

103. Jahrgang Heft 1/2015

Österreichische Zeitschrift für

Vermessung & Geoinformation

vgi

vgi 1/2015

Wir schauen auf
unsere Erde

TAGUNGSBAND



12. Geodätentag

Velden 2015

Tagungsband: 12. Österreichischer Geodätentag



BERGAUF, BERGAB,
wo auch immer Sie messen:

TRIMBLE LÖSUNGEN



Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation

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

103. Jahrgang 2015

Heft: 1/2015

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>

Tagungsband:

12. Österreichischer Geodätentag

Grußworte

R. Mitterlehner:

**Grußworte des Vizekanzlers und Bundesministers für Wissenschaft,
Forschung und Wirtschaft**

3

G. Steinkellner, G. Rabl:

Willkommen

4

F. Vouk:

12. Österreichischer Geodätentag – „Ein Wort zuvor“

5

Tagungsbeiträge

Die Erde im Blickfeld

H. Schuh:

**Beiträge der Geodäsie zur Beobachtung von Naturgefahren und globalen
Veränderungen**

11

R. Pail:

**Zukünftige Schwerefeldmissionen als wichtige Komponente des Globalen
Geodätischen Beobachtungssystems (GGOS)**

15

O. Baur:

**Bedeutung der Satellitengravimetrie für die Klimaforschung:
Methodik, Ergebnisse und Implikationen am Beispiel Grönlands**

25

M. Schardt:

**Mehrphasiges Inventursystem zur Erfassung der Holzmasse und
der Biomasse des Tropenwaldes in Surinam**

26

G. Gartner:		
„Emotionale Karten“: Crowdsourcing, LBS und Kartographie zur Erfassung von Indikatoren subjektiver Relationen zum Raum		27
J. Hübl, S. Tscherner, K. Schraml:		
Anwendung von Geodaten für die Analyse von Naturgefahren		28
Österreichische Geodätische Kommission		
H. Neuner:		
Flächenhafte Ansätze in der Ingenieurgeodäsie		36
K. Huber, R. Lesjak, F. Hinterberger:		
Precise Point Positioning und Möglichkeiten für präzise Echtzeit-Anwendungen		37
W. Lenhardt:		
Erdbeben – Auswirkungen auf geodätische Messungen		46
Ph. Mitterschiffthaler:		
Kinematischer Ausgleich des Österreichischen Höhenetzes 1. Ordnung		47
Terra Visibile		
J. Strobl:		
OnlineDienste anstelle von Geodaten		53
D. Fritsch:		
Punktwolken, und was dann? Ein Ausblick in die Zukunft		54
Terra Mobile		
W. Lienhart:		
„Fehlereinflüsse bei automatisierten Überwachungsmessungen mit Totalstationen“		67
A. Wieser:		
Ingenieurgeodäsie in Schnee und Eis – Hochpräzises Gletschermonitoring		68
A. Eichhorn:		
Ortung im Indoorbereich mit Meter-Genauigkeit oder geodätischer Präzision?		71
Der Sachverständige		
J. Schiller:		
Der Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen als Sachverständiger		72
G. Seebacher:		
Bauen ohne Grenzen versus grenzenloses Bauen? Die Haftung des Vermessers und anderer Beteiligter		76
G. Hillinger:		
Bewertung von Liegenschaften		86
T. Auzinger:		
Honorierung von Vermessungsleistungen		87
R. Kolbe:		
„Warum die Befundaufnahme (k)eine Grenzverhandlung ist“		88
Grenzstein Wettbewerb Kärnten		
E. Janeschitz, W. Wadl:		
Bericht zum „GRENZSTEIN WETTBEWERB Kärnten“		92
Mit einem Beitrag zur Herkunft und Bedeutung alter Grenzsteine		
Impressum		6
Tagungsprogramm		7
Ausstellerverzeichnis		103
Sponsoren		116



Grüßworte

Seit über 100 Jahren vertritt die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG) die Interessen und Anliegen all jener, die in Österreich mit Geodäsie, Geoinformation, Photogrammetrie und Vermessung befasst sind. Gerade in der heutigen Zeit ist die Zusammenarbeit von Wissenschaft, öffentlichem Dienst, den freien Berufen und der Wirtschaft besonders wichtig. Jüngste Entwicklungen zeigen, dass die moderne Aufbereitung von Daten weiter an Bedeutung gewinnt.

In diesem Sinne wünsche ich sowohl den Veranstaltern als auch allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern des 12. Österreichischen Geodäten-Tages in Velden am Wörthersee einen erfolgreichen Kongress, spannende Exkursionen und eine interessante Fachmesse. Aufgrund der Präsentation von neuen Entwicklungen durch hochkarätige Vortragende aus dem In- und Ausland gibt es erneut ein informatives Programm. Nach wie vor gilt, dass ein qualifizierter Meinungs- und Erfahrungsaustausch durch nichts ersetzt werden kann.

A handwritten signature in blue ink, which reads "Reinhold Mitterlehner". The signature is fluid and cursive.

Dr. Reinhold Mitterlehner

*Vizekanzler und Bundesminister für Wissenschaft,
Forschung und Wirtschaft*



Willkommen

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Kolleginnen und Kollegen,

herzlich willkommen in Velden am Wörthersee! Die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG) hat als Veranstaltungsort des 12. Österreichischen Geodätentages 2015 wieder die Wörtherseeregion im Süden Österreichs gewählt – „zu Gast bei unseren Freunden“ verbindet Wissenschaft, Information und Menschen.

Unter dem Motto „Wir schauen auf unsere Erde“ vermittelt der Kongress den Besuchern einen Blick in und auf unseren Planeten und zwar mittels Fernerkundung, Vermessung und Geoinformation – also der Geodäsie.

Der Kongress hat vier Themenschwerpunkte – „Die Erde im Blickfeld“, „Wir schauen auf die Erde“, „Terra Visibile“ und „Terra Mobile“. Ergänzt werden diese durch „Informationen für Sachverständige des Vermessungswesens und der Liegenschaftsbewertung“, dem Praktikertag unter dem Motto „Der Kataster und seine Grenzen“, verschiedenen Referaten der Österreichischen Geodätischen Kommission und dem Festvortrag.

Neben dem Vortragsprogramm und den Fachexkursionen wird den Teilnehmern auch ein äußerst interessantes und unterhaltsames Rahmenprogramm geboten. So darf der „Geodätentreff“ nach Eröffnung der Fachmesse nicht fehlen. Ein festlicher Abend „Grüß Euch – Willkommen in Velden“ heißt alle Gäste des Kongresses in Kärnten willkommen.

Die begleitende Fach- und Firmenmesse informiert zusätzlich über die neuesten Entwicklungen, Produkte und Dienstleistungen im Bereich der Vermessung und Geoinformation.

Die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation als Veranstalter und das Organisationsteam freuen sich, Sie als Besucher des 12. Österreichischen Geodätentages vom 5. bis 7. Mai 2015 in Velden am Wörthersee begrüßen zu dürfen.


Dipl.-Ing. Gert Steinkellner
Präsident der OVG


Dipl.-Ing. Gunther Rabl
Kongressdirektor



12. Österreichischer Geodätentag – „Ein Wort zuvor“

Geschätzte Tagungsteilnehmerinnen und Tagungsteilnehmer!

Ich freue mich ganz besonders, dass in diesem Jahr Velden am Wörther See als Veranstaltungsort für den 12. Österreichischen Geodätentag ausgewählt wurde. Ich heiße alle Teilnehmer in der Tourismusregion Wörther See herzlich willkommen.

Velden hat eine jahrzehntelange Tradition als Tagungs- und Kongressort. Tagen in angenehmer Umgebung, direkt am Ufer des Wörther Sees und immer mit Blick auf die Veldener Bucht. Gemeinsam mit dem Casino Velden bieten wir allen Teilnehmern die Annehmlichkeiten, die Sie sich auch erwarten. Ich wünsche allen einen interessanten und guten Verlauf der Tagung sowie einen schönen Aufenthalt am Wörther See im Herzen der Region Kärnten – Friaul – Slowenien.

Ferdinand Vouk

Bürgermeister der Marktgemeinde
Velden am Wörthersee



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

103. Jahrgang 2015 / 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. Gert Steinkellner, Tel. + 43 1 21110-2714, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien.

Sekretariat der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Julius Ernst, Tel. +43 1 21110-3703, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. E-Mail: office@ovg.at.

Schriftleitung: Dipl.-Ing. Andreas Pammer, Tel. +43 1 21110-5262, Dipl.-Ing. Ernst Zahn, Tel. +43 1 21110-3209, Dipl.-Ing. (FH) Georg Topf, Tel. +43 1 21110-3620, 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 Textes 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 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, Univ.-Prof. Dr. Werner Lienhart, Univ.-Prof. Dr. Norbert Pfeifer, Dipl.-Ing. Gert Steinkellner, 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 21110-5336, 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: 2000 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 15 €, Ausland 18 €; Abonnement: Inland 50 €, Ausland 60 €; alle Preise exklusive 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>

Tagungsprogramm

Montag 4. Mai 2015

	Vorträge	sonstige nicht öffentl.
10:00	Öffnung Tagungsbüro	
12:00	Universitäten - Vermessung - Studierende Vermessung in der universitären Lehre und Forschung	BAIK - Bundesfachgruppe
14:00	Begrüßung	
14:10	Kurzvideo „Arbeitsplatz Erde“	
14:15	Geodäsie & GeodätInnen in der Wirtschaft Kurzreferate von VertreterInnen facheinschlägiger Firmen	
15:45	„Kaffeesudlesen“ Eine interaktive Kaffeepause mit Gewinnspiel	
16:30	Siegerehrung	
16:45	Podiumsdiskussion „Für wen bilden wir unsere Studierenden aus? Für die Wissenschaft, die Wirtschaft, die Verwaltung oder?“ Impulsreferate von jeweils einem/r Vertreter/in des BEVs, der BAIK, der Firmen, der Studierenden, der Universitäten	
18:30	Studierenden- und AbsolventInnentreff im SolBeachclub Buffet mit Anreise per Schiff oder zu Fuß (Gehzeit ca. 15 Minuten)	
18:30	A1.1 Studenten- und Absolvententreff Professor Kraus hatte die Idee, dass sich die Studierenden und die Absolventen der Vermessungsstudierrichtungen der letzten zehn Jahre anlässlich des Geodätentages zum Gedanken- und Erfahrungsaustausch treffen sollten. Diese Tradition wollen wir gerne fortführen! Natürlich sind auch ältere Absolventen bei „Jausn und an Bier“ herzlich willkommen! Bootsfahrt vom Casineum zum SolBeachclub Montag, 04.05.2015, 18.30 bis 24.00 Uhr Die Firma SynerGIS und Stiegl Bier laden Sie gerne ein.	 
24:00		

Flightzone

Flugvorführungen der unbemannten Luftfahrzeuge (uLFZ - Drohnen) können von der Südterrasse des Casineums am See beobachtet werden

Flightzone - Zeiten :

Dienstag, 5. Mai von 14:30 bis 16:00 (Copter uLFZ vorm Casino)
 Mittwoch, 6. Mai von 10:30 bis 12:00 (Flächen uLFZ vom Strandbad aus)
 von 14:30 bis 16:00 (Copter uLFZ vorm Casino)
 Donnerstag, 7. Mai von 10:30 bis 12:00 (Copter uLFZ vorm Casino)
 von 15:00 bis 16:00 (Copter uLFZ vorm Casino)



Dienstag 5. Mai 2015

	Vorträge	Fachmesse	Fachexkursion und Rahmenprogramm	sonstige nicht öffentl.
08:00	Öffnung Tagungsbüro			
11:00	Eröffnung der Fachmesse			
11:30 13:00	A2.1 Geodätentreff Im Anschluss an die Eröffnung der Fachmesse im Casineum Velden treffen wir uns beim Geodätentreff - die erste Möglichkeit zum informellen kollegialen Treffen bei Imbiss und Umtrunk.			
	Die Erde im Blickfeld			
13:00	Begrüßung der Kongressteilnehmer			
Moderation	Univ.-Prof. Dr. Bernhard Hofmann-Wellenhopf			
13:15	Beiträge der Geodäsie zur Beobachtung von Naturgefahren und globalen Veränderungen Univ.-Prof. Dr. Harald Schuh, Helmholtz-Zentrum Potsdam	Besuchen Sie die Fachmesse Machen Sie mit beim Messequiz		
13:45	Zukünftige Schwerefeldmissionen als wichtige Komponente des Globalen Geodätischen Beobachtungssystems (GGOS) Univ.-Prof. Dr. Roland Pail, TU München			
14:15	Bedeutung der Satellitengravimetrie für die Klimaforschung: Methodik, Ergebnisse und Implikationen am Beispiel Grönlands Dr.-Ing. Oliver Baur, Akademie der Wissenschaften, Graz			
14:45	Pause			
15:45	Mehrphasiges Inventursystem zur Erfassung der Holzmasse und der Biomasse des Tropenwaldes in Surinam Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt, TU Graz		Flightzone 1-Casino R2.1 Altstadtspaziergang Klagenfurt R2.2 Geschichte in Kärnten-der Magdalensberg	GIS u. Verm. Experten der Bundesländer
16:15	Emotionale Karten [™] : Crowdsourcing, LBS und Kartographie zur Erfassung von Indikatoren subjektiver Relationen zum Raum Univ.-Prof. Dr. Georg Gartner, TU Wien			
16:45	Anwendung von Geodaten für die Analyse von Naturgefahren Univ.-Prof. Dr. Johannes Hübl, BOKU Wien			
17:15				
18:00	Eröffnung des 12. Geodätentages			
	Festvortrag Univ.-Prof. Dr. Markus Hengstschläger			
18:30	Die Durchschnittsfalle - warum man über seine Grenzen gehen muss			
20:00	A2.2 Grüß Euch - Willkommen in Velden Nach der offiziellen Eröffnung des Geodätentages laden wir zu einem festlichen Willkommensabend im „Hotel Europa“ ein. Das „Geodäten Buffet“ mit Unterhaltung erwartet alle Gäste des Kongresses und der Fachmesse		Dienstag, 5.5.2015, ab 19:45 	
24:00				

Mittwoch 6. Mai 2015

	Vorträge	Fachmesse	Fachexkursion und Rahmenprogramm	sonstige nicht öffentl.
08:00	Öffnung Tagungsbüro			
08:30	Öffnung Fachmesse			
09:00	Österreichische Geodätische Kommission			
Moderation	Univ.-Prof. Dr. Norbert Pfeifer			
	Flächenhafte Ansätze in der Ingenieurgeodäsie Univ.Prof. Dr.-Ing. Hans-Bernd Neuner/TU Wien			
	Precise Point Positioning und Möglichkeiten für präzise Echtzeit-Anwendungen Dipl.-Ing. Katrin Huber/TU Graz			
	Erdbeben - Auswirkungen auf geodätische Messungen Univ.Do. Dr. Wolfgang Lenhardt/ZAMG Wien			
	Kinematischer Ausgleich des Österreichischen Höhenetzes 1. Ordnung Dipl.-Ing. Philipp Mitterschiffthaler/BEV			
10:30	Pause			
11:00	Terra Visible			
Moderation	Dipl.-Ing. Peter Skaliki-Weichselberger			
11:15	OnlineDienste anstelle von Geodaten Univ.-Prof. Dr. Josef Strobl, Uni Salzburg			
11:45	Punktwolken, und was dann? Ein Ausblick in die Zukunft Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Fritsch, Uni Stuttgart			
12:00	Pause			
13:00	Terra Mobile			
Moderation	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Wunderlich			
14:00	„Fehlereinflüsse bei automatisierten Überwachungsmessungen mit Totalstationen“ Univ.-Prof. Dr. Werner Lienhart, TU Graz			
14:30	Ingenieurgeodäsie in Schnee und Eis-Hochpräzises Gletschermonitoring Univ.-Prof. Dr. Andreas Wieser, ETH Zürich			
15:00	Ortung im Indoorbereich mit Meter-Genauigkeit oder geodätischer Präzision?			
15:30	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Eichhorn, TU Darmstadt			
16:00	Meuterei des Denkens			
17:00	Hannes Treichl			
17:00	Hauptversammlung der OVG			
18:00	Prämierung „Interessantester und schönster Grenzstein“			
18:30	A3.1 Standparty Lernen Sie die Fachmesse im Casineum von einer anderen Seite kennen! Leica führt Jung und Alt musikalisch in eine weitere Dimension der ausgestellten Produkte. Mittwoch, 6.05.2015, 18:30 bis 24:00			
ab 23:00	Casineum - Versuch Dein Glück Die Casino AG lädt Sie zu einem „Spieleabend“ ein. Bitte beachten Sie, dass Sie zum Eintritt ins Casino einen Ausweis benötigen			

Besuchen Sie die Fachmesse
Machen Sie mit beim Messequiz

Flightzone 2 Strandbad

F3.1 Pyramidenkogel

R3.1 Pyramidenkogel

R3.2 Altstadtspaziergang in Klagenfurt

BEV - Grp A

OGK

BEV - FUA



Donnerstag 7. Mai 2015

	Vorträge	Fachmesse	Fachexkursion und Rahmenprogramm	
08:00	Öffnung Tagungsbüro			
08:30	Öffnung Fachmesse			
09:00	Der Sachverständige			
Moderation	Präsident Dr. Jürgen Schiller	Besuchen Sie die Fachmesse Machen Sie mit beim Messequiz	Flightzone 1 F41 Infineon Technologies R4.1 Schifffahrt am Wörthersee R4.2 Altstadtspaziergang in Villach	
09:00	Der Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen als Sachverständiger Präsident Dr. Jürgen Schiller			
09:30	Bauen ohne Grenzen versus grenzenloses Bauen? Die Haftung des Vermessers und anderer Beteiligter Dr. Georg Seebacher			
10:00	Bewertung von Liegenschaften Mag. Georg Hillinger			
10:30	Pause			
11:45	Honorierung von Vermessungsleistungen Dipl.-Ing. Thomas Auzinger			
12:15	„Warum die Befundaufnahme (k)eine Grenzverhandlung ist“ DI Rudolf Kolbe			
14:00	Praktikertag Der Kataster und seine Grenzen			
Moderation	Dr. Reinfried Mansberger			
	Die Grenzverhandlung in der Praxis der IKV DI Ursula Hasitschka, IKV Admont Grundablöse mit der DKM ? DI Martin Seebacher, Land Vorarlberg:			
15:10	Pause	Flightzone 1		
15:40	Wo stößt unser Katastersystem an unsere Grenzen ? DI Ernst Brandstötter, VA Steyr Grenzberichtigungsverfahren - Erfahrungen aus der gerichtlichen Praxis Mag. Ulrike Wallner, BG Klagenfurt			
16:30	Abschlussdiskussion			
17:00	„Pfiat Euch - Auf Wiedersehen in Steyr“			

Sonstige Fachveranstaltungen (nicht öffentlich)

S1.1 BAIK - Bundesfachgruppe	Montag, 12:00 - 18:00 Hubertushof
S2.1 GIS und Vermessungsexperten der Bundesländer	Dienstag, 14:00 - 16:00 Hotel Post
S3.1 BEV - Gruppe A	Mittwoch, 10:30-13:00 Hotel Post Sem 2
S3.2 OGK - Hauptversammlung	Mittwoch, 11:00-13:00 Hotel Post Sem 1
S3.3 BEV - Fachunterausschuss	Mittwoch, 12:00-16:00 Casino Hotel
S5.1 GKF - Hauptversammlung	Freitag, 9:00-13:00 Gemeindesaal





Beiträge der Geodäsie zur Beobachtung von Naturgefahren und globalen Veränderungen

Harald Schuh, Potsdam

Kurzfassung

Definition und Realisierung von präzisen und stabilen Referenzrahmen spielen eine wichtige Rolle in der modernen Geodäsie, da sie erforderlich sind, wenn wir Veränderungen auf der Erde wie die Plattentektonik oder den globalen Meeresspiegelanstieg erfassen möchten. Es wird eine Übersicht über die verschiedenen Naturgefahren und die Phänomene globaler Veränderung gegeben, die mittels geodätischer Verfahren beobachtet werden können. Verschiedene Messverfahren kommen abhängig vom räumlichen Maßstab zum Einsatz, von geodätischen Weltraumverfahren wie GNSS (globale Navigationssatellitensysteme), SLR (Laserentfernungsmessungen zu Satelliten), VLBI (Radiointerferometrie auf langen Basislinien) und DORIS (Bahnbestimmung von Satellitenbahnen mit Hilfe des Dopplereffekts von Radiosignalen) bis zu lokalen Messungen mit geodätischen Vermessungsinstrumenten. All diese Verfahren werden in GGOS (Global Geodetic Observing System), dem globalen Beobachtungssystem der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) kombiniert. Das Konzept dieses integrativen Unterfangens wird vorgestellt. Anhand von Fallbeispielen wird die essentielle Rolle präziser geodätischer Daten, genauer Analysemethoden und realistischer mathematischer und physikalischer Modelle gezeigt.

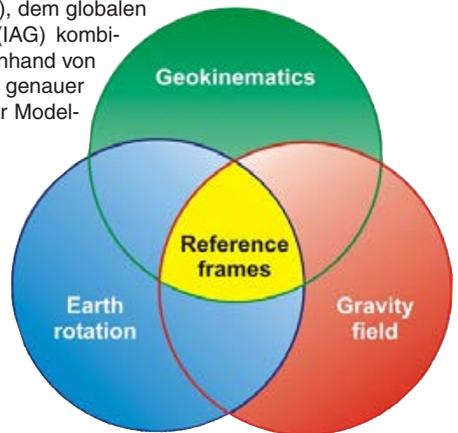


Abb. 1: Aufgaben der Geodäsie. Die Geodäsie beschäftigt sich mit der Ausmessung, Darstellung und Untersuchung der Geometrie, dem Schwerfeld und dem Rotationsverhalten der Erde. Stabile und genaue Referenzrahmen bilden dafür die Basis. (Bildquelle: www.iag-ggos.org)

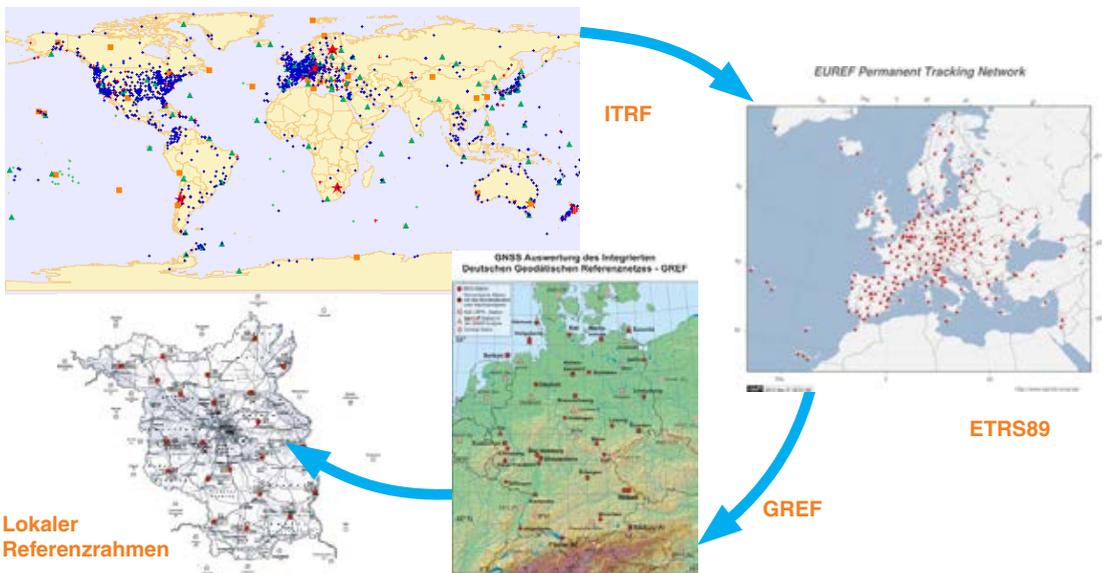


Abb. 2: Referenzrahmen. Geodätische Referenzrahmen werden durch Stationskoordinaten und deren zeitlichen Änderungen definiert. Je nach Anwendungszweck werden globale, kontinentale, länderspezifische oder lokale Referenzrahmen verwendet. (Bildquellen: itrf.ensg.ign.fr, www.epncb.oma.be, www.bkg.bund.de)

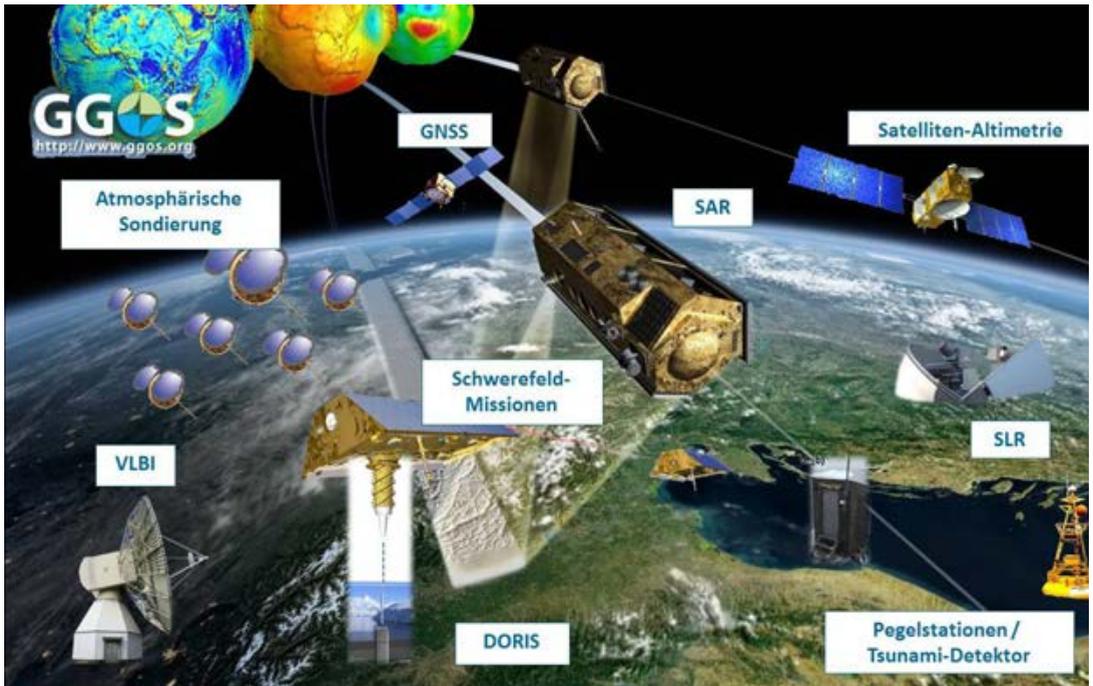


Abb. 3: Globales geodätisches Monitoring. Zu den Zielen des Global Geodetic Observing System (GGOS) der International Association of Geodesy (IAG) gehört neben der Bestimmung von Referenzrahmen und Parametern aus den drei fundamentalen Bereichen der Geodäsie auch hochaufgelöstes Monitoring über lange Zeiträume. Ein Grundprinzip von GGOS ist die Integration und Kombination der verschiedenen geodätischen Beobachtungstechniken. (Quelle: www.ggos.org)

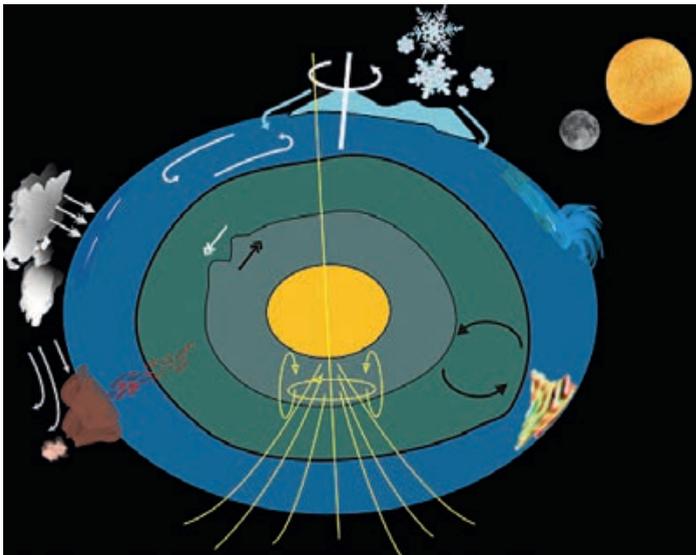


Abb. 4: Das System Erde. Bei der Bestimmung von geodätischen Parametern ist es wichtig, Effekte und Wechselwirkungen verschiedener Teilsysteme der Erde, wie etwa der Atmosphäre oder Hydrosphäre, zu berücksichtigen. Gleiches gilt für externe Einflüsse, verursacht zum Beispiel durch die Gravitation der Himmelskörper oder die Sonnenstrahlung. (Quelle: *Global Geodetic Observing System: Meeting the Requirements of a Global Society on a Changing Planet in 2020*, H.-P. Plag & M. Pearlman (eds.), Springer Berlin Heidelberg, 2009.)

