit den Fingerprints dient. Der Fingerprint mit der größten Wahrscheinlichkeit wird als Position des Smartphone Nutzers angenommen. Diese Methode wird Maximum Likelihood (ML) genannt [15].

$$\hat{p}_{ML} = \operatorname{argmax} f(y | p_j) \quad (7)$$

Da das Hauptziel in dieser Studie auf die Untersuchung der Anwendbarkeit von kinematischen Trainingsmessungen gelegt wurde, werden in diesem Beitrag nur die deterministischen Standardansätze untersucht.

3. Charakteristika des Testgebiets und der eingesetzten Smartphones

Wie bereits weiter oben erwähnt, hat die Indoor-Positionierung mittels WLAN den entscheidenden Vorteil, dass die notwendige Infrastruktur in den meisten öffentlichen Gebäuden bereits vorhanden ist und somit keine aufwendige und kostenintensive Installation benötigt wird. So konnte auch im Elektrotechnischen Institutsgebäude der TU Wien, wo die Messungen durchgeführt wurden, auf eine bestehende Infrastruktur zurückgegriffen werden. Dabei wurden WLAN-Router der Marke Cisco verwendet (Modell AIR-CAP2602E-E-K9 und AIR-CAP2702E-E-K9). Zusätzlich wurden im Eingangsbereich des Gebäudes fünf Raspberry Pi Computer, die als APs konfiguriert waren, eingesetzt. Dadurch konnte eine flächenhafte Abdeckung von WLAN-Signalen im Erdgeschoß des Gebäudes und in den Übergangsbereichen bei den Gebäudeausgängen gewährleistet werden. Um genügend viele Vergleichswerte der Signalstärken zu bekommen und die zeitlichen und umgebungsabhängigen Variationen der WLAN-Signale berücksichtigen zu können, wurden mehrere Messungen an verschiedenen Tagen und zu unterschiedlichen Tageszeiten durchgeführt. Für die Datenaufzeichnung wurde eine eigens von Hofer [11], [12] entwickelte App eingesetzt.

3.1 Testtrajektorien

Für die Messungen wurden zwei verschiedenen Trajektorien ausgewählt, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Trajektorie 1 „E17_Run“, die 150,6 m lang ist, führt vom Referenzpunkt RP1 durch den Haupteingang in die Aula und durch den Hörsaal VII zum Endpunkt RP14 beim Ausgang zum Hof des Gebäudes. Die zweite, 79,7 m lange Trajektorie „EG_CR“ startet beim Seiteneingang des Gebäudes und führt danach weiter zu einem Vorraum vor dem Hörsaal und durch einen Bereich mit Computern und endet schließlich im Innenhof. Beide Trajektorien wurden mit normaler Schrittgeschwindigkeit mehrfach im Hin- und Rückweg abgegangen, wobei die durchschnittliche Dauer eines Testlaufs („Runs“) bei der Trajektorie 1 etwa 120 Sekunden und bei Trajektorie 2 64 Sekunden betrug (vergl. Tabelle 8). Dabei wurde darauf geachtet, dass genügend Zeit zwischen den Durchgängen liegt, um die zeitlichen Variationen der WLAN-Signale zu berücksichtigen.

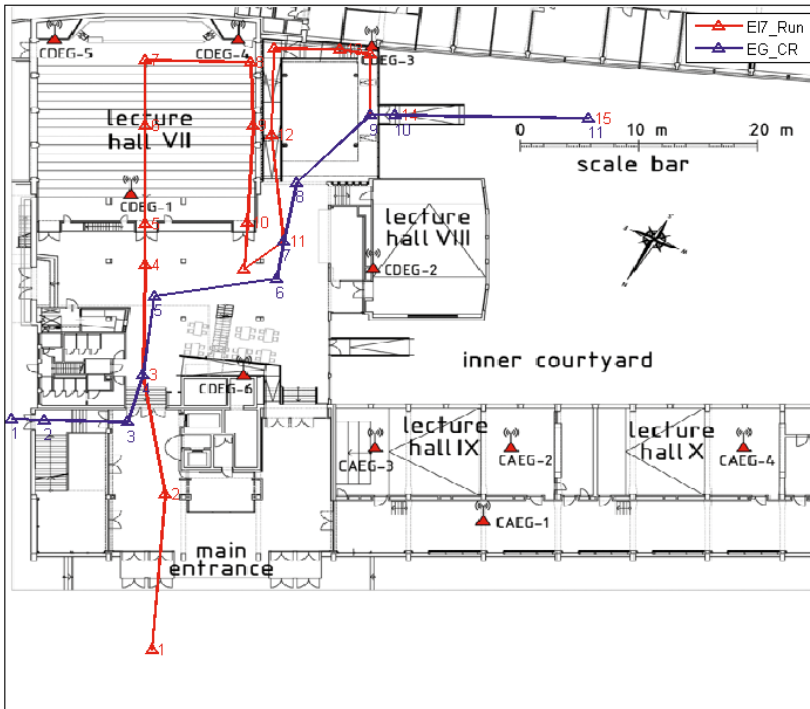


Abb. 1: Übersichtsplan der beiden Trajektorien

3.2 Smartphones

Bei den Messungen wurden drei verschiedene Smartphones verwendet. In Tabelle 1 sind die unterschiedlichen Modelle mit den wichtigsten technischen Daten aufgelistet. Dabei ist zu sehen, dass alle Smartphones den IEEE-Standard 802.11a/b/g/n verwenden. Das Sony Xperia Z3 verfügt zusätzlich über den neuesten Standard 802.11ac. Zu erwähnen ist noch, dass das Sony Xperia Z3 und das Samsung Galaxy S3 einen Barometer integriert haben, mit dem der Druck und damit auch die Höhe bzw. das Stockwerk des Gebäudes bestimmt werden kann.

Da in den Smartphones unterschiedliche Netzwerkkarten (NICs, engl. Network Interface Cards) eingebaut sind, ergeben sich auch unterschiedliche RSSI-Scanintervalle. Tabelle 2 zeigt die unterschiedlichen, durchschnittlichen Scanintervalle der einzelnen Smartphones über alle Testläufe. Zu beachten sind hierbei vor allem die großen Scanintervalle des Sony Xperia Z3 und Samsung Galaxy S3 gegenüber dem Samsung Galaxy A3. Dies hat vor allem auf die Anzahl der Scans pro Run eine große Auswirkung (vergl. Tabelle 8). Unterschiedlichen Zeiten für die Dauer eines einzelnen WLAN-Scans gibt es auch bei aktuellen

Bezeichnung	Sony Xperia Z3	Samsung Galaxy S3	Samsung Galaxy A3 (2016)
Modell	D6603	GT-I9300	SM-A310F
Kurzbezeichnung	Z3	S3	A3
WLAN	802.11a/b/g/n/ac	802.11a/b/g/n	802.11a/b/g/n
Frequenzband	2,4 GHz, 5 GHz	2,4 GHz, 5 GHz	2,4 GHz
Sensoren	Beschleunigungssensor, Gyroskop, Luftdrucksensor, Kompass	Beschleunigungssensor, Gyroskop, Luftdrucksensor, Kompass	Beschleunigungssensor, Gyroskop, Kompass

Tab. 1: Details der Smartphones

Smartphone	Scanintervall in [s]
Samsung Galaxy A3	1,2
Samsung Galaxy S3	3,6
Sony Xperia Z3	4,2

Tab. 2: Durchschnittliche Scanintervalle der Smartphones

Smartphones verschiedenster Bauart. Daher kann die Auswahl der drei verwendeten Smartphones als durchaus repräsentativ angesehen werden, da sich die notwendige Scandauer signifikant unterscheidet. Damit konnte aufgezeigt werden, dass die Scandauer einen signifikanten Einfluss bei kinematischen Trainingsmessungen bildet. Es ist noch anzumerken, dass die Dauer eines Scans von der Anzahl der empfangbaren Access Points abhängt.

Aufgrund der unterschiedlichen Position und Art der Antennen in den Smartphones ergeben sich an gleichen Positionen nicht die gleichen Messwerten [10]. Diese Hardwarevariationen beeinflussen dadurch negativ die Genauigkeit der Positionsbestimmung. Geräteunabhängige Fingerprints können aus RSSI-Messungen durch Normierung abgeleitet werden. Beispielsweise kann die relative Beziehung zwischen Paaren von APs anstatt der absoluten RSSI-Messung verwendet werden.

Weiters können auch die Differenzen zwischen den RSSI-Werten verwendet werden, um geräteunabhängige Fingerprints zu bekommen [15]. Retscher et al. [20] haben diesbezüglich weiterführende Untersuchungen unternommen. Diese haben belegt, dass besonders die Verwendung von relativen Beziehungen zwischen AP-Paaren eine Verbesserung bei den Zuordnungen bringt.

4. Diskussion der Ergebnisse in den einzelnen Testläufen

In diesem Abschnitt werden anhand der kinematischen Signalstärkescans verschiedenste Untersuchungen ausgeführt. In den vorangegangenen Analysen wurden u. a. unterschiedliche Interpolationsmethoden zur Erstellung einer Radio Map gegenübergestellt. Außerdem wird untersucht, wie sich eine Änderung der Anzahl der APs auf die Ergebnisse auswirkt. Die Berechnungen werden alle anhand der deterministischen Nearest Neighbour Methode untersucht. Zusätzlich wird auch noch die erweiterte K-Nearest Neighbour Methode angewandt und analysiert. Abschließend

werden noch die unterschiedlichen Testläufe und Smartphones verglichen und es werden einige berechnete Trajektorien vorgestellt.

4.1 Radio Map Erstellung

Eine Radio Map ist eine Karte, welche die Signalstärken eines APs in einem bestimmten Gebiet abbildet. Wie bereits erwähnt, kann es bei der Ausbreitung von Wellen zu unterschiedlichen Effekten kommen. Diese Effekte stellen bei der Erstellung einer Radio Map ein großes Problem dar. Da sich in Gebäuden viele verschiedene physikalische Objekte befinden, ist eine genaue Modellierung dieser Effekte mit theoretischen Modellen schwierig. Trotzdem gibt es einige theoretische Ausbreitungsmodelle, welche diese Effekte berücksichtigen. Diese sind vor allem das empirische One-Slope-Modell, welches auf dem Prinzip der Freiraumdämpfung beruht, und das semi-empirische Multi-Wall-Modell, das die Dämpfungseigenschaften von vorhandenen Wänden zwischen AP und Nutzer berücksichtigt. Weiters gibt es noch das Ray Launching und Ray Tracing, welche deterministische Ausbreitungsmodelle sind, bei denen die physikalischen Ausbreitungsgesetze (Absorption, Brechung und Reflexion) anhand von Objekten modelliert werden. Dabei beruht die Erstellung der Radio Map auf einem empirischen Modell der Ausbreitungseigenschaften von elektromagnetischen Wellen [15], [22]. Grundlage für das Modell ist ein digitaler Plan des Messgebietes, in dem alle Wände und Koordinaten der APs enthalten sind [19]. Bei diesen theoretischen Methoden ist jedoch die Modellierung der tatsächlichen Ausbreitungseigenschaften in der Umgebung komplex. Ihr Vorteil besteht jedoch darin, dass die Radio Map in kurzer Zeit erstellt werden kann, ohne dabei tatsächliche Signalstärkemessungen durchführen zu müssen. Außerdem kann die Radio Map schneller geändert werden, wenn sich etwas in der WLAN-Infrastruktur ändert [5]. Da in dieser Arbeit die Radio Map mit Hilfe der Offline-Messungen erstellt wird, wird auf die unterschiedlichen Ausbreitungsmodelle im Folgenden nicht näher eingegangen. Weitere Informationen findet man z. B. in Retscher und Tatschl [21].

Die Größe des Datensatzes einer Radio Map ist abhängig von der Rasterweite sowie von der Anzahl der APs. Die Anzahl und Verteilung der Referenzpunkte und APs sind dabei die Hauptfaktoren

zur Erstellung der Radio Map. Um die RSSI-Werte abseits der Referenzpunkte zu erhalten, werden die Signalstärkemessungen der Offline-Phase zwischen den Referenzpunkten interpoliert. Die Rasterweite der Interpolation ist ausschlaggebend für die spätere Genauigkeit der Positionierung. Wird eine Rasterweite von 1 m gewählt, so kann auch die Positionierung nur auf Metergenauigkeit erfolgen. Je enger die Rasterpunkte zusammenliegen, desto größer wird auch die Auflösung der Radio Map. Aufgrund der begrenzten Rechenleistung wurde die Rasterweite der Radio Map für diese Arbeit auf einen Dezimeter gewählt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Radio Map durch drei unterschiedliche Interpolationsmethoden erstellt. Neben einer linearen Interpolation wurden auch noch eine Natural Neighbour Interpolation (auch Voronoi-Interpolation genannt) und eine Spline-Interpolation angewendet.

Da bei den kinematischen Messungen entlang der Trajektorien beim Vorbeigehen an den Referenzpunkten ein Zeitstempel in den aufgezeichneten kontinuierlichen Messungen gesetzt wurde, liegen die gemessenen RSSI-Werte in Abhängigkeit der Dauer der einzelnen WLAN-Scans nicht notwendigerweise exakt für die Position des Kontrollpunktes vor. Der Grund dafür ist, dass an den Punkten nicht gestoppt wurde, sondern die Trajektorien kinematisch mit normaler Schrittgeschwindigkeit abgegangen wurden. Bei den Messungen wurde in der entwickelten App ein Zeitstempel verwendet, indem ein Marker durch Drücken eines Buttons am Smartphone-Bildschirm in den kontinuierlichen Messungen beim Passieren eines Referenzpunktes der Trajektorie gesetzt wurde. Es liegen somit RSSI-Werte vor und nach dem jeweiligen Referenzpunkt vor und der entsprechende Wert muss bestimmt werden. Durch die unterschiedliche Scandauer der einzelnen Smartphones ist das somit vorliegende Zeitintervall auch unterschiedlich. Es musste somit eine Methode gefunden werden, um die RSSI-Werte zur Referenzpunktzeit zu bekommen. Dazu wurde einerseits der RSSI-Wert des nächsten Zeitstempels zur Referenzpunktzeit als Referenzpunktwert verwendet (in Tabelle 3 als ‚nearest‘ bezeichnet) und andererseits die RSSI-Werte zwischen den Zeitstempeln linear interpoliert und der Wert mit der gleichen Referenzpunktzeit genommen (in Tabelle 3 als ‚linear‘ bezeichnet). Sind bei der Interpolation Signalstärken mit einem Wert kleiner

als -105 dBm entstanden, so wurden sie auf den minimalen Wert von -105 dBm zurückgesetzt. In Tabelle 3 sind die mittleren Abweichungen aller Radio Map Interpolationsmethoden zusammengestellt. Dabei wurden zuerst die Abweichungen zu den Referenzpunkten für jeden einzelnen Testlauf bestimmt und anschließend gemittelt.

Methoden der Radio Map	Trajektorie 1	Trajektorie 2
Voronoi, nearest	4,56	4,25
Linear, nearest	4,70	4,30
Spline, nearest	5,33	4,14
Voronoi, linear	4,17	4,57
Linear, linear	4,40	4,59
Spline, linear	4,44	4,75

Tab. 3: Mittlere Abweichungen der verschiedenen Radio Maps in [m]

Wie in Tabelle 3 zu sehen ist, liefert die ‚linear‘-Methode bei der Trajektorie 1 geringere Abweichungen zu den wahren Koordinaten als die ‚nearest‘-Methode. Außerdem ist zu erkennen, dass die Voronoi-Interpolation und die lineare Interpolation bessere Ergebnisse liefern als die Spline-Interpolation. Die größten Abweichungen werden mittels der Spline-Interpolation und der ‚nearest‘-Methode berechnet (5,33 m). Die geringsten Abweichungen zu den wahren Werten werden mittels einer Voronoi-Interpolation zusammen mit der ‚linear‘-Methode erreicht. Hier betragen die Abweichungen nur 4,17 m. Die Radio Map der Trajektorie 1 mit der geringsten Abweichung ist in Abbildung 2 zu sehen. Bei der Trajektorie 2 liefert hingegen die ‚nearest‘-Methode etwas geringere Abweichungen zu den wahren Koordinaten als die ‚linear‘-Methode. Die geringsten Abweichungen werden mittels der Spline-Interpolation und der ‚nearest‘-Methode berechnet (4,14 m). Die größten Abweichungen zu den wahren Werten werden mittels einer Spline-Interpolation zusammen mit der ‚linear‘-Methode erreicht. Hier betragen die Abweichungen 4,75 m. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es keine allgemein gültige Interpolationsmethode für die Erstellung einer Radio Map gibt. Je nach Trajektorie ergeben die Voronoi- bzw. Spline-Interpolation die geringsten Abweichungen. Auch die Bestimmung der Signalstärken an den Referenzpunkten hat kein eindeutiges Ergebnis erbracht. Bei der Trajektorie 1 ist die ‚linear‘-Methode die bessere Wahl und bei

der Trajektorie 2 ergeben sich bei der ‚nearest‘-Methode die geringeren Abweichungen. Um eine einheitliche Methode zur Erstellung der Radio Map zu haben, wurden für die weiteren Berechnungen die ‚linear‘-Methode zusammen mit der Voronoi-Interpolation verwendet.