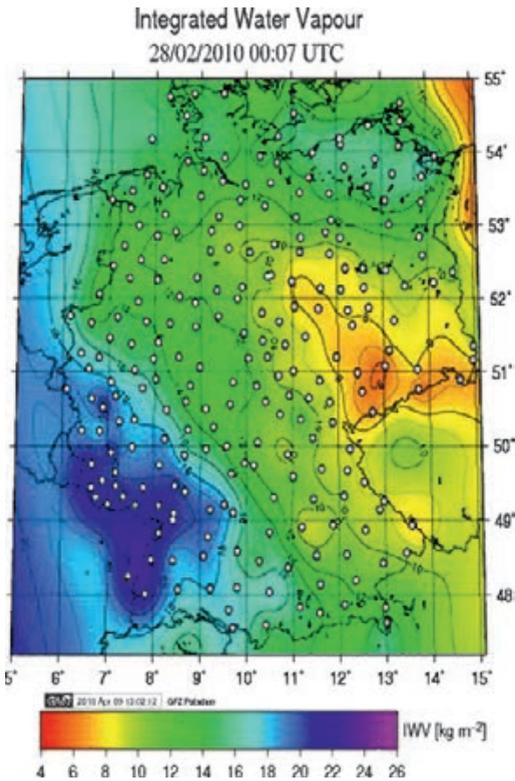


Abb. 5: Atmosphärenmonitoring. Der Einfluss der Atmosphäre ist eine der wichtigsten Korrekturgrößen in der Auswertung geodätischer Beobachtungstechniken. Umgekehrt können einzelne Eigenschaften der Atmosphäre, wie zum Beispiel der integrierte Wasserdampf (Integrated Water Vapour, IWV), bestimmt werden und die Erkenntnisse zur Verbesserung von Wettervorhersagen und Atmosphärenmodellen sowie zur Untersuchung von klimatischen Veränderungen verwendet werden. (Bildquelle: Jens Wickert, GFZ Potsdam)

Zusammenfassung

- Geodäsie liefert einen wichtigen Beitrag zum Verständnis von Klimaänderungen und Naturgefahren
- erfordert hochgenaues Monitoring, präzise Messdaten, stabile und zuverlässige globale und regionale Referenzrahmen
- auf allen zeitlichen und räumlichen Skalen
- Ergebnisse sind wichtig für eine Vielzahl von Nachbardisziplinen

Anschrift des Vortragenden

Prof. Dr. Dr. h.c. Harald Schuh, Direktor Department 1 ‚Geodäsie und Fernerkundung‘, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Telegrafenberg A17, 14473 Potsdam, Deutschland.
E-Mail: schuh@gfz-potsdam.de

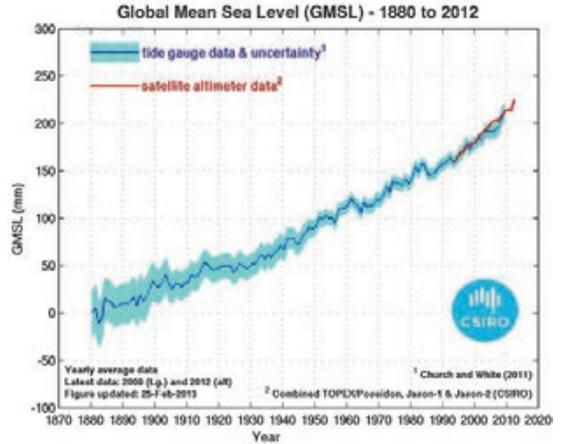


Abb. 6: Meeresspiegelanstieg. Eine weitere wichtige Kenngröße für klimatischen Studien ist der globale mittlere Meeresspiegel. Die Geodäsie liefert durch Satellitenaltimetrie-Beobachtungen und Pegelmessungen einen wichtigen Beitrag zur genauen Bestimmung des Meeresspiegels. Die Zunahme des Meeresspiegelanstiegs in den letzten 20 Jahren ist deutlich zu erkennen. (Bildquelle: www.cmar.csiro.au/sealevel/)

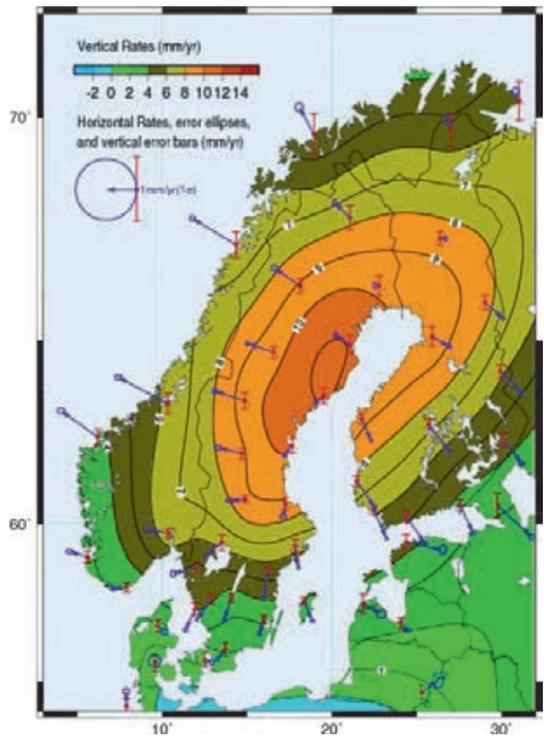


Abb. 7: Postglaziale Landhebung. Durch das Abschmelzen der Eismassen nach der letzten Eiszeit hebt sich heute noch das fennoskandinavische Gebiet. Die Hebungsrate sowie geringe horizontale Verschiebungen können durch geodätische Messungen millimetergenau erfasst werden. (Quelle: BIFROST, holt.oso.chalmers.se/hgs/Bifrost_01/)

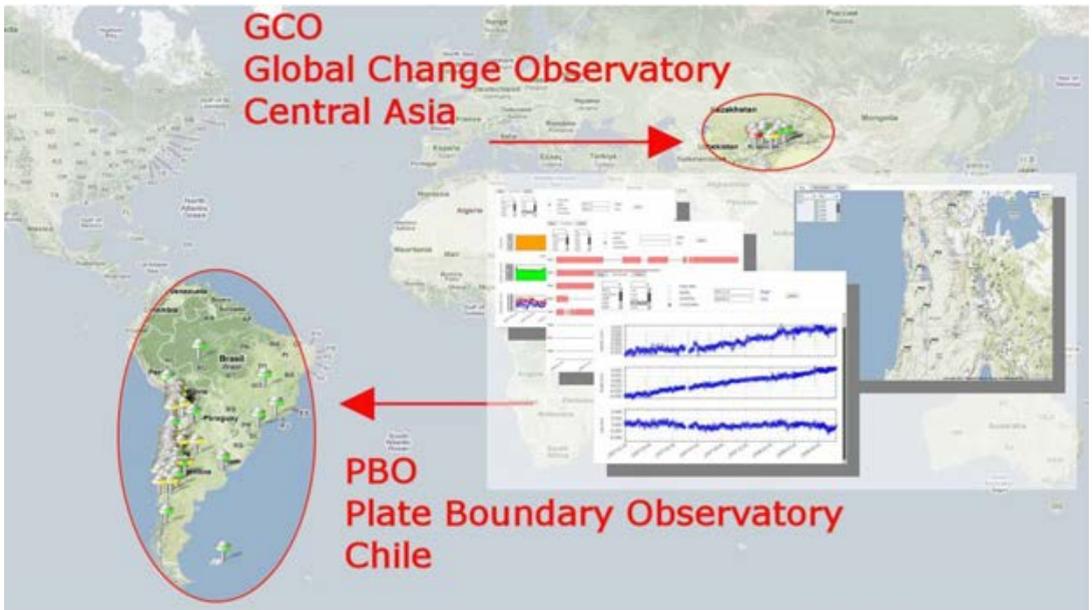


Abb. 8: Tektonisch aktive Gebiete. Starke Deformationen und Verschiebungen treten insbesondere am Rand von tektonischen Platten auf. Dichte Beobachtungsnetze helfen, diese oft von Erdbeben betroffenen Regionen in Echtzeit zu überwachen. (Quelle: IPOC, <https://kg3-dmz.gfz-potsdam.de/ipoc>)

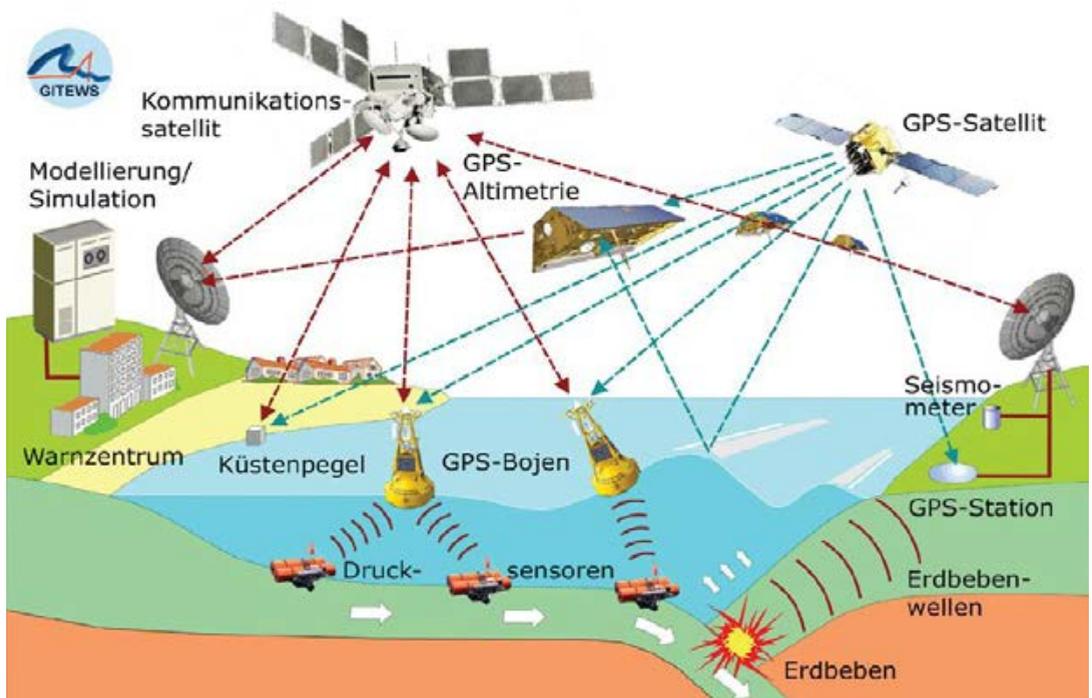


Abb. 9: Tsunami Frühwarnsysteme. Durch die Integration und Vernetzung verschiedener geodätischer Beobachtungsverfahren ist es möglich, die Bevölkerung rechtzeitig vor durch Erdbeben ausgelösten Tsunamis zu warnen. Ein solches Frühwarnsystem wurde zum Beispiel unter der Leitung des GFZ Potsdam erfolgreich in Indonesien umgesetzt. (Bildquelle: www.gitews.de)



Aktuelle und zukünftige Schwerefeldmissionen als wichtige Komponente des Globalen Geodätischen Beobachtungssystems (GGOS)

Roland Pail, München

Kurzfassung

Das Schwerefeld spiegelt die Massenverteilung und Massentransportprozesse im System Erde wider, die mit Veränderungsprozessen des globalen Wasserkreislaufs, dem Abschmelzen von Eismassen oder tektonischen Prozessen und Erdbeben in Zusammenhang stehen. Die kontinuierliche Beobachtung des Schwerefeldes stellt auch eine zentrale Komponente des Globalen Geodätischen Beobachtungssystems (GGOS) der International Association of Geodesy (IAG) dar. Neben dem Monitoring von globalen Massentransportprozessen spielt es auch für die Definition einer global einheitlichen physikalischen Höhen-Bezugsfläche sowie des globalen geodätischen Datums eine entscheidende Rolle. Die Satellitenmissionen der ersten Generation haben spektakuläre Resultate erzielt. Daraus resultiert die Notwendigkeit, die Zeitreihen auch in Zukunft fortzusetzen und ein nachhaltiges satellitengebundenes Schwerefeld-Beobachtungssystem zu installieren. Die ambitionierten Anforderungen an ein solches System müssen durch innovative Missionskonzepte, verbesserte Messtechnologien und neue Auswertestrategien erfüllt werden.

Schlüsselwörter: Erdschwerefeld, Massentransport, zukünftige Schwerefeldmission, Erdsystem, Globales Geodätisches Beobachtungssystem

Abstract

The gravity field reflects mass distribution and mass transport processes in the Earth system, which are related to variations of the global water cycle, the melting of ice masses, tectonic processes and earthquakes. The sustained observation of the Earth's gravity field is a central component of the Global Geodetic Observing System (GGOS) operated by the International Association of Geodesy (IAG). In addition to the monitoring of global mass transport processes it is important for the definition of a global unified height reference surface as well as the global geodetic datum. Spectacular science results could be achieved by satellite missions of the first generation. These measurement time series have to be continued by establishing a sustained satellite gravity observing system in the future. The ambitious requirements for such a system have to be met by means of innovative mission concepts, improved measurement techniques and new processing strategies.

Keywords: Earth gravity field, Mass transport, Future gravity mission, Earth system, Global Geodetic Observing System

1. Einleitung

Die erste Generation von Satellitenmissionen zur Beobachtung des globalen Schwerefeldes hat unsere Kenntnisse über Massenverteilungen und Massentransportprozesse im System Erde revolutioniert und wichtige Beiträge für viele geowissenschaftlichen Disziplinen erbracht. Die Mission GOCE (Gravity Field and Steady-state Ocean Circulation Explorer; Missionsdauer: 2009 bis 2013; Drinkwater et al. 2003) lieferte ein hoch auflösendes und global konsistentes Bild des statischen Erdschwerefeldes (Geoids) mit einer räumlichen Auflösung von 70–80 km. Wichtige Anwendungsfelder sind die globale Vereinheitlichung von Höhensystemen, die geophysikalische Modellierung der Lithosphäre und, in Kombination mit Ergebnissen der Satellitenaltimetrie, die Ableitung der globalen Ozeantopografie und geostropher Strömungsgeschwindigkeiten. Die Mission GRACE (Gravity Recovery And Climate

Experiment; Missionsdauer: seit 2002; Tapley et al. 2004) beobachtet aus dem Weltall zeitliche Schwerefeldvariationen, die von Prozessen des globalen Wasserkreislaufs, dem Abschmelzen von Eismassen, ozeanischer Tiefenzirkulation oder starker Erdbeben verursacht werden.

Satelliten-Schwerefeldmissionen sind, neben dem Bodennetzwerk und geodätischen Raumverfahren, integraler Bestandteil der GGOS-Infrastruktur. Verglichen mit den anderen beiden GGOS-Grundpfeilern Geometrie/Kinematik und Erdrotation ist die Komponente Schwerefeld auch nach der überaus erfolgreichen Realisierung der Missionen der ersten Generation, CHAMP (Challenging Minisatellite Payload; Reigber et al. 2002), GRACE und GOCE, noch am weitesten von den ambitionierten GGOS 2020-Zielen (Plag & Pearlman 2009) entfernt. Im GGOS-Kontext spielen Schwerefeldbeobachtungen nicht nur zur Ableitung globaler und regionaler Massen-

veränderungsprozesse eine Rolle, sondern auch für die Definition von physikalischen Höhensystemen und über die niedrigen harmonischen Koeffizienten auch zur Datumsdefinition terrestrischer Bezugsrahmen (Maßstab, Ursprung, Orientierung).

Über die bereits gesicherte GRACE Follow-On-Mission (geplanter Start 2017) hinaus soll eine nachhaltige Beobachtung des Schwerfeldes aus dem Weltraum als Teil der GGOS-Infrastruktur sichergestellt werden, da lange Beobachtungszeitreihen eine Grundvoraussetzung sind, um beispielsweise natürliche von anthropogen verursachten Effekten der Klimaveränderung gesichert zu trennen und robuste Trends abzuleiten. Basierend auf wissenschaftlichen und Nutzeranforderungen werden zukünftige Missionskonzepte und neue Technologien entwickelt, um die räumliche und zeitliche Auflösung weiter zu erhöhen.

2. Das globale Schwerfeld und aktuelle Missionskonzepte

Das globale Gravitationsfeld der Erde V wird üblicherweise als harmonische Reihenentwicklung in sphärischen Koordinaten (Radius r , geographische Ko-Breite ϑ und Länge λ) parametrisiert:

$$V(r, \vartheta, \lambda) = \frac{GM}{R} \sum_{n=0}^L \left(\frac{R}{r} \right)^{n+1} \cdot \sum_{m=-n}^n \bar{P}_{nm}(\cos \vartheta) [\bar{C}_{nm} \cos(m\lambda) + \bar{S}_{nm} \sin(m\lambda)] \quad (1)$$

wobei G die Gravitationskonstante, M und R die Erdmasse und den Referenzradius der Erde, \bar{P}_{nm} die vollständig normierten Legendre-Polynome von Grad n und Ordnung m , und $\{\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}\}$ die zugehörigen Koeffizienten darstellen. Ziel der Schwerfeldmodellierung ist es, die Koeffizienten der Reihenentwicklung $\{\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}\}$ sowie zugehörige Genauigkeitsinformation bis zu einem maximalen Grad der Reihenentwicklung L bestmöglich aus den Satellitenbeobachtungen zu schätzen. Letztere sind Funktionale des Gravitationspotentials V .

Bislang wurden mit den drei Satellitenmissionen CHAMP, GRACE und GOCE (Abbildung 1) drei unterschiedliche Messkonzepte realisiert:

1. Beobachtung von Bahnstörungen niedrigfliegender Satelliten (Low Earth Orbiters; LEOs) aufgrund variabler gravitativer Anziehung, mittels globaler Positionierungs- und Navigationssysteme wie beispielsweise das Global Positioning System (GPS). Dabei werden Genau-

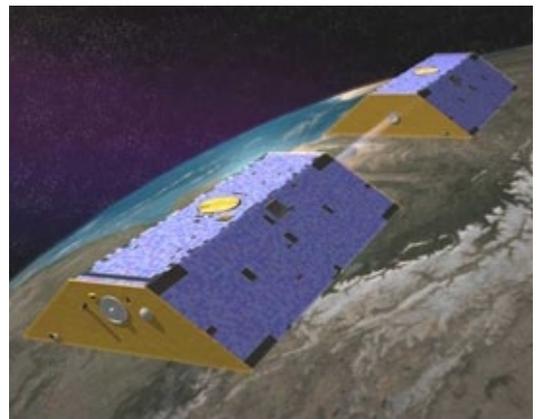


Abb. 1: Satellitenschwerfeldmissionen der ersten Generation: CHAMP (links), GRACE (Mitte) und GOCE (rechts)

igkeiten von 2–3 cm erzielt (Bock et al. 2011). Nicht-gravitative auf den Satelliten wirkende Kräfte werden von hochpräzisen Beschleunigungssensoren gemessen und im Rahmen der Schwerfeldmodellierung korrigiert. Dieses Prinzip der Distanzmessung zwischen LEOs

und hoch-fliegenden GPS-Satelliten (satellite-to-satellite tracking in high-low mode; SST-hl) wurde bei allen drei Missionen CHAMP, GRACE und GOCE realisiert und ist das primäre Messkonzept von CHAMP.

2. Beobachtungen von Bahndifferenzen und deren zeitlicher Änderung zwischen zwei LEO-Satelliten. Dieses Konzept der Intersatelliten-Distanzmessung (satellite-to-satellite tracking in low-low mode; SST-II) ist in der GRACE-Mission realisiert. Diese besteht aus zwei baugleichen Satelliten, die auf derselben Bahn in einem Abstand von ca. 200 km die Erde umkreisen. Die hochpräzise Distanzmessung wird mittels eines K-Band-Mikrowellensystems mit Mikrometer-Genauigkeit durchgeführt und soll in zukünftigen Missionen wie GRACE Follow-On durch Laserinterferometrie ersetzt werden, um die Genauigkeit weiter zu steigern.

3. Beobachtung von Beschleunigungsdifferenzen auf sehr kurzen Basislinien (Satellitengradiometrie; SGG), die in sehr guter Näherung zweite Ableitungen des Gravitationspotentials V in alle drei Raumrichtungen darstellen. Dieses Konzept wurde bei der GOCE-Mission erstmals eingesetzt.

An dieser Stelle sollte erwähnt werden, dass ausschließlich mittels des SGG-Konzepts direkte Funktionale des Gravitationspotentials V gemessen werden, während Bahnstörungen und Bahndifferenzen zunächst rein geometrische Größen darstellen, die nur indirekt vom zugrunde liegenden Schwerefeld abhängen.

Die erreichbare Schwerefeldgenauigkeit von Satellitenschwerefeldmissionen hängt im Wesentlichen von der Beobachtungstechnik und der Bahnhöhe des Satelliten ab. Abbildung 2 zeigt Leistungskurven der unterschiedlichen Beobachtungstechniken in Abhängigkeit des harmonischen Grades n und damit der räumlichen Wellenlänge λ , gemäß $\lambda = 20000 \text{ km}/n$. Als Referenz stellt die schwarze Kurve das Schwerefeldsignal selbst dar. Die Kreuzungspunkte der bunten Fehlerkurven mit der schwarzen Signalkurve markieren, bei welchem harmonischen Grad das Signal-zu-Rauschverhältnis gleich '1' ist.

Aus der Bahninformation (SST-hl; hellblaue Kurve) können nur die langwelligen Schwerefeldsignale bestimmt werden. Die rote Kurve gibt die aktuelle Leistungsfähigkeit von GRACE wieder, basierend auf dem aktuellen Modell ITSG-Grace2014 (Mayer-Gürr et al. 2014). Verglichen mit CHAMP liefert GRACE eine signifikant gesteigerte Genauigkeit in den niedrigen bis mittleren Graden sowie eine höhere räumliche Auflösung.

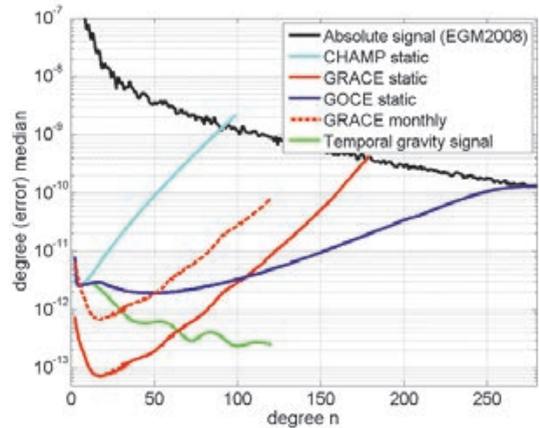


Abb. 2: Absolutes Schwerefeldsignal und Genauigkeiten der unterschiedlichen Beobachtungskonzepte als Funktion des harmonischen Grades n (räumliche Wellenlänge), ausgedrückt als Grad-(Fehler-)Median

gerte Genauigkeit in den niedrigen bis mittleren Graden sowie eine höhere räumliche Auflösung. Mittels GRACE können auch Zeitvariationen des Schwerefeldes gemessen werden. Die rot gestrichelte Kurve markiert eine typisch erzielbare Genauigkeit einer monatlichen GRACE-Schwerefeldlösung, und die grüne Kurve spiegelt die Amplitude eines typischen zeitvariablen Signals wider. Offensichtlich können nur die langwelligen Komponenten des zeitvariablen Schwerefeldsignals mittels GRACE vermessen werden.

Die blaue Kurve zeigt die Genauigkeit des aktuellen GOCE-Schwerefeldmodells EGM-TIM_RL05 (Brockmann et al. 2014), das auf den Daten der gesamten Mission beruht. Die Messung zweiter Ableitungen ermöglicht eine Bestimmung auch von höherfrequenten Schwerefeldsignalen bis zu 70–80 km Wellenlänge. Unterhalb des harmonischen Grades $n = 100$ zeigt jedoch GRACE aufgrund seines SST-II-Prinzips eine bessere Performance als GOCE. Dies illustriert, warum SST-II das bevorzugte Messprinzip zur Bestimmung des zeitvariablen Anteils des Schwerefeldes ist, während mit GOCE global hochauflösende statische Schwerefeldinformationen zur Verfügung gestellt wurde.

3. Anwendungsfelder und ausgewählte Anwendungen aktueller Schwerefeldmissionen

3.1 GRACE – zeitvariables Schwerefeld

Mittels Analyse der GRACE-Daten konnten spektakuläre Forschungsergebnisse erzielt werden. Zum ersten Mal konnte gesichert der Eismassenverlust in Grönland und der Antarktis

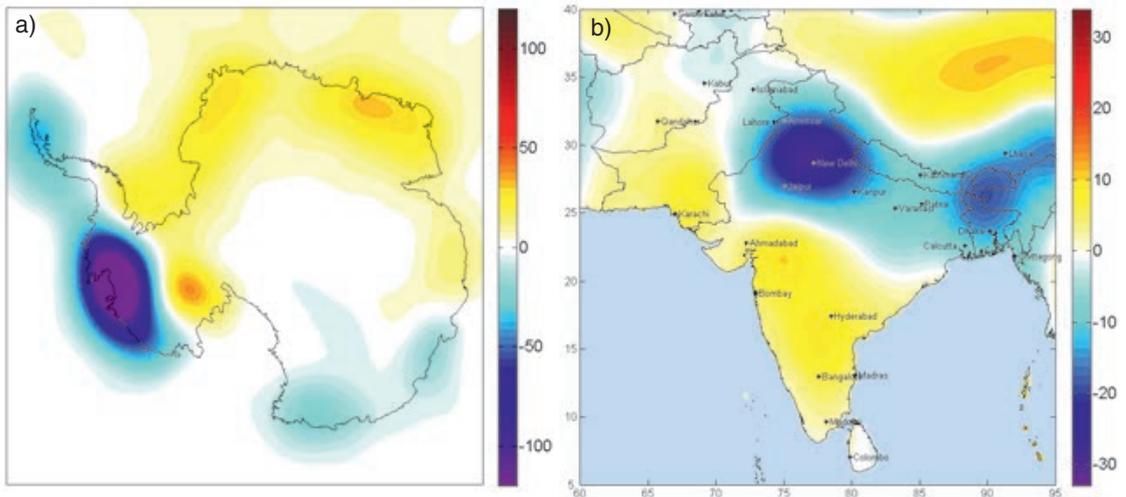


Abb. 3: (a) Eismassentrends [in mm äquivalenter Wasserhöhe pro Jahr] in der Antarktis; (b) Grundwasserabsenkung in Nordindien; basierend auf dem zeitvariablen Schwerefeldmodell GFZ RL05 (Dahle et al., 2012)

nachgewiesen und quantifiziert werden (ca. 270 Gt/Jahr in Grönland, und ca. 60 Gt/Jahr in der Antarktis) (Sheperd et al. 2012). Aktuelle Forschung beschäftigt sich mit der Frage, ob diese Trends sogar beschleunigt ablaufen (Velicogna et al. 2014). Abbildung 3a zeigt beispielhaft Eismassentrends in der Antarktis.