Zur Visualisierung der Radio Map in Abbildung 2 für das gesamte Erdgeschoß, wurde in den Bereichen extrapoliert, in denen keine tatsächlichen gemessenen RSSI-Werte vorliegen. Eine Extrapolation ist nötig, da die Werte nur entlang den üblichen Trajektorien bestimmt wurden und eine Aufnahme im ganzen Gebiet nicht vorgesehen war, da eine derartige Aufnahme wieder auf Referenzpunkte in einem Raster wie bei statischen Trainingsmessungen hinausführen würde. Für die durchgeführten Untersuchungen reichen RSSI-Werte entlang den gewählten Trajektorien.

Alle kinematischen Messungen entlang den Trajektorien wurden verwendet, um eine gemittelte Radio Map abzuleiten. Andererseits wurden auch individuelle, für ein Smartphone bestimmte Radio Maps verwendet und untersucht. Aus Platzgründen wird in diesem Beitrag nur die aus gemittelten Werten berechnete Radio Map, die in Abbildung 2 visualisiert ist, für die weiteren Berechnungen und auch für das Fingerprinting der Online Positionierungsphase verwendet.

4.2 Vergleich der Offline-Messungen

Um eine Radio Map zu bekommen, die den Signalstärken in der Realität möglichst genau entspricht,

wurde untersucht, welcher Referenzdatensatz die kleinsten Abweichungen von den wahren Koordinaten ergibt und somit als Offline-Messung verwendet werden kann. Dabei wurden als Offline-Messungen einerseits die RSSI-Werte aller Testläufe genommen und gemittelt und andererseits wurden nur einzelne Runs als Referenzdatensatz verwendet. Die einzelnen Referenzdatensätze waren dabei die Daten des ersten, dritten und elften Runs bei der Trajektorie 1 und die Daten des sechsten, vierzehnten und fünfzehnten Runs bei der Trajektorie 2. Somit konnten auch gleichzeitig die Referenzdaten der unterschiedlichen Smartphones berücksichtigt werden. In Tabelle 4 sind die mittleren Abweichungen der jeweiligen Referenzdatensätze gegenübergestellt. Dabei ist bei beiden Trajektorien eindeutig zu erkennen, dass die geringsten Abweichungen erzielt werden, wenn die Signalstärkescans aller Runs gemittelt werden (4,17 m bzw. 4,57 m). Deswegen wird für die weitere Analyse dieser Referenzdatensatz zur Erstellung der Radio Map verwendet. Das schlechteste Ergebnis bei beiden Trajektorien wird mit den Signalstärkescans des Run3 bzw. Run15 erzielt, bei denen das Smartphone Sony Xperia Z3 eingesetzt wurde. Der Grund dafür ist, dass dieses Smartphone die längste durchschnittliche Scandauer hat, was in Abschnitt 4.5 noch näher beschrieben wird. Die anderen beiden Referenzdatensätze, welche mit dem Samsung Galaxy A3 und S3 abgegangen wurden, liefern mittlere Abweichungen von den wahren Koordinaten von etwa 6 m, wobei die Referenzdatensätze des

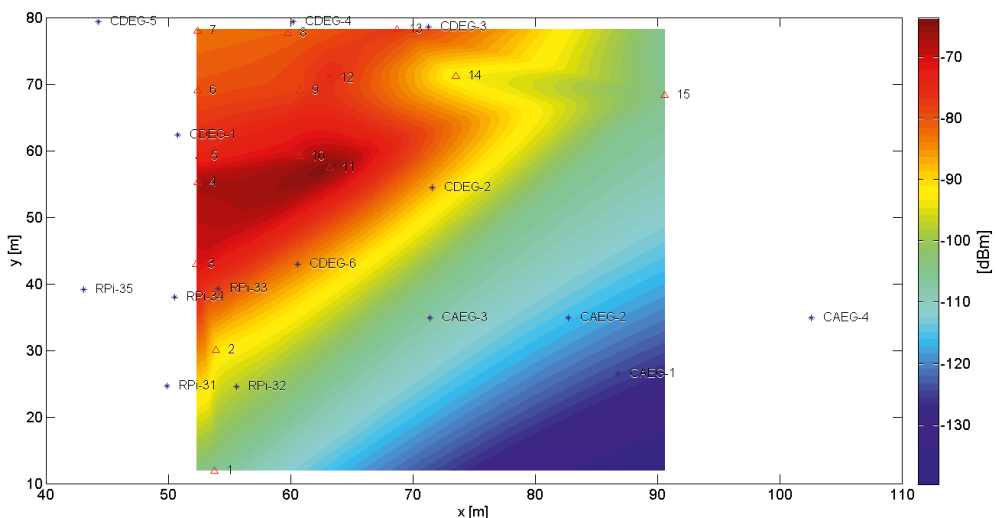


Abb. 2: Radio Map des AP CDEG6

Referenzdaten	Trajektorie 1
alle Runs gemittelt	4,17
Run1 (Samsung Galaxy A3)	6,37
Run11 (Samsung Galaxy S3)	6,86
Run3 (Sony Xperia Z3)	8,00
	Trajektorie 2
alle Runs gemittelt	4,57
Run14 (Samsung Galaxy A3)	5,68
Run6 (Samsung Galaxy S3)	6,02
Run15 (Sony Xperia Z3)	9,77

Tab. 4: Mittlere Abweichungen von den wahren Koordinaten bei unterschiedlichen Referenzdaten in [m]

Samsung Galaxy A3 bei beiden Trajektorien etwas bessere Ergebnisse liefern. Dies hängt wieder mit der durchschnittlichen Scandauer zusammen, da das Samsung Galaxy A3 die kürzeste Scandauer aller drei Smartphones besitzt.

4.3 Vergleich der Anzahl der Access Points

Um die Auswirkungen der Anzahl der APs auf die Genauigkeit zu untersuchen, werden in einer weiteren Analyse einerseits die RSSI-Werte aller MAC-Adressen der APs einzeln zur Berechnung verwendet und andererseits werden die RSSI-Werte der drei MAC-Adressen eines APs gemittelt. Dadurch werden einmal 36 APs zur Berechnung herangezogen und einmal sind es nur 15 APs. Da die APs CAEG 1-4 weit von der Trajektorie entfernt sind und es fast keine Signalstärkemessungen zu ihnen gibt, wurden in einer weiteren Berechnung diese auch weggelassen. Dadurch ergaben sich bei dieser Berechnungsvariante nur mehr 11 APs. Wie in Tabelle 5 ersichtlich, ist das Resultat bei beiden Trajektorien umso besser, je mehr APs verwendet werden. Bei 36 APs beträgt die Genauigkeit 4,17 m bzw. 4,57 m. Bei 15 bzw. 11 APs werden mittlerer Abweichungen von rund 4,6 m bzw. 4,9 m berechnet. Es zeigt sich somit eine Verschlechterung, wenn die Anzahl der APs kleiner wird.

4.4 Vergleich der einzelnen Testläufe und Referenzpunkte

Beim Vergleich der einzelnen Testläufe („Runs“) und Referenzpunkte zeigt sich für die Trajektorie 1 in Tabelle 6, dass der Run mit der geringsten mitt-

Anzahl APs	Trajektorie 1	Trajektorie 2
36	4,17	4,57
15	4,60	4,87
11	4,62	4,85

Tab. 5: Mittlere Abweichungen bei unterschiedlicher Anzahl der AP in [m]

leren Abweichung Run11 war, welcher mit dem Samsung Galaxy S3 abgegangen wurde (mittlere Abweichung von 2,19 m). Die Runs mit der größten mittleren Abweichung waren Run 16 und 20, welche mit dem Sony Xperia Z3 abgegangen wurden. Hier wurde eine mittlere Abweichung von 6,8 m berechnet. In Tabelle 6 sind jene Referenzpunkte grün markiert, bei denen die richtige Position ermittelt wurde und somit keine Abweichung auftritt. Dabei fällt vor allem auf, dass der RP2 am häufigsten, nämlich 10-mal, richtig berechnet wurde. Der Run mit den meisten richtigen Positionen war hierbei der Run12. Die unterschiedliche Färbung der Spalten zeigt die verwendeten Smartphones des jeweiligen Runs; dabei ist Orange das Samsung Galaxy A3, Blau das Sony Xperia Z3 und Gelb das Samsung Galaxy S3.

Beim Vergleich der einzelnen Runs und Referenzpunkte zeigt sich für die Trajektorie 2 in Tabelle 7, dass der Run mit der geringsten mittleren Abweichung Run14 war, welcher mit dem Samsung Galaxy A3 abgegangen wurde (mittlere Abweichung von 2,34 m). Der Run mit der größten mittleren Abweichung war Run11, welcher wieder mit dem Sony Xperia S3 abgegangen wurde. Hier wurde eine mittlere Abweichung von 9,84 m berechnet. Der RP8 wurde am häufigsten, nämlich 7-mal, richtig berechnet. Dieser Referenzpunkt hat auch mit 1,92 m die geringste mittlere Abweichung. Der Referenzpunkt mit der größten mittleren Abweichung war RP3 (6,57 m).

In Tabelle 8 sind die Dauer und Scananzahl aller Runs beider Trajektorien dargestellt. Die einzelnen Smartphones sind wie oben entsprechend farblich gekennzeichnet. Es fällt vor allem auf, dass die Scananzahl bei den Runs, welche mit dem Smartphone Samsung Galaxy A3 durchgeführt wurden, höher als bei den beiden anderen Smartphones ist. Dies liegt an den in der Tabelle 2 zusammengestellten unterschiedlichen Scanintervallen der Smartphones.

Run	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abweichung RP2	0,00	0,00	0,00	6,23	3,90	2,41	0,00	0,00	0,00	2,21
Abweichung RP3	3,32	3,20	10,00	4,19	5,80	6,89	2,31	2,40	10,38	7,32
Abweichung RP4	1,70	9,18	1,80	2,90	5,50	4,48	1,39	3,70	0,30	5,40
Abweichung RP5	1,30	7,58	0,40	9,60	3,30	9,30	7,49	3,80	12,43	4,90
Abweichung RP6	10,27	6,30	0,20	0,40	0,00	2,20	12,37	3,93	0,71	0,51
Abweichung RP7	8,20	1,60	9,00	7,41	6,50	9,50	6,00	2,90	9,63	1,00
Abweichung RP8	0,00	0,00	6,11	7,52	2,75	1,20	4,30	0,00	3,06	0,00
Abweichung RP9	1,51	10,02	0,14	2,38	4,18	2,56	0,00	8,79	0,00	0,94
Abweichung RP10	1,36	7,11	4,77	3,89	9,68	2,60	3,80	8,42	9,61	3,00
Abweichung RP11	0,50	3,81	2,62	6,86	1,70	1,81	1,36	3,78	2,53	3,11
Abweichung RP12	1,14	0,78	1,30	8,60	0,61	0,00	6,16	0,85	1,00	7,29
Abweichung RP13	1,40	8,60	0,90	0,00	0,00	0,00	1,00	1,75	1,88	1,60
Abweichung RP14	7,89	6,33	6,26	12,20	2,15	5,55	7,84	9,95	11,80	9,65
<i>mittlere Abweichung</i>	<i>2,97</i>	<i>4,96</i>	<i>3,35</i>	<i>5,55</i>	<i>3,54</i>	<i>3,73</i>	<i>4,16</i>	<i>3,87</i>	<i>4,87</i>	<i>3,61</i>

Run	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Abweichung RP2	0,00	0,00	0,00	5,62	3,52	2,35	0,00	1,60	4,41	3,20
Abweichung RP3	0,80	4,87	4,50	1,43	10,07	5,30	0,76	0,30	15,70	4,62
Abweichung RP4	5,47	10,25	2,24	1,60	6,10	3,31	3,04	1,90	6,12	10,90
Abweichung RP5	2,50	12,84	0,00	3,90	5,91	5,97	1,40	3,20	4,30	5,90
Abweichung RP6	2,90	0,00	5,72	1,80	2,40	9,43	2,10	1,10	9,34	2,12
Abweichung RP7	2,11	2,00	3,61	3,50	0,20	9,09	6,11	3,80	10,20	10,70
Abweichung RP8	1,90	4,10	0,00	7,74	2,62	8,42	4,02	7,50	3,14	12,38
Abweichung RP9	3,13	8,76	0,00	3,08	5,42	5,30	1,66	3,36	0,00	9,58
Abweichung RP10	5,32	1,25	1,89	3,24	5,97	6,24	11,19	4,18	8,42	4,59
Abweichung RP11	0,14	0,14	3,36	4,49	1,70	13,69	3,14	3,00	0,58	5,98
Abweichung RP12	0,00	0,00	3,57	1,08	0,00	7,25	1,66	0,92	0,30	7,25
Abweichung RP13	0,20	0,00	3,18	3,01	1,70	0,10	2,79	3,10	1,60	1,50
Abweichung RP14	3,97	4,47	10,93	8,74	9,03	11,28	8,54	9,40	7,36	9,11
<i>mittlere Abweichung</i>	<i>2,19</i>	<i>3,75</i>	<i>3,00</i>	<i>3,79</i>	<i>4,20</i>	<i>6,75</i>	<i>3,57</i>	<i>3,34</i>	<i>5,50</i>	<i>6,76</i>

Tab. 6: Vergleich aller Runs der Trajektorie 1 (Abweichungen in [m])

4.5 Vergleich der Smartphones

Im Folgenden werden noch die Positionsergebnisse der drei verwendeten Smartphones aufgezeigt und verglichen. Bei der Berechnung wird die Radio Map mit den gemittelten Werten aller Offline-Messungen verwendet und als Referenzzeitpunkt wird die interpolierte Zeit verwendet. Die Anzahl der

Access Points beträgt wieder 36. Wie in Tabelle 9 ersichtlich ist, liefert das Samsung Galaxy S3 bei der Trajektorie 1 mit einer mittleren Abweichung von 3,30 m die besten Ergebnisse. Allerdings liefert das gleiche Smartphone bei der Trajektorie 2 auch das schlechteste Ergebnis (6,08 m). Das Samsung Galaxy A3 liefert bei beiden Trajektorien

Run	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abweichung RP2	0,20	1,81	2,01	3,11	2,81	1,32	0,22	2,31	2,61	3,81
Abweichung RP3	5,92	1,97	6,42	1,77	16,17	0,50	5,42	1,94	6,22	6,64
Abweichung RP4	0,22	3,90	5,34	0,71	3,42	0,42	4,34	5,47	4,24	8,80
Abweichung RP5	5,73	0,40	7,51	7,62	2,21	5,40	7,38	0,42	7,31	3,67
Abweichung RP6	1,63	5,66	4,77	7,65	1,33	1,84	1,22	2,75	5,23	3,85
Abweichung RP7	0,95	1,36	1,90	4,19	0,20	2,38	0,36	2,69	3,11	3,74
Abweichung RP8	0,32	0,10	6,51	0,00	2,15	0,00	0,67	0,00	6,32	0,00
Abweichung RP9	1,20	3,53	1,70	3,80	9,28	3,14	2,00	1,20	1,80	6,70
Abweichung RP10	13,38	6,20	3,41	8,50	2,97	6,20	8,56	7,50	4,30	8,40
<i>mittlere Abweichung</i>	3,28	2,77	4,40	4,15	4,50	2,36	3,35	2,70	4,57	5,07

Run	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Abweichung RP2	40,93	38,51	0,63	2,41	3,41	4,40	0,20	3,21	5,00	5,75
Abweichung RP3	31,72	5,06	9,71	1,36	6,42	3,42	5,62	4,52	6,72	3,83
Abweichung RP4	0,71	8,09	2,91	2,91	8,78	8,68	6,67	2,69	17,64	4,47
Abweichung RP5	9,31	5,64	6,80	0,20	3,11	1,84	1,24	1,35	2,52	12,70
Abweichung RP6	1,73	2,84	2,55	4,39	6,55	6,63	0,00	4,34	4,90	11,37
Abweichung RP7	0,00	2,09	1,14	0,22	1,60	4,78	0,14	0,10	4,02	7,96
Abweichung RP8	0,00	0,00	0,32	0,00	0,82	8,56	1,41	0,63	4,54	5,98
Abweichung RP9	2,00	1,00	1,80	1,80	1,40	13,40	1,30	4,16	8,26	10,20
Abweichung RP10	2,21	5,30	6,48	7,80	4,10	10,10	5,56	7,60	4,30	8,40
<i>mittlere Abweichung</i>	9,84	7,61	3,59	2,34	4,02	6,87	2,46	3,18	6,43	7,85

Tab. 7: Vergleich aller Runs der Trajektorie 2 (Abweichungen in [m])

Run	Trajektorie 1		Trajektorie 2		Run	Trajektorie 1		Trajektorie 2	
	Dauer [s]	Scananzahl	Dauer [s]	Scananzahl		Dauer [s]	Scananzahl	Dauer [s]	Scananzahl
1	133	115	68	59	11	119	34	59	17
2	124	108	67	58	12	112	32	60	17
3	127	35	65	15	13	114	98	72	62
4	124	29	62	15	14	116	100	65	56
5	123	32	69	20	15	117	27	68	16
6	115	33	64	19	16	114	27	66	18
7	139	118	64	55	17	118	100	64	55
8	124	106	60	51	18	116	100	63	55
9	130	30	65	15	19	119	27	64	14
10	135	32	60	14	20	112	27	62	15

Tab. 8: Dauer in[s] und Scananzahl der jeweiligen Runs

mit Abweichung von 3,71 m bzw. 2,96 m gute Ergebnisse. Am schlechtesten schnitt das Sony Xperia Z3 ab, welches bei beiden Trajektorien eine mittlere Abweichung von über 5 m aufweist.