GRACE hat ebenfalls erstmals Beobachtungen jahreszeitlicher und langfristiger Veränderungen der Wasserspeicherung für regionale Einzugsgebiete geliefert. Dies ermöglicht, durch den globalen Wasserkreislauf verursachte Wasserflüsse direkt zu beobachten und hilft, die kontinentale Wasserbilanz auf großen bis mittleren Skalen zu schließen. GRACE ermöglichte es auch, die Auswirkungen von Extremereignissen wie Dürren oder Fluten zu beobachten. Ebenfalls konnten für andere Beobachtungsverfahren, wie z.B. Fernerkundungstechniken, unzugängliche Grundwasseränderungen detektiert werden. Beispielsweise zeigt Abbildung 3b eine anthropogen verursachte Grundwasserabsenkung in Nordindien (Tiwari et al., 2009; Fig. 3b), die aus exzessiver Entnahme nicht erneuerbarer Trinkwasserreserven in dieser Region resultiert.

Der globale mittlere Meeresspiegelanstieg von ca. 3 mm/Jahr wird zum einen von thermischer Ausdehnung aufgrund von globaler Erwärmung, und zum anderen durch zusätzlichen Masseintrag von schmelzenden Eisschilden, Eiskappen und Gletschern verursacht. Da gravimetrische Verfahren nur sensitiv für Masseveränderungen sind, erlauben sie, den Massebeitrag, der ca. 2 mm/Jahr beträgt, vom Volumeneffekt (ca.

1 mm/Jahr) zu trennen. Außerdem konnten Masseänderungen verursacht durch große Erdbeben (Magnitude > 8.4) gravimetrisch gemessen werden, wie z.B. die Erdbeben in Sumatra (2004), Chile (2010) und Japan (2011) (Han et al., 2011). Diese Messungen stellen wichtige Randbedingungen für die physikalische Modellierung von Erdbebenmechanismen dar.

Neben der limitierten räumlichen Auflösung von 200–500 km (je nach Signalstärke, Signalperiode und geographischer Breite) beschränkt vor allem zeitliches Aliasing hochfrequenter Schwerefeldvariationen, deren Periode kürzer ist als die zeitliche Auflösung der Satellitenmission (Woche bis Monat) die Leistungsfähigkeit von GRACE. Solche kurzperiodischen Massenvariationen werden beispielsweise von Ozeangezeiten mit halbtäglichen und täglichen Hauptperioden verursacht, aber auch von hochfrequenten Variationen in der Atmosphäre. Daraus resultieren typische Streifenmuster („striping“) in den Schwerefeldlösungen (Abb. 8 links). Diese Artefakte können zwar durch zusätzliche Filterung reduziert werden, damit geht aber auch der hochfrequente Signalinhalt verloren.

3.2 GOCE – statisches Schwerefeld

GOCE lieferte hochgenaue, global homogene statische Schwerefeldinformation mit räumlichen Wellenlängen bis 70–80 km (Brockmann et al. 2014). Die erzielte Genauigkeit beträgt ca. 2 cm in Geoidhöhe und ca. 0.7 mGal in Schwereanomalien bei einer räumlichen Wellenlänge von 100 km (Grad 200).

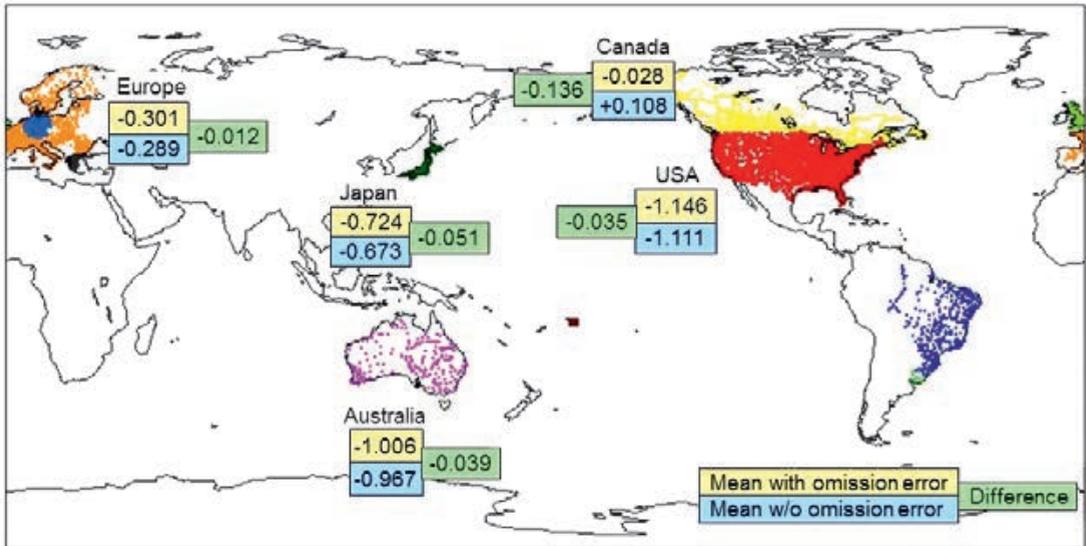


Abb. 4: Schätzung der Höhensystem-Offsets [m] als Differenzen zwischen Geoidhöhen aus GPS-Nivellement und gerechnet auf Basis des GOCE-Schwerfeldmodells GOCE-TIM-R5 bis Grad 200 (100 km räumliche Wellenlänge), mit (gelb) und ohne (blau) Abbruchfehler.

Diese statischen Satellitenschwerfeldmodelle liefern die global konsistente physikalische Referenzfläche des Geoids, die eine globale Vereinheitlichung von Höhensystemen und einen Höhentransfer sogar über Ozeane hinweg ermöglichen (Rummel 2013). In naher Zukunft wird damit das aufwändige und teure Höhenübertragungsverfahren des Präzisionsnivellements ersetzt werden durch die Bestimmung physikalischer Höhen (orthometrische oder Normalhöhen) als Differenz von mittels GNSS-Langzeitbeobachtung ermittelten ellipsoidischen Höhen und hochgenauer Geoid/Quasigeoid-Information („GNSS-Nivellement“).

Abbildung 4 zeigt exemplarisch geschätzte Offsets zwischen nationalen/regionalen Höhensystemen als Differenz zwischen Geoidhöhen aus GNSS-Nivellement und jenen basierend auf dem globalen GOCE-Modell GOCE-TIM-R5 (Brockmann et al. 2014). Aufgrund der Abnahme des Schwerfeldsignals mit der Flughöhe sind Satellitenmodelle jedoch spektral limitiert („omission error“). Die Werte in den gelben Kästen beinhalten diesen Abbruchfehler, während der Abbruchfehler in den blauen Kästen durch terrestrische Zusatzinformation korrigiert wurde.

Um eine Vereinheitlichung von Höhensystemen auf Zentimeter-Niveau durchführen zu können, ist daher eine Kombination mit terrestrischen Daten, die auch die hochfrequenten Signalanteile enthalten, erforderlich. Allein ba-

sierend auf Satellitendaten ist eine solche mit Genauigkeiten im Dezimeter-Bereich realisierbar, was aber insbesondere für Entwicklungs- und Schwellenländer mit mangelhafter oder gänzlich fehlender geodätischer Infrastruktur einen großen Gewinn darstellt.

Die Anwendung ähnlicher Konzepte über den Ozeanen resultiert in der Bestimmung der mittleren dynamischen Topografie (MDT), welche die Differenz der geometrischen Ozeanoberfläche gemessen mittels Satellitenaltimetrie und dem Geoid darstellt. Als Horizontalableitung der MDT können geostrophe Geschwindigkeiten von Ozeanströmungen bestimmt werden (Bingham et al. 2011, Knudsen et al. 2011). Abbildung 5 zeigt globale Strömungsgeschwindigkeiten basierend auf GOCE-Schwerfeldinformation (Rio et al. 2014). Als Beispiel sei hier der Golfstrom genannt, der im Golf von Mexiko beginnt, warme Wassermassen über den Nordatlantik hinweg und entlang der europäischen Westküste weit in den Norden befördert und damit für eine Erhöhung der jährlichen Durchschnittstemperatur in Europa von 4–5°C sorgt. Generell ist es damit heute möglich, rein aus einer Kombination geodätischer Verfahren wichtige Information über die globale Ozeanzirkulation abzuleiten.

GOCE-Schwerfeldmodelle werden auch als Randbedingung für die Inversion von lithosphärischen Dichtemodellen (Hosse et al. 2014), zur Ableitung der Moho-Tiefe (van der Meijde et al.

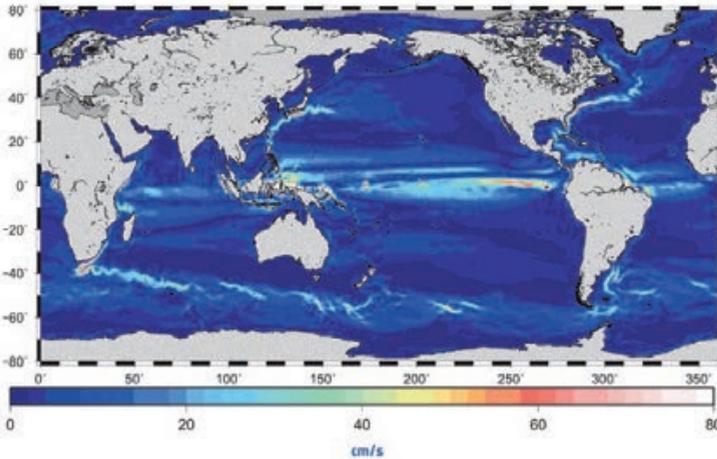


Abb. 5: Geostrophe Ozeanströmungsgeschwindigkeiten basierend auf GOCE-Daten (Rio et al. 2014)

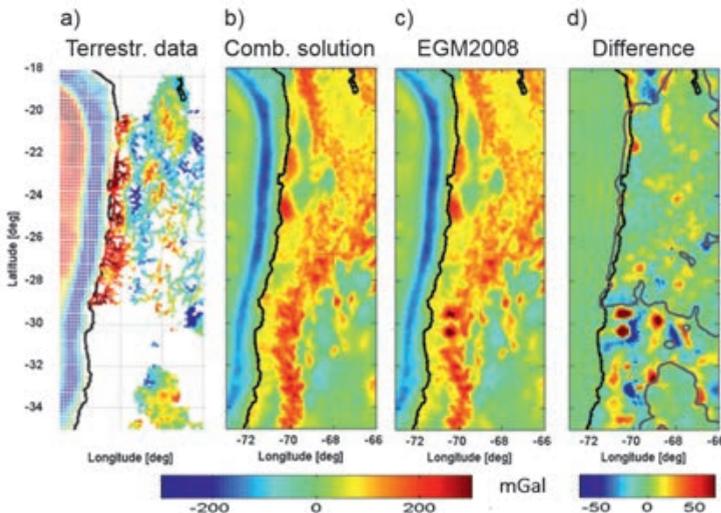


Abb. 6: Freiluft-Schwereanomalien [Gal]: a) terrestrische Schwere-Datenbasis; b) kombiniertes regionales Schwerfeldmodell; c) EGM2008; d) Differenzen zwischen a und b; nach Hosse et al. (2014), modifiziert.

2013, Sampietro et al. 2014) und zur Exploration tektonischer Strukturen über Kontinente hinweg (Braitenberg 2014) verwendet. In Hosse et al. (2014) wurde ein kombiniertes regionales Schwerfeldmodell aus GOCE, GRACE und terrestrischen Daten (Abbildung 6a) zur geophysikalischen Modellierung der aktiven Subduktionszone in der Anden-Region berechnet. Verglichen mit früheren pre-GOCE-Modellen wie EGM2008 (Pavlis et al. 2012; Abb. 56) zeigt die neue regionale Kombinationslösung (Abbildung 6b) signifikante Differenzen (Abbildung 6d) vor allem in Regionen mit unzureichender Datenbasis. Dies zeigt klar den Beitrag von GOCE spe-

ziell in diesen Regionen sowie zur Identifizierung fehlerhafter terrestrischer Daten.

4. Zukünftige Schwerfeldmissionen

Die Realisierung zukünftiger Schwerfeldmissionen mit signifikant verbesserter Genauigkeit ist nicht nur eine Grundvoraussetzung, um die GGOS-Ziele im Bereich Schwerfeld erfüllen zu können. Vielmehr besteht ein großer Bedarf zahlreicher Nutzer, das Schwerfeld der Erde und dessen Veränderungen mittels nachhaltiger Satelliten-Infrastruktur permanent zu beobachten, da Satellitenmissionen die einzige verfügbare Beobachtungstechnik sind, um Massentransportprozesse im System Erde direkt zu erfassen.

4.1 Grenzen aktueller Schwerfeldmissionen

Trotz oder gerade wegen der mittels der ersten Generation an Satellitenmissionen erzielten spektakulären Ergebnisse muss es Ziel sein, die aktuellen Limitierungen durch neue Missionskonzepte und verbesserte Messtechnologie zu überwinden. Aufgrund der begrenzten erzielbaren räumlichen Auflösung von 200–500 km können heute weltweit nur ca. 10% aller hydrologischen Einzugsgebiete umfassend erfasst werden, und nicht einmal die größten Ausflussgletscher von Eisschilden können räumlich aufgelöst werden. Außerdem können aufgrund der begrenzten räumlichen Auflösung einander überlagernde Massensignale nicht hinreichend gut separiert werden, was zu Fehlinterpretationen führen kann. So ist z.B. der Effekt der postglazialen Landhebung (GIA) die größte Fehlerquelle bei der Schätzung der grönländischen Eismassenbilanz. Im Bereich der Ozeane wäre eine höhere räumliche Auflösung, verknüpft mit einer verbesserten Messgenauigkeit, erforderlich, um die Variabilität der wichtigsten Treiber der Ozeanzirkulation zu beobachten. Ebenfalls aufgrund der limitierten Messgenauigkeit können

heute nur die größten Erdbeben mit Magnituden größer als 8.4 erfasst werden.

Zahlreiche Anwendungen leiden derzeit auch unter der beschränkten Länge der Beobachtungszeitreihe. Eine Periode von mindestens 30 Jahren wäre erforderlich, um natürliche von anthropogen verursachten Effekten zu trennen und Trends robust schätzen zu können. Letztlich erschweren die beschränkte räumliche und vor allem auch zeitliche Auflösung sowie relative lange Bereitstellungszeiten, Schwerefeldprodukte für zahlreiche gesellschaftlich relevante Anwendungen und Services operativ zu nutzen.

4.2 Anforderungen an ein zukünftiges satellitenbasiertes Schwerefeld-Beobachtungssystem

Die Anforderungen an eine zukünftige Schwerefeld-Satelliteninfrastruktur umfassen somit eine nachhaltige und lückenlose Langzeitbeobachtung mit höherer Genauigkeit, verbesserter räumlicher und zeitlicher Auflösung und kurzen Bereitstellungszeiten der Schwerefeldprodukte.

Im Rahmen einer koordinierten internationalen Initiative unter Beteiligung der International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) und des GGOS der IAG wurden von einer internationalen Expertengruppe Nutzeranforderungen für eine solche nachhaltige Satelliten-Infrastruktur für die zentralen Anwendungsfelder kontinentale Hydrologie, Kryosphäre, Ozean, Geophysik sowie übergreifende Themen definiert.

Neben rein wissenschaftlichen Fragestellungen stehen immer mehr Anwendungen mit klarem gesellschaftlichem Nutzen im Vordergrund. Abbildung 7 gibt einen Überblick über die zentralen wissenschaftlichen (gelb) und gesellschaftlich relevanten (blau) Themenfelder.

Zentrale wissenschaftliche Ziele sind unter anderem das Schließen der globalen Wasserbilanz auf Skalen bis zu 150–200 km, die robuste Schätzung der Eismassenbilanz für einzelne Einzugsgebiete auf Zeitskalen von Monaten bis zu Jahrzehnten, die Erfassung der Variation der globalen Ozeanzirkulation und des Massen- und Wärmetransports zumindest auf regionalen Skalen, die Trennung von Massen- und Volumenanteilen des globalen und regionalen Meeresspiegelanstiegs, die Erfassung von Erdbeben mit Magnituden größer als 7, die Signaltrennung von tektonischen, GIA-, hydrologischen und kryosphärischen Masseneffekten, und die Trennung von natürlichen und vom Menschen verursach-

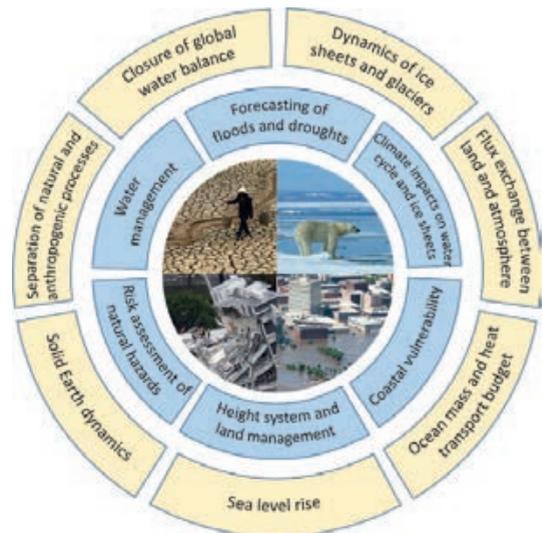


Abb. 7: Wissenschaftliche (gelb) und gesellschaftlich relevante (blau) Anwendungen und Fragestellungen eines nachhaltigen Schwerefeldsatelliten-Beobachtungssystems

ten Beiträgen zum Klimawandel auf regionalen Skalen.

Daneben sollte Satellitengravimetrie mittelfristig als ein nachhaltiges Beobachtungssystem etabliert werden, dessen Produkte in operationelle Modellierungs- und Vorhersagesysteme eingespeist werden. Wenn hohe zeitliche Auflösung und kurze Bereitstellungszeiten sichergestellt sind, können signifikante Beiträge zum Wassermanagement, zur operationellen Vorhersage von Flut- und Dürreereignissen oder Risikomanagement hinsichtlich Naturgefahren geleistet werden. Das Verständnis der Dynamik des regionalen Meeresspiegels ist Grundvoraussetzung zur Abschätzung des Gefährdungspotentials an den Küsten. Das verbesserte Verständnis von Klimaeinflüssen auf kontinentale Hydrologie, Eismassen, Ozeane und Atmosphäre wird kurz- bis mittelfristige Klimaprognosen signifikant unterstützen.

Daraus ergeben sich folgende Anforderungen:

- nachhaltige und lückenlose Beobachtung von Massentransportprozessen mittels geeigneter Satelliten-Infrastruktur mit
- signifikant verbesserter Genauigkeit von 1–2 Zehnerpotenzen relativ zur aktuellen Situation,
- verbesserter räumlicher Auflösung von mindestens 100 km,
- verbesserter zeitlicher Auflösung von wenigen Tagen, und

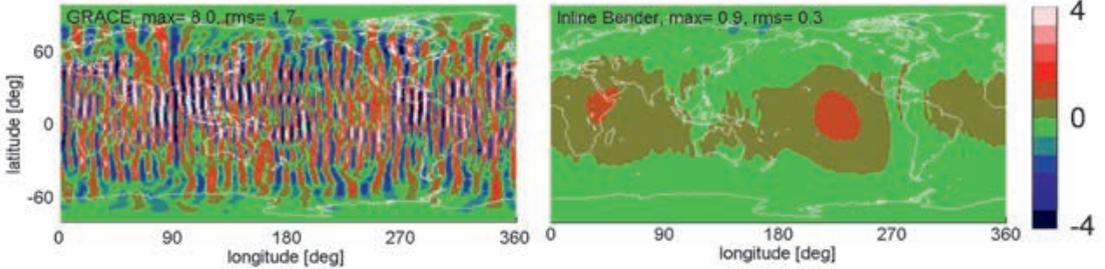


Abb. 8: Typische Fehlerstruktur einer GRACE-ähnlichen Einzelpaar-Mission (links) und einer Doppelpaarmission in Bender-Konfiguration (rechts)

■ kurzen Bereitstellungszeiten von Produkten.

Mittelfristig sollten Satelliten-Schwerefeldbeobachtungen mit komplementärer Information kombiniert und in physikalische Erdsystemmodelle assimiliert werden.

4.3 Zukünftiges Verbesserungspotential

Diese Verbesserungen können erreicht werden durch

A) Neue Messtechnologien

Bei GRACE Follow-On wird neben der Inter satelliten-Distanzmessung mittels K-Band-Mikrowellensystem erstmals Laserinterferometrie als Demonstrator eingesetzt. Damit kann die Distanzmessgenauigkeit zumindest um einen Faktor von 10 gesteigert werden. Daneben werden völlig neuartige Konzepte wie Cold Atom-Gradiometrie (Carraz et al. 2014) oder Schwerfeldmessung mittels optischer Uhren entwickelt, deren praktische Umsetzbarkeit allerdings erst in entfernterer Zukunft realistisch ist.

B) Satellitenkonstellationen und -formationen

Durch den Einsatz mehrerer Satelliten oder Satellitenpaare kann gleichzeitig die räumliche und zeitliche Auflösung erhöht werden. Abbildung 8 zeigt exemplarisch die Reduktion von Aliasing-Effekten durch die Ergänzung eines polaren Paares durch ein zweites Satellitenpaar, das idealerweise eine Inklination von 65–70° aufweist („Bender-Konfiguration“). Während Abbildung 8 links das typische GRACE-Fehlerverhalten des „Stripings“ zeigt, können diese Artefakte durch ein zweites Satellitenpaar in Bender-Konfiguration (Abbildung 8 rechts) signifikant reduziert werden.

Durch geeignete Bahnwahl sowie Orbithöhe und Wiederholperiode können unterschiedliche Missionsziele optimiert werden. Abbildung 9 zeigt beispielsweise die Leistungsfähigkeit einer Doppelpaarmission für unterschiedliche geogra-

phische Breiten in Abhängigkeit der Inklination des zweiten Satellitenpaares. Während im Äquatorialbereich durch eine stärker inklinierte Bahn eine bessere Beobachtungsgeometrie und damit auch leicht bessere Schwerfeld-Genauigkeiten erzielt werden können, werden in einer solchen Konstellation die Polregionen nur von einem der beiden Paare besucht, sodass stark inklinierte Orbits für Eisanwendungen nicht empfehlenswert sind.

In Murböck et al. (2014) konnte überdies gezeigt werden, dass Aliasingeffekte auch durch Wahl einer geeigneten Bahnhöhe signifikant reduziert oder zumindest in den Bereich höherer harmonischer Grade migriert werden können. Damit müssen Schwerfeldlösungen a posteriori weniger stark gefiltert werden.

C) Verbesserte Prozessierungstechniken

Aktuelle zeitvariable Schwerfeldlösungen werden üblicherweise als monatliche Mittelwerte zur Verfügung gestellt. Doppelpaar- oder

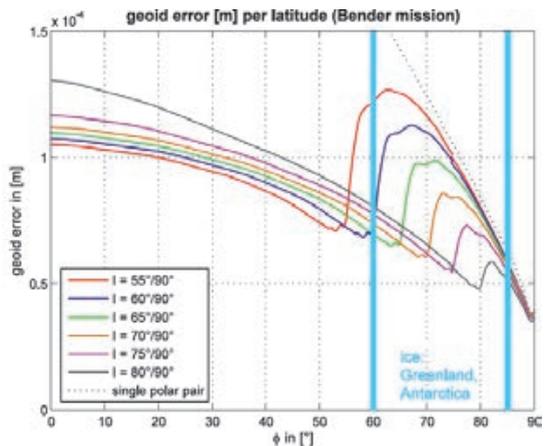


Abb. 9: Erzielbare Schwerfeldgenauigkeiten einer Doppelpaar-Mission in Abhängigkeit der Bahninklination des zweiten Satellitenpaares; das erste Paar hat hier stets einen polaren Orbit (aus: Gruber et al. 2014)

gar Multipaarkonfigurationen bieten aber die Möglichkeit, innovative Methoden zur besseren raum-zeitlichen Modellierung zu entwickeln und anzuwenden. Ziel muss es sein, so viel Signal wie möglich in möglichst kurzen Perioden zu schätzen (Wiese et al. 2009). Die Erhöhung der zeitlichen Auflösung ist nicht nur interessant für zahlreiche Anwendungen, sondern hilft auch zur Reduktion von Aliasing-Effekten, da hochfrequente Signale nun parametrisiert werden, anstelle sich als systematische Fehler in der Lösung abzubilden.

4.4 Missionsvorschläge

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Vorschläge für zukünftige Satelliten-Schwerefeldmissionskonzepte entwickelt. Im Rahmen der Earth Explorer 8 Ausschreibung der Europäischen Weltraumbehörde ESA wurde der Missionsvorschlag e.motion eingereicht (Panet et al. 2013). Dieser basierte auf einer Einzelpaarmission mit einem sogenannten Pendelorbit. Dabei bewegt sich durch geeignete Bahnwahl der zweite Satellit wie ein Pendel relativ zum ersten, sodass zusätzlich die Querkomponente der Intersatelliten-Distanz gemessen werden kann, was zu einer Verringerung des „Striping“-Effekts führt. Dieser Missionsvorschlag war zwar nicht erfolgreich, kann jedoch in mehrfacher Hinsicht als Meilenstein und Basis für weiterführende Initiativen gesehen werden.

Eine solche ist die Vorbereitung auf die ESA-Ausschreibung einer Earth Explorer 9 Mission. Im Rahmen eines nationalen deutschen Projekts, gefördert durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), wurde ein Missionsszenario entwickelt, das auf einer Bender-Konfiguration beruht. Im Zuge dieses Projekts wurden Nutzer- und Missionsanforderungen definiert, die technische Machbarkeit analysiert sowie realistische numerische Missionssimulationen durchgeführt (Gruber et al. 2014).

Die Installierung eines nachhaltigen Satellitenschwerefeld-Beobachtungssystems wird aus Kostengründen vermutlich nur durch Kooperation internationaler Weltraumorganisationen möglich sein. Bestrebungen in diese Richtung sind bereits im Gange. Die Definition von zugehörigen Nutzeranforderungen, wie sie in Kapitel 4.2 adressiert wurden, stellen dazu eine wichtige flankierende Maßnahme dar, um die Notwendigkeit und den Mehrwert eines solchen Systems für ein verbessertes Verständnis unseres dynamischen Systems Erde, von klimarelevanten Prozessen

und der Bedienung zahlreicher gesellschaftsrelevanter Anwendungen festzustellen.

5. Schlussfolgerungen

Aus den wissenschaftlichen Erfolgen der ersten Generation der Satellitenschwerefeldmissionen in zahlreichen geowissenschaftlichen Anwendungen resultiert die Notwendigkeit, über Systeme zur nachhaltigen und lückenlosen Beobachtung von Massentransportprozessen im Erdsystem nachzudenken. Diese sind gleichzeitig integraler Bestandteil eines GGOS-Beobachtungssystems. Um die an sie gestellten Anforderungen, wie signifikant verbesserte Beobachtungsgenauigkeiten sowie erhöhte räumliche und zeitliche Auflösung, erfüllen zu können, ist die Entwicklung innovativer Missionskonzepte, verbesserter Beobachtungstechnologien sowie neuer Ansätze in der Datenauswertung notwendig. Um ein solches System zur Überwachung von Massentransportprozessen rechtzeitig nach Beendigung einer hoffentlich erfolgreichen GRACE-FO-Mission im Orbit zu haben (Zieldaten 2025 bis 2030), sind bereits jetzt die programmatischen, technologischen und wissenschaftlichen Weichen dafür zu stellen.