Smartphone	Trajektorie 1	Trajektorie 2
Samsung Galaxy A3	3,71	2,96
Samsung Galaxy S3	3,30	6,08
Sony Xperia Z3	5,07	5,42

Tab. 9: Vergleich der Smartphones (Abweichungen in [m])

4.6 Mögliche Fehlereinflüsse

Bei der Berechnung der Position des Smartphone Nutzers wurde die Nearest Neighbour Methode angewandt. Dazu wurde zuerst die euklidische Vektordistanz für jeden Fingerprint in der Radio Map einzeln bestimmt und danach wurde der minimalste Wert in der Radio Map gesucht. Anschließend wurden aus den berechneten Koordinaten der Referenzpunkte die Abweichungen zu den wahren Koordinaten berechnet. Im Folgenden sind mögliche Ursachen, die für das Auftreten der Abweichungen verantwortlich sein können, näher beschrieben. Es sind dies u. a. [15]:

- Einige APs können zeitweise unerreichbar sein oder falsche RSSI-Werte liefern. Grund dafür sind unerwartete Fehler, Störungen, Energieverlust oder absichtliche Attacks von Dritten. Dadurch können die Signale stärker oder schwächer werden.

- Aufgrund von kurzfristigen Hindernissen (z. B. Möbel, Menschen) können unerwartete Multi-path-Effekte auftreten.
- Es gibt keine Garantie, dass die APs, welche bei der Offline-Phase vorhanden waren, auch in der Online-Phase zur Verfügung stehen. Da in dieser Arbeit die Messungen der beiden Phasen jedoch zeitgleich und kontinuierlich stattfanden, konnte dieser Fehler verhindert werden.
- APs können die Signalstärke ändern, wenn sich die Anzahl der Clients ändert.

Aufgrund dieser möglichen Fehlereinflüsse kann es dazu kommen, dass die Messungen der Online-Phase nicht mit jenen der Trainings-Phase übereinstimmen.

Werden mehrere Positionen mit einem geringen Abstand gefunden, so kann auch ein Satz der Punkte mit den K -kleinsten Distanzen ausgewählt werden. Diese Methode wird dann K -Nearest Neighbour (KNN) genannt. Deshalb wurde weiters untersucht, ob die KNN-Methode bessere Resultate erzielt als die Nearest Neighbour Methode. Dabei wird der Schwerpunkt der K -nächsten Punkte ($K = 1, \dots, 15$) zur Positionsbestimmung berechnet und daraus wird wieder die Abweichung zu den wahren Koordinaten bestimmt. Die Ergebnisse zeigten, dass sich bei beiden Trajektorien keine Verbesserungen der mittleren Abweichungen ergibt (Abbildung 3). Die mittlere Abweichung steigen entgegen den Erwartungen sogar geringfügig an, je größer K wird. Allerdings

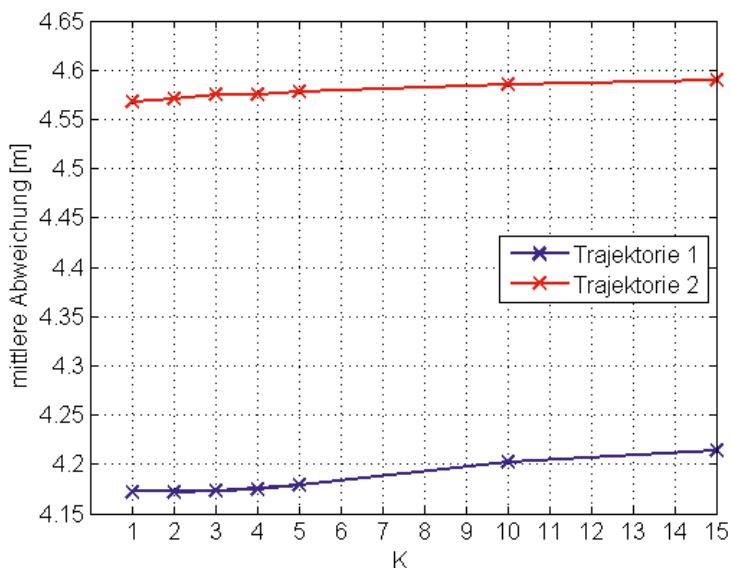


Abb. 3: Ergebnisse der KNN-Methode

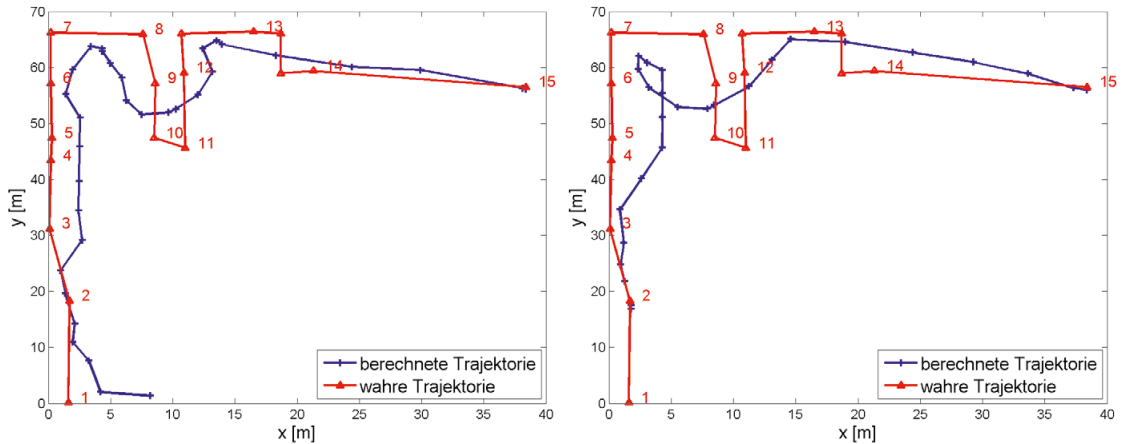


Abb. 4: Beste (links) und schlechteste (rechts) resultierende Trajektorie 1

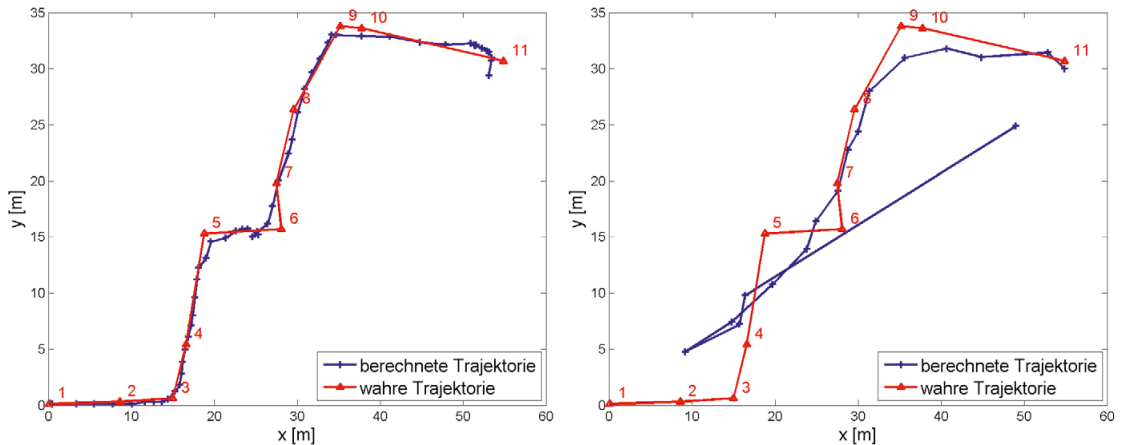


Abb. 5: Beste (links) und schlechteste (rechts) resultierende Trajektorie 2

liegt dieser Anstieg nur im Zentimeterbereich. Da keine Verbesserungen mittels der KNN-Methode erzielt wurden, wurde bei allen Auswertungen die Nearest Neighbour Methode angewandt.

4.7 Resultierende Trajektorien

Abschließend werden noch die abgegangenen Trajektorien als Ganzes betrachtet, d. h. die Signalstärkescans über einen ganzen Run hinweg. Die Ergebnisse werden mit den Sollkoordinaten der Referenzpunkte, die klassisch eingemessen wurden, verglichen. Um große Sprünge in den dargestellten Trajektorien zu vermeiden, wurden die berechneten Trajektorien zuvor noch mit einem Moving Average Filter geglättet. In den Abbildungen 4 und 5 sind jeweils die resultierenden Trajektorien dargestellt, welche das beste bzw. schlechteste Ergebnis liefern. Es ist ersichtlich,

dass es auch nach der Glättung der berechneten Koordinaten an manchen Stellen noch Abweichungen von einigen Metern von der echten Trajektorie gibt. Wie vorhin bereits beschrieben, hat Run11 mit einer mittleren Abweichung von 2,19 m das beste Ergebnis bei der Trajektorie 1 bzw. liefert Run20 mit einer mittleren Abweichung von 6,76 m das schlechteste Ergebnis. Diese beiden Runs sind in Abbildung 4 dargestellt. Dabei ist vor allem bei Run20 ersichtlich, dass die ermittelte Trajektorie nicht der tatsächlich abgegangenen entspricht. Im Hörsaal 7 (links oben) wird die Trajektorie nämlich gekreuzt, was nicht der Wirklichkeit entspricht.

Bei der Trajektorie 2 liefert Run14 mit 2,34 m das beste Ergebnis (Abbildung 5 links) und Run11 hat mit 9,84 m die größten mittleren Abweichungen von den wahren Koordinaten (Abbildung 5 rechts). Auffällig bei der berechneten Trajektorie

von Run11 ist vor allem die falsche Startposition, welche rund 55 m von der richtigen entfernt liegt. Bei Run14, welcher mit dem Samsung Galaxy A3 abgegangen wurde, ist die abgegangene Trajektorie gut zu erkennen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel dieser Studie war es, eine Indoor-Positionierung durchzuführen, welche auf der WLAN Fingerprinting-Methode beruht aber ohne eine arbeitsintensive statische Trainingsphase auskommt. Dazu wurden kinematische WLAN-Signalstärkemessungen im Elektrotechnischen Institutsgebäude der TU Wien in der Gußhausstraße 27-29 durchgeführt. Der große Vorteil von WLAN gegenüber anderen Technologien wie beispielsweise Bluetooth oder RFID ist, dass in vielen öffentlichen Gebäuden die benötigte Infrastruktur bereits vorhanden ist. Neben dem WLAN Fingerprinting gibt es noch andere Methoden zur Indoor-Positionsbestimmung. Dies sind vor allem die Trilateration und das zellbasierte Verfahren. Letztere hat allerdings eine schlechte Genauigkeit und wird deswegen nur als Näherungslösung verwendet.

Bei der Analyse wurde die Radio Map auf unterschiedliche Arten und mit unterschiedlichen Referenzdatensätzen erstellt. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es keine allgemein gültige Interpolationsmethode für die Erstellung einer Radio Map gibt. Je nach Trajektorie ergaben die Voronoi- bzw. Spline-Interpolation die geringsten Abweichungen. Es ist anzunehmen, dass die beobachteten Positionierungsfehler durch eine verbesserte Referenzdatensammlung reduziert werden hätten können. Dies betrifft vor allem die Abstände zwischen den Referenzpunkten. Bei einem kleineren Abstand gibt es mehr Referenzpunkte und somit auch mehr Werte zur Erstellung der Radio Map. Auch die Bestimmung der Signalstärken an den Referenzpunkten hat kein eindeutiges Ergebnis erbracht. Der Referenzdatensatz, in dem alle RSSI-Werte an den Referenzpunkten gemittelt werden und welcher alle 36 Access Points enthält, stellt sich als der beste heraus. Bei der Anwendung der KNN-Methode im Gegensatz zur einfachen NN-Methode tritt entgegen den Erwartungen keine Verbesserung ein.

Kinematische Messungen stellen eine wesentlich größere Herausforderung dar als statische oder Messungen im Stop-and-Go Modus. Wie aufgezeigt wurde, hat besonders die Dauer eines WLAN-Scans in Abhängigkeit der Anzahl der

sichtbaren APs einen großen Einfluss auf die erzielten Ergebnisse. In der praktischen Anwendung wurden kinematische Signalstärkescans mit drei unterschiedlichen Smartphones durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass das Sony Xperia Z3 mit einer mittleren Abweichung von über 5 m bei beiden Trajektorien die schlechtesten Ergebnisse liefert. Der Grund dafür ist, dass dieses Smartphone die längste durchschnittliche Scandauer von 4,2 s benötigt. Die anderen beiden Smartphones liefern jeweils bei einer Trajektorie ein besseres Ergebnis. Über die ganzen Runs gemittelt ergab sich eine mittlere Abweichung aller Smartphones für die Trajektorie 1 von 4,2 m bzw. 4,6 m für die Trajektorie 2. Bei der Betrachtung der berechneten Trajektorien sind bei jenen Runs, welche eine geringe mittlere Abweichung von den wahren Koordinaten haben, die abgegangenen Trajektorien gut zu erkennen (vergl. Abbildungen 4 und 5).

Generell kann gesagt werden, dass die erzielten Positionierungsgenauigkeiten für die kinematischen Messungen nicht signifikant schlechter als bei statischer Positionierung sind. Der große Vorteil ist aber, dass die Trainingsphase wesentlich kürzer ausfällt und auch kontinuierliches Systemtraining ausgeführt werden kann. Eine weitere Verbesserung der Genauigkeiten ist durch den kombinierten Einsatz mit den inertialen Sensoren Beschleunigungsmesser, Gyroskop und digitaler Kompass im Smartphone zur Koppelnavigation zu erzielen, wie z. B. im Beitrag von Hofer und Retzsch [11] aufgezeigt wurde. Dies ist Gegenstand der weiteren Untersuchungen.

Referenzen

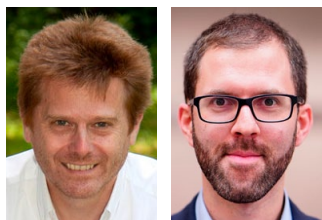
- [1] Ali, M.U.; Hur, S.; Park, Y. (2017): LOCAL: Calibration-Free Systematic Localization Approach for Indoor Positioning. *Sensors* 2017.
- [2] Alshami, I.H.; Ahmad, N.A.; Sahibuddin, S.; Firdaus, F. (2017): Adaptive Indoor Positioning Model Based on WLAN-Fingerprinting for Dynamic and Multi-Floor Environments, *Sensors*. 2017.
- [3] Alshami, I.H.; Ahmad, N.A.; Sahibuddin, S. (2015): Dynamic WLAN Fingerprinting RadioMap for Adapted Indoor Positioning Model, *Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques*, S. 119-133.
- [4] Bai, Y. B.; Gu, T.; Hu, A. (2016): Integrating Wi-Fi and Magnetic Field for Fingerprinting Based Indoor Positioning System, 2016 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), Alcalá de Henares, S. 1-6.
- [5] Cavaliere, S. (2007): WLAN-based Outdoor Localisation Using Pattern Matching Algorithm, *International Journal of Wireless Information Networks*, S. 265-279.

- [6] *Costilla-Reyes, O., Namuduri, K. (2014):* Dynamic Wi-Fi Fingerprinting Indoor Positioning System, 2014 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), S. 271-280.
- [7] *Fang, S.-H.; Lin, T.-N.; Lee, K.-C. (2008):* A Novel Algorithm for Multipath Fingerprinting in Indoor WLAN Environments, IEEE Transactions on Wireless Communications, Bd. 7, Nr. 9, S. 3579-3588.
- [8] *Feng, C.; Au, W. S. A.; Valaee, S.; Tan, Z. (2012):* Received-Signal-Strength-Based Indoor Positioning Using Compressive Sensing, IEEE Transactions on Mobile Computing, Bd. 11, Nr. 12, S. 1983-1993.
- [9] *Firdaus, F.; Ahmad, N.A.; Sahibuddin, S.; Firdaus, F. (2017):* Indoor Positioning System Based Wi-Fi Fingerprinting for Dynamic Environment: Experimental Preliminary Result, Journal of Engineering and Applied Sciences, 12, S. 4442-4447.
- [10] *Grossmann, U.; Schauch, M.; Hakobyan, S. (2007):* The Accuracy of Algorithms for WLAN Indoor Positioning and the Standardization of Signal Reception for different Mobile Devices, International Journal of Computing, Bd. 6, Nr. 1, S. 103-109.
- [11] *Hofer, H.; Retscher, G. (2016):* Smartphone Navigation anhand von „intelligenten Check-Points“. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, VGI 2/16, S. 61-71.
- [12] *Hofer, H.; Retscher, G. (2017):* Combined Wi-Fi and Inertial Navigation with Smart Phones in Out- and Indoor Environments. VTC2017-Spring Conference, June 4-7, Sydney, Australia, ISBN: 978-1-5090-5932-4/17, 5 S.
- [13] *Honkavirta, V.; Perälä, T.; Ali-Löytty, S.; Piché, R. (2009):* A Comparative Survey of WLAN Location Fingerprinting Methods, 6th Workshop on Positioning, Navigation and Communication, WPNC 2009, S. 243-251.
- [14] *Katircioğlu, O.; Isel, H.; Ceylan, O.; Taraktas, F.; Yagci, H. B. (2011):* Comparing Ray Tracing, Free Space Path Loss and Logarithmic Distance Path Loss Models in Success of Indoor Localization with RSSI, Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbia.
- [15] *Khalajmehrabadi, A.; Gatsis, N.; Akopian, D. (2016):* Modern WLAN Fingerprinting Indoor Positioning Methods and Deployment Challenges, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Bd. 19, Nr. 3, S. 1974-2002.
- [16] *Liu H.; Darabi, H.; Banerjee, P.; Liu, J. (2007):* Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), Bd. 37, Nr. 6, S. 1067 - 1080.
- [17] *Liu, H.H.; Liu, C. (2018):* Implementation of wi-fi signal sampling on an android smartphone for indoor positioning systems, Sensors 2018
- [18] *Retscher, G. (2016):* Indoor Navigation. Chapter 9-1. in: E.W. Grafarend (Ed.), Encyclopedia of Geodesy, Earth Sciences Series, Springer International Publishing Switzerland, ISBN: 978-3-319-02370-0 (Online), DOI 10.1007/978-3-319-02370-0_9-1, 7 S.
- [19] *Retscher, G.; Kistenich, M. (2006):* Vergleich von Systemen zur Positionsbestimmung und Navigation in Gebäuden, zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Bd. 131., Nr. 1, S. 25-35.
- [20] *Retscher, G.; Li, Y.; Kealy, A.; Hofer, H.; Gabela, J.; Goel, S.; Qureshi, O.; Smith, E.; Bao, L. (2018):* Real-time Wi-Fi RSS Variation Correction Using a Network Differential Positioning Approach. Proceedings of the 9th International Conference Indoor Positioning and Indoor Navigation IPIN 2018, September 24-27, 2018, Nantes, France, 4 pgs.
- [21] *Retscher, G.; Tatschl, T. (2017):* Positionierung in Gebäuden mit differenziellem WLAN. zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Bd. 142, Nr. 2, DOI: 10.12902/zfv-0149-2016, S. 111-125.
- [22] *Roos, T.; Myllymäki, P.; Tirri, H. (2002):* A Statistical Modeling Approach to Location Estimation, IEEE Transactions on Mobile Computing, Bd. 99, Nr. 1, S. 59-69.
- [23] *Song, C.; Wang, J. (2017):* WLAN Fingerprint Indoor Positioning Strategy Based on Implicit Crowdsourcing and Semi-Supervised Learning, ISPRS International Journal of Geo-Information, 6, 356.
- [24] *Vanson Bourne (2016):* The Rise of Indoor Positioning – A 2016 Global Research Report On The Indoor Positioning Market, <http://www.indooratlas.com/wp-content/uploads/2016/09/A-2016-Global-Research-Report-On-The-Indoor-Positioning-Market.pdf> (aufgerufen Juni 2018).
- [25] *Wang, H.; Ma, L.; Xu, Y.; Deng, Z. (2011):* Dynamic Radio Map Construction for WLAN Indoor Location, International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, Zhejiang, China.
- [26] *Zhuang, Y.; Syed, Z.; Li, Y.; El-Sheimy, N. (2016):* Evaluation of Two WiFi Positioning Systems Based on Autonomous Crowdsourcing of Handheld Devices for Indoor Navigation, IEEE Trans. Mob. Comput., Bd. 15, Nr. 8, S. 1982–1995.

Anschrift der Autoren

A.o. Univ.-Prof. Dr. Günther Retscher, Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsbereich Ingenieurgeodäsie, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27- 29 E120-05, 1040 Wien.
E-Mail: guenther.retscher@tuwien.ac.at

BSc Alexander Leb, Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsbereich Ingenieurgeodäsie, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27- 29 E120-05, 1040 Wien.
E-Mail: alexander.leb@gmx.at



Umgang mit Restklaffungen nach Anfelderung an das amtliche Festpunktfeld – ein Pro und Contra

Interpolation of residuals in cadastral measurement networks – pros and cons

Ekkehart Grillmayer, Garsten und Franz Blauensteiner, Wien

Kurzfassung

Bezugnehmend auf unsere Publikation in [1] und den zahlreichen Reaktionen wollen wir hier ergänzend noch eine jener Fragen ansprechen, welche am häufigsten gestellt wurde und auch am kontroversiellsten diskutiert wird, nämlich: wie soll man mit Restklaffungen umgehen? Grundsätzlich sind drei Möglichkeiten im Umgang mit diesen vorstellbar, die sich jedoch sehr unterschiedlich auf die Ergebnisse auswirken können, vor allem in Hinblick auf deren Nachhaltigkeit. Es wird daher versucht die Vielzahl der vorgebrachten Vorschläge und Argumente so zusammenzufassen, dass sie für die Praktikerin / den Praktiker eine Entscheidungshilfe darstellen, zum Zwecke der besseren Orientierung im konkreten Anlassfall.

Schlüsselwörter: Interpolation der Restklaffungen, Kataster, GNSS-Methoden, Anschluss an das Festpunktfeld, Transformationsmethoden, Vermessungsverordnung 2016

Abstract

Due to numerous responses with respect to our publication [1] concerning the fundamental and controversial question on the use of interpolation of residuals, we want to summarise the responded proposals and arguments to support the surveyors in their daily cadastre work. Basically three methods on interpolation of residuals are feasible, with different influences on the results of the transformation process itself and with respect to sustainable use of these results in future reconstruction work of boundaries in cadastral surveys.

Keywords: interpolation of residuals, cadastre, GNSS techniques, cadastral measurement networks, transformation-methods, regulation of cadastral surveying 2016

1. Darlegung der Ansätze

Allgemein werden derzeit drei Ansätze für den Umgang mit Restklaffungen diskutiert:

1. Restklaffungen mit Abstandsgewichtung auf die Neupunkte verteilen
2. Restklaffungen nicht verteilen, sie dienen der Dokumentation der Inhomogenitäten im Festpunktfeld
3. Restklaffungen in regelmäßige Raster umrechnen, in denen interpoliert wird (Grid-Lösungen)

Abhängig von der Zielsetzung der Vermessung, hat jeder dieser Ansätze seine Berechtigung. Es ist jedoch sehr genau zu hinterfragen, ob und wie der jeweilige Lösungsansatz die Ergebnisse beeinflusst und welche Auswirkungen für weitere (nachfolgende) Arbeiten dadurch entstehen. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der erste und der dritte Lösungsansatz die innere Geometrie der Vermessung verändert.

2. Restklaffungen verteilen

2.1 Rekonstruktion von Grundstücksgrenzen alter Urkunden

Ist eine Grundstücksgrenze nahe an einem Festpunkt zu rekonstruieren von dem sie abgeleitet wurde, stellt sich das Problem, dass die Grenzpunkte dieselben Inhomogenitäten tragen wie dieser Festpunkt. Wird nun versucht die Grenzpunkte mit GNSS-Methoden zu rekonstruieren, ist zunächst einmal die Restklaffung des betreffenden Festpunktes in der der GNSS-Messung hinterlegten Transformation maßgeblich. Ist die Restklaffung an diesem Festpunkt in der Transformation nahe dem in der VermV 2016 definierten Schrankenwert von 5 cm, so werden die von diesem Festpunkt damals abgeleiteten Grenzpunkte um diese Restklaffung falsch abgesteckt. Werden hingegen diese Restklaffungen interpoliert, so wird, bei Verwendung von GNSS-Methoden, dem damals verwendeten Anschluss – tachymetrische Einmessung der Grenzpunkte direkt vom Festpunkt aus – am besten Rechnung getragen und der Grenzpunkt wird sauber rekonstruiert.

Nicht nur die damaligen Grenzpunktbestimmungen direkt vom Festpunkt aus, werden durch die Interpolation der Restklaffungen gut widerspiegelt, sondern auch der in der Katastervermessung häufig verwendete Polygonzug. Waren bei der Polygonzugsberechnung Anfangs- und Endpunkt Inhomogenitäten unterworfen, so hat sich das bei der Berechnung in einem Längs- und Querfehler niedergeschlagen. Diese Fehler wurden auf die Polygonpunkte streckenabhängig aufgeteilt. Dasselbe passiert bei der Interpolation der Restklaffungen bei Verwendung von GNSS-Methoden.

Technisch stellt diese Interpolation der Restklaffungen keinerlei Problem dar, da sie sowohl in den gängigen Softwarepaketen, als auch in der Software der GNSS-Geräte implementiert ist.

2.2 Zukünftige österreichweite flächenbasierte Transformationen

Wird eine mögliche zukünftige österreichweit einheitliche Transformationsfläche (Kataster-Grid) aus einer TIN-Interpolation (Triangulated Irregular Network) abgeleitet, so würde die Restklaffungsaufteilung mit einer linearen Abstandsfunktion bereits das mögliche zukünftige Kataster-Grid weitestgehend repräsentieren.

3. Restklaffungen nur dokumentieren

Dies bedeutet, dass durch die Restklaffungen der Anfelderung die örtlichen Inhomogenitäten im Festpunktfeld dokumentiert werden. Bei Überschreitung der zulässigen Toleranz von 5 cm in einem Festpunkt, wird dieser nicht weiter verwendet und dem zuständigen Vermessungsamt angezeigt. Alle Punkte innerhalb des Anfelderungsbereichs werden mit einer einheitlichen und eindeutig umkehrbaren Transformation berechnet.

3.1 Innere Geometrie

Ein sehr wesentlicher Aspekt ist die sogenannte innere Geometrie, worunter üblicherweise verstanden wird, dass die gegenseitige Lage der Punkte in der Natur durch die Koordinaten im Plan korrekt wieder gegeben ist. Mit anderen Worten stellen Natur und Plan eine konforme Affinität dar, man sagt daher auch: Natur und Plan entsprechen einander in einer stetigen Abbildung, welche im mathematischen Sinn einer konformen Affinität (Ähnlichkeit) entspricht. In der Praxis würde das bedeuten, dass, abgesehen von den unvermeidlichen zufälligen Fehlern, die Koordinaten rein auf Messwerte rückführbar sind und nicht durch

andere äußere Einflüsse verändert werden. Die Erhaltung der inneren Geometrie, also der geometrisch korrekten Relation der Grenzlinien, kann durchaus als erstrebenswert angesehen werden, da dadurch auch die einfache Nachvollziehbarkeit und somit Reproduzierbarkeit impliziert wird.

3.2 Reproduzierbarkeit

Da die Transformation für jede Urkunde eindeutig und umkehrbar ist, darüber hinaus im Berechnungsprotokoll vollständig angeführt werden muss, können die neu vermessenen Punkte zukünftig eindeutig reproduziert werden. Man kann davon ausgehen, dass für jeden Punkt neben seinen GK (Gauß Krüger) Koordinaten aus der Urkunde, auch ETRS89 (European Terrestrial Reference System) Koordinaten (im Rahmen der Mess- und Rechenschärfe) vorliegen und sohin durch Nutzung eines Echtzeitpositionierungsdienstes wie beispielsweise APOS (Austrian Positioning Service), welcher im Referenzsystem ETRS89 operiert, in einfacher und ebenso eindeutiger Weise wiederhergestellt werden können.

3.3 Rekonstruktion alter Urkunden

Bei der Wiederherstellung alter Urkunden in der Natur, deren Festpunkte verloren sind, ist es derzeit geübte Praxis, die ursprünglichen Koordinaten mittels 2D Transformation (meist flächentreu) in das Landessystem überzuführen. Die Berechnung der Parameter der Transformation erfolgt unter Zuhilfenahme neu aufgemessener Identpunkte der alten Urkunde. Hier wurde bisher eine Verteilung der Restklaffungen nicht diskutiert, da stets davon ausgegangen wurde, dass mit den früheren Messmittel lokal die relative Lage der Grenzpunkte mit höherer Genauigkeit festgestellt werden konnte als in Bezug auf etwaige (tlw. weitentfernte) Festpunkte. Die innere Geometrie der Urkunde wurde dabei stets als zu erhaltendes Qualitätsmerkmal gesehen.

3.4 Dokumentation und Rücksteckung

Offen ist, wie die Verteilung der Restklaffungen in den Urkunden so dokumentiert werden kann, dass sie auch in weiterer Folge für Rücksteckungen herangezogen werden können. Neben den Restklaffungen in den Fest- und Neupunkten sind auch die Abstandsschranken und die Gewichtsfunktionen mit ihren Parametern anzugeben.

Bei der Rücksteckung von Grenzpunkten müssten nun die Restklaffungen und Interpolationsgrundlagen an das Messgerät übergeben

werden und dieses müsste diese Werte in gleicher Weise nutzen wie die Berechnungssoftware bei der Bestimmung der Grenzpunkte. Alternativ wäre es auch möglich direkt auf ETRS89 Koordinaten überzugehen, was allerdings wiederum bei terrestrisch bestimmten Grenzpunkten ähnliche Fragen aufwirft. Diese werden üblicherweise von Polygonpunkten im Landesvermessungssystem abgeleitet, die ihrerseits heute mehrheitlich aus mit RTK GNSS-Methoden bestimmten und transformierten ETRS89 Koordinaten abgeleitet sind.

Für darauf aufbauende Vermessungen müsste mit den dann neu entstehenden Punkten gleich verfahren werden. Besondere Bedeutung kommt dabei Punkten in Linien zu, da diese sowohl in der Natur wie auch im Plan wieder auf den Linien liegen sollten (Inzidenzbedingung). Letzteres ist wiederum in Zusammenhang mit 3.1 zu sehen. Genauere Beschäftigung mit der Inzidenzbedingung (siehe dazu [2] allgemein und [3], S66 ff ausführlicher) lässt vermuten, dass ihre Verletzung gleichbedeutend mit dem Infragestellen grundlegender vermessungstechnischer Methoden wäre. So würden bei genauer Betrachtung beispielsweise Geradenschnitte in Natur und Rechenebene zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, die ihrerseits jedoch nicht durch die Transformation ineinander übergeführt werden können.

Es lässt sich nachrechnen, dass auch bei ungünstigen Verteilungen der Festpunkte und ihrer Restklaffungen (gegengleiche Vorzeichen) diese Bedingung erfüllt bleibt, sofern man von der im Kataster vorgesehenen Zentimeterrundung ausgeht. Für lineare und quadratische Abstandsgewichtungen ergaben sich in den durchgerechneten Beispielen Abweichungen von der Geradenbedingung von wenigen Millimetern (max. 3 mm). Eine wesentliche Bedingung dafür ist jedoch, dass die Toleranzwerte von 5 cm für die Restklaffungen in den Festpunkten nicht überschritten werden und keine verdeckten groben Fehler auftreten.

Des Weiteren ist aber noch anzuführen, dass bei einer individuellen Verschiebung von Einzelpunkten, die Konformität der Abbildung aufgehoben wird, wie ein einfaches Gedankenexperiment zeigt: wenn in einer Dreiecksmasche ABC die Restklaffungen in den Punkten A und B gegenteilige Vorzeichen aufweisen und eine durch C laufende Geradenschar die Strecke AB unterteilt, dann wird die Geradenschar entlang AB auseinandergezogen oder gestaucht und somit die Winkel zwischen den einzelnen Geraden der Schar, die aber noch immer durch C laufen, verändert.

4. Restklaffungen in regelmäßigem Raster verteilen

Diese Methode wird bei den sogenannten flächenbasierten Transformationen verfolgt. Dabei werden die Inhomogenitäten der Festpunkte zunächst mit einem geeigneten Interpolationsverfahren (z.B. TIN, Kriging, etc.) interpoliert und auf ein regelmäßiges Raster (Gitter) übertragen. Als Beispiel für so eine flächenbasierte Transformation sei das GIS-Grid erwähnt, das auch beim Echtzeitpositionierungsdienst APOS des BEV implementiert ist. Dieses GIS-Grid darf auf keinen Fall für Katasterzwecke verwendet werden, da für die Bestimmung dieser Transformationsfläche nur rund 10 % aller Festpunkte (50 % der Triangulierungspunkte und kein einziger Einschaltpunkt) herangezogen wurden. Diese 10 % der Festpunkte bilden niemals die kleinräumigen Inhomogenitäten, vor allem im Bereich der Einschaltpunkte, ab, womit bei der Absteckung von Grenzpunkten im Vergleich zur lokalen Transformation nach VermV 2016 (österreich. Vermessungsverordnung), Fehler bis zu 20 cm entstehen können. Es ist daher grob fahrlässig das GIS-Grid oder auch flächenbasierte Transformationen andere Referenzstationsbetreiber im Kataster zu nutzen.

In den kommenden Jahren wird vom BEV eine katastertaugliche Transformationsfläche entwickelt werden. Voraussetzung dafür ist, dass sämtliche Festpunkte ETRS89 Koordinaten besitzen. Das wird Ende 2019 der Fall sein.

5. Zusammenfassung

Jeder dieser drei Ansätze hat abhängig vom Anwendungsfall seine Berechtigung, wobei nur die ersten beiden auch für den Einsatz in der Katastervermessung in Betracht kommen. Es liegt in der Verantwortung des Planverfassers, eine dem Anwendungsfall sinnvolle Lösung zu verwenden.

Wenn man sich für die Interpolation der Restklaffungen entscheidet, sollte dies in der Urkunde eindeutig erkennbar gemacht werden und es wären die konkret angebrachten Restklaffungswerte zu jedem Punkt der Urkunde anzugeben. Zusätzlich sollten für nachfolgende Arbeiten neben den Restklaffungen in den Fest- und Neupunkten auch die Abstandsschranken und die Gewichtsfunktionen mit ihren Parametern angegeben werden.