Referenzen

- Bingham, R.J., Knudsen, P., Andersen, O., Pail, R. (2011): An initial estimate of the North Atlantic steady-state geostrophic circulation from GOCE. *Geophysical Research Letters*, 38, EID L01606, American Geophysical Union, doi: 10.1029/2010GL045633.
- Bock, H., Jäggi, A., Meyer, U., Visser, P., van den IJssel, J., van Helleputte, T., Heinze, M., Hugentobler, U. (2011): GPS-derived orbits for the GOCE satellite. *Journal of Geodesy*, 85(11):807–818, doi: 10.1007/s00190-011-0484-9.
- Braitenberg, C. (2014): Exploration of tectonic structures with GOCE in Africa and across continents. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 01/2014, in press, doi: 10.1016/j.jag.2014.01.013.
- Brockmann, J.M., Zehentner, N., Höck, E., Pail, R., Loth, I., Mayer-Gürr, T., Schuh, W.-D. (2014): EGM_TIM_RL05: An independent Geoid with Centimeter Accuracy purely based on the GOCE Mission. *Geophysical Research Letters*, Wiley, doi: 10.1002/2014GL061904.
- Carraz, O., Siemes, C., Massotti, L., Haagmans, R., Silvestrin, P. (2014): A Spaceborne Gravity Gradiometer Concept Based on Cold Atom Interferometers for Measuring Earth's Gravity Field. *Microgravity Science and Technology*, 26(3), 139-145, doi: 10.1007/s12217-014-9385-x.
- Dahle, C., Flechtner, F., Gruber, C., König, D., König, R., Michalak, G., Neumayer, K.-H. (2012): GFZ GRACE Level-2 Processing Standards Document for Level-2 Product Release 0005, (Scientific Technical Report STR12/02 – Data, Revised Edition, January 2013), Potsdam, 21 p., doi: 10.2312/GFZ.b103-1202-25.

- Drinkwater, M.R., Floborghagen, R., Haagmans, R., Muzi, D., Popescu, A. (2003): GOCE: ESA's first Earth Explorer Core mission. In Beutler, G., Drinkwater, M.R., Rummel, R., von Steiger, R. (eds.), *Earth Gravity Field from Space – From Sensors to Earth Sciences*, Space Sciences Series of ISSI, vol. 17. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, S. 419–432, ISBN: 1-4020-1408-2.
- Gruber, T., Murböck, M., *NGGM-D Team* (2014): e2.motion – Earth System Mass Transport Mission (Square) – Concept for a Next Generation Gravity Field Mission. Final Report of Project „Satellite Gravimetry of the Next Generation (NGGM-D)“; Deutsche Geodätische Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe B, *Angewandte Geodäsie*, Vol. 2014, Heft 318, C.H. Beck, ISBN (Print) 978-3-7696-8597-8, ISSN 0065-5317.
- Han, S.-C., Sauber, J., Riva, R. (2011): Contribution of satellite gravimetry to understanding seismic source processes of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophysical Research Letters*, 38, L24312, doi: 10.1029/2011GL049975.
- Hosse, M., Pail, R., Horwath, M., Holzrichter, N., Gutknecht, B.D. (2014): Combined regional gravity model of the Andean convergent subduction zone and its application to crustal density modelling in active plate margins. *Surveys in Geophysics*, 2014(6), 1393-1415, Springer, doi: 10.1007/s10712-014-9307-x.
- Knudsen, P., Bingham, R., Andersen, O., Rio, M.-H. (2011): A global mean dynamic topography and ocean circulation estimation using a preliminary GOCE gravity model. *Journal of Geodesy*, 85(11):861–879, doi: 10.1007/s00190-011-0485-8.
- Mayer-Gürr, T., Zehentner, N., Klínger, B., Kvas, A. (2014): ITSG-Grace2014: a new GRACE gravity field release computed in Graz. Presented at GRACE Science Team Meeting (GSTM), Potsdam, 29.09.2014.
- Murböck, M., Pail, R., Daras, I., Gruber, T. (2014): Optimal orbits for temporal gravity recovery regarding temporal aliasing. *Journal of Geodesy*, 88(2), 113-126, Springer Berlin Heidelberg, doi: 10.1007/s00190-013-0671-y.
- Panet, I., Flury, J., Biancale, R., Gruber, T., Johannessen, J., van den Broeke, M.R., van Dam, T., Gegout, P., Hughes, C., Ramillien, G., Sasgen, I., Seoane, L., Thomas, M. (2013): Earth System Mass Transport Mission (e.motion): A Concept for Future Earth Gravity Field Measurements from Space. *Surveys in Geophysics*, 34(2), 141-163, Springer, doi: 10.1007/s10712-012-9209-8.
- Pavlis, N.K., Holmes, S.A., Kenyon, S.C., Factor, J.K. (2012): The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *J. Geophys. Res.*, 117, B04406, 38, doi:10.1029/2011JB008916.
- Plag, H.-P., Pearlman, M. (eds.) (2009): *Global Geodetic Observing System – Meeting the Requirements of a Global Society on a Changing Planet in 2020*. Springer Berlin Heidelberg, doi: 10.1007/978-3-642-02687-4.
- Reigber, C., Balmino, G., Schwintzer, P., Biancale, R., Bode, A., Lemoine, J.-M., Koenig, R., Loyer, S., Neumayer, H., Marty, J.C., Barthelmes, F., Perossanz, F. (2002): A high quality global gravity field model from CHAMP GPS tracking data and accelerometry (EIGEN-1S). *Geophysical Research Letters*, 29, 14, http://dx.doi.org/10.1029/2002GL015064.
- Rio, M.-H., Mulet, S., Picot N. (2014): Beyond GOCE for the ocean circulation estimate: Synergetic use of altimetry, gravimetry, and in situ data provides new insight into geostrophic and Ekman currents. *Geophysical Research Letters*, 41(24), 8918–8925, doi: 10.1002/2014GL061773.
- Rummel, R. (2013): Height unification using GOCE; *Journal of Geodetic Science*. Vol. 2012, Nr. 2, Heft 4, 355-362, Versita, doi: 10.2478/v10156-011-0047-2.
- Sampietro, D., Reguzzoni, M., Braitenberg, C. (2014): The GOCE Estimated Moho Beneath the Tibetan Plateau and Himalaya. In Rizos, C., Willis, P. (eds.), *Earth on the Edge: Science for a Sustainable Planet*, International Association of Geodesy Symposia Volume 139, 2014, 391-397, 10.1007/978-3-642-37222-3_52.
- Shepherd, A., Ivins, E. R., Geruo, Barletta, V. R., Bentley, M. J., Bettadpur, S., Briggs, K. H., Bromwich, D. H., Forsberg, R., Galin, N., Horwath, M., Jacobs, S., Joughin, I., King, M. A., Lenaerts, J. T. M., Li, J., Ligtenberg, S. R. M., Luckman, A., Luthcke, S. B., McMillan, M., Meister, R., Milne, G., Mouginot, J., Muir, A., Nicolas, J. P., Paden, J., Payne, A. J., Pritchard, H., Rignot, E., Rott, H., Sandberg Sorensen, L., Scambos, T. A., Scheuchl, B., Schrama, E. J. O., Smith, B., Sundal, A. V., van Angelen, J. H., van de Berg, W. J., van den Broeke, M. R., Vaughan, D. G., Velicogna, I., Wahr, J., Whitehouse, P. L., Wingham, D. J., Yi, D., Young, D., Zwally, H. J. (2012): A Reconciled Estimate of Ice-Sheet Mass Balance, *Science*, 338(6111), 1183-1189, doi: 10.1126/science.1228102.
- Tapley, B.D., Bettadpur, S., Watkins, M., Reigber, C. (2004): The gravity recovery and climate experiment: mission overview and early results. *Geophysical Research Letters*, 31(9), L09607, American Geophysical Union, http://dx.doi.org/10.1029/2004GL019920.
- Tiwari, V.M., Wahr, J., Swenson, S. (2009): Dwindling groundwater resources in northern India, from satellite gravity observations. *Geophysical Research Letters*, 36, L18401, doi: 10.1029/2009GL039401.
- van der Meijde, M., Julià, J., Assumpção, M. (2013): Gravity derived Moho for South America. *Tectonophysics*, 609, 456-467, http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2013.03.023.
- Velicogna, I., Sutterley, T.C., van den Broeke M.R. (2014): Regional acceleration in ice mass loss from Greenland and Antarctica using GRACE time-variable gravity data. *Geophysical Research Letters*, doi: 10.1002/2014GL06105.
- Wiese, D., Folkner, W. and Nerem, R. (2009): *Alternative Mission Architectures for a Gravity Recovery Satellite Mission*. *Journal of Geodesy*, 83: 569-581, http://dx.doi.org/10.4236/jig.2014.53027.

Anschrift des Autors

Univ.-Prof. Dr. Roland Pail, Lehrstuhl für Astronomische und Physikalische Geodäsie, TU München, Arcisstraße 21, 80333 München, Deutschland.

E-mail: pail@bv.tum.de

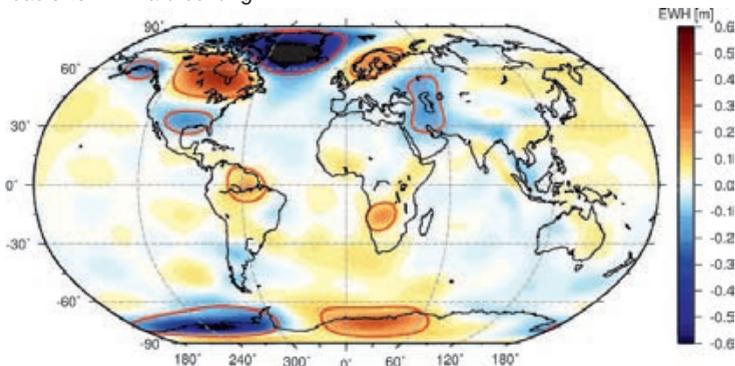


Bedeutung der Satellitengravimetrie für die Klimaforschung: Methodik, Ergebnisse und Implikationen am Beispiel Grönlands

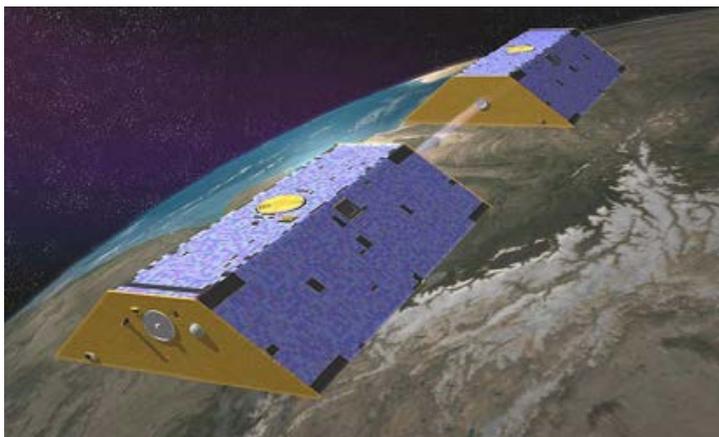
Oliver Baur, Graz

Kurzfassung

Über Ursache und Umfang des Klimawandels lässt sich streiten. Tatsache hingegen ist, dass das anhaltende Abschmelzen von Gebirgsgletschern und der polaren Eisschilde in jüngster Vergangenheit wissenschaftlich belegt ist; der letzte Zustandsbericht des Weltklimarates zeichnet hierüber ein eindeutiges Bild. Einen fundamentalen Beitrag zu diesen Erkenntnissen liefert die Satellitenmission GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment), mit deren Hilfe seit dem Jahr 2002 Massenverlagerungen an der Erdoberfläche lokalisiert und quantifiziert werden können. Das dahinterstehende Messprinzip basiert darauf, dass eine Umverteilung der Erdmasse zwangsläufig die Änderung des Gravitationsfeldes unseres Heimatplaneten nach sich zieht. Im Falle von GRACE wird über einen Mikrowellenlink kontinuierlich der Abstand zwischen zwei sich verfolgenden Satelliten gemessen. Variationen in der Satellitendistanz spiegeln die Struktur des Erdschwerefeldes wider. Mit Fokus auf die Massenvariation der grönländischen Eisschilde gibt der Beitrag einen Einblick in Methodik, Ergebnisse und Implikationen der „Schwerefeld-basierten Klimaforschung“.



„Massenänderungen (ausgedrückt in äquivalenter Wasserhöhe) für den Zeitraum Januar 2003 bis Dezember 2014. Den Berechnungen liegen zeitvariable GRACE Schwerefelder des Center for Space Research (CSR) zugrunde. Rot umrandet sind die zehn Gebiete mit größter Signalstärke dargestellt – hier sticht Grönland klar hervor, was auf das Schrumpfen der dortigen Eisschilde zurück zu führen ist; die lineare Änderungsrate beträgt ca. -300 Gt/Jahr . [Robinson Projektion]“



Künstlerische Darstellung der Satellitenmission GRACE (Quelle: NASA)

Anschrift des Vortragenden

Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Oliver Baur, Institut für Geodäsie, Arbeitsgruppe Theoretische Geodäsie und Satellitengeodäsie, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, 8010 Graz.
E-Mail: oliver.baur@oeaw.ac.at



Mehrphasiges Inventursystem zur Erfassung der Holzmasse und der Biomasse des Tropenwaldes in Surinam

Mathias Schardt, Graz

Kurzfassung

Im Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft haben die Österreichische Agentur für Waldentwicklung, Waldbewirtschaftung und Internationale Kooperation (ANRICA) und die Foundation of Forest Management and Production Control Surinam (SBB) ein Konzept für eine Waldinventur für Surinam entwickelt. Die Waldinventur soll die Grundlage für das Reporting im Rahmen von REDD (Reduction of Emissions by Deforestation and Degradation) bilden und darüber hinaus eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für ein nachhaltiges Forstmanagement sein.

Das Konzept der Forstinventur sieht eine zweiphasige Erhebungsmethode vor. Die erste Phase wird durch Luftbilder, die von der mobilen Fernerkundungsplattform ADAM (Airborne Data Acquisition Module) im September 2012 aufgenommen wurden, abgedeckt. ADAM wurde von der Forschungsgesellschaft Joanneum Research entwickelt. Das Alleinstellungsmerkmal von ADAM liegt darin, dass die gesamte Hardware des Systems in eine zigarrenförmige Hülle außen am Flugzeugholm einer Cessna montiert werden kann. ADAM kann so entsprechend seiner Zulassung ohne weitere behördliche Einschränkungen auf den Cessna-Typen 182, 206 und ev. 208 weltweit eingesetzt werden. Nach einer Montagezeit von etwa 60 Minuten auf einer gemieteten Cessna ist das System bereit für die Aufnahme. Wichtig ist dabei auch, dass für Transport (2 Koffer), Montage und Betrieb des Systems nur eine Person erforderlich ist.

Die zweite Phase, die von der SBB realisiert wurde, bezieht sich auf die terrestrische Erhebung der Biomasse und Holzmasse. Das Bundesforschungszentrum für Wald ist für die statistische Auswertung der Daten sowie für die Definition des Gesamtkonzeptes der Forstinventur verantwortlich.

Der Vortrag behandelt die Vorstellung der Fernerkundungsplattform ADAM, die Qualität der aufgenommenen Luftbilder, die Flugplanung bzw. die Definition der Flugstreifen sowie die Auswertung der digitalen Luftbilddaten. Die Ableitung der Bildmerkmale bezieht sich auf photogrammetrisch abgeleitete 3D – Merkmale wie das Bestandesraumvolumen und die vertikale Rauigkeit des Waldes sowie auf 2D – Merkmale wie zum Beispiel der Vegetationsindex, die Anzahl der Bäume oder die durchschnittliche Größe der Baumkronen pro ha. Darüber hinaus wird die Analyse des statistischen Zusammenhangs zwischen den automatisch aus den Luftbildern abgeleiteten Waldparametern und den terrestrisch erhobenen Holzmasse- und Biomassewerten präsentiert.

Anschrift des Vortragenden

Univ.-Prof. Dr.rer.nat. Dipl.-Forstwirt Mathias Schardt, Institut für Geodäsie, Arbeitsgruppe Fernerkundung und Photogrammetrie, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, 8010 Graz.

E-Mail: mathias.schardt@tugraz.at





„Emotionale Karten“: Crowdsourcing, LBS und Kartographie zur Erfassung von Indikatoren subjektiver Relationen zum Raum

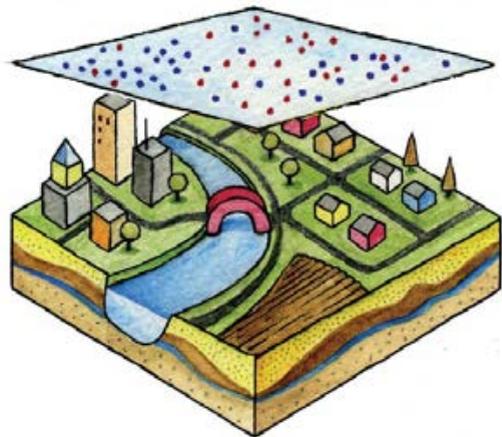
Georg Gartner, Wien

Kurzfassung

Menschen erleben und interpretieren ihre Umgebung. Dadurch werden manche Orte beispielsweise als besonders interessant empfunden, andere wiederum als ausgesprochen unangenehm oder unsicher. Derartige Interpretationen können tägliches Verhalten sowie raumbezogene Entscheidungen beeinflussen. So werden beispielsweise Räume, welche als stressreich oder unangenehm wahrgenommen werden, gemieden, wohingegen andere wiederum bewusst als Aufenthaltsort gewählt werden. Bislang werden derartige affektive Rauminformationen de facto noch nicht in bestehenden Geoapplikationen wie z.B. in Routenberechnung berücksichtigt.

In diesem Beitrag wird diskutiert, wie Crowdsourcing Ansätze genutzt werden können um derartige affektive Rauminformationen effizient zu erfassen, und wie diese Informationen beispielsweise für Location-Based-Services (LBS) eingesetzt werden können. Dabei wird anhand von ausgewählten Szenarien, wie Fußgängernavigationsysteme oder Stadtplanung, gezeigt, inwiefern die Berücksichtigung von affektiven Geodaten möglich und sinnvoll ist und solche „subjektive Daten“ als zusätzliche Indikatoren zu den traditionell in den Geo-Disziplinen gewonnenen Geoinformationen Verwendung finden können.

Die moderne Kartographie als die Disziplin, die sicherstellt, dass das Potential von Geoinformation auch nutzbar ist, ist in diesem Kontext entscheidend, die Kommunikation der relevanten affektiven und weiteren Geodaten möglichst effizient zu ermöglichen. Dabei werden moderne Technologien so eingesetzt, dass die kartographischen Paradigmen eingehalten werden.



Anschrift des Vortragenden

Univ.-Prof. Dr. Georg Gartner, Technische Universität Wien,
Forschungsgruppe Kartographie, Department Geodäsie
und Geoinformation, Erzherzog-Johannplatz 1, 1040 Wien.
E-Mail: georg.gartner@tuwien.ac.at

Anwendung von Geodaten für die Analyse von Naturgefahren



Johannes Hübl, Susanna Tscherner,
Klaus Schraml, Wien

Kurzfassung

Fernerkundungsdaten sind für die Untersuchungen von Naturgefahrenprozessen unerlässlich. Die Bandbreite reicht von LiDAR bis hin zum Einsatz von UAVs. Durch das „Ausblenden“ der Vegetation werden Oberflächenformen erkennbar, die man in ihrem Zusammenhang vor Ort nicht erfassen kann. Dadurch kann auch eine zeitliche Komponente integriert werden, die Rückschlüsse über die Veränderungen an der Erdoberfläche zulässt. Dieser Artikel zeigt anhand von Praxisbeispielen die Bedeutung von Geodaten für gravitative Massenverlagerungsprozesse.

Schlüsselwörter: Naturgefahren, Gefahrenanalyse, LiDAR, UAV

Abstract

Remote sensing data such as LiDAR and UAV geodata are of high importance in natural hazards analysis. Through the extraction of vegetation, the pure earth surface is visualized in an appropriate manner. In context with temporal information, significant changes of landforms can be evaluated. Within this contribution we underline the relevance of remote sensing data for hydrogeomorphic processes based on practical examples.

Keywords: Natural hazards analysis, LiDAR, UAV

1. Einleitung

Im Gebirgsraum treten zahlreiche Verlagerungsprozesse, wie Hochwasser, Muren, Massenbewegungen und Lawinen auf. Um ihre Auswirkungen auf den Lebens- und Kulturraum hinsichtlich Größe und Häufigkeit quantifizieren zu können, sind fachlich fundierte Analysen gefährlicher Prozesse durchzuführen. Diese folgen einer strukturierten Vorgehensweise, die mit einer Systembeschreibung und -abgrenzung beginnt, gefolgt von einer Identifikation der Prozesse, sowie einer Prozessabschätzung, die das Gefahrenausmaß und die Häufigkeit des potentiellen Schadensprozesses liefert. Die Analysen sind auf unterschiedlichen Maßstabsskalen durchzuführen. Für die Systemabgrenzung (z.B. Gefahrenkarten) können kleinmaßstäbliche kartographische Grundlagen verwendet werden, für die Prozessabschätzung (z.B. Gefahrenzonenplan) sind jedoch großmaßstäbliche Unterlagen erforderlich.

2. Systemabgrenzung und Prozessidentifikation

Als Datengrundlagen werden hierfür topographische und thematische Karten (z.B. Geologie, Landnutzung, Vegetation) verwendet. Vor allem die heute zur Verfügung stehenden LiDAR Daten ermöglichen ein besseres Verständnis der Pro-

zesse, da eine flächige Betrachtung der Systeme, ohne störende Vegetation, möglich ist. Das Höhenmodell an sich, bzw. daraus abgeleitete Karten (Neigung, Exposition, Krümmung), stellt nur die Ist-Situation dar. Durch eine geomorphologische Interpretation lässt sich zusätzlich die zeitliche Entwicklung der Geländeoberfläche nachvollziehen und die rezente Disposition gegenüber gravitativen Verlagerungsprozessen abschätzen. Die hochaufgelösten digitalen Geländemodelle lassen die Grenzen von Geländeänderungen oder Diskontinuitäten sehr gut erkennen und ermöglichen dadurch eine zielgerichtete rasche Verifikation im Gelände (Abbildung 1). Mit dieser Information und entsprechenden Werten aus der Ereignischronik (Ereignisportal des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters) sowie geomorphologischen Kennzahlen lassen sich die maßgeblichen Prozesse identifizieren.

3. Prozessabschätzung – Anwendungsbeispiele

3.1 UAV basiertes Rutschungsmonitoring

In den letzten Jahren wurden vermehrt UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) für Monitoring von Rutschungen eingesetzt. Einzelne, überlappende Fotos werden aus der Luft aufgenommen und anschließend photogrammetrisch ausgewertet.

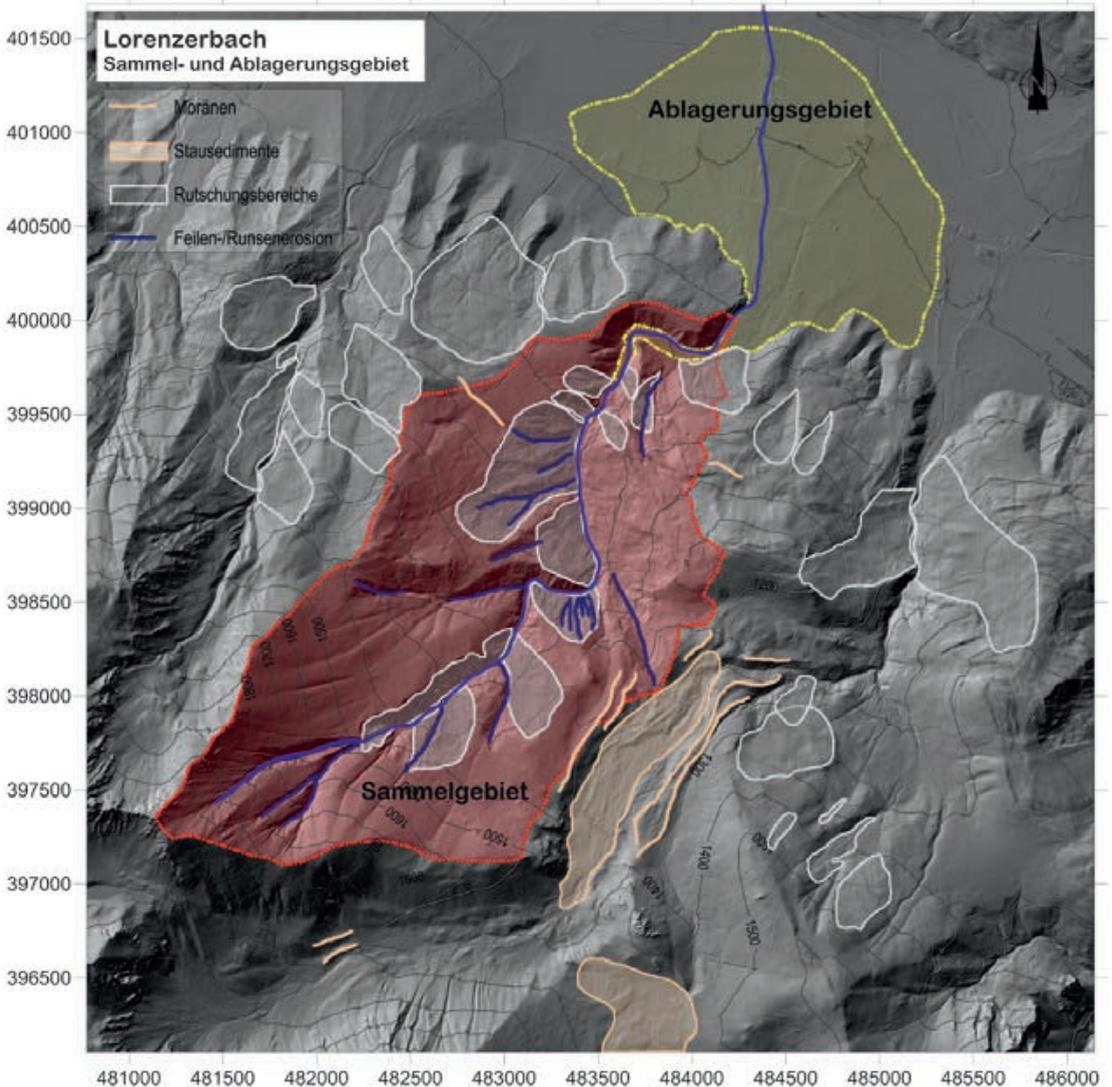


Abb. 1: Karte als Grundlage für Hinweise zur Systemabgrenzung und Prozessidentifikation

Tiefeninformationen lassen sich extrahieren, welche im Falle von UAV-Befliegungen großflächige Gebiete in Zentimeter-Auflösung abdecken können [1]. Endprodukte der photogrammetrischen Auswertung sind u.a. digitale Oberflächenmodelle (DOM) und entzerrte Orthofotos. Im Vergleich zur konventionellen Luftbildbefliegung können bei optimaler Flugplanung innerhalb von Stunden hochaufgelöste Geodaten produziert werden.