Offen bleibt die Frage, inwieweit Auswertesoftware und Vermessungssystem die gleichen Algorithmen zur Restklaffungsverteilung verwenden und ob sich das überprüfen lässt. Weiters müsste die Übernahme der Restklaffungen aus

der Auswertsoftware in das Vermessungssystem über eine digitale Schnittstelle sichergestellt sein. Alternativ könnte der Anwender auch überlegen, ob es nicht besser wäre, bereits vorab im Büro die Restklaffungen zu berücksichtigen und damit auf die ursprünglichen ETRS89 Koordinaten zurückzurechnen, um diese dann für die Rück- bzw. Absteckung zu verwenden.

Die dargelegten Argumente sollen einen kleinen Einblick in die Vielschichtigkeit der zu beachtenden Fragen bei der Interpolation von Restklaffungen geben. Die einfachere und robustere Methode gegen Anwendungsfehler bei Katastervermessungen stellt aus unserer Sicht die bloße Dokumentation der Restklaffungen an den Festpunkten ohne Restklaffungsinterpolation dar.

Referenzen

- [1] *Ekkehart Grillmayer und Franz Blauensteiner, GNSS Messungen im Kataster, vgi 3/2017.*
- [2] *David Hilbert, Grundlagen der Geometrie, dritte Auflage, BG TEUBNER, 1909.*
- [3] *Olaf Tamaschke, Projektive Geometrie I, Bibliographisches Institut Mannheim/Wien/Zürich, Hochschultaschenbücher-Verlag, 1969.*

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Ekkehart Grillmayer, Zivilgeometer, auzinger grillmayer ZT GmbH (geschäftsführender Gesellschafter), geoAT. OG (geschäftsführender Gesellschafter), Lektor an der Universität für Bodenkultur, Reithofferstraße 63, A-4451 Garsten.

E-Mail: grillmayer@zivilgeometer.at

Dipl.-Ing. Franz Blauensteiner, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Leiter des Referates Grundlagenvermessung, Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Wien.

E-Mail: franz.blauensteiner@bev.gv.at

Dissertationen, Diplom- und Masterarbeiten

Entwicklung eines Wissensdokumentationsrahmens für groß angelegte GIS-Projekte am Beispiel GIP Kärnten

Daniel Fischer

Diplomarbeit: Studiengang Spatial Information Management, Fachhochschule Technikum Kärnten, 2018
Betreuer: FH-Prof. Dr. Gernot Paulus

Die Graphen Integrationsplattform (GIP) ist das modulare Verkehrsreferenzsystem für ganz Österreich. Die GIP umfasst alle Verkehrsmittel (Öffentlicher Verkehr, Radfahren, zu Fuß gehen, Autoverkehr) und ist aktueller und detaillierter als herkömmliche für ganz Österreich kommerziell verfügbare Graphen. Die GIP führt österreichweit die verschiedenen Datenbanken und Geoinformationssysteme zusammen, mit denen im öffentlichen Sektor Verkehrsinfrastruktur erfasst und verwaltet werden. Verkehrsdaten werden in vielen verschiedenen Abteilungen oder Organisationseinheiten, die sich mit Verkehrswegeinfrastruktur beschäftigen, von unterschiedlichen ExpertInnen bearbeitet. Somit ist in einer Organisation eine Vielzahl an heterogener Information, Daten und „informelles Wissen“ in den „Köpfen der ExpertInnen“ vorhanden. Dieses „ExpertInnenwissen“ ist häufig nicht vollständig dokumentiert und stellt damit einen potentiellen Flaschenhals im Sinne eines transparenten Informationsflusses speziell bei der Übergabe und Weiterführung von Projekten dar. Ziel dieses Projektes ist die strukturierte und vollständige Erfassung und Dokumentation des Wissens der einzelnen ExpertInnen mit besonderer Berücksichtigung der GIP Kärnten. Die Informationen werden so dokumentiert, dass auch andere Mitarbeiter bzw. neue Mitarbeiter diese Prozesse verstehen lernen und selbstständig zu den aktuellen Dokumenten, Werkzeugen und Daten finden. In weiterer Hinsicht werden diese Informationsinhalte in organisierter Weise gespeichert und abgelegt. Zu Beginn des Projektes wurde eine Domänenübersicht entwickelt, welche die in Verbindung stehenden Organisationseinheiten, die bestehenden Prozesse und Tools, sowie die bereits vorhandenen Dokumentationen und Leitfäden aufzeigt. Anschließend wurde eine Anforderungsliste für eine strukturierte Prozessdokumentation in Zusammenarbeit mit den ExpertInnen erstellt. Zusätzlich wurden die Anforderungen an ein Ablagesystem definiert. Um die Dokumentationen bestmöglich erstellen zu können, werden Workflows, welche den Ablauf beschreiben, entwickelt. Um den Datenverwaltungsprozess besser zu verstehen, wurde ein Datenmanagementplan, welcher auf den Anforderungen von Horizon 2020 basiert, entwickelt. Dieser Datenmanagementplan beschreibt den Lebenszyklus der Datenverwaltung für die Daten im Rahmen der GIP Kärnten.

Evaluating Temporal Approximation Methods Using Burglary Data

Lukas Oswald

Diplomarbeit: Studiengang Spatial Information Management, Fachhochschule Technikum Kärnten, 2018
Betreuer: FH-Prof. Dr. Gernot Paulus

During the past 15 years, spatiotemporal crime analysis has almost exclusively focused on the spatial component of crimes, while the temporal component has been rarely considered and little researched until today. But knowing when crimes occur is crucial for preventing them because this information rules out a large group of possible perpetrators. For this reason, fewer tools are available for temporal analysis than for spatial analysis. Nevertheless, because crimes, such as burglaries, often lack precise time information, law enforcement agencies are interested to apply temporal approximation methods to estimate the real, but less accurate, occurrence times of crimes. This research discusses four traditional methods and three novel methods, among them the “Grazer Tatzeitmodell” method, which is used by the Austrian Police. The “Grazer Tatzeitmodell” method has never before been published or compared to any other temporal approximation method. This study aims to fill this gap with an objective comparison and evaluation between the prediction accuracy of each method under the use of different scenarios. Results provide law enforcement agencies with valuable information and improvements to existing models. The first step to achieve this objective is to implement an automatic test environment for all seven methods. In the second step, offenses with inaccurate occurrence times out of a total of 138,752 burglary offenses are applied to each method, using scenarios that vary, for example, between crime types (apartment-, house-, or car burglary), study areas (Vienna or Graz), and time periods (2008 – 2015). Then, each method is evaluated based on crime events with known occurrence times. Each method’s quality is evaluated by measuring the distribution of predicted occurrence times with the distribution of known occurrence times with, for instance, the Root Mean Square Error or the Spearman Correlation Coefficient. Results show that the two aoristic methods approximate a similar and not significantly better result than the naïve random method. The end method shows surprisingly good results for some scenarios. The “Grazer Tatzeitmodell” shows very good results for both evaluation measurements in most scenarios but does not perform very well, when limited data are available, while the other methods calculate constant results in that case.

UAS Based Morphological Change Detection of Wetland Areas

Rahmat Ramadhani

Diplomarbeit: Studiengang Spatial Information Management, Fachhochschule Technikum Kärnten, 2018

Betreuer: FH-Prof. Dr. Gernot Paulus

Unmanned Aerial Systems (UAS) offer a new and innovative approach in the context of high resolution spatiotemporal environmental monitoring. There are not only an increasing number of professional UAS platforms but also a wide range of affordable sensors and software tools available. This research project is focusing on an UAS based morphological change detection of a wetland area. The selected test site is the “Bleistätter Moor” which is a protected wetland area located near Ossiacher See and the Tiebel River in Carinthia, Austria. The “Bleistätter Moor” represents one of the largest renaturation projects in Austria. The major goal of this research project is the monitoring of morphological changes and changes in water level between March 2017 and October 2017 with UAS-based photogrammetric methods. At four different time stamps (T1, T2, T3, and T4) high resolution images were captured using a fixed wing UAS. Additionally, a T0 time stamp prior to construction is used as a baseline in the change detection analysis. From the aerial photography, a Structure-from-Motion (SfM) approach was applied to generate orthorectified mosaic images and Digital Surface Models (DSM). The DSM quality was very detailed with up to 0.06 m resolution. The change detection process was developed for all time stamps for the elevation and water level change detection using the Geomorphic Change Detection (GCD) ArcGIS extension tool. 16 comparison scenarios were formulated and a Minimum Level of Detection (minLOD) and Probabilistic Thresholding with a 95% confidence level were applied to each scenario of comparison. This research proves that UAS based morphological change detection on wetland areas could monitor the morphological changes on wetland area including elevation changes and water level changes. The morphological changes have been visually analyzed by domain experts. The quantification of the results detected the total area of surface lowering, the total area of surface raising, an average depth of surface raising, and average depth surface lowering including errors. The biggest changes happened between T2 and T3. Most of the significant changes were detected on open water area and vegetation during the whole period of investigation. On the other hand, the water level change detection results show that the water level is increasing from T1 until T3 and decreasing from T3 until T4.

Quantitative Estimation of the Structure and morphological Parameters in Vineyards using Close Range Photogrammetry

Judith Johanna Schmidl

Diplomarbeit: Studiengang Spatial Information Management, Fachhochschule Technikum Kärnten, 2018

Betreuer: FH-Prof. Dr. Karl-Heinrich Anders

This thesis focuses on developing a non-destructive workflow to estimate the structure and morphological parameters of a grapevine, such as an amount, shape and size of grapes in order to monitor and quantify the phenological changes. The conceptual workflow combines close-range photogrammetry with computer vision resulting in a potential large scale yield estimation in the future. In this thesis, only one grapevine was used as a proof-of-concept. The grapevine is reconstructed in 3D by using close-range photogrammetry. The high density point cloud is classified using the Canupo plug-in in CloudCompare. The point cloud is segmented binary in grapes and no grapes. Quantification of morphological attributes of the grapes the volume can be calculated. The volumetric calculation is done by comparing three different methods: Firstly, with the Ransac Shape Detection tool, secondly, a convex hull approach and thirdly with the Poison Surface Reconstruction method. To validate the proposed workflow one bunch of grapes is removed from the vine plant for exact measurement purposes, i.e. to weigh it, count the berries, and measure the size of each grape in order to establish ground truth.

GIS-based Inventory of Tourism Infrastructure in Ukraine

Anastasiya Karbovnycha

Diplomarbeit: Studiengang Spatial Information Management, Fachhochschule Technikum Kärnten, 2018

Betreuer: FH-Prof. Dr. Adrijana Car

Tourism industry is one of the most important areas of Ukrainian economy. Ukraine has many natural and man-made attractions that are surrounded by a number of amenities and accommodation. As a result, the number of people from inside as well as the outside of Ukraine that visit popular attractions increases every year. Currently there are very few sources of information on these attractions, surrounding infrastructures like accommodation or amenities. Hardly any applications allow a user to find amenities within the area of interest, routes to access the destination or to calculate the approximate time that is needed for traveling to a specific place. Most of these tasks are spatial in nature and can therefore be solved using a GIS. Thus, the main goal of this thesis is to create a GIS-based inventory of the tourism infrastruc-

ture in Ukraine. To achieve this, the following needs to be answered: (1) What kind of tourism infrastructure is needed to plan a trip in Ukraine? (2) How well can the tourism concepts of 4A's and tourism product be used to model tourism infrastructure for Ukraine? (3) What methods and tools can be used to analyze inventory of tourism infrastructure as well as who can be interested in this kind of analysis?

We use the tourism concepts of 4A's and tourism product to conceptualize this GIS application. The 4A's refer to Attractions (e.g. museums, lakes, cathedrals), Accommodation (e.g. hotels), Amenities (e.g. ATM, gas stations) and Accessibility (e.g. roads, railways); it is used to model the tourism infrastructure. Data gathering focuses on open source such as OpenStreetMap and GADM due to limited availability of data from official governmental sources. The tourism product consists of three elements: nucleus (attraction itself), inviolate belt (context of attraction) and zone of closure (all services and facilities); it is used to inspect tourism infrastructure that surrounds and services attractions. The concept is described in an entity-relationship model and corresponding diagram (ERM/D), which is then used as a specification for implementation.

The prototype of the application is implemented in an ArcGIS 10.5 environment with the following functionality: (1) visualization of the tourism inventory in a series of thematic maps following the up-to-date cartographic standards; (2) Implementation of the idea of tourism product as one possible means of analyzing distribution and density of the Ukraine's tourism infrastructure.

The prototype of the GIS application created in this thesis contains a geodatabase of the current tourism infrastructure in Ukraine. The spatial analysis of the tourism infrastructure and the visualization of the analysis results in series of thematic maps provide input for discussion of usefulness of the achieved results for different user groups. Potential users of this inventory are primarily experts from tourism industry and from tourism research interested in primarily sustainable tourism development. "Ordinary" tourists however, can benefit from its use given that the tourism inventory is expected to integrate tourism-relevant data and information from different sources.

GIS-based analysis of Tourism Infrastructure in Central Asia

Nurperi Nuralieva

Diplomarbeit: Studiengang Spatial Information Management, Fachhochschule Technikum Kärnten, 2018
Betreuer: FH-Prof. Dr. Adrijana Car

Central Asia becomes a more and more popular tourism destination for national and international tourists because of its history, culture and natural beauty. Tourists from both in- and outside the Central Asian countries come to enjoy many different outdoor activities and cultural events while enjoying local hospitality. The aim of this project was to develop a prototype of GIS application of Tourism Infrastructure (TI-GIS application) for Central Asia (CA) with a usage of spatial analysis in order to help and support the tourism development in Central Asia. The Tourism Infrastructure (TI) geodatabase of Central Asia includes Kazakhstan, Turkmenistan, Tajikistan, Kyrgyzstan and Uzbekistan. The concept of TI-GIS application combines the tourism research and GIS, i.e. is based on tourism concept of 4A's: attraction, accommodation, amenity and accessibility. Kernel Density Estimation (KDE) was used to analyse the density of attractions, accommodation and amenities. Spatial autocorrelation was used to analyze cross-correlation between TI variables. The tourism product concept was applied to analyze provision of attractions with TI. Different scenarios for TI-GIS application were created to demonstrate usefulness of geodatabase for different tourism users such as tourists, tour operators and tourism planners. Different thematic maps visualize the results of scenarios of TI-GIS application. The results demonstrate the usefulness of the TI geodatabase and associated GIS application to potential users, both in tourism industry and research, and in turn, help and support the sustainable tourism development in Central Asia.

Recht und Gesetz

Zusammengestellt und bearbeitet von Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.iur. Christoph Twaroch

Irrtum bei Zustimmungserklärung; § 871 ABGB

Irrtum über den Sinn einer Erklärung ermöglicht die Anfechtung nur, wenn besondere Voraussetzungen vorliegen.

(BVwG, 23.10.2018, W134 2163645-1/4E)

Sachverhalt:

Das Grundstück des Beschwerdeführers wurde mit Bescheid des VermA vom Grundsteuernkataster in den Grenzkataster umgewandelt. In der gegen diesen Bescheid erhobenen Beschwerde wird zusammengefasst ausgeführt, dass der Grenzverlauf der Mappendarstellung vom Verlauf in der Natur abweiche. Der Beschwerdeführer bringt vor, dass er bei der Grenzverhandlung nicht gewusst hätte, dass eine Mappenberichtigung geplant sei. Er habe jedoch dem Stand in der Natur zugestimmt.

Die Grundlage für die Umwandlung bildet der Plan XX. Das Grundstück und dessen Grenzverlauf sind in diesem Plan dargestellt. Die Zustimmungserklärungen der betroffenen Eigentümer zu der Festlegung des Grenzverlaufes des umzuwandelnden Grundstückes liegen vor.

Aus der Begründung:

Zustimmungserklärungen im Sinne des § 43 Abs. 6 VermG sind Willenserklärungen, auf die gemäß § 876 ABGB die Vorschriften der §§ 869 bis 875 ABGB Anwendung finden (VwGH 15.09.2009, 2007/06/0317). Nach § 871 ABGB macht Irrtum über den Sinn einer Erklärung diese nicht nur nicht absolut nichtig, sondern ermöglicht selbst die Anfechtung nur, wenn besondere Voraussetzungen vorliegen. Das ABGB stellt das Interesse des Erklärungsempfängers an der Wirksamkeit der Erklärung, wie er sie verstehen musste, höher als das Interesse des Erklärenden, nicht an ein ungewolltes oder nicht in dieser Weise gewolltes Geschäft gebunden zu sein. Es ist also die Berufung auf einen Willensmangel welcher Art immer nur dort wirksam, wo das Gesetz dies besonders gestattet; in den im Gesetz ungerichteten Fällen ist für die Gültigkeit der Erklärung zu entscheiden (Twaroch, Kataster- und Vermessungsrecht² §43 Rz 32, 37).

In diesem Sinne ist im gegenständlichen Fall das angebliche Unwissen des Beschwerdeführers darüber, dass die Zustimmung zum Grenzverlauf zu einer Mappenberichtigung führt, bei der Unterfertigung der Zustimmungserklärungen durch den Beschwerdeführer unbeachtlich, da die Zustimmungserklärung des Be-

schwerdeführers so zu verstehen war, dass er mit dem in der Verhandlung festgesetzten Grenzverlauf einverstanden ist.

Daher sind die gesetzlichen Voraussetzungen für eine Umwandlung gegeben; die Umwandlung ist daher zu Recht verfügt worden.

Baumeigentum

In Tirol konnte bis zur Anlegung des Grundbuchs in der jeweiligen Katastralgemeinde wirksam Eigentum an Bäumen verbunden mit einem unentgeltlichen Servitut für die Benutzung des Bodens und den Zugang zum Baum begründet werden. Das Baumeigentum ist Eigentum an einer unbeweglichen Sache (real geteiltes Eigentum) und keine dingliche Belastung der Liegenschaft.

(OGH 20.02.2018 10 Ob 10/18w)

Sachverhalt:

Die Klägerin (eine Agrargemeinschaft) ist Eigentümerin einer Liegenschaft, auf der sich Obstbäume befinden, an denen der beklagte (pensionierte) Landwirt Eigentum iSd Art III TirGARG behauptet. Das Obst dieser Bäume wird seit jeher vom Beklagten bzw dessen Rechtsvorgängern geerntet und verzehrt und auch zum Schnapsbrennen verwendet. In den 1930-iger und 1940-iger-Jahren bewirtschafteten die Eltern des Beklagten zwanzig bis dreißig Obstbäume auf der Liegenschaft der Klägerin. Infolge von Geländeänderungen (Einebnungen und Aufschüttungen) gingen einige Bäume zugrunde oder wurden entfernt. Nunmehr umfasst der Altbestand noch zehn Bäume. Im Jahr 2015 (kurz vor Klageeinbringung) pflanzte der Beklagte 13 neue Obstbäume auf der Liegenschaft der Klägerin.

Im A2-Blatt der Liegenschaft der Klägerin ist mit „Stand 1911“ eingetragen: „Die auf Gst ... stehenden Obstbäume bilden selbständige Vermögensobjekte“. Die konkret angeführten Grundstücksnummern haben sich jedoch im Zeitablauf geändert. Im Zuge mehrfacher Grundstücksteilungen bzw Ab- und Zuschreibungen in den Jahren 1958 und 2010 wurde diese Eintragung nicht deckungsgleich auf die abbeschriebenen Grundstücke ausgedehnt. Tatsächlich stehen sämtliche von der Klage betroffenen Bäume auf Grundstücken, die von dieser Eintragung nicht mehr erfasst sind, es jedoch vor dem Jahr 1958 noch waren.

Die Klägerin begehrt, der Beklagte möge zwei Obstbäume (des Altbestands) entfernen sowie Eigentumsingriffe durch Anpflanzen von Obstbäumen auf ihren (näher bezeichneten) Grundstücken unterlassen und die

von ihm im Jahr 2015 dort neu gepflanzten Bäume entfernen.

Das Erstgericht gab der Klage statt. Da sich die betreffende Eintragung im Grundbuch nicht auf jene Grundstücke beziehe, auf denen die gegenständlichen Bäume stehen, habe der Beklagte kein Recht mehr zur Haltung oder Anpflanzung der Obstbäume.

Das Berufungsgericht gab der Berufung des Beklagten Folge und wies das Klagebegehren ab. Die Bäume stellten selbständige Vermögensobjekte dar. Der entsprechenden Anmerkung im A2-Blatt einer Liegenschaft komme nur Publizitätswirkung zu, ihr Unterbleiben führe nicht zum Erlöschen des (Sonder-)Eigentumsrechts. Die Nichtübertragung der Grundbucheintragung auf die betroffenen Grundstücke schade nicht. Das Eigentumsrecht des Beklagten an den Obstbäumen sei daher durch die Grundstücksteilungen und Abschreibungen nicht verloren gegangen. Die Anmerkung könne nur im Wege eines Lösungsverfahrens gemäß Art V des TIRGARG beseitigt werden. § 64 BGB komme nur dann zur Anwendung, wenn dritte Personen gutgläubig im Vertrauen auf den Grundbuchsstand Rechte erworben hätten. Die hier geteilten Grundstücke stünden aber nach wie vor im Eigentum der klagenden Partei.

Aus der Begründung:

Anlässlich der geplanten Einführung des Grundbuchs in Tirol stellte sich heraus, dass ein dem ABGB widersprechendes, jedoch seit jeher anerkanntes Rechtsverhältnis in Bezug auf Bäume, die einem anderen als dem Grundeigentümer gehören, bestand. Es handelte sich um ein unbeschränktes Eigentumsrecht verbunden mit einer unentgeltlichen Servitut für die Benutzung des Bodens und den Zugang zum Baum. In manchen Gegenden endete das Verhältnis mit dem Absterben des Baumes, in anderen war der Baumeigentümer nach Absterben oder Umschlagen des Baumes zur Nachpflanzung berechtigt. Da man diese eingebürgerten und anerkannten Verhältnisse bei der Grundbucheinführung nicht ignorieren wollte, sollten diese ausdrücklich anerkannt werden und im Grundbuch Ausdruck finden. Für die Zukunft sollten solche Sonderrechte jedoch nicht mehr begründet werden können.

Als reichsrechtliches Begleitgesetz zur Grundbucheinführung in Tirol wurde daher das „Grundbuchsangelegensgesetz“ [TirGARG] erlassen. Das Baumeigentum ist in den Artikeln III bis V TirGARG geregelt:

Artikel III.

Rechtsverhältnisse, die vor dem Beginne der Wirksamkeit dieses Gesetzes in Ansehung von Bäumen derart begründet wurden, daß letztere abgesondert vom Grund und Boden als selbständige Vermögensobjecte sich darstellen, werden durch dieses Gesetz nicht be-

rührt. Demnach können die Eigenthümer solcher Bäume auch in Zukunft über dieselben frei verfügen und, wofür das Rechtsverhältnis auch die Berechtigung umfaßt, an Stelle zugrunde gegangener oder beseitigter Bäume neue Baumpflanzungen vorzunehmen, dieses Recht frei ausüben.

Hingegen können nach dem Inkrafttreten des gegenwärtigen Gesetzes Rechtsverhältnisse dieser Art in Ansehung von Bäumen, welche unter die vorstehenden Bestimmungen nicht fallen, nicht neu begründet werden.

Artikel IV.

Ist im Grundbuche bei einer Liegenschaft bemerkt, daß sich Bäume auf derselben befinden, welche selbständige Vermögensobjecte bilden, so äußern die eine solche Liegenschaft betreffenden grundbücherlichen Eintragungen keine Rechtswirkung auf diejenigen Bäume, welche vor der Eröffnung des Grundbuches in rechtlicher Beziehung nachweisbar nicht als Zugehör des Grundes behandelt wurden, ebensowenig auf jene, welche etwa im Sinne des Artikels III, Abs. 1, nachgepflanzt werden.

Solche Bäume sind als unbewegliche Sachen zu behandeln, bei denen als Erwerbungsart des Eigenthumes die Übergabe, als Erwerbungsart des Pfandrechtes die pfandweise Beschreibung in Anwendung kommt.

Die Verpflichtung des Grundeigenthümers, die Benützung einer Grundfläche im Umkreise solcher Bäume zu deren Pflege und Genuß zu gestatten, bildet keinen Gegenstand der Eintragung in das Grundbuch.

Zugleich wurde in § 7 Abs. 3 des (landesrechtlichen) Tiroler Grundbuchsangelegensgesetzes bestimmt: „Bei Liegenschaften, worauf sich Bäume befinden, die selbständige Vermögensobjecte bilden, ist dieses Verhältnis zu bemerken.“ Von der individuellen Eintragung der Bäume (etwa als eigene Grundbuchkörper) wurde jedoch bewusst Abstand genommen. Die grundbuchsrechtliche Bedeutung dieser bücherlichen Anmerkung solle nach den Materialien darin bestehen, dass die Rechtswirkungen der Eintragungen auf dem betroffenen Grundbuchkörper (der bepflanzten Liegenschaft) entsprechend eingeschränkt sind, also sich nicht auf jene Bäume erstrecken, die nicht als Zugehör des Grundes anzusehen sind.

Das Tiroler Grundbuchsangelegensgesetz und Tiroler Grundbuchsangelegensgesetz stehen weiterhin in Geltung. Nach § 72 Allgemeines Grundbuchsangelegensgesetz bleiben ihre Bestimmungen von diesem Gesetz unberührt; sie sind im Anhang des Ersten Bundesrechtsbereinigungsgesetzes, BGBl I 1999/191, angeführt.

Anmerkungen nach § 20 lit b BGB sind zur Begründung bestimmter, nach den Vorschriften des Grundbuchsangesetzes oder eines anderen Gesetzes damit verbundener Rechtswirkungen zulässig. Sie unterscheiden

sich von der Einverleibung oder Vormerkung vor allem dadurch, dass sie nur dazu dienen, Tatsachen, die gewisse rechtliche Folgen nach sich ziehen, festzustellen; sie können aber nie dingliche Rechte begründen, umändern oder aufheben, wie dies Einverleibungen oder Vormerkungen vermögen.

Die Revisionswerberin stützt sich vorerst darauf, dass die betreffenden Teilstücke „ohne Sonderrechte“ abgeschrieben worden seien, wodurch die „Lastenfreiheit der dienenden Grundstücke“ eingetreten sei. Wie sich aus Art III der TirGARG ergibt, ist das Baumeigentum aber kein der Eintragung unterliegendes dingliches Recht im Sinne einer Belastung der Liegenschaft, sondern ein Eigentum an einer unbeweglichen Sache (real geteiltes Eigentum), wobei dieses Recht gerade nicht der Eintragung im Grundbuch unterliegt. Demzufolge handelt es sich bei der Eintragung im A2-Blatt um eine Anmerkung im Sinne des § 20 lit b BGB. Deren Rechtswirkung ist in Artikel IV Abs 1 TirGARG dahin umschrieben, dass die Wirkungen grundbücherlicher Eintragungen zur Liegenschaft (etwa Pfandrechte, Eigentumsübertragungen etc) auf die nicht als Zugehör des Grundes geltenden Bäume ausgeschlossen werden. Der Wegfall der Anmerkung (aus welchem Grund auch immer) führt demnach nicht zum Erlöschen des Eigentums, weil eine Anmerkung nicht zur Veränderung (Aufhebung) dinglicher Rechte führen kann. Vielmehr ist der Wegfall des Sonderrechts Voraussetzung für die Löschung der Anmerkung nach Artikel V TirGARG.

Wie bereits das Berufungsgericht zutreffend ausgeführt hat, ging demnach das Eigentum des Beklagten und dessen Rechtsvorgänger an den Obstbäumen durch die „lastenfreie Abschreibung“ der betroffenen Grundstücke nicht verloren. Im Fall einer irrtümligen Nichtübertragung der Anmerkung wäre allenfalls ein gutgläubiger Erwerb von Eigentum an den Bäumen durch den Erwerber einer Liegenschaft denkbar, worauf es aber keine Hinweise in den Feststellungen gibt.

Vermessungsurkunden; § 4 Abs. 3 ZTG

Die Urkundsfunktion der Ziviltechniker beschränkt sich auf die Erstellung von Beweisurkunden über Tatsachen. Die Urkunden sind damit auf Wissens- oder Beweisurkunden (zB in Form von Lageplänen) beschränkt, während Planungen oder technische Gutachten als Ganzes die Beweiskraft einer öffentlichen Urkunde nicht beanspruchen können.

(OGH 31.Aug.2018, 6 Ob 135/18y)

Sachverhalt:

Der beklagte Rechtsanwalt vertrat in mehreren Gerichtsverfahren (gegen die Klägerin) und in Verwaltungsverfahren (betreffend Bauangelegenheiten der Klägerin)

deren Liegenschaftsnachbarn. In diesen legte er „Vermessungsurkunden“ eines Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen vor, obwohl er (nach den Behauptungen der Klägerin) gewusst habe, dass es sich dabei in Wahrheit bloß um rechtlich unverbindliche Dokumente gehandelt habe; dadurch seien die Gerichte und Behörden getäuscht und die Verfahren zu Ungunsten der Klägerin beeinflusst worden.

Der Schadenersatzanspruch der Klägerin wurde abgewiesen. Die außerordentliche Revision wurde vom OGH zurückgewiesen.

Aus der rechtliche Beurteilung

1. Nach § 4 Abs 3 Ziviltechnikergesetz 1993 (ZTG) sind Ziviltechniker mit öffentlichem Glauben versehene Personen gemäß § 292 ZPO; die von ihnen im Rahmen ihrer Befugnis ausgestellten öffentlichen Urkunden werden von den Verwaltungsbehörden in derselben Weise angesehen, als wenn diese Urkunden von Behörden ausgefertigt wären. Nach § 1 Abs 1 Z 1 LiegTeilG sind Ziviltechniker zur Erstellung von Plänen befugt, mit denen die Teilung eines Grundstücks durchgeführt werden kann. Dementsprechend kann mit einer von einem Ziviltechniker im Rahmen seiner Befugnisse ausgestellten Urkunde (zB einem Gutachten) ein Beweis geführt werden, für den das Gesetz das Vorliegen einer öffentlichen Urkunde verlangt.

Die Urkundsfunktion der Ziviltechniker beschränkt sich allerdings auf die Erstellung von Beweisurkunden über Tatsachen, sodass sie nur in dieser Hinsicht als Personen öffentlichen Glaubens tätig sind und nur solche Urkunden als öffentliche Urkunden gelten. Die Urkunden sind damit auf Wissens- oder Beweisurkunden (zB in Form von Lageplänen) beschränkt, während Planungen oder technische Gutachten als Ganzes die Beweiskraft einer öffentlichen Urkunde nicht beanspruchen können, sondern wie alle anderen Gutachten und sonstigen Unterlagen zu behandeln sind; abgesehen von der – streng begrenzten – Urkundsfunktion bezüglich Beweisurkunden haben Akte von Ziviltechnikern daher keinen rechtlichen „Mehrwert“ gegenüber Gutachten anderer Sachverständiger.

2.1. Nach den Feststellungen der Vorinstanzen verfasste der Ingenieurkonsulent zunächst am 30. 4. 2010 einen „technischen Bericht, gutachterliche Stellungnahme“, dem eine „Vermessungsurkunde [als] Grundlage zur Grenzverhandlung“ angeschlossen war. Diese Dokumente legte der Beklagte mit ihrer ursprünglichen Bezeichnung Gerichten und Verwaltungsbehörden vor, wobei sich den Feststellungen nicht entnehmen lässt, dass Gerichte und Behörden sie tatsächlich als öffentliche Urkunden mit der damit verbundenen Beweiskraft behandelt hätten. Vielmehr behandelte sie die Bau-

oberbehörde als Stellungnahme und nicht als Vermessungsgutachten; auch das Bezirksgericht legte seiner Entscheidung keine Vermessungsurkunde des Ingenieurkonsulenten zu Grunde.

Damit entstand aber der Klägerin kein Schaden aus einer allenfalls (so wie sie behauptet) unrichtigen Bezeichnung eines bloß unverbindlichen Dokuments als rechtlich verbindliche Vermessungsurkunde; die Urkunden wurden von den Gerichten und Behörden nicht als solche angesehen und behandelt.

2.2. Darüber hinaus erstellte der Ingenieurkonsulent nach den Feststellungen der Vorinstanzen am 7.3.2011 einen Planentwurf, auf der Frontseite bezeichnet als „Vermessungsurkunde“, der als Grundlage für weitere Besprechungen diente, wobei der Rechtsvorgängerin der Klägerin und der Klägerin selbst bekannt war, dass es sich dabei um keine Vermessungsurkunde handelte. Auch die Baupolizei hielt in der Folge fest, dass der Grenzverlauf ungeklärt sei. Nach einer Besprechung am 7.3.2011 erstellte der Ingenieurkonsulent die Beilage .A, die der Beilage .B entspricht, in der jedoch zusätzlich die vom Ingenieurkonsulenten rekonstruierte Grundgrenze dargestellt wurde; auch diesbezüglich war der Rechtsvorgängerin der Klägerin und der Klägerin bekannt, dass es sich dabei um keine Vermessungsurkunde handelte, sondern um eine zeichnerische Darstellung aufgrund des Gesprächs vom 7.3.2011. Diese Urkunde legte der Beklagte schließlich in einem Grenzfeststellungsverfahren vor dem Bezirksgericht vor, das jedoch den Standpunkt der Liegenschaftsnachbarn der Klägerin nicht teilte und die im Plan eingezeichnete Grundgrenze nur als die von den Liegenschaftsnachbarn beherrschte Grenze bezeichnete.

2.3. Da weder die Gerichte noch die Verwaltungsbehörden ihre Entscheidungen auf die Vermessungsurkunden des Ingenieurkonsulenten stützten, fehlt es insoweit jedenfalls an einer Kausalität des Verhaltens des Beklagten für den von den Klägern (angeblich) erlittenen Schaden.

...

3.3. Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, dass es (all) diesen Beilagen ohnehin an der von § 16 Abs 1 Satz 1 ZTG geforderten eigenhändigen Unterfertigung durch den Ingenieurkonsulenten fehlt, was ihnen schon von vornherein die Qualität einer öffentlichen Urkunde raubt.

Doppelverkauf

Die nach § 39 VermG notwendige Bescheinigung ist keine aufschiebende Bedingung für die Wirksamkeit des Rechtsgeschäftes über eine Liegenschaftsteilung.