Im Juni 2013 wurde ein UAV vom Institut für Alpine Naturgefahren (IAN) der BOKU Wien zum Monitoring einer Großhangbewegung in Großraming/OÖ eingesetzt. Zu dem Ereignis

kam es, als sich nach langanhaltenden Niederschlägen eine großflächige Hangrutschung in Bewegung setzte und mehrere Millionen Kubikmeter Lockermaterial in Richtung Siedlungsgebiet strömten. Sofortmaßnahmen seitens der WLW (Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung) Gebietsbauleitung OÖ Ost wurden eingeleitet und ein umfangreiches Monitoringsystem (Geophysikalische Methoden, GNSS-Punktmessungen, ALS- und UAV-Befliegungen) aufgesetzt [2]. Ein derzeit aktiver Teilbereich der Rutschung wurde regelmäßig in Abständen von vier bis sechs Wochen mit dem UAV befliegen, um Oberflächenänderungen

Modell	ARF-MikroKopter OktoXL
Antrieb	8 einzeln angesteuerte Brushless Elektromotoren
Gewichte	Kopter (ohne Akku und Nutzlast): 2050 g Akku: 4S/5000: 520 g Max. Nutzlast: 2.500 g Zulässiges Gesamtgewicht: 5.000 g
Abmessungen in cm	73 × 73 × 36 (B × L × H)
Flugzeit	8–25 Minuten (je nach Beladung und Akku)
Temperaturbereich	–5°C bis +35°C (kalte Temperaturen verringern die Akkuleistung enorm)
Reichweite	Gesetzlich (Novelle LfG, 2014) und laut Lizenz-File auf 500 m Radius begrenzt, Reichweite der Graupner Fernsteuerung theoretisch 4 km (lt. Hersteller).
Positionierung	GPS-Modul ublox LEA-6S
Höhenbestimmung	Barometrisch
Lagebestimmung im Raum	Inertialsysteme (Gyroskope, Beschleunigungssensor, Kompass)

Table 1: Kenndaten des Oktokopters „MikroKopter OktoXL“

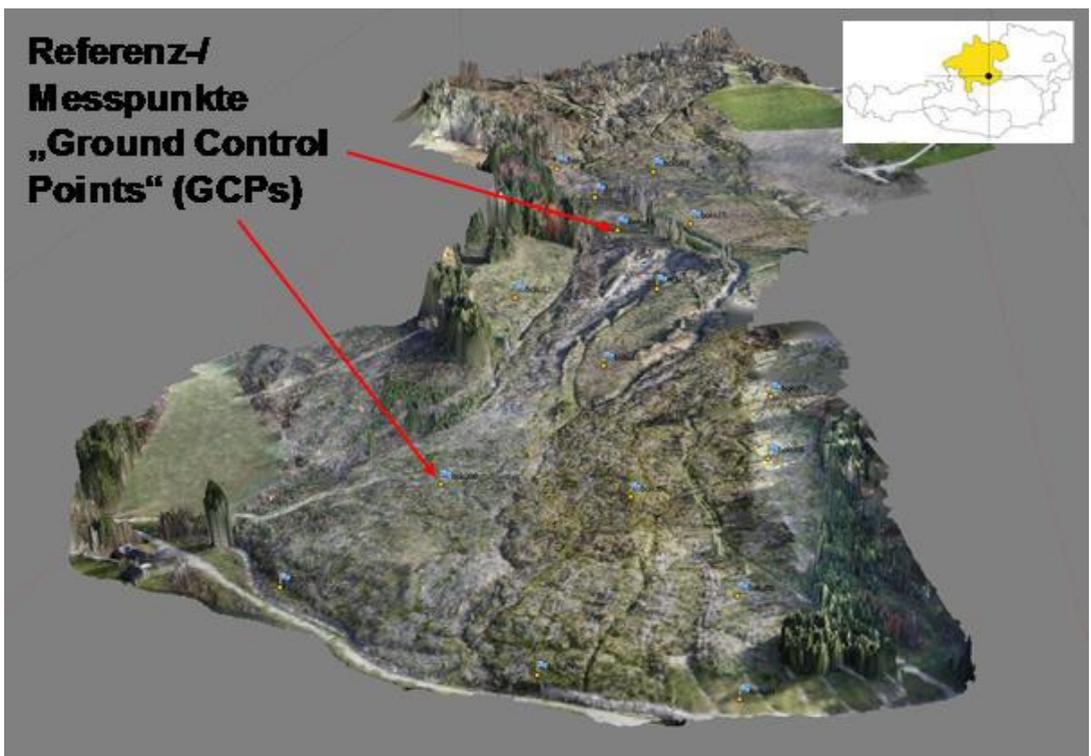


Abb. 2: Geländemodellierung des aktiven Teilbereichs der Hangrutschung in Großraming (OÖ) in der Software „Agisoft Photoscan“. Die eingemessenen Referenzpunkte, sogenannte Ground Control Points (GCPs), sind gelb mit blauen Flaggen dargestellt.

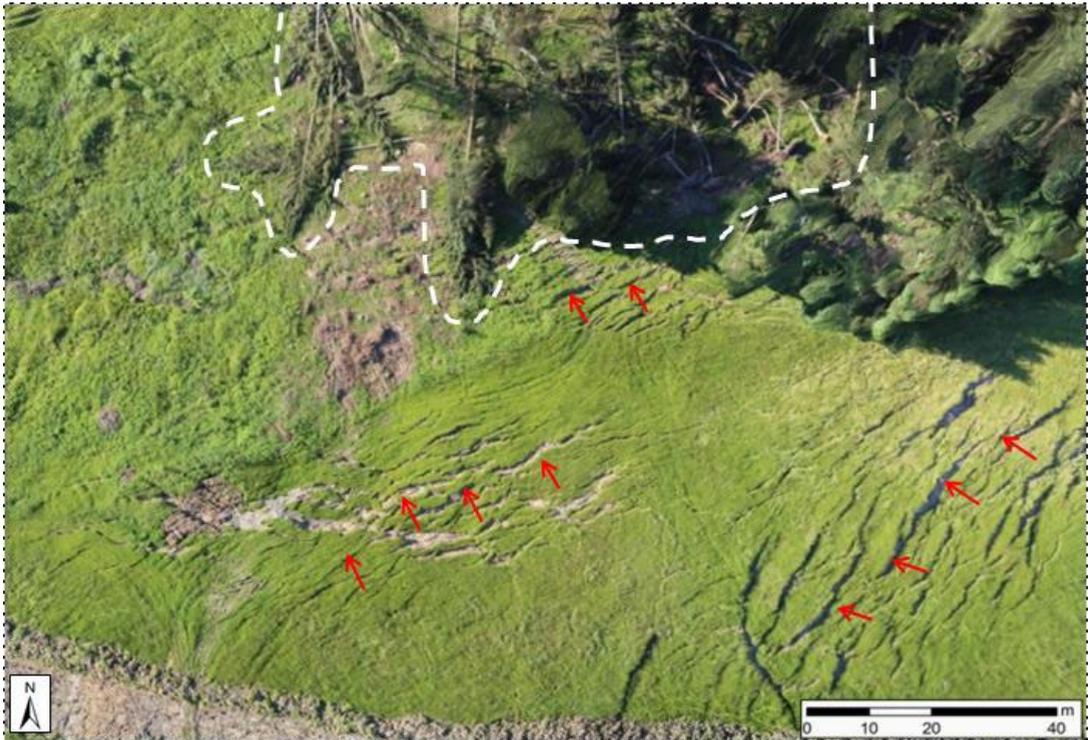


Abb. 3: Hochaufgelöstes UAV-Orthofoto mit Verdeutlichung der Oberflächenzerreiung und Fließrichtung (rote Pfeile). Umgestrzte Bäume aufgrund des Erdstroms als Prozessindikator sind innerhalb der weißen Begrenzung zu erkennen.

detektieren zu können. Bei den Befliegungen wurde ein „ARF-MikroKopter OktoXL“ mit acht einzeln ansteuerbare Elektromotoren, bestückt mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (Canon EOS 650D, 20 mm Fixbrennweite), eingesetzt (Kenndaten siehe Tabelle 1). Die Auswertung der Bildflugdaten erfolgte in der photogrammetrischen Software „Agisoft Photoscan“. Durch das Einmessen sogenannter GCPs (Ground Control Points) mittels DGPS-Gerät (Differential Global Positioning System), konnten Orthofotos und DOM referenziert werden. In Abbildung 2 ist beispielhaft eine Geländemodellierung des aktiven Rutschungsbereichs aus der Software „Agisoft Photoscan“ dargestellt. Die DOM werden miteinander verschnitten um Massenauf- bzw. -abtrag sowie Fließgeschwindigkeiten ermitteln zu können. Extrahierte Höhenmodelle aus regelmäßig durchgeführten Befliegungen desselben Bereiches können optimal miteinander verglichen werden und binnen kurzer Zeit können Oberflächenveränderungen ersichtlich gemacht werden. Im Bereich des Rutschungsmonitoring sind Orthofotos und Geländemodelle, mit einer Genauigkeit von 10 cm, wesentliche Instrumente

zur Oberflchenberwachung. Detaillierte Ergebnisse des UAV-Monitoring der Großhangbewegung Großraming sind in [3] dargestellt.

Durch die Rutschungsbewegung öffneten sich binnen weniger Tage bis zu mehrere Meter tiefe Risse und Klüfte an der Oberfläche. Durch die hohe Auflösung der ausgewerteten, georeferenzierten Orthofotos war es möglich, Risse zu detektieren und ihre horizontale Entwicklung zu verfolgen. In Abbildung 3 ist beispielhaft ein Detailbereich der Oberflchenzerreiung durch die Prozessdynamik dargestellt. Zusätzlich sind einzelne, umgestürzte Bäume (weiße Umrandung) gut zu erkennen, die als „stumme Zeugen“ einer Hangrutschung zu interpretieren sind.

3.2 Einsatz von UAV zur Ereignisdokumentation

Bei Extremereignissen wie z.B. Muren oder Lawinen unterzieht sich die Landschaft einer starken geomorphologischen Veränderung. Ablagerungskegel im unteren Bereich und Gerinnevernderungen im Transportbereiches eines

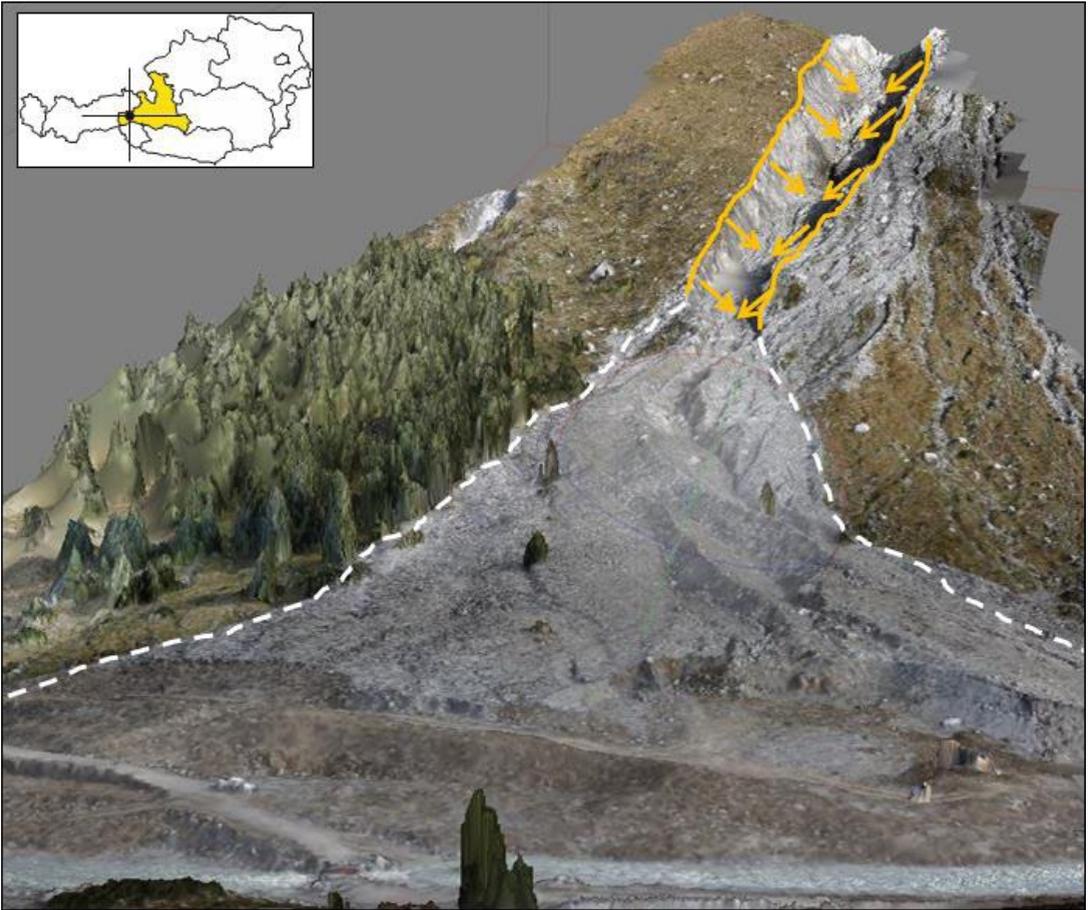


Abb. 4: Geländemodellierung des Murgangs im Obersulzbachtal (Gemeinde Neukirchen am Großvenediger, Salzburg) in der Software „Agisoft Photoscan“. Die erosionsbedingte Gerinneeintiefung (orange), sowie der Ablagebereich (innerhalb der weißen Umrandung) zeugen von der Prozessdynamik des Murgangs.

Lawinen- oder Wildbacheinzugsgebietes geben Rückschlüsse auf Prozessverständnis, Fließdynamik und Magnituden. Oft werden Ereignisse nur rar dokumentiert, da betroffene Bereiche zum Teil nur schwer zugänglich sind oder großflächige Fernerkundung bzw. ALS Befliegungen nicht zur Verfügung stehen. Zu Dokumentationszwecken sind UAV ein hilfreiches Werkzeug um einen unmittelbaren Ist-Zustand zu erhalten. Im Sommer 2014 kam es nach heftigen Regenfällen im Obersulzbachtal (Gemeinde Neukirchen am Großvenediger, Salzburg) zu einem Murgangeignis, das mehr als 150,000 m³ am Talboden ablagerte und den Vorfluter aufstaute. Mit der Drohne des IAN konnte ein Großteil des Murkergels erhoben werden (siehe Geländemodell in Abbildung 4). Die Geodaten der UAV Befliegung lieferten bedeutende Informationen über Ab- und

Auftragsvorgänge. Durch Vergleichen des generierten DOM mit einem ALS vor dem Ereignis konnten 100,000 m³ Erosionsmaterial abgeschätzt werden (oranger Bereich in Abbildung 4). Diese Kubaturen werden als Eingangsgrößen für weiterführende Prozesssimulationen zur Rekonstruktion dieses Ereignisses verwendet.

Limitationen der Verwendung können zumeist im Vorfeld bei der Flugplanung ausfindig gemacht werden. Die Satellitenverfügbarkeit am Einsatzort kann mittels GNSS-Planning abgeklärt werden. Zusätzlich sind Geländegegebenheiten sowie Wetterverhältnisse zu berücksichtigen. Somit ist eine sorgfältige Flugplanung mit ausreichender Reserve-Akkulaufzeit essentiell für eine effiziente Verwendung von UAV in alpinen Bereichen.

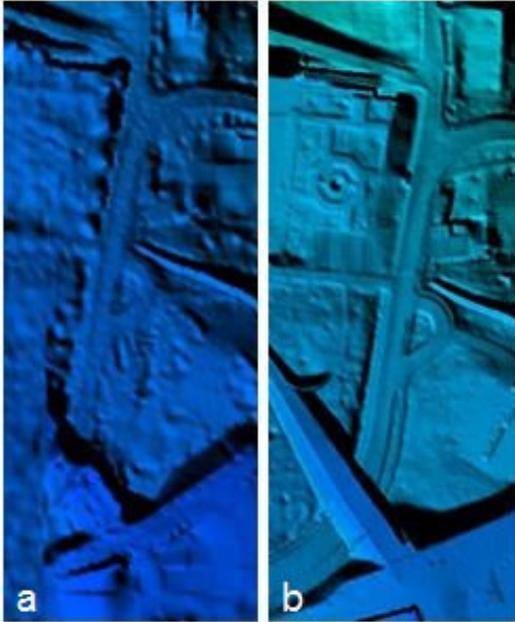


Abb. 5: Vergleich der Geländemodelle mit 1m (a) und 0,5 m (b) Rasterabstand

3.3 Anwendung von Geodaten in hydraulischen und hydrologischen Modellen

Zweidimensionale hydraulisch-numerische Modelle zur Untersuchung von Überflutungsflächen und Fließrichtungen entsprechen mittlerweile auch in Wildbacheinzugsgebieten dem Stand der Technik. Grundlage für die Modellerstellung bilden Laserscandaten die durch terrestrische Vermessungen ergänzt werden müssen, vor allem bei kleinen, verbauten Gerinnegeometrien mit steilen Böschungen. Geländemodelle aus Airborne Laserscans mit einer Genauigkeit von 1–2 Punkten pro m² werden für die Erstellung der Modellnetze verwendet [4]. Die große Datenmenge kann meist von den gängigen Abflussmodellen nicht umgesetzt werden und eine qualitative Ausdünnung von Rasterpunkten ist notwendig. Die Qualität der Eingangsdaten spielt eine große Rolle bei der Vermaschung des Netzes. In Abbildung 5 ist der Vergleich eines Oberflächenmodells mit der Rasterweite von 1 m (links) und dem gleichen Bereich mit einer Rasterweite von 0,5 m (rechts) erkennbar. Der

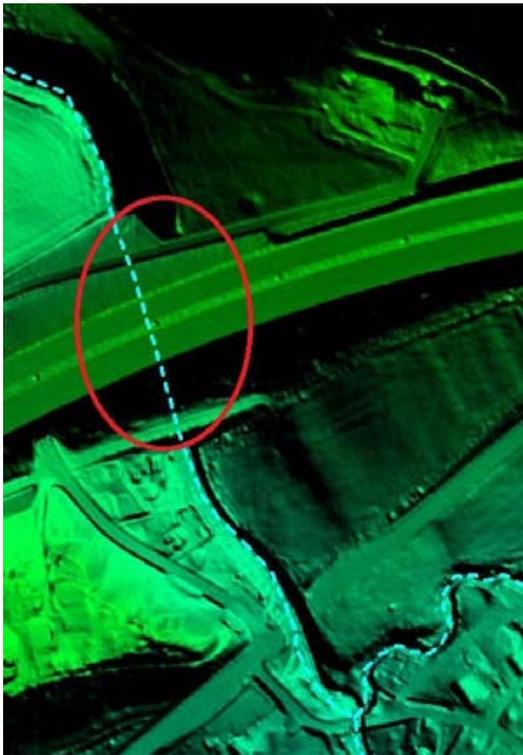


Abb. 6: Unterbrochener Gerinnelauf (rot) durch die Erfassung der Autobahnbrücke im Geländemodell. Der reale Flusslauf befindet sich unterhalb der Brücke (blau).

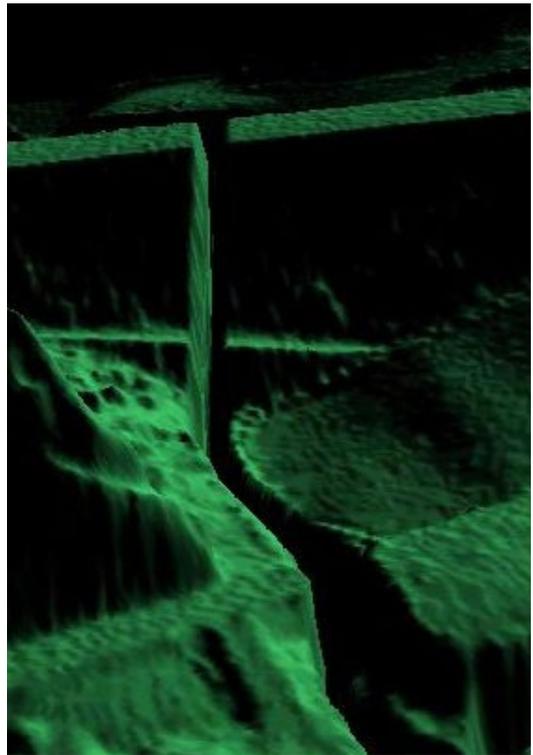


Abb. 7: Korrektur des Geländemodells durch „Burning In“ des Flusschlauchs

Laserscan der aktuelleren Befliegung mit einer Genauigkeit von 0,5 m zeigt wesentlich genauer Strukturen und das Modellnetz ist demzufolge detaillierter.

Die Ausbreitung von Hochwasserabflüssen ist besonders in flachen, anthropogen stark beeinflussten Bereichen schwer abzuschätzen. Im Zuge eines Projektes im Auftrag der WLV setzte das IAN sowohl hydraulische wie hydrologische Modelle zur Bestimmung des Abflussgeschehens im dicht bebauten Gebiet von Linz-Urfahr ein. Topographische Vermessungsdaten bildeten die wichtigste Grundlage der Analyse.

Die Hauptanforderung an ein Geländemodell zur Prozessabschätzung ist es, die Tiefenlinien ableiten zu können. Eine Fehlersuche und Korrektur ist sehr zeitaufwendig. Dies gilt sowohl für die hydraulische als auch die hydrologische Simulation. Bei Zweiterem werden Teileinzugsgebiete automatisch abgegrenzt und dies ist nur möglich, wenn z.B. Brücken im Geländemodell nicht enthalten sind. In den Geländedaten für das Projekt Linz-Urfahr wurde ein Gewässer nicht durchgehend abgebildet (Abbildung 6). Der Verlauf des Gerinnes wurde durch die, in der Realität darüber liegenden, Autobahn unterbrochen und somit entstand eine falsche Tiefenlinie. Es wurde mittels der „Burning In“-Methode das Bachbett in das Geländemodell „eingebraut“ (Abbildung 7), sodass bei der Niederschlags-Abflussuntersuchung eine korrekte Fließrichtung entstand.

Meistens bekommt der Anwender das Geländemodell ohne Brücken über Flussschläuchen (Abbildung 8), da diese im Zuge der Filterung der Laserscandaten entfernt werden und somit

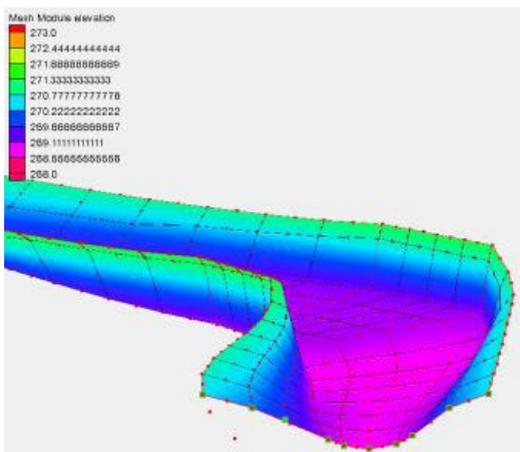


Abb. 8: Flusslauf im Brückenbereich nach Filterung der Laserdaten

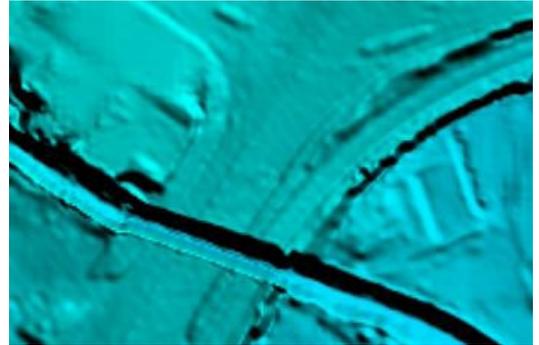


Abb. 9: Geländemodell im Bereich einer Unterführung. Ein fehlendes Brückenbauwerk wurde über Randbedingungen in das hydraulische Modellnetz implementiert.

ist die Durchgängigkeit des Geländemodells für das hydraulische Modellnetz gegeben.

Allerdings gibt es auch den Fall, dass die Tiefenlinie in einer Unterführung (Abbildung 9) liegt. Wenn der Abfluss in der Realität über die darüber liegende Straße fließt, muss diese im Modellnetz ergänzt werden, da ansonsten das Wasser nicht der Straße folgen kann. Eine ge-

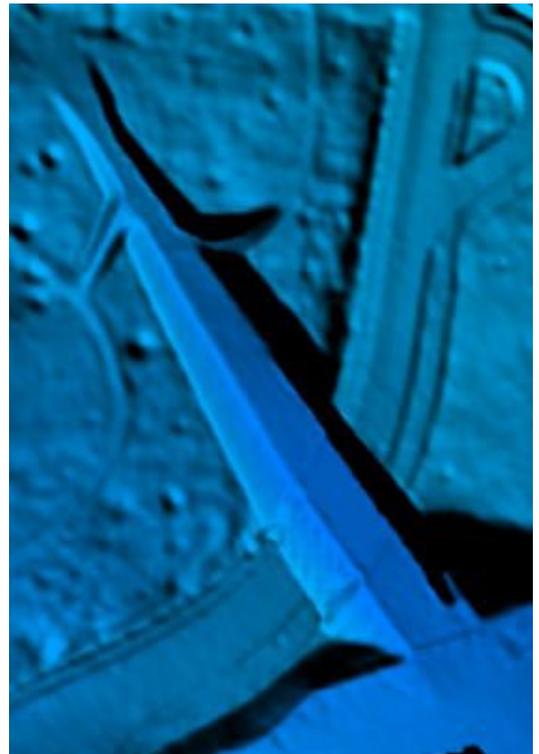


Abb. 10: Mittels terrestrisch vermessenen Querprofilen generiertes Flussschlauchnetz

naue Betrachtung der Geodaten im Preprocessing und die Überprüfung der Gegebenheiten vor Ort sind ausschlaggebend für realitätsnahe Simulationsergebnisse.

Für die hydraulische Abflussmodellierung wurde das Vorlandnetz mittels der ausgedünnten Laserscans erstellt. Die Flussschläuche (Abbildung 10) wurden auf Basis terrestrisch vermessener Querprofile separat generiert, da im Bereich der Gerinnesohle Fehler in den Laserscandaten durch stark bewachsene Abschnitte auftreten können. Die im kommerziellen Bereich verwendeten Lasergeräte arbeiten mit Wellenlängen im nahen Infrarotbereich, wobei der Impuls an der Wasseroberfläche absorbiert oder reflektiert wird und die Gewässersohlen nicht korrekt bestimmt werden kann [5].

Die Lage der terrestrisch vermessenen Böschungsoberkanten und jener im Laserscan stimmte meist überein. Abweichungen von 0,2 m – 1 m konnten jedoch im Sohlbereich festgestellt werden.

Ergebnisse der Modelle sind Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten. Hier stellt sich die Frage, inwieweit Ungenauigkeiten des Laserscans, in Höhe und Lage, zu Unsicherheiten in den Ergebnissen führen und wie der Anwender damit umzugehen hat. Im Projekt Linz-Urfahr wurden Energiehöhen unter 0,20 m separat farblich gekennzeichnet, um auf diesen Unsicherheitsbereich hinzuweisen.

4. Schlussfolgerung

Durch die rasante Entwicklung im Geodatenbereich sind die Weitergabe von Metadaten und die Kommunikation zwischen Geodäten und Anwender von großer Bedeutung. Die Information über die Aktualität und Genauigkeit der Fernerkundungsdaten ist ausschlaggebend für den Naturgefahrenexperten. Die Prozessabschätzung und Darstellung der Auswirkungen von Wildbächen können durch den Einsatz von detaillierten Geländemodellen flächig und im großen Maßstab erfolgen. Zweidimensionale

Betrachtungen ermöglichen eine detailliertere Gefahrenzonenplanung und verdeutlichen der betroffenen Bevölkerung die möglichen Ereignisse. Für eine rasche Situationsanalyse, Dokumentation und Monitoring von Naturgefahren wie Rutschungen, Muren und Lawinen, eignen sich UAV hervorragend.

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön gilt der WLW Oberösterreich und Salzburg, sowie den Projektmitarbeitern Friedrich Zott, Gerald Lindner, Georg Nagl und Georgios Kyriazis.