(OGH 3. Oktober 2018, 5 Ob 69/18k)

Sachverhalt:

Die Klägerin und die Beklagte sind Eigentümerinnen zweier benachbarter Liegenschaften. Die Liegenschaft der Beklagten und die zwischen diesen Liegenschaften liegende Grenze sind im Grenzkataster eingetragen.

Im Jahr 2011 stellten die Klägerin und die Rechtsvorgängerin der Beklagten fest, dass die im Grenzkataster eingetragene Grenze mit der natürlichen Grenze (Bach) nicht übereinstimmt und ein bisher tatsächlich von der Klägerin genutztes Teilstück im Ausmaß von 69 m² nicht zur Liegenschaft der Klägerin, sondern zu jener der Rechtsvorgängerin der Beklagten gehört. Auf Basis einer Vermessung dieses Teilstücks erklärte sich die Rechtsvorgängerin der Beklagten am 22. 9. 2011 damit einverstanden, dass die Grenze in Hinkunft bachmässig verlaufen soll und diese so im Grenzkataster eingetragen wird. Als Einmalabfindung legten die Klägerin und die Rechtsvorgängerin der Beklagten 500 EUR fest. Als Zeichen der Zustimmung zu dieser Vereinbarung unterzeichneten beide eine Zustimmungserklärung gemäß § 43 Abs 6 VermG.

Das Eigentum der Beklagten beruht auf dem Liegenschafts Kaufvertrag vom 22.12.2015. Dieser Kaufvertrag enthält folgende Regelung:

„Der Stand des Grundbuches gemäß dem Auszug [...] ist allen Vertragsteilen bekannt und gilt als integrierter Bestandteil dieses Vertrages. Demnach ist die vertragsgegenständliche Liegenschaft grundbücherlich nicht belastet. Festgehalten wird, dass hinsichtlich einer im Südosten gelegenen, zum Grundstück [...] angrenzenden Teilfläche von ca. 69 m² in der Vergangenheit ein außerbücherlicher Kaufvertrag abgeschlossen worden war. Diesbezüglich findet eine Rückabwicklung allfälliger rechtsrelevanter Handlungen statt und wird eine Abtretung dieser Teilfläche nicht stattfinden. Die Verkäuferin erklärt, dass sie mit der seinerzeitigen Vertragspartnerin, [...], alle diesbezüglichen Rückabwicklungsformalitäten vereinbart hat und erklärt sie die Käuferin im Falle einer allfälligen Inanspruchnahme diese vollkommen schad- und klaglos zu halten.“

Der Schwiegersohn der Verkäuferin, der für sie die Vertragsverhandlungen führte, teilte der Beklagten dazu mit, dass der seinerzeitige Kaufvertrag noch nicht grundbücherlich durchgeführt worden sei und nach seinen Informationen auch nicht durchführbar sei, die Verkäuferin die Zustimmung zu diesem Kaufvertrag widerrufen habe und die Klägerin ihm mitgeteilt habe, dass sie an diesem Grundstücksstreifen kein Interesse mehr habe. Der Kaufpreis werde an die Klägerin zurücküberwiesen werden. Tatsächlich ist es aber zu keiner einvernehmlichen Aufhebung des seinerzeitigen Kaufvertrags aus dem Jahre 2011 gekommen.

Die Beklagte nahm vor Abschluss des Kaufvertrags Einsicht in das Grundbuch und in den Grenzkataster, zudem erkundigte sie sich bei der Gemeinde nach anhängigen Verfahren. Aus einer Besichtigung wusste sie, dass die Klägerin Holz am fraglichen Grundstücksstreifen lagerte. Mit der Klägerin selbst setzte sich die Beklagte nicht in Verbindung.

Die Klägerin beehrte die Einwilligung der Beklagten in die grundbücherliche Einverleibung ihres Eigentums an der Teilfläche des Beklagtengrundstücks, welche die Rechtsvorgängerin der Beklagten ihr aufgrund der im Jahr 2011 getroffenen Vereinbarung übertragen habe.

Die Beklagte bestritt das Zustandekommen einer rechtswirksamen Vereinbarung und wandte den nach dem Grundbuchsrecht geltenden Schutz des guten Glaubens ein.

Das Erstgericht gab dem Klagebegehren statt.

Das Berufungsgericht gab der Berufung der Beklagten nicht Folge. Die am 22. 9. 2011 vereinbarte einvernehmliche Änderung des Grenzverlaufs ausschließlich zu Lasten des Beklagtengrundstücks gegen Zahlung eines Entgelts sei ein die Parteien bindender Kaufvertrag. Dessen Rechtswirksamkeit stehe auch die von der Beklagten eingewandte rechtliche Unmöglichkeit nicht entgegen. Nach den Feststellungen des Erstgerichts sei es zu keiner einvernehmlichen Aufhebung des Vertrags gekommen; ein einseitiger Rücktritt sei ohne Rechtsgrund nicht möglich.

Dennoch habe die Rechtsvorgängerin der Beklagten dieser das Beklagtengrundstück in dem im Grenzkataster dargelegten Umfang verkauft, somit auch jenen Grundstücksteil, der bereits an die Klägerin verkauft worden sei. Es liege eine Doppelveräußerung vor. Der Klägerin, die die Liegenschaft als Erste außerbücherlich erworben und in Besitz genommen habe, stehe daher ein Herausgabeanspruch gegen die Beklagte, deren Recht eingetragen worden sei, zu, wenn sie das – durch den Besitz verstärkte – Forderungsrecht gekannt habe oder bei gehöriger Aufmerksamkeit kennen habe müssen. Dieser schadenersatzrechtliche Herausgabeanspruch gegen den Zweiterwerber bestehe schon dann, wenn dieser leicht fahrlässig das durch den Besitz verstärkte Forderungsrecht des Ersterwerbers nicht erkannt habe. Die Klägerin habe die Teilfläche genutzt und gepflegt; sie habe dort etwa Holz gelagert und den Rasen gemäht. Diese Umstände seien der Beklagten bekannt gewesen. Sie habe auch positive Kenntnis von der Kaufvereinbarung zwischen der Klägerin und ihrer Rechtsvorgängerin gehabt. Allein dieser Umstand sei geeignet, an ihrer Gutgläubigkeit zu zweifeln. Die Angaben des im Namen ihrer Rechtsvorgängerin agierenden Schwiegersohns hätten die Beklagte nicht von der Unerheblichkeit der

Kaufvereinbarung überzeugen dürfen. Zum Zeitpunkt des Abschlusses des Kaufvertrags sei ihr aufgrund der darin aufgenommenen Ausführungen zur Kaufvereinbarung bekannt gewesen, dass eine Rückabwicklung noch nicht erfolgt sei. Dies alles hätte Zweifel in der Beklagten schüren müssen. Nachforschungspflichten seien zwar grundsätzlich zu verneinen, jedoch ließen sie sich aufgrund besonderer Umstände – wie im Falle eines „besitzverstärkten“ Forderungsrechts – rechtfertigen. Die Beklagte hätte sich daher aufgrund der Kenntnis der Vereinbarung und den Besitzausübungshandlungen der Klägerin bei ihr persönlich erkundigen und sich der Rückabwicklung des ersten Kaufvertrags vergewissern müssen.

Aus der rechtliche Beurteilung:

1.1. Das Berufungsgericht und die Beklagte sehen die Zulässigkeit der Revision darin begründet, dass Rechtsprechung zur Frage fehle, ob die gemäß § 39 Vermessungsgesetz (VermG) bestehende Genehmigungspflicht sich auch auf das Verpflichtungsgeschäft bezieht, also nicht erst die aufgrund des Rechtsgeschäfts vorzunehmenden Veränderungen des Grundbuchkörpers genehmigungspflichtig seien, sondern schon das Rechtsgeschäft an sich.

1.2. Eintragungen zur Erwerbung des Eigentums einzelner Bestandteile eines Grundbuchkörpers sind gemäß § 11 GBG nur nach den Bestimmungen des Liegenschaftsteilungsgesetzes (LiegTeilG) zulässig.

1.3. Das LiegTeilG regelt in seinen ersten beiden Abschnitten die Grundsätze der Grundstücksteilung und die Ab- und Zuschreibung von Bestandteilen eines Grundbuchkörpers. Nach § 1 Abs 1 LiegTeilG kann die grundbücherliche Teilung eines Grundstücks nur aufgrund eines Plans durchgeführt werden, der von einer der in Z 1 bis Z 4 dieser Bestimmung genannten Person oder Behörde herrührt. Eine Abschreibung, die immer mit einer Zuschreibung verbunden sein muss, erfordert demnach, sofern Teile eines Grundstücks und nicht ein ganzes Grundstück betroffen sind, stets einen solchen Teilungsplan.

1.4. Nach § 39 Abs 1 Vermessungsgesetz (VermG) bedürfen Teilungspläne der im § 1 Abs 1 Z 1, 3 und 4 sowie Abs 2 LiegTeilG bezeichneten Personen oder Dienststellen zu ihrer grundbücherlichen Durchführung einer Bescheinigung des Vermessungsamts.

1.5. Der grundbücherlichen Durchführung einer Liegenschaftsteilung, sofern sie nicht in einem vereinfachten Verfahren (vgl §§ 13 f und §§ 15 ff LiegTeilG) erfolgen kann, geht daher ein „Planbescheinigungsverfahren“ vor dem Vermessungsamt voraus. Inhaltlich wird in diesem festgestellt, dass der Teilungsplan den formalen Inhaltsanforderungen entspricht und dass er

im Grundbuch (technisch) durchführbar ist. Eine Prüfung des Plans in materieller Hinsicht ist vom Vermessungsamt nicht vorzunehmen. Ein mit einer solchen Bescheinigung versehener Teilungsplan muss also nicht automatisch zu einer die begehrten bürgerlichen Eintragungen bewilligenden Entscheidung führen. Die Beurteilung anderer, nicht im Verfahrensgegenstand des Planbescheinigungsverfahrens enthaltener Erfordernisse bleibt vielmehr dem Grundbuchsgericht vorbehalten.

2.1. Der Teilungsplan und die auf ihn Bezug nehmende Bescheinigung nach § 39 VermG sind Grundlagen für die grundbücherliche Durchführung einer Grundstücks-teilung.

2.2. Die nach § 39 VermG notwendige Bescheinigung ist keine aufschiebende Bedingung für die Wirksamkeit des Vertrags, deren Versagung die Unwirksamkeit des

der Grundstücksteilung zugrunde liegenden Rechtsgeschäfts unmittelbar zur Folge hätte. Anders als nach den Grundverkehrsvorschriften sind nach den hier maßgeblichen Bestimmungen für die Liegenschaftsteilung nicht die dieser zugrunde liegenden Rechtsgeschäfte an sich genehmigungspflichtig, sondern nur die aufgrund solcher Rechtsgeschäfte vorzunehmenden Veränderungen im Gutsbestand eines Grundbuchs-körpers. Das ergibt sich nicht erst aus dem Wesen und Zweck dieser Planbescheinigung, sondern schon aus dem klaren Wortlaut des § 1 Abs 1 LiegTeilG und § 39 VermG. Beide Bestimmungen beziehen sich ausdrücklich – im gegebenen Zusammenhang „nur“ – auf die grundbücherliche Durchführung der Teilung (§ 1 Abs 1 LiegTeilG: „die grundbücherliche Teilung eines Grundstücks“; § 39 VermG: „zur grundbücherlichen Durchführung“).



Besuchen Sie die OVG Facebook Seite!

- ➔ Ankündigung von Veranstaltungen
- ➔ Aktuelle Berichte
- ➔ Treffpunkt der Community (aktuell ~100 Abonnenten)
- ➔ Funktioniert auch ohne Facebook Account!

➔ www.facebook.com/OVGAustria ➔



Mitteilungen

380.

Vollzugsanweisung der Staatsregierung vom 6. Juli 1919, betreffend einheitliche Regelung des gesamten staatlichen Vermessungswesens.

Mit Zustimmung des Hauptausschusses der
Nationalversammlung wird angeordnet:

§ 1.

(1) Das gesamte staatliche Vermessungswesen wird dem Staatsamte für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten unterstellt. Zu diesem Zwecke werden aus dem Wirkungskreise des Staatsamtes für Inneres und Unterricht die deutschösterreichische Kommission für die Internationale Erdmessung und das deutschösterreichische Gradmessungsbureau, ferner aus dem Wirkungskreise des Staatsamtes für Finanzen die Agenden der bisherigen Generaldirektion des Grundsteuerkatasters ausgehoben und in die Kompetenz des Staatsamtes für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten einverleibt.

100 Jahre Vollzugsanweisung

„Was die Geometer der ehemaligen im Reichsrate vertretenen Königreiche und Länder seit Jahren erstrebten und worin sie von interessierten technischen Kreisen mit Nachdruck unterstützt worden sind, nämlich die Würdigung ihrer Tätigkeit als technische Arbeit und daher Unterstellung des Vermessungswesens jenem Staatsamte, dem technisches Wirken und Schaffen angehört, ist zur Tat geworden: Mit der Vollzugsanweisung [der Staatsregierung vom 6. Juli 1919 betreffend einheitliche Regelung des staatlichen Vermessungswesens, StGBl. Nr. 380/1919] ist ab 1. August [1919] die endgültige Einverleibung der deutsch-österreichischen Kommission für die internationale Erdmessung, des Gradmessungsbureaus, weiters sämtlicher Agenden der bisherigen Generaldirektion des Grundsteuerkatasters in den Wirkungskreis des Staatsamtes für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten, der gegenwärtigen technischen Zentralstelle der Republik, vollzogen“ (Dolezal, Geleitwort zur Vollzugsanweisung, ÖZVerm 1919/4-5, 70).

In den Wirkungskreis der neu zu schaffenden Organisation eines einheitlichen Vermessungswesens sollte nach § 4 der Vollzugsanweisung auch die Herstellung und Vervielfältigung von topographischen Plänen und Karten fallen.

Als Folge des verlorenen Krieges musste das Militärgeographische Institut (MGI) liquidiert werden. Am

23. Juli 1920 wurden mit Beschluss des Kabinettsrates die Geodätische Gruppe und die Mappierungsgruppe des MGI dem Staatsamt für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten unterstellt. Aus der Kartographischen und Technischen Gruppe (Reproduktion) des MGI wurde ein staatlicher Verwaltungsbetrieb mit der Bezeichnung „Kartographisches, früher Militärgeographisches Institut“ gebildet.

Aus den dem Staatsamt zugewiesenen Agenden des staatlichen Vermessungswesens wurde mit Verordnung vom 12. Jänner 1920, BGBl. Nr. 64/1921, das Bundesvermessungsamt gebildet, das auch das Gebäude des MGI am Friedrich Schmidt-Platz übernahm.

Eine zusammenfassende Darstellung der langen Vorgeschichte zur Vereinheitlichung des Vermessungswesens ist den Veröffentlichungen von Morpurgo, *50 Jahre Verein für Vermessungswesen, Mitteilungsblatt zur ÖZVerm 1956*, 6 ff, und Zeger, *Die historische Entwicklung der staatlichen Vermessungsarbeiten, Band IV, Teil 1, Wien 1993*, 166 ff zu entnehmen. Der seit 1907 hartnäckig geführte Kampf um ein einheitliches Vermessungswesen und die unzähligen Entschließungen, Petitionen und Vorsprachen sind detailliert in den Heften der ÖZVerm ab dem Jahr 1908 beschrieben und dokumentiert.

Tagungsberichte



OVG-Präsident Julius Ernst eröffnet die Dreiländertagung (© Christoph Gruber)

Dreiländertagung Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation 2019 in Wien mit Verleihung des Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreises

Von 20.-22. Februar 2019 fand in Wien die Dreiländertagung der SGPF (Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung), DGPF (Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation) und OVG (Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation) statt. Die Tradition dieser Tagung seit 2007 im Dreijahresintervall durch die drei Länder zu ziehen, konnte durch die Universität für Bodenkultur (BoKu) als hervorragender Gastgeber fortgesetzt werden. Die OVG als für die Veranstaltung verantwortliche Gesellschaft konnte etwas über 250 Teilnehmer begrüßen, 27 Firmen nahmen an der Fachfirmenausstellung teil und präsentierten Neuigkeiten und Trends für die betroffenen Fachrichtungen.

Bei der Eröffnung am ersten Tag begrüßte der Vize-Direktor für Forschung und Innovation Christian Obinger die Gäste im neuen AudiMax der BoKu. In den beiden anschließenden Plenarvorträgen präsentierten Wolfgang Wagner (TU-Wien) und Clement Atzberger (BoKu) einige der Forschungsschwerpunkte der Fernerkundung in

Österreich. Der Rest des Tages stand ganz im Zeichen des Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreises: 10 Kandidatinnen und Kandidaten präsentierten ihre Bachelor- oder Masterarbeit, vorerst kurz im Plenum, danach an Hand eines Poster vor einer Jury mit Vertretern aus allen drei Ländern. Nach der Eröffnung der Fachfirmenausstellung klang der Tag bei einem Come-Together mit BoKu-Bier und BoKu-Wein aus.