Referenzen

- [1] Kraus, K. (2004): Photogrammetrie. 1. Geometrische Informationen aus Photographien und Laserscanner-aufnahmen, Walter de Gruyter, Berlin, 516 S.
- [2] Lindner, G., Schraml, K., Ottowitz, D., Jochum, B., Gruber, H., Tartarotti, T. (2014): Monitoring im Bereich des Erdschuttstroms Pechgraben (Oberösterreich): Methodik und Ergebnisse. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz 173, 210–226.
- [3] Lindner, G., Schraml, K., Mansberger, R., Hübl, J. (in review): UAV monitoring and documentation of a large landslide. Applied Geomatics.
- [4] Habersack, H., Hengl, M., Knoblauch, H., Reichel, G., Rutschmann, P., Sackl, B., Tritthart, M. (2003): Fließgewässermodellierung – Arbeitsbehelf Hydrodynamik; Grundlagen, Anwendungen und Modelle für die Praxis. Wien: BMLFUW; ÖWAV.
- [5] Mandelburg, G., Höfle, B., Briese, C., Ressel, C., Otepka, J., Hollaus, M., Pfeifer, N. (2009): Topographische Daten aus Laserscanning als Grundlage für Hydrologie und Wasserwirtschaft. TU Wien, Springer Verlag.

Anschrift der Autoren

Univ. Prof. DI Dr. Johannes Hübl, Universität für Bodenkultur, Institut für Alpine Naturgefahren, Peter-Jordanstraße 82, 1190 Wien.

E-Mail: johannes.huebl@boku.ac.at

DI Susanna Tscharner, Universität für Bodenkultur, Institut für Alpine Naturgefahren, Peter-Jordanstraße 82, 1190 Wien.

E-Mail: susanna.tscharner@boku.ac.at

DI Klaus Schraml, Universität für Bodenkultur, Institut für Alpine Naturgefahren, Peter-Jordanstraße 82, 1190 Wien.

E-Mail: klaus.schraml@boku.ac.at



Flächenhafte Ansätze in der Ingenieurgeodäsie

Hans Berndt Neuner, Wien

Kurzfassung

Für die Lösung ingenieurgeodätischer Aufgaben ist in den letzten Jahren ein verstärkter Einsatz von Messverfahren festzustellen, mit denen eine flächenhafte geometrische Erfassung der untersuchten künstlichen oder natürlichen Messobjekte möglich ist. Die sich daraus ergebenden wissenschaftlichen und praktischen Herausforderungen sind einerseits die Adaption bisheriger methodischer Elemente der Ingenieurgeodäsie für diese Messmethoden sowie der damit erzielten Ergebnisse und andererseits die Entwicklung neuer Auswertemethoden, die eine Ausschöpfung des gesamten Potentials dieser Techniken gewährleisten. In diesem Vortrag werden zwei Themen behandelt, die jeweils einen der genannten Bereiche adressieren.

Im ersten Teil des Vortrages wird ein neuartiger Ansatz vorgestellt, in dem die Auswirkung verschiedener Einflussparameter auf die Distanzmessergebnisse eines scannenden Tachymeters untersucht wurde. Die in regelmäßigen Intervallen vorzunehmende Qualitätsbeurteilung des eingesetzten Instrumentariums in Form von Prüfung, Kalibrierung und Justierung stellt eine fundamentale Vorgehensweise in der Ingenieurgeodäsie dar, die für die flächenhaft messenden Sensorsysteme ebenfalls von großer Relevanz ist. Diesem Kontext ist die vorgestellte Forschungsarbeit zuzuordnen. Der Ansatz unterscheidet sich von bisherigen Untersuchungen wesentlich, indem einzelne, ausgewählte Punkte einer erzeugten Punktwolke mit einem genaueren Messverfahren unabhängig bestimmt werden (siehe Abbildung 1). Die Auswirkung der Einflussgrößen auf das Messergebnis des scannenden Tachymeters wird anhand der Differenzen zwischen den Scandistanzen und deren unabhängige Bestimmung beurteilt. Die Annahme einer spezifischen geometrischen Form des Untersuchungsobjektes entfällt. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit nicht anhand der Diskrepanzen zwischen dem Scanergebnis und einem angenommenen Auswertemodell sondern unmittelbar messtechnisch ermittelt.

Im zweiten Teil des Vortrages wird auf die Beschreibung flächenhaft erfasster Objekte im Ansatz der Freiformflächenmodellierung eingegangen. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei der Formulierung eines geeigneten funktionalen Modells zu. Ist dieses aufgestellt, so kann die Modellierung im vertrauten Gauß-Markov-Modell stattfinden. Durch das hierfür ebenfalls benötigte stochastische Modell ergeben sich unmittelbar konzeptionelle Verbindungen zum ersten Teil. In Bezug auf die Aufstellung des funktionalen Modells wird im Vortrag auf die Parametrisierung eingegangen (siehe Abbildung 2). Dies betrifft die Definition eines geeigneten Parametersystems, in dem die Flächen beschrieben werden, und die Zuordnung der Parameter zu den gemessenen Punkten. Anhand eines Beispiels wird ein geläufiges Verfahren der Parametrisierung eingeführt, dessen Einschränkung für bestimmte Konfigurationen dargelegt und eine entwickelte Vorgehensweise für dessen Stabilisierung umrissen.

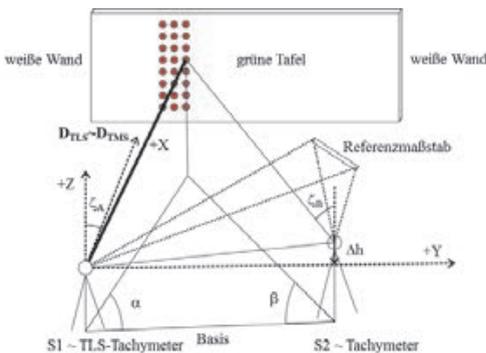


Abb. 1: Messkonfiguration

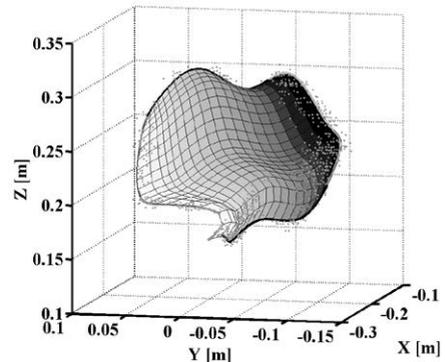


Abb. 2: Parametrisierte Fläche

Anschrift des Vortragenden

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans Berndt Neuner, Technische Universität Wien, Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Department Geodäsie und Geoinformation, Gußhausstraße 25-29, 1040 Wien.

E-Mail: hans.neuner@tuwien.ac.at

Precise Point Positioning und Möglichkeiten für präzise Echtzeit-Anwendungen



Katrin Huber, Roman Lesjak, Graz und Fabian Hinterberger, Wien

Kurzfassung

Precise Point Positioning (PPP) ist eine moderne Prozessierungstechnik für Globale Satellitennavigationssysteme (GNSS) zur Bestimmung dreidimensionaler Koordinaten auf Basis von Code- und Phasenbeobachtungen einzelner GNSS Empfänger. Um die Positionsgenauigkeit zu steigern, werden sogenannte präzise Ephemeriden verwendet, die beispielsweise von Analysezentren zur Verfügung gestellt werden. Des Weiteren wird bei PPP eine Vielzahl an zusätzlichen Modellkorrekturen berücksichtigt (Phase Windup, Gezeiten, Instrumentenfehler, etc.), die bei der herkömmlichen relativen Positionierung (z.B. RTK) aufgrund der Differenzbildung zwischen Beobachtungen von mehreren Empfängern herausfallen.

Die extern bezogenen Ephemeriden und Korrekturdaten sind in der Regel global gültig und deren Übertragung erfordert im Falle der Echtzeit-Auswertung geringere Datenraten, verglichen mit RTK-Diensten. Dadurch bietet PPP die Möglichkeit zur genauen Positionsbestimmung an Orten, wo kein dichtes Referenzstationsnetz oder auch keine gute mobile Datenverbindung vorhanden ist. Die erhaltenen Positionen, wie auch Troposphären- oder Uhrparameter beziehen sich alleine auf das Datum der verwendeten Ephemeriden.

Allerdings ist PPP für Echtzeitanwendungen erst in seiner Anfangsphase, da die dafür notwendigen Korrekturdaten erst seit kurzem in ausreichender Genauigkeit verfügbar sind. Erst 2011 wurde die Übertragung von PPP-spezifischen Korrekturen für Satellitenbahnen und -uhren in RTCM Version 3.1 standardisiert. Mit dieser sogenannten State Space Representation (SSR) ist es nun möglich, Koordinaten mit wenigen cm Genauigkeit in Echtzeit zu bestimmen. Allerdings wird für sub-Dezimeter Genauigkeiten immer noch eine Initialisierungsphase von bis zu 30 Minuten benötigt. Diese Konvergenzzeit rührt daher, dass die Ambiguitäten bei PPP üblicherweise nicht auf ganzzahlige Werte fixiert werden können, da deren Schätzung zusätzlich zu den eigentlichen Ambiguitäten noch instrumentelle Fehlerterme beinhaltet, die bei RTK durch die Differenzbildung wegfallen. Die reell-wertigen Anteile der satellitenspezifischen Instrumentenfehler können durch in einer Netzwerklösung berechnete Phasenkorrekturen beseitigt werden.

Dieser Beitrag stellt aktuelle Entwicklungen für PPP in Hinblick auf Echtzeitanwendungen sowie dazu laufende Forschungsprojekte in der Arbeitsgruppe Navigation am Institut für Geodäsie der TU Graz vor, die sich unter anderem auch mit der Fixierung von Integer-Ambiguitäten in der PPP-Auswertung beschäftigen. Die Fixierung von Integer-Ambiguitäten würde die Initialisierungsphase der PPP-Auswertung deutlich verkürzen und damit PPP für diverse Anwendungen attraktiver machen.

Schlüsselwörter: GNSS, PPP, Ambiguitätenlösung, Echtzeit

Abstract

Precise Point Positioning (PPP) is a modern Global Navigational Satellite Systems (GNSS) processing technique that enables the estimation of precise three-dimensional coordinates by means of code and phase measurements from a single GNSS receiver. To enhance the position accuracy so-called precise ephemerides are used, that are freely offered by analysis centers. Further, during PPP processing a lot of additional model corrections have to be considered (phase wind-up, tidal effects, instrumental biases, etc.). These would have cancelled in a relative positioning method (e.g. RTK) as a result of building differences between observations of multiple receivers.

Usually, the ephemerides from external sources are globally valid and their transmission in real-time needs lower rates compared to RTK-services. Therefore, PPP offers the possibility of highly precise positioning in areas, where neither a dense reference station network, nor a good mobile data link is available. The resulting positions as well as troposphere or clock parameters are solely referred to the geodetic datum of the ephemerides.

Nevertheless, real-time PPP is only in its starting phase, since the necessary correction data are available only for a short time with an adequate accuracy. It was not until 2011, when the transmission of PPP specific corrections for satellite orbits and clocks was standardized in the RTCM document (version 3.1) for the first time. Applying these so-called SSR (State Space Representation) corrections it is finally possible to process coordinates with an accuracy of only few centimeters in real-time. Nevertheless, for sub-decimeter accuracies an initialization phase of up to 30 minutes is necessary. This convergence time arises from the fact that ambiguities within PPP usually cannot

be fixed to integer values, as their estimates contain not only the real ambiguities, but also instrumental biases that would have cancelled in RTK as a result of differencing observations. The real-valued parts of these phase biases can only be eliminated by phase corrections calculated in a network solution.

This contribution presents the current developments concerning PPP for real-time applications, as well as research projects at the Working Group Navigation of the Institute of Geodesy at the TU Graz, that among others investigate also the fixing of integer ambiguities within PPP processing. The integer ambiguity fixing would shorten the initialization phase of PPP solutions significantly, and make the technique more attractive for many real-time applications.

Keywords: GNSS, PPP, ambiguity resolution, real-time

1. Einleitung

Precise Point Positioning (PPP) ist eine Technik zur präzisen Koordinatenbestimmung mit Hilfe von Beobachtungsdaten von Globalen Satellitennavigationssystemen (GNSS) eines einzelnen Empfängers. Anstelle der Broadcast Ephemeriden, die mit der Navigationsnachricht der Satelliten mitgeliefert werden, werden präzise Ephemeriden verwendet um die Genauigkeit zu steigern. Des Weiteren verwendet PPP Code- und Phasenbeobachtungen sowie eine Vielzahl von Modellkorrekturen, um maximale Genauigkeiten im Bereich weniger Zentimeter zu erreichen.

Geschichte

Das Konzept von PPP wurde erstmals in den 70er Jahren angewendet, wo es von R. J. Anderle in [1] als Einzelpunktbestimmung aus Dopplerbeobachtungen mit präzisen Ephemeriden beschrieben wurde (siehe [2]). Die erste Anwendung von PPP für GPS-Daten wurde 1997 vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) veröffentlicht. In [3] wird beschrieben, dass in dieser Untersuchung Genauigkeiten von wenigen Zentimetern mit Hilfe von Zweifrequenz-GPS Messungen im Postprocessing erreicht werden konnten. Seither ist PPP eine vielgenutzte Technik für diverse Anwendungen im Postprocessing, wie beispielsweise die Bestimmung von Troposphärenverzögerungen oder Uhrparametern.

Echtzeitanwendungen

PPP in Echtzeit ist allerdings noch in seiner Anfangsphase, was zum einen daran liegt, dass hochgenaue Ephemeriden erst in den letzten Jahren auch in Echtzeit verfügbar sind. Zum anderen liegt der Grund in den langen Konvergenzzeiten, die benötigt werden, um hochgenaue Positionslösungen zu erhalten. Momentan benötigt man für die Berechnung von Koordinaten mit Dezimeter-Genauigkeit zwischen 15 und 30 Minuten, während Genauigkeiten im Bereich weniger Zentimeter erst nach 30 bis 90 Minuten erreicht werden. Die tatsächliche Konvergenzzeit hängt allerdings von der Qualität der Ephemeridendaten sowie der Satellitengeometrie ab.

Das Komitee der Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) veröffentlichte 2011 erstmals einen Standard für Echtzeit PPP Korrekturen. In diesem Standard (RTCM 3.1 Amendment 5, siehe [4]) sind sogenannte State Space Representation (SSR) Nachrichten enthalten, die das Verbreiten von GPS und GLO-NASS Orbit-, Uhr-, und Code Bias-Korrekturen als Ergänzung zu den Broadcast Ephemeriden ermöglichen. Diese PPP Korrekturdatenströme sind ein bedeutender Schritt in Richtung Echtzeit-PPP, allerdings lösen sie nicht das Problem der langen Konvergenzzeiten, die mit der PPP Prozessierung einhergehen. Dieses Problem rührt vorwiegend von der Tatsache, dass in undifferenzierten Beobachtungsmodellen keine Integer-Ambiguitäten bestimmt und fixiert werden können, weil diese durch phasenspezifische Biases verfälscht werden. Ohne externe Informationen kann man diese nicht von den wahren ganzzahligen Ambiguitäten trennen, weshalb man sich in der PPP-Prozessierung meist nur auf die Schätzung von reell-wertigen Ambiguitäten beschränkt. Relative Beobachtungsmodelle hingegen benutzen Differenzen zwischen Beobachtungen von zwei Empfängern (Basislinien), wodurch instrumentelle Fehler eliminiert werden. Daher bleibt die ganzzahlige Charakteristik der Phasenambiguitäten erhalten.

Beobachtungsgleichungen

Da es sich bei PPP im Wesentlichen um eine Einzelpunktbestimmung handelt, kann von den undifferenzierten Beobachtungsgleichungen für Code- und Phasentfernungungen P_i und $\lambda_i \Phi_i$ auf dem Träger i ausgegangen werden:

$$P_i = \rho - c dt_r + \Delta_{trp} + \Delta_{ion} + \Delta_{other} \quad (1)$$

$$\lambda_i \Phi_i = \rho - c dt_r + \Delta_{trp} - \Delta_{ion} + \lambda_i b_i + \lambda_i w + \Delta_{other} \quad (2)$$

Dabei bezeichnet ρ die geometrische Distanz zwischen Satellit und Empfänger, in der die dreidimensionalen Koordinaten des Empfängers enthalten sind. Die Lichtgeschwindigkeit wird mit c bezeichnet, dt_r ist der Empfängeruhrfehler und

Δ_{trop} ist die troposphärische Laufzeitverzögerung. Die ionosphärische Laufzeitverzögerung Δ_{ion} hat eine gegenläufige Auswirkung auf Code- und Phasemessungen, weshalb sie in den beiden Gleichungen mit unterschiedlichen Vorzeichen angeführt ist. w bezeichnet den Windup-Effekt, der nur bei Phasemessungen auftritt. In Δ_{other} sind sämtliche übrigen Fehlerterme, wie Gezeiteneffekte, Phasenzentrumskorrekturen, und Rauschen enthalten. Mit λ_i wird die Wellenlänge der jeweiligen Trägerphase bezeichnet, während b_i die Phasemehrdeutigkeit enthält. Zu beachten ist hier, dass der Satellitenuhrenfehler bereits durch den Einsatz präziser Uhrkorrekturen weitgehend entfernt worden ist.

Generell geht man im PPP Modell davon aus, dass die Ephemeridendaten fehlerfrei sind, daher ist die erreichbare Genauigkeit der geschätzten Parameter direkt von der Qualität der Ephemeriden abhängig. Die geschätzten Parameter bestehen aus den Koordinaten im Earth Centered Earth Fixed (ECEF) System, einem oder mehreren Empfängeruhrfehlern, je nach Anzahl der verwendeten GNSS Systeme, den reellwertigen Phasenambiguitäten und einem optionalen Troposphärenparameter. Dieser beschreibt üblicherweise den feuchten Anteil der troposphärischen Laufzeitverzögerung für Satelliten im Zenit (ZWD = Zenith Wet Delay), der aufgrund unvorhersehbarer lokaler Wetterbedingungen nur schlecht modelliert werden kann. Der hydrostatische Anteil (ZHD = Zenith Hydrostatic Delay) dagegen, kann mit Modellen ausreichend genau beschrieben werden. Der Einfluss der Ionosphäre kann, im Gegensatz zur Troposphäre, durch den Einsatz der ionosphärenfreien Linearkombination der Beobachtungen weitgehend eliminiert werden, solange Beobachtungen auf mindestens zwei Frequenzen gemessen wurden. Ist das nicht der Fall, so muss der Einfluss der Ionosphäre mit geeigneten Modellen vermindert werden.

Die ionosphärenfreien Linearkombinationen für Code- und Phasentfernungen P_{IF} und L_{IF} lauten

$$P_{IF} = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} P_1 - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} P_2 = \quad (3)$$

$$= \rho - cdt_r + \Delta_{trop} + \Delta_{other}$$

und

$$L_{IF} = \lambda \Phi_{IF} = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} \lambda_1 \Phi_1 - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} \lambda_2 \Phi_2 = \quad (4)$$

$$= \rho - cdt_r + \Delta_{trop} + \lambda_{IF} b_{IF} + \Delta_{other}$$

Durch diese Kombination werden die Terme erster Ordnung der ionosphärischen Laufzeitverzögerung eliminiert. Dies entspricht in etwa 99.9% des gesamten Einflusses der Ionosphäre auf die GNSS Signale. Für PPP wird diese Kombination häufig für hochgenaue Auswertungen verwendet, obwohl sie durchaus Nachteile mit sich bringt. Ein Nachteil ist, dass das Rauschen der kombinierten Beobachtung ungefähr dreimal so hoch ist, wie jenes der einzelnen Beobachtungen. Des Weiteren sind die Schätzungen für die Ambiguitäten b_{IF} aufgrund der aus den Frequenzen entstandenen Koeffizienten, nicht mehr von Natur aus ganzzahlig.

Vor- und Nachteile gegenüber RTK

PPP weist gegenüber den altbekannten relativen Positionierungstechniken wie zum Beispiel RTK einige Unterschiede auf:

Als Vorteil kann genannt werden, dass PPP nicht auf simultane Messungen zu anderen GNSS Empfängern angewiesen ist, da keine Differenzen zwischen Beobachtungen gebildet werden. Das macht PPP wesentlich unabhängiger von örtlichen Gegebenheiten als RTK. Es werden zwar durchaus zumindest Ephemeridendaten von Stationsnetzwerken benötigt, diese können aber auch aus global verstreuten GNSS Stationen berechnet werden und sind vom International GNSS Service (IGS) frei erhältlich und global gültig. Wenn es um die Echtzeitübertragung der Ephemeriden geht, benötigen diese eine geringere Bandbreite sowie auch eine niedrigere Updaterate als beispielsweise RTK Daten. Die Echtzeitströme des IGS werden beispielsweise alle 5 Sekunden upgedatet, wobei das vor allem für die Uhrkorrekturen notwendig ist, die Bahnkorrekturen hingegen sind zeitstabiler und können wesentlich seltener z.B. nur alle 60 s ausgesendet werden. Genaue Angaben zu den Echtzeitströmen des IGS finden sich auf der IGS Homepage [5]. Aufgrund der genannten Eigenschaften kann PPP im Gegensatz zu RTK auch in Regionen ohne GNSS Infrastruktur verwendet werden, bzw. auch dort wo mobile Datenübertragung nur eingeschränkt verfügbar ist. Beispielsweise wird PPP für Frühwarnsysteme vor Tsunamis oder Erdbeben verwendet.

PPP Lösungen beziehen sich auf das geodätische Datum der Ephemeriden. Für die Produkte des IGS ist das immer die aktuelle Version des International Terrestrial Reference Frame (ITRF) zur Beobachtungsepoche (siehe [6]). Daher bekommt man mittels PPP Prozessierung eigen-

ständige Lösungen, die frei von Netzwerkeffekten sind.

PPP Projekte am Institut

Im Laufe der vergangenen 6 Jahre wurden mehrere Projekte zum Thema PPP in der Arbeitsgruppe Navigation des Instituts für Geodäsie (vormals Institut für Navigation) durchgeführt. Dazu gehören die Projekte RA-PPP & RT-PPP, die sich mit Verbesserungen der Konvergenzzeit für PPP und damit verbundenen Korrekturdaten beschäftigt haben. In beiden Projekten wurde von der Schätzung von reell-wertigen Ambiguitäten ausgegangen. Im Projekt PPPserve erfolgte der Übergang von reell-wertigen Ambiguitäten auf Integer-Ambiguitäten im Rahmen eines entwickelten PPP Services. Diese drei Projekte konzentrierten sich auf PPP mit geodätischen GNSS Empfängern für Genauigkeiten im Dezimeter- bis Zentimeter-Bereich.

Das aktuellste Projekt beschäftigt sich mit low-cost PPP in Kombination mit einem Partikelfilter und einer navigierbaren Karte als Positionierungseinheit für ein Blindennavigationssystem.

Alle genannten Projekte sind nationale Forschungsprojekte, die im Rahmen des Österreichischen Weltraumprogramms ASAP der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert wurden.

In diesem Beitrag wird das Projekt PPPserve näher vorgestellt, da es sich mit den neuesten Forschungsentwicklungen auf dem Gebiet PPP beschäftigt.

2. Projekt PPPserve

PPPserve steht für „Network based GNSS Phase Biases to enhance PPP Applications – A new Service Level of GNSS Reference Station Provider“ und beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Berechnung und Anwendung von phasenspezifischen Biases, mit deren Hilfe PPP mit Integer-Ambiguitätenlösung ermöglicht werden kann.

In einem Projektkonsortium bestehend aus dem Department für Geodäsie und Geoinformation der TU Wien, dem Institut für Geodäsie der TU Graz und der Firma Wiener Netze GmbH, einem Mitbetreiber des Österreichischen Referenzstationsnetzwerkes EPOSA, wurde an dem Projektziel der Entwicklung geeigneter Algorithmen für eine schnelle Positionierung mittels PPP im Bereich weniger Zentimeter gearbeitet. Ein deklariertes Ziel des Projektes war es ein voll-

ständiges System aufzubauen, das es ermöglicht Phasenkorrekturen zur Wiederherstellung von Integer-Ambiguitäten in einer Netzwerklösung zu rechnen, an den Nutzer zu übertragen und mithilfe eines modifizierten PPP-Clients zu nützen um PPP mit Ambiguitätenfixierung durchzuführen.

In einer anfänglichen Design- und Evaluierungsphase wurden zwei in der Literatur existierende unterschiedliche Techniken zur Gewinnung von Phasenbiases (UPDs) untersucht: zum einen das sogenannte „Decoupled Clock Modell“, das unter anderen in [7] und [8] untersucht wurde und zum anderen das Modell „Phase recovery from fractional parts“, das am GeoForschungs-Zentrum in Potsdam entwickelt wurde (siehe [9]). In beiden Modellen werden Wide-Lane (WL) und Narrow-Lane (NL) satellitenspezifische Phasenbiases aus einem Stationsnetzwerk gerechnet, im „Decoupled Clock Modell“ allerdings aus undifferenzierten Beobachtungsmodellen, in denen rigoros zwischen hardwarespezifischen Biases auf unterschiedlichen Beobachtungstypen unterschieden wird. Beim Modell „Phase recovery from fractional parts“ dagegen, werden ausschließlich Phasenbiases aus Differenzen zwischen zwei Satelliten erzeugt.

Schlussendlich entschied sich das Projektteam für die Erzeugung von UPD Korrekturen aus Satellitendifferenzen, da mit dieser Methode die empfängerspezifischen Fehleranteile durch die Differenzbildung von Beobachtungen zwischen zwei Satelliten herausfallen und daher weder in der serverseitigen noch in der nutzerseitigen Software berücksichtigt werden müssen. Das Gesamtdesign des Systems, das in PPPserve entwickelt wurde, ist in Abbildung 1 dargestellt.

Serverseite

Die Software für die Berechnung der satellitenspezifischen UPDs wurde an der TU Wien entwickelt. Die Korrekturen werden auf der Serverseite berechnet und in einem Abstand von 30 Sekunden an den Nutzer übermittelt. Dabei ist zu beachten, dass die WL-UPDs theoretisch sogar über mehrere Tage hinweg stabil bleiben würden, und die NL-UPDs immer noch zumindest über eine Beobachtungsperiode hinweg, die bis zu mehreren Stunden dauern kann (siehe [10]). In Hinblick auf ein Echtzeitservice, kann allerdings nicht vom Nutzer erwartet werden länger als 30 Sekunden auf die Phasenkorrekturen zu warten. Des Weiteren können auch Orbit- und Uhrkorrekturen auf der Serverseite berechnet werden und zusammen mit den UPDs in Form

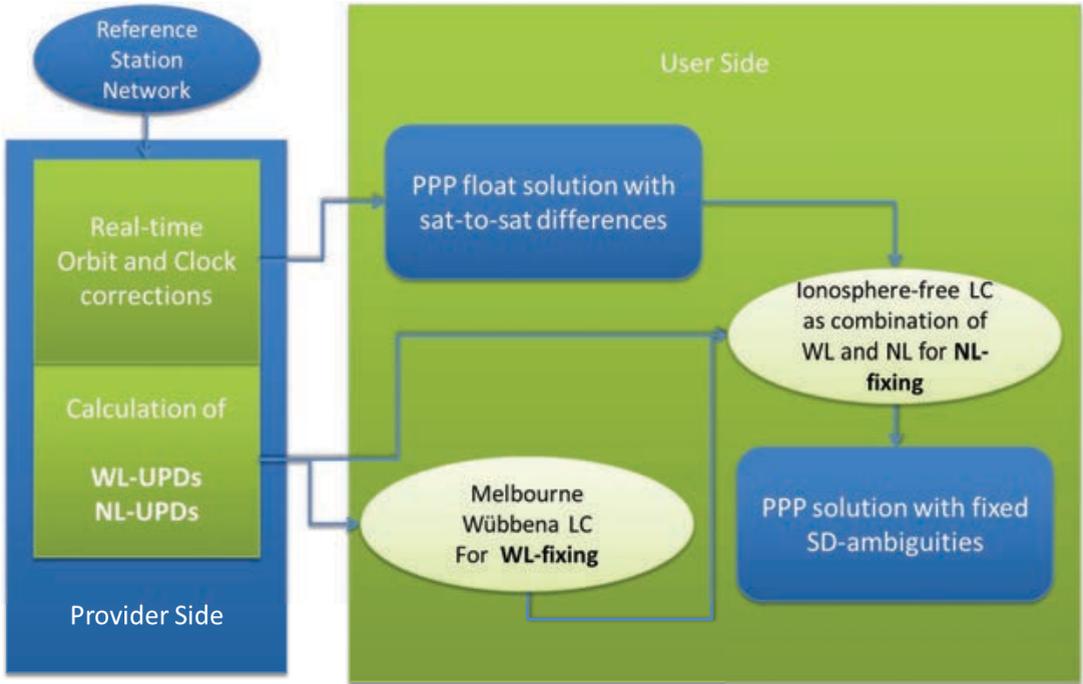


Abb. 1: PPPserve Systemdesign

von SSR-Korrekturen an den Nutzer versandt werden.

Nutzerseite

Auf der Nutzerseite werden die Korrekturdaten z.B. mithilfe eines RTCM-Clients empfangen und in einer modifizierten PPP-Software, an die entsprechenden WL- und NL-Beobachtungen angebracht. Eine solche PPP-Client Software wurde an der TU Graz entwickelt und nennt sich PPPsoft.

Durch die Applikation der UPDs wird eine PPP-Lösung mit fixierten Ambiguitäten ermöglicht, die ab der Fixierung von 3–4 Ambiguitäten eine hochgenaue Position im Bereich weniger cm liefert. Dabei spielt die Satellitengeometrie für die Geschwindigkeit und Qualität der Ambiguitätenlösung eine wichtige Rolle.

Genauere Details zum Projekt PPPserve können dem Endbericht des Projektes (siehe [11]) entnommen werden.

3. Ambiguitäten in der PPP Lösung

Nachfolgend werden die theoretischen Hintergründe der Ambiguitätenlösung für PPP, wie sie auch im Projekt PPPserve verwendet wurden, erklärt:

Geht man von der ionospärenfreie Linearkombination für Phasenmessungen in Gleichung (4) aus, lautet der zugehörige Ambiguitätenterm B_{IF} , wie er auch in der PPP Lösung geschätzt wird,

$$B_{IF} = \lambda_{IF} b_{IF} = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} \lambda_1 b_1 - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} \lambda_2 b_2. \quad (5)$$

Diese Kombination enthält nun die beiden unbekannt Ambiguitätenterme der einzelnen Phasen b_1 und b_2 , die in dieser Form nicht mehr getrennt bestimmt werden können. Hinzu kommt, dass die einzelnen Ambiguitäten b_i nicht nur als die eigentliche Integer-Ambiguität, sondern vielmehr als Summe der Integer-Ambiguität n_i plus satelliten- und empfängerbezogene reell-wertige Biases $\Delta\Phi_i^s$ und $\Delta\Phi_{i,r}$ betrachtet werden müssen:

$$b_i = n_i + \Delta\Phi_i^s + \Delta\Phi_{i,r} \quad (6)$$

Dabei können nur die Phasenreststücke der Biases von den Integer-Ambiguitäten getrennt werden.

Erst durch die alternative Darstellung der ionospärenfreien Linearkombination können die genannten Probleme vereinfacht werden. Betrachtet man die ionospärenfreien Ambiguitäten

$$\lambda_{IF} b_{IF}^{ij} = \lambda_1 b_c^{ij} = \frac{f_1^2}{(f_1^2 - f_2^2)} \lambda_1 b_1^{ij} - \frac{f_2^2}{(f_1^2 - f_2^2)} \lambda_2 b_2^{ij}, \quad (7)$$

so können diese mittels einer Umformung auch in der folgenden Gleichung dargestellt werden:

$$\begin{aligned} b_c^{ij} &= \frac{f_1}{f_1 + f_2} b_n^{ij} + \frac{f_1 f_2}{f_1^2 - f_2^2} b_w^{ij} = \\ &= \frac{f_1}{f_1 + f_2} (n_n^{ij} + \Delta\Phi_n^{ij}) + \frac{f_1 f_2}{f_1^2 - f_2^2} (n_w^{ij} + \Delta\Phi_w^{ij}) \end{aligned} \quad (8)$$

In dieser Form ist man nun nicht mehr mit den Ambiguitäten der einzelnen Phasen konfrontiert, sondern man erhält nun einen Wide-Lane (WL) und einen Narrow-Lane (NL) Anteil $b_w^{ij} = (n_w^{ij} + \Delta\Phi_w^{ij})$ und $b_n^{ij} = (n_n^{ij} + \Delta\Phi_n^{ij})$, die beide aus der jeweiligen Integer-Ambiguität n^{ij} und dem zugehörigen satellitenspezifischen UPD $\Delta\Phi^{ij}$ bestehen. Die Indizes i und j stehen für die beiden Satelliten, zwischen denen eine Differenz gebildet wurde, um empfinderspezifische Fehler zu eliminieren.

WL-Fixierung

Mit der alternativen Darstellung der ionosphärenfreien Ambiguitäten hat man nun erreicht, dass man die WL-Ambiguität, die über eine große Wellenlänge von $\lambda_{WL} = 86$ cm verfügt, schon in der Vorprozessierung mit Hilfe der Melbourne-Wübbena Linearkombination (siehe [12] und [13]) lösen kann. Diese wird aus Code- und Phasenmessungen beider Frequenzen gebildet und eliminiert den Einfluss der Ionosphäre und der Geometrie, sodass nur noch WL Ambiguitäten und die entsprechenden UPDs in der Gleichung verbleiben. Sind die WL-UPDs bekannt, können die Integer WL Ambiguitäten einfach durch Mittelbildung über die Beobachtungen bestimmt werden.

NL-Fixierung

Nach der Fixierung der WL-Ambiguität enthält Gleichung (8) nur mehr einen unbekanntes Ambiguitätenterm: die NL-Ambiguität, deren Bestimmung allerdings auf Grund der verhältnismäßig kürzeren Wellenlänge von 10.7 cm etwas komplizierter ist. Sie wird im Zuge der eigentlichen Prozessierung mithilfe der geschätzten Float-Ambiguität \hat{B}_{IF}^{ij} , der fixierten WL-Ambiguität und dem NL-UPD fixiert. Dazu wird Gleichung (8) umgeformt, sodass man die NL-Ambiguität erhält:

$$\begin{aligned} b_n^{ij} &= n_n^{ij} + \Delta\Phi_n^{ij} = \\ &= \frac{f_1 + f_2}{f_1} \hat{B}_{IF}^{ij} - \frac{f_1}{f_1 - f_2} (n_w^{ij} + \Delta\Phi_w^{ij}) \end{aligned} \quad (9)$$

Da die Float-Lösung einige Zeit benötigt um zu konvergieren, ist die korrekte Fixierung der Ambiguitäten am Beginn der Prozessierung relativ schwierig. Aus diesem Grund wird in PP-Soft eine partielle Ambiguitätenlösung mithilfe der LAMBDA Methode (siehe [14]) angewendet. Dazu werden zunächst nur die Ambiguitäten mit der kleinsten Varianz aus der Float-Lösung für die Fixierung verwendet. Erst wenn diese erfolgreich ist folgen die Ambiguitäten der restlichen Satelliten. Da die Schätzungen der ionosphärenfreien Ambiguitäten während der Konvergenz noch deutlich schwanken können, wird die Ambiguitätenlösung jede Epoche neu gerechnet und gegebenenfalls verändert.

Sobald man mindestens 3–4 Ambiguitätenpaare (WL und NL) fixiert hat, kann man die entsprechenden ionosphärenfreien Ambiguitäten mittels Gleichung (8) rekonstruieren und wieder in das Gleichungssystem einführen. Im Falle von PPPserve werden die daraus erhaltenen ionosphärenfreien Satellitendifferenzen der Ambiguitäten als PseudoBeobachtungen mit hohem Gewicht eingeführt. Mit diesen Zusatzinformationen kann nun ein 2ter Ausgleich erfolgen, der diesmal von kinematischen, daher von Epoche zu Epoche unabhängigen, Parametern ausgeht. Dies bewirkt, dass sich die Koordinatenlösung nach der korrekten Ambiguitätenfixierung sprunghaft verbessert.

4. Ergebnisse der PPP Lösungen

Nachfolgend werden exemplarisch einige Ergebnisse aus der PPP Client-Software PPPsoft dargestellt, die die Funktionalität der PPP-Lösung am Institut für Geodäsie im Float-Modus, sowie mit Ambiguitätenfixierung aufzeigen sollen.

Gegenüberstellung Float-Lösung mit Final Orbits und mit Echtzeitkorrekturen

In Abbildung 2 sieht man die Nord-, Ost- und Höhendifferenzen (dN, dE, dU) in Bezug auf die Referenzkoordinaten einer PPP Float-Lösung der IGS Station Graz Lustbühel. Diese wurden mithilfe von Echtzeitströmen mit SSR-Korrekturen für Satellitenbahnen und Uhren des Centre National d'Études Spatiales, Toulouse (CNES) gerechnet. In Abbildung 3 sieht man eine zweite Koordinatenlösung derselben Station. Diesmal wurden jedoch die sogenannten Final Orbits des IGS verwendet, die erst im Postprocessing einige

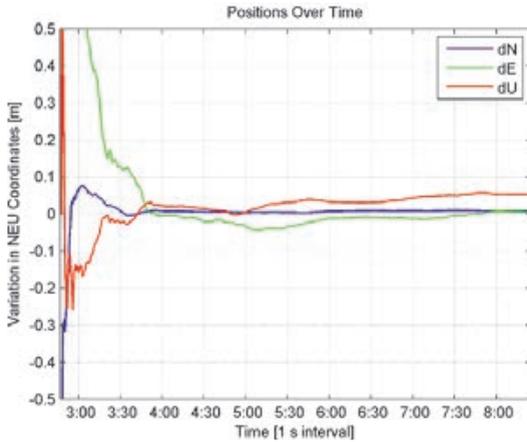


Abb. 2: Nord, Ost und Höhendifferenzen einer PPP Float-Lösung: Beobachtungsdaten Graz Lustbühel DOY 88 in 2013 mit Echtzeitkorrekturen für Ephemeriden von CNES

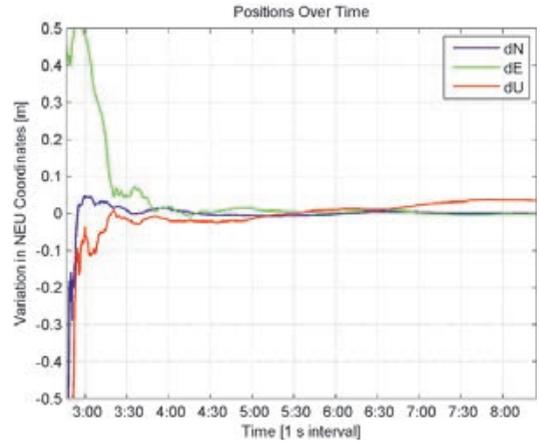


Abb. 3: Nord, Ost und Höhendifferenzen einer PPP Float-Lösung: Beobachtungsdaten Graz Lustbühel DOY 88 in 2013 mit IGS Final Orbits und Uhren

Tage nach der Beobachtung erhältlich sind. In der X-Achse beider Plots ist die Beobachtungszeit aufgetragen. Die Beobachtungen fanden im Zeitraum von 2:46 – 8:20 statt und wurden im Sekundentakt berechnet.

zeit verfügbaren Daten mittlerweile schon fast die Qualität der Postprocessing-Ephemeriden erreicht haben und daher auch in Echtzeit Positionslösungen im Bereich weniger cm ermöglicht werden.

In beiden Graphiken sieht man, dass mit Hilfe von PPP Koordinaten mit einer Genauigkeit von wenigen cm bestimmt werden können. Dies dauert allerdings in beiden Fällen eine gewisse Zeit: Für eine Genauigkeit im dm-Bereich werden 20–30 Minuten benötigt, während die optimale Genauigkeit erst nach 1–2 Stunden erreicht ist. Dies sind typische Konvergenzzeiten für PPP Lösungen. Auffällig ist auch, dass die in Echt-

Gegenüberstellung Float-Lösung und fixierte Lösung

Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen einen Vergleich der Koordinaten aus einer Float-Lösung mit denen aus einer Lösung mit fixierten Integer-Ambiguitäten. In beiden Fällen sind die Abweichungen von Koordinatenlösungen der EPOSA Station BADE in Nord- und Ostrichtung sowie

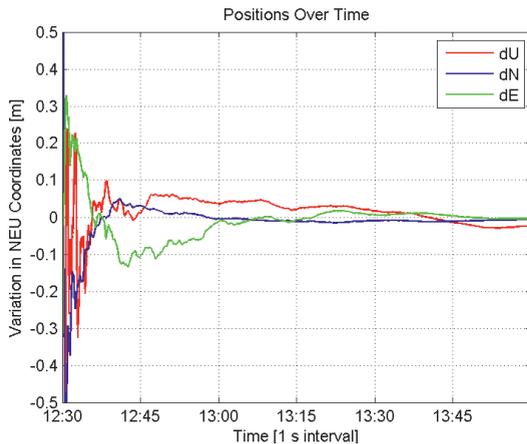


Abb. 4: Nord, Ost und Höhendifferenzen einer PPP Float-Lösung: Beobachtungsdaten EPOSA Station BADE DOY 87 in 2013 mit IGS Final Ephemeriden und UPDs von TU Wien

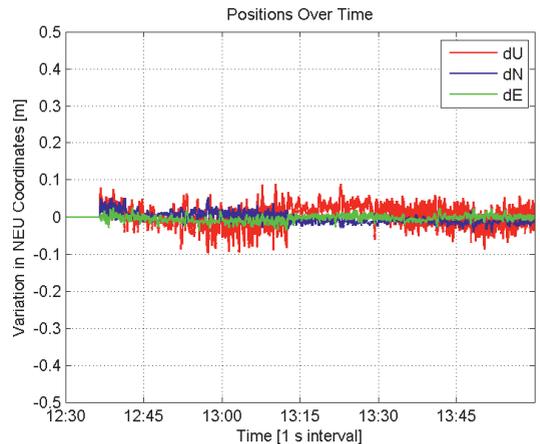


Abb. 5: Nord, Ost und Höhendifferenzen einer PPP Lösung mit Ambiguitätenfixierung: Beobachtungsdaten EPOSA Station BADE DOY 87 in 2013 mit IGS Final Ephemeriden und UPDs von TU Wien

der Höhe dargestellt. Die Beobachtungszeit (X-Achse) war in beiden Fällen 12:30 bis 14:00 am Tag 87 in 2013.

Die Float-Lösung in Abbildung 4 wurde mit Hilfe eines Kalman-Filters gerechnet, in dem die Koordinaten sowie auch die geschätzten Ambiguitäten als konstant angenommen wurden. Durch diese Filterung sieht die Koordinatenlösung sehr viel glatter aus, als die der fixierten Lösung in Abbildung 5, die ohne Filterung in einem epochenweisen Ausgleich nach kleinsten Quadraten berechnet wurde. Auch abgesehen vom Rauschen, zeigt die fixierte Lösung ein deutlich anderes Verhalten im Vergleich zur Float-Lösung: Ab Epoche 400 (nach weniger als 7 Minuten) kann eine Koordinatenlösung mit fixierten Ambiguitäten berechnet werden, die sofort die maximale Genauigkeit von wenigen Zentimetern erreicht. Die Float-Lösung dagegen benötigt dafür über 30 Minuten. Nach der korrekten Ambiguitätenfixierung bleibt die Lösung konstant bei derselben Genauigkeit, wobei die Ostkomponente und die Nordkomponente gleichwertig sind.

Statistische Auswertung von Ergebnissen aus Float- und Fixierter Lösung

In Abbildung 6 und Abbildung 7 sieht man die statistische Auswertung einer Testserie der EPOSA Station Graz am Tag 87 des Jahres 2013. Berechnet wurden Float-Lösungen und Lösungen mit Ambiguitätenfixierung, wobei die Startzeit bei jeder Lösung um 30 Minuten versetzt wurde. Ausgewertet wurde lediglich eine Stunde pro Lösung, da besonders die Konvergenz der

Koordinaten in diesem Zeitraum interessant war. Die Abbildungen zeigen den Median der Abweichungen der Nord, Ost und Höhenkomponente (dN, dE, dU) von den Referenzkoordinaten zu den Zeitpunkten 15, 30, 45 und 60 Minuten nach Start der Berechnung ermittelt aus allen Lösungen des Tages.

Auch die Testserie der Float-Lösungen in Abbildung 6 und der fixierten Lösungen in Abbildung 7 zeigen, dass die volle Koordinatenkonvergenz mithilfe der fixierten Ambiguitäten wesentlich schneller erreicht werden kann; die meisten Ambiguitäten wurden nach 15 bis 30 Minuten fixiert. Danach ist die Koordinatenlösung vor allem in der Ost-, und Höhenkomponente eindeutig besser, als in der Float-Lösung.

Leider ist die korrekte Fixierung in der Anfangsphase der Prozessierung vor der Konvergenz der Float-Ambiguitäten schwierig, weshalb gerade in dieser Zeit noch häufig falsche Integerwerte fixiert werden. Auch wenn diese nur um ± 1 Cycle daneben liegen, kann die resultierende Koordinatenlösung stark verfälscht werden, was sich in sprunghaften Koordinatenoffsets äußert. Eine Vielzahl an Tests zum Thema der Verkürzung der Zeit zur Fixierung der Ambiguitäten, sowie der Detektion von falschen Fixierungen wurde in [15] dokumentiert.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend wurde in diesem Beitrag gezeigt, welche Resultate heutige PPP-Lösungen mit geodätischen Empfängern leisten können, sowie welchen Gewinn man aus der Integer-Ambiguitätenlösung in einem PPP-Client erhalten

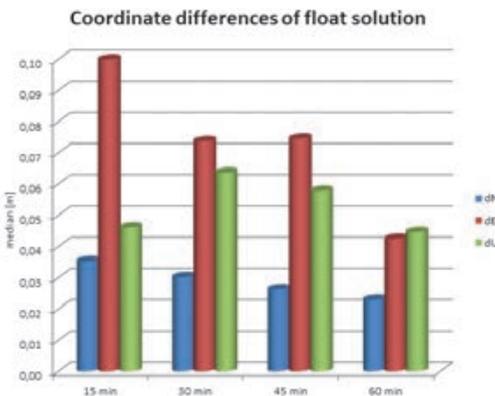


Abb. 6: Median der Nord, Ost und Höhendifferenzen einer Serie von PPP Float-Lösungen: Beobachtungsdaten EPOSA Station GRAZ DOY 87 in 2013 mit Echtzeitkorrekturen für Ephemeriden und UPDs von CNES

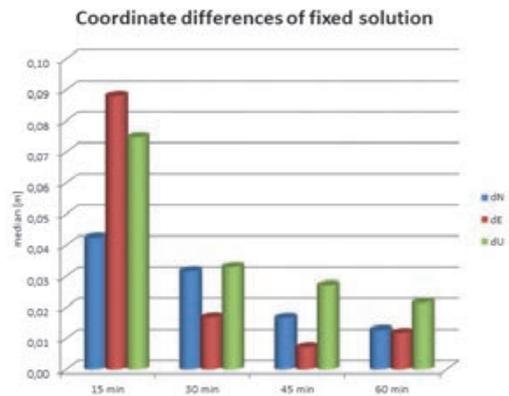


Abb. 7: Median der Nord, Ost und Höhendifferenzen einer Serie von PPP Lösungen mit Ambiguitätenfixierung: Beobachtungsdaten EPOSA Station GRAZ DOY 87 in 2013 mit Echtzeitkorrekturen für Ephemeriden und UPDs von CNES

kann. Heutzutage ist es möglich mit Hilfe externer Daten Ambiguitäten auch für die Einzelpunktbestimmung zu fixieren, was die Genauigkeit der Lösung sprunghaft konvergieren lässt. Die Ambiguitätenlösung benötigt in den meisten Fällen immer noch zwischen 10 und 30 Minuten. Danach erhält man allerdings Positionen im Bereich von wenigen Zentimetern. In einer Float-Lösung liegt die Konvergenzzeit bis zum Erhalt einer Zentimeterlösung bei mindestens 30 Minuten, kann aber auch deutlich über eine Stunde dauern. Außerdem wird die Konvergenz und Endgenauigkeit von Koordinaten in Ostrichtung durch die Fixierung von Ambiguitäten deutlich verbessert.

Trotz dieser ersten Erfolge gibt es noch einige Punkte, die in Bezug auf PPP für Echtzeitanwendungen zu erforschen sind. Dazu gehören Tests im Bereich kinematischer Anwendungen, aber auch die Entwicklung besserer Methoden zur Detektion von falschen Fixierungen der Ambiguitäten in der Anfangsphase der PPP-Lösung.

Danksagung

PPPserve und alle andere genannten Projekte sind nationale Forschungsprojekte, die im Rahmen des Österreichischen Weltraumprogramms (ASAP) der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gefördert wurden.

Das PPPserve Konsortium bestand aus dem Department für Geodäsie und Geoinformation der TU Wien, dem Institut für Geodäsie, Arbeitsgruppe Navigation der TU Graz und der Wiener Netze GmbH, einem Mitbetreiber des Österreichischen Referenzstationsnetzwerkes EPOSA.

Referenzen

- [1] Anderle, R. J. (1977). Point positioning concept using precise ephemeris. In: Satellite Doppler positioning. Ed. by G. Veis and O. W. Williams, pp. 47-75.
- [2] Kouba, J. and P. Héroux (2001). Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products. In: GPS Solutions 5.2, pp. 12-28.
- [3] Zumbege, J. F., M. B. Heflin, D. C. Jefferson, M. M. Watkins, and F. H. Webb (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. In: Journal of Geophysical Research: Solid Earth 102.B3, pp. 5005-5017.
- [4] Radio Technical Commission for Maritime Services (2011). Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services -Version 3. RTCM 10403.1 RTCM Paper 142. 2011/SC104-STD with Amendment 5. Version 3.
- [5] Homepage des IGS Real-time Services. <http://igs.org/rt/products>. Besucht am 20.02.2015.
- [6] Homepage des International Terrestrial Reference Frame (ITRF). http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008. Besucht am 20.02.2015.
- [7] Collins, P., S. Bisnath, F. Lahaye, and P. Héroux (2010). Undifferenced GPS Ambiguity Resolution Using the Decoupled Clock Model and Ambiguity Datum Fixing. In: Journal of the Institute of Navigation Vol. 57, No. 2.
- [8] Laurichesse, D., F. Mercier, J. P. Berthias, P. Broca, and L. Cerri (2009). Integer Ambiguity Resolution on Undifferenced GPS Phase Measurements and its Application to PPP and Satellite Precise Orbit Determination. In: Journal of the Institute of Navigation Vol. 56, No. 2.
- [9] Ge, M., G. Gendt, M. Rothacher, C. Shi, and J. Liu (2008). Resolution of GPS carrier-phase ambiguities in Precise Point Positioning (PPP) with daily observations. In: Journal of Geodesy 82.7, pp. 389-399.
- [10] Hinterberger, F., R. Weber, K. Huber, R. Lesjak (2015). Ambiguity fixing in real-time PPP – Determination of uncalibrated phase delays using a regional network. In: Austrian Contributions to the 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Prague, Czech Republic. Wird veröffentlicht im Juni 2015.
- [11] Weber, R., F. Hinterberger, K. Huber, R. Lesjak, C. Klug, and G. Thaler (2013). Final Report of project PPPserve: Network based GNSS Phase Biases to enhance PPP Applications – A new Service Level of GNSS Reference Station Provider
- [12] Melbourne, W. G. (1985). The case for ranging in GPS-based geodetic systems". In: Proc. 1st Int. Symp. on Precise Positioning with GPS, Rockville, Maryland (1985), pp. 373-386.
- [13] Wübbena, G. (1985). Software developments for geodetic positioning with GPS using TI-4100 code and carrier measurements. In: Proceedings of the First International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System. Vol. 19.
- [14] De Jonge, P. and C. Tiberius (1996). The LAMBDA method for integer ambiguity estimation: implementation aspects. In: Delft Geodetic Computing Centre LGR Series 12.
- [15] Huber, K. (2015). Precise Point Positioning with Ambiguity Resolution for real-time applications. Dissertation an der TU Graz.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Katrin Huber, Institut für Geodäsie – Arbeitsgruppe Navigation, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz.

E-mail: katrin.huber@tugraz.at

Dipl.-Ing. Roman Lesjak, Institut für Geodäsie – Arbeitsgruppe Navigation, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz.

E-mail: roman.lesjak@tugraz.at

Dipl.-Ing. Fabian Hinterberger, Department für Geodäsie und Geoinformation, Arbeitsgruppe Advanced Geodesy, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25-29, 1040 Wien.

E-mail: fabian.hinterberger@tuwien.ac.at



Erdbeben – Auswirkungen auf geodätischen Messungen

Wolfgang Lenhardt, Wien

Kurzfassung

Erdbeben wirken sich auf geodätische Messungen in mehrfacher Hinsicht aus. Stärkere Erdbeben (normalerweise ab Magnitude 6,5) führen zu permanenten Verschiebungen an der Erdoberfläche, und bei sehr starken Beben (Magnitude >8) auch zu Eigenschwingungen unseres Planeten. Durch geodätische Messungen dokumentierte Verschiebungen an der Erdoberfläche stellen für SeismologInnen eine extrem wichtige Informationsquelle dar, da sie Auskunft über die Bruchflächenerstreckung geben – und in der Folge über abgebaute Spannungen in der Erdkruste. Da Erdbeben im Alpenraum hauptsächlich in Tiefen um 8 km stattfinden und die Erdbeben eine Magnitude von 6,5 nicht überschreiten, paust sich die eigentliche Verschiebung kaum oder gar nicht bis zur Erdoberfläche durch. Ein Verschiebungsvorgang (seismologisch erfassbar oder auch aseismisch) in der Erdkruste, der nicht bis zur Erdoberfläche reicht, kann auch zu Horizontalverschiebungen, Hebungen oder Senkungen eines Untersuchungsgebietes führen. Dies sind wichtige Indizien für duktile Deformationsvorgänge und können Hinweise auf langfristige Spannungsansammlungen liefern.

Viel stärkere Erdbeben der Magnitude >8, die es zwar im Alpenraum nicht gibt aber dafür an entfernten Plattengrenzen, regen unseren Planeten zu Eigenschwingungen an, die sich zum Studium des tiefen Aufbaues des Erdinnern eignen. Diese Eigenschwingungen behindern jedoch lokale gravimetrische Untersuchungen über viele Tage hinaus.

Anschrift des Vortragenden

Univ.-Doz.Dr. Wolfgang Lenhardt, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Geophysik, Hohe Warte 38, 1190 Wien.

E-Mail: wolfgang.lenhardt@zamg.ac.at





Kinematischer Ausgleich des Österreichischen Höhenetzes 1. Ordnung

Philipp Mitterschiffthaler, Graz

Kurzfassung

Das Nivellement blickt im BEV und dessen Vorgängerinstitutionen auf eine lange Geschichte zurück. Bereits im Jahr 1871 wurde mit ersten Messungen im Zuge der damaligen europäischen Gradmessung begonnen, bezogen auf den Pegel am Molo Sartorio in Triest. Dieses damals geschaffene System spiegelt sich teilweise noch heute in unseren Höhendaten wider. Es wurde bis dato keine zwangsfreie Ausgleichung der Höhen durchgeführt. Höhenänderungen waren bisher österreichweit nur bedingt aufdeckbar.

Die Ausgleichungen des Nivellements wurden bisher mit als stabil angenommenen Knotenpunkten durchgeführt. Im Zuge dieses Projektes sollen nun alle zur Verfügung stehenden Beobachtungsdaten verwendet werden, um Aussagen über die Qualität der Knotenpunkte zu erhalten und diese gegebenenfalls in der Höhe zu verbessern.

Das Messprinzip des Nivellements hat sich in den letzten 150 Jahren nicht verändert. Daher sind die Daten sehr gut kombinier- und vergleichbar. Allerdings hat sich die Instrumentengenauigkeit verbessert, weshalb in einem ersten Schritt die Beobachtungsdaten vor 1945 nicht für diese Vergleiche herangezogen werden sollen.