Die beiden restlichen Tage standen dann ganz im Zeichen eines hochkarätigen Fachprogrammes mit über 60 Fachvorträgen sowie Präsentationen der ausstellenden Firmen. Die Verleihung des Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreises fand am Donnerstagabend im feierlichen Rahmen eines Empfanges im Namen des Bürgermeisters der Stadt Wien im Rathaus statt. Die drei Preise gingen an Julia Knöttner (Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt), Adrian Ferdinand Meyer (Fachhochschule Nordwestschweiz) und Lukas Winiwarter, der mit seiner Arbeit „Classification of 3d point clouds using deep neural networks“ an der TU Wien mit dem 1. Preis ausgezeichnet wurde.

Die OVG gratuliert dazu herzlich.

Wolfgang Gold



DGPF-Präsident Uwe Stilla, OVG-Präsident Julius Ernst und OVG-Generalsekretär Franz Blauensteiner in der Fachfirmenausstellung (© Christoph Gruber)



Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreisgewinner Lukas Winiwarter bei seiner Kurzpräsentation im AudiMax (© Christoph Gruber)



Eindruck aus dem Vortragsprogramm (© Markus Immitzer)



Die 10 Kandidatinnen und Kandidaten des Karl-Kraus-Nachwuchsförderpreises (© Christoph Gruber)



Auch für das leibliche Wohl der Tagungsteilnehmer war gesorgt (BoKu-Bier beim Come-Together) (© Markus Immitzer)

Aus dem Vereinsleben

Herzliche Gratulation zu einem Jubiläum im Jänner, Februar oder März 2019

50. Geburtstag

Dipl.-Ing. Dr. Ekkehart Grillmayer, Garsten
Prof. Dr. Wolfgang Wagner, Wien
Prof. Dr. Wieser Andreas, Zürich

60. Geburtstag

Dipl.-Ing. Bernhard Jüptner, Wien
Dipl.-Ing. Erwin Kraus, Schwanenstadt
Dipl.-Ing. Edgar Hutter, Villach
Dipl.-Ing. Julius Ernst, Wien
Dipl.-Ing. Karl Santer, Moosburg

65. Geburtstag

Dipl.-Ing. Hubert Plank, Wien

70. Geburtstag

Dipl.-Ing. Hermann Gspan, Zirl
Dipl.-Ing. August Hochwartner, Wien
Dipl.-Ing. Peter Ranak, Wien
Dipl.-Ing. Wolfgang Kainz, Hoheneich

75. Geburtstag

Dipl.-Ing. Eckhard Küttler, Reifnitz
Dipl.-Ing. Udo Weidenthaler, Lienz
Dipl.-Ing. Karl Seywald, Imst
Dipl.-Ing. Hans Tekautz, Linz
Dipl.-Ing. Gerhard Loidolt, Ansfelden

90. Geburtstag

Dipl.-Ing. Erlefried Olearczick, Tulln

Wir begrüßen die neuen Mitglieder

Hans-Jürgen Schulze, Deutschland
Konrad Pleyer, Wien
Anna Iglseider, Wien
David Liedl, Wien
Oliver Rehberger, Wien
David Rejchrt, Fieberbrunn
Nicole Kamp, Graz
Nikolaus Studnicka, Wien

“The Network of Boundaries and its Monuments” wird für künftiges Welterbe vorgeschlagen

Der Bundesminister für EU, Kunst, Kultur und Medien, Mag. Gernot Blümel hat genehmigt, dass der Vorschlag der OVG (siehe VGI 2014 Heft 1) als österreichischer Vorschlag auf die Tentative List beim Welterbezentrums in Paris gesetzt wird. Er umfasst virtuell das gesamte Grenzliniennetz des Katasters, das durch drei reale Denkmalgruppen repräsentiert wird: Durch technisch und historisch besonders bedeutende Grenzzeichen, durch hervorragende Denkmale der Landestriangulierung als zusammenfassendes Rahmennetzwerk und durch drei außerordentlich bedeutende Gebäude, die Zeugen der Entstehung des österreichischen Landadministrations-systems (Grundbuch und Kataster) waren. Bereits 2016 hat das Welterbezentrums (WHC) der UNESCO der erforderlichen Begründung prinzipiell zugestimmt. Auch ICOS Österreich unterstützt die Idee. Das WHC verlangt

jedoch internationale Beteiligung durch weitere Länder, wozu sich unsere Kollegen aus Italien, Kroatien, Polen, Rumänien, Slowenien, aus der Tschechischen Republik und Ungarn gemeldet haben. Jetzt laufen die Koordinierungsarbeiten mit den Antragspartnern auf Hochtouren. Als erstes Land hat Italien seinen Antrag fertig gestellt und uns bereits übergeben. Mit den anderen Ländern gehen die Koordinierungs- und Antragsarbeiten weiter. Die OVG hat sich für die Organisation des im Oktober erforderlichen Symposiums der Antragsgruppen bereit erklärt. Die „Operational Guidelines“ für Welterbeanträge sehen bestimmte Termine für den Hauptantrag vor, weswegen alle Einzelanträge bis Weihnachten vorliegen sollen, damit sie bis 31.1.2020 auf die Tentative Lists gesetzt werden können. Dann sollte 2020/21 der gemeinsame Hauptantrag verfasst und dem WHC vorgelegt werden.

*Für den OVG Vorbereitungsausschuss:
Peter Waldhäusl*

Persönliches

Nachruf für DI Rupert Kugler



Am 3. Februar 2019 ist wenige Tage nach seinem 60. Geburtstag Hofrat DI Rupert Kugler, der Leiter der Gruppe Eich- und Vermessungsämter im BEV, nach langer schwerer Krankheit verstorben.

DI Rupert Kugler war seit 1. Februar 1985 über drei Jahrzehnte in verschiedenen Tätigkeiten und Funktionen im BEV tätig und hat dabei nachhaltige und zukunftsweisende Beiträge für die Entwicklung des BEV geleistet.

Große Projekte und Vorhaben, Organisationsreformen, wie die Organisationsänderung 1997, die DKM-Anlegung, die Standortreform der Vermessungsämter, die Digitalisierung der Katasterarchive, all das trägt seine unmittelbare Handschrift.

Sein stets unermüdlicher Einsatz, mit all seiner Kraft und Energie, seine Fähigkeiten zu organisieren, Ressourcen zielgerichtet einzusetzen und Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu motivieren sind beispielgebend.

Begonnen hat DI Kugler seinen Dienst 1985 in der Katasterkartographie, nach zwei Jahren in der Abteilung „Planung und Organisation“, von 1990 bis 1994 war er gleichzeitig Leiter des Vermessungsamtes in Mödling. Im Jahr 1996 wurde Rupert Kugler Leiter der Abteilung „Planung und Organisation“ und schließlich nach der Reform des BEV ab 1999 Leiter der Gruppe Eich- und Vermessungsämter.

Wie hat es Präsident DI Wernher Hoffmann in seiner Rede bei der Verabschiedung von DI Rupert Kugler formuliert:

„... Aufgaben, die zu erledigen waren, wurden erledigt – möglichst perfekt. Mittelmäßigkeit war kein Maß für Rupert Kugler. In seiner Funktion des Gruppenleiters der Eich- und Vermessungsämter, mit bis zu 70 Organisationseinheiten, zeichnet ihn besonders sein klarer, informativer Führungsstil aus. Führen mit Zielen war bei ihm kein Modewort – die alljährlichen Zielvereinbarungen wurden mit den Dienststellen intensiv erarbeitet, mit

klaren, jeweils ambitionierten Zielwerten hinterlegt, auf deren Einhaltung ebenso transparent geachtet wurde. Positive Motivation durch Leistung, auf sich stolz sein können, war nicht nur seine Triebfeder, sondern er gab dies so an viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weiter.

Die Zeit reicht nicht aus, um alles seine Verdienste aufzuzählen. Zu umfangreich und nachhaltig war sein Wirken im BEV. Stetig und täglich bewegte und veränderte er.“

Zu seinem 60. Geburtstag wurde DI Rupert Kugler vom Bundespräsidenten das Goldene Ehrenzeichen der Republik Österreich verliehen.

Persönlich habe ich als einer seiner unmittelbaren Mitarbeiter viele Jahre sehr eng mit Rupert Kugler zusammengearbeitet: Motivation durch Leistung, auf sich stolz sein können, Vorbild sein, das war sein Credo. Besonders geschätzt habe ich persönlich immer den Freiraum, den ich in meiner Arbeit hatte, den er mir zugestanden hat, das Vertrauen, das er mir und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entgegengebracht hat. Es war motivierend, wertschätzend und hat zugleich die Freude an der Arbeit gestärkt.

Die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation und das BEV werden Hofrat Dipl.-Ing. Rupert Kugler ein würdiges Andenken bewahren.

Julius Ernst

Buchbesprechungen

Francois Chevalier

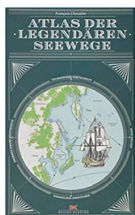
Atlas der legendären Seewege

Verlag Delius Klasing,

Bielefeld 2018, Gebundene Ausgabe:

224 Seiten, € 34,90.

ISBN 978-3-667-11413-6



Der Autor erzählt informativ und abwechslungsreich die Geschichte der Seefahrt. Wir können an prähistorischen Schiffsreisen im Mittelmeer und im fernen Ozeanien teilnehmen. Homers „Odyssee“ wird auf ihren Wahrheitsgehalt geprüft und wir entdecken die Neue Welt. Wir segeln mit Chinesen und Japanern durch den Stillen Ozean und reisen sengend und brennend mit den Wikingern durch Europa.

Ein interessantes Kapitel sind sowohl dem Bau des Suezkanals als auch der Errichtung des Panama-Kanals gewidmet. Dies wird glaubwürdig und fesselnd dargeboten. Es eröffnet Freunden von Entdeckungsreisen ein paar neue Eindrücke.

Was das Buch so gar nicht ist, ist ein Atlas. Denn angekündigte „wunderbare Karten“ fehlen hier leider. Die Abbildungen sind vereinfachte schematische Darstellungen der Reiserouten von den Phöniziern bis hin zu den Windjammern der Neuzeit. Hier hätte ich mir schon Abbildungen von echten Seekarten/Portulanen erwartet. Ich mag jetzt nicht von einer „Mogelpackung“ sprechen, aber als Geodätin verstehe ich unter „Atlas“, genau wie auch der Duden etwas anderes, nämlich „eine Sammlung (gleichartig bearbeiteter) geografischer Karten“.

Fazit: Wer hier, dem Titel folgend, Kartenwerke erwartet, wird enttäuscht. Wer Interessantes über Seereisen von der Antike bis ins Heute erfahren will, dem kann das Buch durchaus Freude bereiten.

Gertrude Gold

Neuerscheinungen

DVW-Arbeitskreis 3

»Messmethoden und Systeme«

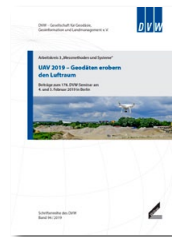
UAV 2019 – Geodäten erobern den Luftraum

Beiträge zum 178. DVW-Seminar am 4. und 5. Februar 2019 in Berlin,

Band 94 der DVW-Schriftenreihe,

Wißner-Verlag, Augsburg 2019, 166 Seiten, € 28,00.

ISBN: 978-3-95786-203-7



Unbemannte Luftfahrzeuge (engl. Unmanned Aerial Vehicles, UAV) haben in den letzten Jahren zur Erweiterung des Aufgabenspektrums und einer effizienteren Erfüllung von geodätischen Aufgaben beigetragen. Eine Vielzahl an UAV-Systemen ist inzwischen verfügbar. UAV sind Gegenstand von wissenschaftlichen Untersuchungen und von Entwicklungen für geodätische Sonderaufgaben; sie werden bereits vielfach in der geodätischen Praxis erfolgreich eingesetzt. Ein hoher Automationsgrad in Erfassung und Auswertung großer Datenmengen ermöglicht es, den stetig steigenden Anforderungen an aktuelle Geodaten auch durch UAV gerecht zu werden. Dieser neu erschienene Band 94 der DVW-Schriftenreihe informiert Forscher, Entwickler und Anwender über Trends, neue technische Entwicklungen und Anwendungen von UAVs bei Vermessungsprojekten.

Weitere Informationen, die Möglichkeit zur Bestellung und ein kostenfreies Download-PDF gibt es unter <https://geodaesie.info/sr/uav-2019-geodaeten-erobern-den-luftraum/8337/1951>

Veranstungskalender

18. Internationales 3D-Forum Lindau 2019

07.05. – 08.05.2019 Lindau, Deutschland
<http://www.3d-forum.li/>

Fachtagung des DVW Bayern - Vom Glück der Geodäten

16.05. – 17.05.2019 Weiden in der Oberpfalz,
 Deutschland
[https://www.dvw.de/aktuelles/22071/
 fachtagung-des-dvw-bayern](https://www.dvw.de/aktuelles/22071/fachtagung-des-dvw-bayern)

EUREF 2019 Symposium

22.05. – 24.05.2019 Tallinn, Estonia
<http://www.maaamet.ee/euref2019/>

ISPRS Geospatial Week 2019 and Workshop Laser Scanning

10.06. – 14.06.2019 Enschede, Netherland
<https://www.gsw2019.org/>

AGIT 2019

03.07. – 05.07.2019 Salzburg, Österreich
<http://www.agit.at>

ESRI USER CONFERENCE

08.07. – 12.07.2019 San Diego, CA, USA
<http://www.esri.com/events/user-conference>

IUGG 2019 – International Union of Geodesy and Geophysics

08.07. – 18.07.2019 Montreal, Canada
<http://iugg2019montreal.com/>

World Congress on Geology & Earth Science

11.07. – 13.07.2019 London, United Kingdom
<https://geology-earthscience.com/>

7. Bayerische Woche der Geodäsie

12.07. – 21.07.2019 München, Deutschland
www.bwdg.bayern.de

29th International Cartographic Conference and 17th General Assembly

15.07. – 20.07.2019 Tokio, Japan
<http://icaci.org/icc2019/>

FOSS4G-Europe 2019

26.08. – 31.08.2019 Bucharest, Romania
https://wiki.osgeo.org/wiki/FOSS4G_2019

INTERGEO 2019

17.09. – 19.09.2019 Stuttgart, Deutschland
<http://www.intergeo.de>

Photogrammetric Image Analysis and Munich Remote Sensing Symposium 2019

18.09. – 20.09.2019 München, Deutschland
<http://www.pia.tum.de>
<http://www.mrss.tum.de>

11th International Symposium on Digital Earth (ISDE11)

24.09. – 27.09.2019 Florence, Italy
<http://www.digitalearth2019.eu/>

International Conference on Computer Vision (ICCV 2019)

27.10. – 03.11.2019 Seoul, Korea
<http://iccv2019.thecvf.com/>

GeoNames19 Symposium

06. – 08.11.2019 Wien, Österreich
<http://ortsnamen.at/ako50>

LBS 2019 – 15th Conference on Location Based Services

11.11. – 13.11.2019 Wien, Österreich
<https://lbsconference.org/>

19. Internationale Ingenieurvermesserkurs

03.03. – 07.03.2020 München, Deutschland
<http://www.ivk2020.de>

FIG Working Week 2020

10.05. – 14.05.2020 Amsterdam, Netherlands
<http://www.fig.net/fig2020/>

8th International Conference on Cartography & GIS

15.05. – 26.05.2020 Montreal, Canada
<https://waset.org/conference/2020/05/montreal/ICCGIS>

European Navigation Conference 2020 (ENC 2020)

11.05. – 14.05.2020 Dresden, Germany
<https://www.enc2020.eu/en/home/>

The 8th Digital Earth Summit 2020

26.05. – 29.05.2020 Obninsk, Russia
<http://www.desummit2020.org/>

OVG-Vorträge Sommersemester 2019

Vortragsprogramm Graz

Veranstaltungsort:

TU Graz – Institut für Geodäsie

Hörsaal AE01

Steyrergasse 30, 8010 Graz

Mittwoch, „Mapping Technologien für Test und Simulation von automatisierten Fahrfunktionen“
 22. Mai 2019,

17 Uhr 15

Heinz MAYER

Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz

Veranstaltungsort:

Universität Graz – Institut für Geografie und Raumforschung

Hörsaal HS1103

Heinrichstraße 36, 8010 Graz

Mittwoch, „Workshop „GIS und Fernerkundung in der Landschaftsanalyse“
 12. Juni 2019, *Titel und Beiträge werden noch bekannt gegeben.*
 16 Uhr 30

Vortragsprogramm Innsbruck

Veranstaltungsort:

Universität Innsbruck

Hörsaal B6

Technikerstraße 13, 6020 Innsbruck

Mittwoch, „Alles im Blick – Bauvermessung im BIM-Projekt“

15. Mai 2019, *Konrad Bachmaier und Volker PESCHEL*
18 Uhr 15 *Landmark GmbH, Wolfurt*

Mittwoch, Micro-Symposium „Perspektiven“

12. Juni 2019, *Einladung erfolgt gesondert ...*
16 Uhr 00

Vortragsprogramm Wien

Veranstaltungsort:

TU Wien

3. Stock, Hörsaal für Geodäten, EI 11

Gusshausstraße 27-29, 1040 Wien

Mittwoch, 3D-Kataster: Notwendigkeit – Modellierung – Nutzung

8. Mai 2019, *Gerhard NAVRATIL*
17 Uhr 00 *TU Wien, Department of Geodesy and Geoinformation*



A
P
O
S

G
GALILEO
GLONASS



See you: www.bev.gv.at

APOS
Austrian P**O**sitioning Service