Bedingt durch die historische Entstehung des Nivellementnetzes in Österreich sind in den Höhen der Nivellementpunkte bis dato Änderungen, die durch geophysikalische Prozesse (Plattentektonik, Hangrutschungen, Alpenhebung, Absenkung von Becken, etc.) bedingt sind, nicht enthalten. Die vorhandenen Höhen der Punkte wurden stets durch Festhalten älterer Punkte bestimmt, wodurch Zwänge entstanden. Im Zuge eines Neuausgleiches sollen auf Basis der originären Beobachtungen auftretende vertikale Geschwindigkeiten von mehrfach gemessenen Höhenbezugspunkten bestimmt werden.

Die durch die Neuausgleichung homogenisierten Höhenknoten sollen künftig für ein neues Höhensystem verwendet werden. Parallel zu den bestehenden MGI-Höhen ergibt sich für das BEV die Möglichkeit, diese neu gewonnenen Höhendaten in ein internationales Netz einzupassen und orthometrische Höhen sowie Normalhöhen im EVRS als neues Produkt am Markt zu etablieren.

Im Datenbestand des BEVs befinden sich ca. 40.000 dauerhaft stabilisierte Höhenfestpunkte verteilt über das gesamte Bundesgebiet. Für die Ausgleichung werden jene Punkte verwendet, die in zumindest zwei Epochen bestimmt wurden. Das heißt, es stehen ca. 25.000 Beobachtungen ca. 10.000 Unbekannten gegenüber. Als Höhenbezugspunkt dient der Haupthöhenpunkt Hutbigl, der auch in internationalen Projekten verwendet wurde und eine Einpassung in ein internationales System (EVRS) erlaubt.

Schlüsselwörter: Präzisionsnivellement, Höhenausgleich, Dijkstra Algorithmus, EVRS

Abstract

The Federal Office of Metrology and Surveying (BEV) and its predecessor institutions have been levelling for more than 140 years. It all started with the European arc measurement in 1871. The average water surface elevation at Molo Sartorio became the datum valid for the whole Austro-Hungarian monarchy; for Austria the 1875 gauge is used as the datum. The system was based on spheroidal heights. Up to now there has been no adjustment without strong constraints. Regional changes in time caused by physical processes (plate tectonics, landslides), could almost not be detected. The former adjustments were heavily constraint at the fixed defined node points.

The project now uses all survey data to check the quality of the node points and to handle them as variable too. The method of levelling didn't change during the last 150 years. Therefore the data can be combined easily and are comparable. The precision of the instruments has improved considerably, therefore the observations before 1945 will not be considered at the first stage.

The new adjustment is based on the observations from 1945 to 2014. All points which are observed in more than one epoch are used. Most of these points have two or three epochs, the maximum number is eleven. To combine these observations the Dijkstra's algorithm is used to find the shortest distances for a common epoch. The redundancy of the observations allows to estimate individual velocities and to reference all points to a common epoch. Based on that data orthometric heights will be computed by using gravity data. Thus the levelling data can be directly compared with geometrical heights derived by GNSS.

The adjusted heights will refer to EVRS 2007. For that the connection to the neighbouring countries and to UELN (United European Levelling Network) will be used. At the end the heights will be delivered as a service by the Federal Office. The results then will be available at the BEV. At a later stage of the project the results will be investigated if they can be compared to the movements derived from GNSS time series. Presently the first results demonstrate that the method and the data are promising.

Keywords: precise levelling, height adjustment, Dijkstra's algorithm, EVRS

1. Entstehung des Nivellements in Österreich

Die in Österreich heute vorliegenden Gebrauchshöhen haben ihre Grundlage in einem Nivellementnetz, das vor über 140 Jahren begonnen wurde. Daher lohnt es sich, einen genaueren Blick auf die Entstehung des österreichischen Höhensystems zu werfen. Die historischen Angaben in diesem Kapitel sind [2], [4] und [5] entnommen.

1.1 Die Anfänge

Das Präzisionsnivellement hat in Österreich eine lange Geschichte und Tradition. Der Startschuss für eine flächendeckende Höherfassung der Monarchie fiel am 1. November 1871. Damals erging ein Erlass des „k. und k. Reichs-Kriegs-Ministeriums“ an den „Präses der österreichischen Kommission für die europäische Gradmessung“, welche eine Vorgängerinstitution der heutigen österreichischen geodätischen Kommission (ÖGK) war.

„... die für die Gradmessung wichtige Operation eines geometrischen Präzisions-Nivellement auf dem Gebiete der österreichisch-ungarischen Monarchie, so bald als thunlich beginnen zu lassen.“ [2]

Nach Vorarbeiten im Jahre 1872 wurde im Jahr darauf vom Militärgeographischen Institut (MGI) mit den eigentlichen Nivellementarbeiten begonnen. In den darauffolgenden 23 Jahren wurde das österreichische Präzisionsnivellementnetz geschaffen. Das Netz hatte eine Länge von ca. 25.000 km und wurde realisiert durch 6.000 Höhenmarken und 11.000 Steinmarken.

Definiert wurde das Netz durch sieben Urmarken, die heute allesamt außerhalb Österreichs liegen, sowie durch das Ausgangsniveau der Höhenangaben am Molo Sartorio in Triest. Der sogenannte Nullpunkt wurde mit einem selbstregistrierenden Flutautographen im Finanzwachgebäude über ein Jahr hinweg bestimmt und mit der Höhenmarke #1 am Gebäude versichert. Tatsächlich wurden die Schwankungen des Meeresspiegels in Triest schon seit 1869 beobachtet, aber den Berechnungen liegt leider nur das Jahr 1875 zugrunde. Später hat man festgestellt, dass durch diese kurze Beobachtungsdauer von nur einem Jahr langwellige Variationen des Meeresspiegels nicht berücksichtigt wurden und die Höhe der Höhenmarke #1 fälschlicherweise mit 3.3520 m angenommen wurde. Die Genauigkeit wurde mit ± 1 cm angegeben, da man sich auch damals schon bewusst war, dass diese kurze Beobachtungsdauer für eine bessere Genauigkeit

nicht ausreichend ist. Aus späteren achtjährigen Beobachtungen wurde die Höhe der Höhenmarke mit 3.2621 m angegeben. Die Differenz von 89.9 mm wurde allerdings nie angebracht und ist dem Höhensystem als konstanter Offset erhalten geblieben.

Nachdem das Präzisionsnivellement 1895 abgeschlossen wurde, wurden bis 1918 nur noch vereinzelt Linien gemessen.

In den Jahren der Zwischenkriegszeit kamen die staatlichen Nivellementarbeiten auf Grund der schwierigen finanziellen Situation fast völlig zum Erliegen. Daraufhin war abermals die ÖGK bzw. damals die Österreichische Kommission für die internationale Erdmessung (ÖKIE) die treibende Kraft gemeinsam mit dem BEV ein neues Präzisionsnivellementnetz zu schaffen. Davon sollte allerdings nur eine Linie gemessen werden, ehe aus dem österreichischen Höhennetz ein Reichshöhennetz wurde und die Arbeiten damit eingestellt wurden. Auch die Arbeiten während der Jahre des Nationalsozialismus waren nicht sehr befriedigend und so musste man im Jahre 1945 feststellen, dass aus dem vom MGI geschaffenen Präzisionshöhennetz nur noch vereinzelt isolierte Punkte vorhanden waren. Weiters ist zu erwähnen, dass die Messungen und Stabilisierungen des MGI meist entlang von aufgeschütteten Bahntrassen stattfanden und daher langfristig keine geeignete Stabilisierung bildeten.

1.2 Die erneuten Anfänge

Auf Basis dieser Analyse war man in der Nachkriegszeit gezwungen, ein neues Präzisionsnivellementnetz aufzubauen. Da sich die Grenzen mittlerweile stark verändert hatten und Österreich durch die strengen Bestimmungen der Besatzungsmächte nicht mehr die Möglichkeit hatte, direkt am Pegel von Triest anzuschließen, mussten die alten MGI-Höhenmarken in ein neues System übernommen werden. Durch die Messungen mit moderneren Instrumenten und vor allem abseits der Bahnlinien konnten allerdings Zwänge im MGI-Netz aufgedeckt werden. Theoretisch wurden Diskrepanzen bis zu 0.5 mm/km toleriert, allerdings stellte sich in der Praxis heraus, dass man teilweise viel höhere Zwänge (bis zu 1.6 mm/km) in Kauf nehmen musste. Es konnten aber systematische und grobe Fehler aufgedeckt und beseitigt werden. Dieser Weg war durchaus gangbar, da das Höhensystem hauptsächlich für lokale Anwendungen verwendet wurde. Bis zum Jahr 1961 wurden auf ca. 6000 km 8000 neue Höhenfestpunkte geschaffen.

1.3 Die Übermessung

Zwischen 1966 und 1995 erfolgte eine neuerliche Übermessung der Hauptlinien mit weiter verbesserter Ausrüstung. Ergänzungen und Übermessungen einzelner Linien und Linienteile wurden und werden seither durchgeführt. Eine komplette Übermessung des österreichischen Präzisionsliniennetzes ist derzeit nicht vorgesehen und mit den vorhandenen Ressourcen auch nicht möglich.

2. Status Quo

Zusammengefasst kann man also festhalten, dass das derzeitige übergeordnete Präzisionsnivellementnetz zumindest zweimal zur Gänze übermessen wurde.

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, sind ca. 75% der aktuell gültigen Nivellementpunkte älter als 30 Jahre. Auf Grund der budgetären Situation sind auch keine großangelegten Übermessungen zu erwarten. Daher soll nun eine Netzanalyse durchgeführt werden, um Inhomogenitäten aufzudecken und eine Grundlage für ein modernes Höhensystem zu schaffen.

2.1 Internationale und nationale Referenz Hutbigl

Der Haupthöhenpunkt (HHP) Hutbigl liegt etwa 5 km westsüdwestlich von Horn und wurde 1987 fix stabilisiert. Seither gilt der HHP als stabiler Referenzpunkt für das österreichische Höhensystem. Diese Lage wurde auf Grund der be-

sonders stabilen geologischen Situation gewählt. Der Haupthöhenpunkt ist mit drei Punktgruppen im Umkreis von 3 km versichert und wird seither regelmäßig überwacht. Veränderungen zwischen den Epochen 1991 und 2008 betragen relativ max. 1 mm und sind daher nicht signifikant.

Auf dem angrenzenden Absolutschwerepunkt des österreichischen Schweregrundnetzes (ÖSGN) im Stift Altenburg wird auch die Schwerebeschleunigung beobachtet und für den Hutbigl dadurch eine geopotentielle Kote abgeleitet. [9]

Bei der Bestimmung des European Vertical Reference Systems 2007 (EVRS2007) wurde der Hutbigl als einer von 13 Datumpunkten ausgewählt. Das EVRS ist durch Bestrebungen von EUREF [6], der IAG-Subkommission für europäische Referenzsysteme, seit Anfang 2000 entwickelt worden. Da das aktuelle niederländische Präzisionsnivellement den Amsterdamer Pegelpunkt nicht beinhaltet, wurden 13 Datumpunkte ausgewählt. Diese besitzen bereits geopotentielle Koten aus UELN95/98, welches auf dem Pegelpunkt Amsterdam basierte. [12]

3. Kinematischer Höhenausgleich

Da bis dato keine zwangsfreie Ausgleichung der Höhen durchgeführt wurde, sind österreichweite Veränderungen der Höhe nur bedingt aufdeckbar. Bisherige Ausgleichungen des Nivellements wurden mit als stabil angenommenen Knotenpunkten durchgeführt [3]. Auf Grund der

modernen Messmethoden und Anforderungen wird der Wunsch nach einem homogenisierten Höhenfestpunktfeld immer stärker. Das Ziel ist ein kinematischer Höhenausgleich wobei sämtliche verfügbaren und verwendbaren Beobachtungen zu kombinieren und neu auszugleichen sind. Der Neuausgleich erfolgt im System geopotentieller Koten und es soll neben einer ausgeglichenen Kote auch eine Geschwindigkeit pro Punkt bestimmt werden. Daher sind Messungen aus mindestens zwei Epochen erforderlich.

3.1 Das Prinzip

Das Prinzip der Nivellementmessung ist so genial wie einfach. Durch eine horizontale Visur ist es möglich, den Höhenunter-

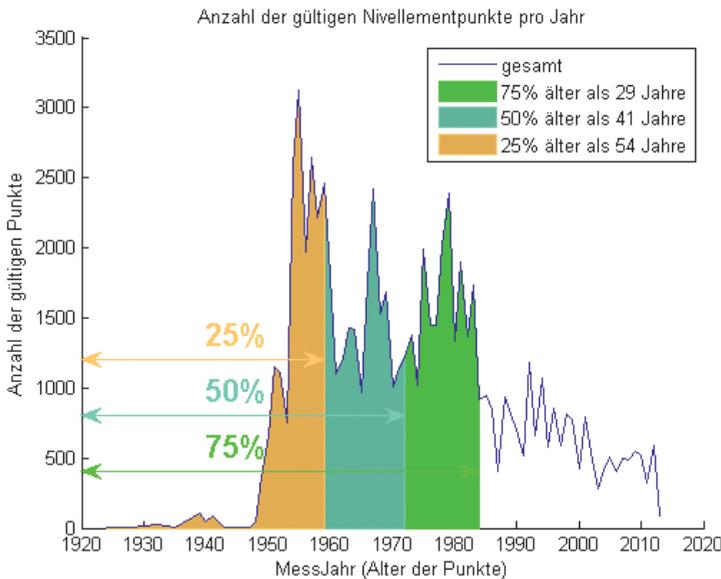


Abb. 1: Anzahl der pro Jahr errichteten und heute noch gültigen Nivellementpunkte

schied zwischen zwei Latten zu bestimmen. Bei großräumiger Betrachtung allerdings erkennt man: „...that leveling is more complicated than it appears at first sight.“ [1]

Verallgemeinert ist eine Beobachtung eine Messung zwischen zwei Potentialflächen. Auf Grund der unterschiedlichen Massenverteilungen in der Erde sind diese Potentialflächen aber nicht parallel. Da die Potentialdifferenz zwischen zwei Potentialflächen, im Gegensatz zur Höhendifferenz überall denselben Wert annimmt, ist es sinnvoll die Höhenunterschiede über das Potential und die Schwere zu definieren. Die Potentialdifferenz wird wie folgt definiert [1]:

$$\delta W = -g \cdot \delta n \quad (1)$$

daraus folgt:

$$W_B - W_A = -\sum g \cdot \Delta n \quad (2)$$

Oder um die Potentialdifferenz eines Punktes mit dem Geoid, also die geopotentielle Kote, anzugeben erhält man

$$\int_0^A = W_0 - W_A = C_A = \sum g \cdot \Delta n \quad (3)$$

3.2 Geopotentielle Kotendifferenzen

Um nun den Übergang von geometrischen Höhendifferenzen auf physikalische Potentialdifferenzen zu vollziehen, wurde bereits im Jahr 1949 damit begonnen bei Nivellementmessungen zusätzlich mit Relativgravimetern differenzielle Schwerewerte zu bestimmen. Approximiert man das Linienintegral aus Formel (3) mit der Summe so erhält man

$$\Delta C_{ij}^k = \Delta h_{ij}^k \cdot \frac{g_i + g_j}{2} \quad (4)$$

mit Δh_{ij}^k Nivellementhöhendifferenz zweier Punkte zum Zeitpunkt k

und g_i, g_j Schwere an den Punkten

Da allerdings nicht bei jedem Höhenfestpunkt Schweremessungen durchgeführt werden konnten, werden die fehlenden Werte aus der Punktwolke sämtlicher flächenhaft verteilten Schwerpunkte in Österreich im Bouguerschwerfeld interpoliert und rückgerechnet [7]. Im Wesentlichen wurden im Flachland Schweremessungen im Abstand von etwa 1 km an den Höhenfestpunkten vorgenommen, an Steilstrecken im Bergland in kürzeren Abständen, wobei besonders auf Umkehrpunkten im Höhenverlauf (Pässe, Sättel, Talsohlen) Rücksicht genommen wurde. Darüber hinaus existieren flächig verteilt Schwerpunkte mit einer Punktdichte von min-

destens 1 Punkt/10 km². Die Interpolationsfehler der Schwere sind i.A. kleiner als $3 \cdot 10^{-6}$ m/s². [11]

Nach Abschätzungen von Ruess [13] beträgt der geschätzte Fehler bei 100 m Höhendifferenz ca. 0.1 mm und ist daher vernachlässigbar.

Ca. 40% der Beobachtungsdaten lagen ausschließlich in analoger Form vor und mussten für dieses Projekt erfasst und neu ausgeglichen werden. Dafür werden allerdings in einem ersten Schritt nur Messdaten ab 1945 verwendet. Die Gründe dafür liegen in der historischen Entwicklung des Nivellementnetzes (siehe Kapitel 3). Die Beobachtungsdaten werden operatsweise erfasst und ausgeglichen. Daraus resultiert, dass alle Beobachtungen zwischen zwei fix vermarkten Punkten zu einer ausgeglichenen Beobachtung zusammengefasst werden. Endpunkte einer Linie besitzen demnach pro Epoche auch nur eine Beobachtung. Dies führt in weiterer Folge zu Problemen in den Knotenbereichen.

Es liegt nun der gesamte Datenbestand nach 1945 in digitaler, ausgeglichener und von groben Fehlern bereinigter Form vor.

3.3 Zusammenfassen mehrerer Messungen

Wie bereits erwähnt wurde, bedarf es für diese Ausgleichsmethode einer großen Überbestimmung an Beobachtungen. Daher müssen gleichartige Beobachtungen zu mehreren Epochen aufgefunden werden. Da auf Grund von Punktverlusten oder neuen Punktbestimmungen sowie unterschiedlicher Streckenführungen diese Beobachtungen beinahe nicht vorhanden sind, bedarf es einiger Vorarbeit, um die Daten für die Berechnungen vorzubereiten.

Zuerst werden alle Beobachtungen eines Jahres operatsweise zusammengefasst. Durch eine Datenbankabfrage können alle Punkte die in mehreren Messeperioden bestimmt wurden abgefragt und den einzelnen Operaten zugewiesen werden.

Da es keine Informationen über die Reihenfolge der Beobachtungen in einem Operat gibt, bedarf es eines Suchalgorithmus, der die kürzesten Verbindungen zwischen zwei mehrfach bestimmten Punkten (Mehrfachpunkte) findet. Es muss ein Algorithmus entwickelt werden, der das Aufsummieren von Beobachtungen in einer gewissen Reihenfolge ermöglicht. Dazu wird Anleihe in der Navigation genommen und ein Nivellementgraph wie ein Straßengraph in Knoten-Kanten-Struktur betrachtet. Der Dijkstra-Algorithmus [10] ermöglicht das Auffinden von

kürzesten Verbindungen in einem Graphen und wird üblicherweise im Routing eingesetzt.

Das Auffinden der Beobachtungen erfolgt in mehreren Schritten:

- Festlegung der Punkte die in mehreren Epochen beobachtet wurden
- Finden aller eindeutigen Verbindungen zwischen diesen Punkten (Routing)
- Aufsummieren der einzelnen Beobachtungen über die einzelnen Routingergebnisse

Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt aus dem Nivellementnetz. In grün sind die Punkte dargestellt, die in zumindest zwei Epochen beobachtet wurden und für den Ausgleich verwendet werden (Mehrfachpunkte).

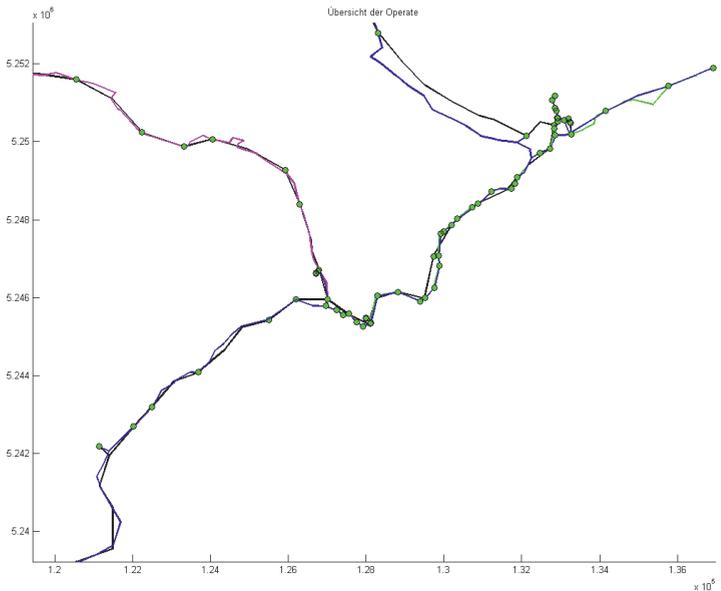


Abb. 2: Ausschnitt der zusammengefassten Beobachtungen

Die Linien stellen die bereits aufsummierten Beobachtungen zwischen zwei Mehrfachpunkten dar und sind je nach Operat eingefärbt!

Als Ergebnis liegen nun mindestens zwei Beobachtungen zu allen mehrfach bestimmten Punkten vor. Dies erfüllt die Erfordernisse des kinematischen Ausgleichs, da pro Punkt zwei Unbekannte ($C^0; v$) bestimmt werden sollen.

3.4 Die Beobachtungsgleichung

Eine geeignete Methode gleichartige Beobachtungen in mehreren Epochen miteinander zu vergleichen, erfolgt laut Schlatter [8] über:

$$\Delta C_{i,j}^k + e_{i,j}^k = C_j^0 - C_i^0 + (t^k - t^0) \cdot \left(\frac{C_j}{dt} - \frac{C_i}{dt} \right) \quad (5)$$

$\Delta C_{i,j}^k$ Potentialdifferenz zwischen den Punkten i und j zur Messzeit t^k

$e_{i,j}^k$ Verbesserung der gemessenen Potentialdifferenz

C_i^0, C_j^0 Unbekannte geopotentielle Koten der Punkte i und j zur Messzeit Referenzzeit t_0

$\frac{C_j}{dt}, \frac{C_i}{dt}$ Unbekannte zeitliche Potentialänderungen der Punkte i und j

t^0 Nullepoche

t^k Zeitpunkt k der betreffenden Messung

Dabei stehen auf der linken Seite der Gleichung die tatsächlich gemessenen Kotenunterschiede

zwischen den Punkten C_i und C_j zum Messzeitpunkt t^k . Um nun den Zusammenhang zwischen Messung und Geschwindigkeiten herzustellen, werden die Höhen zu einer festgelegten Referenzeпоche t^0 , sowie die zeitlichen Veränderungen (Geschwindigkeiten) angesetzt. Es ist leicht ersichtlich, dass hier eine Beobachtung vier Unbekannten gegenüber steht, daher bedarf es einer großen Überbestimmung bei den Beobachtungen. Dies wird einerseits durch die mehrfache Messung eines Punktes zu einem Zeitpunkt (linienhaftes Nivellement) sowie über mehrere Epochen realisiert.

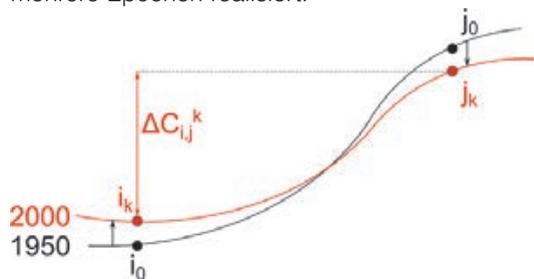


Abb. 3: Schematische Darstellung der Änderung geopotentieller Koten

Wie in Abbildung 3 dargestellt, ist es nun möglich durch das Ansetzen von Geschwindigkeiten in den Höhenpunkten mit den gemessenen Koten zu einem bestimmten Zeitpunkt (k) zu den Höhenkoten (i_0, j_0) rückzurechnen. Der Ausgleich liefert als Ergebnis also neben einer Höhenkote auch die Vertikalgeschwindigkeit eines Punktes.



Abb. 4: Vorläufiges Teilergebnis Niederösterreich

3.5 Ergebnisse

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung kann noch kein gesamtösterreichisches Ergebnis präsentiert werden. Allerdings soll beispielhaft das nordöstliche Niederösterreich in Abbildung 4 gezeigt werden. Die starken Absenkungen östlich von Wien bestätigen frühere Berechnungen [11]. Wie bereits erwähnt, sind die Bewegungen nicht absolut sondern relativ zum Haupthöhenpunkt Hutbigl zu betrachten.

Die Tatsache der geringen Überbestimmung im österreichischen Präzisionsnivellementnetz vor allem bei Verbindungen zweier Linien bedarf einer genaueren Betrachtung der Ergebnisse die bis dato noch nicht abgeschlossen werden konnten.

Referenzen

- [1] B. Hofmann-Wellen Hof and H. Moritz, Physical Geodesy, Springer-Verlag Wien, 2005
- [2] Die Astronomisch-Geodätischen Arbeiten des k.u.k. Militär-Geographischen Institutes in Wien, VII. Band, Das Präzisions-Nivellement, Wien, 1897
- [3] N. Höggerl, Die Ausgleichung des österreichischen Präzisionsnivellementnetz, österr. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1986
- [4] J. Zeger, Historische Entwicklung des Präzisionsnivellements in Österreich, österr. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1986
- [5] Mitteilungen des K.u.k. Militär-Geographisches Institute, Band IVXX, Wien, 1904
- [6] J. Ihde, J. Mäkinen, M. Sacher, Conventions for the Definition and Realization of a European Vertical Reference System (EVRS), BKG 2008
- [7] B. Meurers, D. Ruess, J. Graf, A program system for high precise Bouguer gravity determination, BEV Wien 2002
- [8] A. Schlatter, Das neue Landeshöhennetz der Schweiz LHN95, Schweizerische geodätische Kommission 2007
- [9] D. Ruess, 2009: Der Haupthöhenpunkt Österreichs als Referenzpunkt im europäischen Höhenbezugssystem. BEV – Leistungsbericht 2009, p. 44-45
- [10] Dijkstra Algorithmus, <http://de.wikipedia.org/wiki/Dijkstra-Algorithmus>, abgerufen am 05.04.2015
- [11] D. Ruess, P. Mitterschiffthaler, Rezente Höhenänderungen in Österreich abgeleitet aus geodätischen Wiederholungsmessungen, Hanke, K. & Weinold, T. (Hrsg.) (2015): 18. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2015. VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach. ISBN 978-3-87907-554-6
- [12] Definition of EVRF 2007 http://www.bkg.bund.de/nn_164806/geodIS/EVRS/EN/EVRF2007/evrf2007__node.html_nnn=true, abgerufen am 23.03.2015
- [13] Ruess D., 1993: Schwere und Höhe im alpinen Bereich. Fachvorträge d. 7. Geodätischen Woche in Obergurgl 1993; Univ. Innsbruck, Inst. f. Geodäsie, Institutsmittellungen Heft 15, 44-58.

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Philipp Mitterschiffthaler, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, c/o Institut für Weltraumforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriedlstrasse 6, 8042 Graz.

E-Mail: philipp.mitterschiffthaler@bev.gv.at



Online-Dienste anstelle Geo-Daten

Josef Strobl, Salzburg

Kurzfassung

„Niemand interessiert sich für Geodaten!“ mag provokant klingen und selbst bei Reflektion der damit ausgedrückten Entwicklungstrends überzogen erscheinen. Gerade die rapide Zunahme der Nachfrage nach Geoinformation – visuell präsentiert und analytisch verdichtet – führt jedoch dazu, dass die Arbeit mit Daten für ‚Anwender‘ in den Hintergrund treten muss. Riesige Datensätze, aus verschiedensten Sensoren zeitlich dicht getaktet generiert, können nicht sinnvoll der Arbeit von Endanwendern und schon gar nicht über die Benutzerschnittstelle ‚App‘ zugrunde gelegt werden. Geodaten-Infrastrukturen sind als Netzwerke von kaskadierenden Diensten konzipiert, und schöpfen ihr Potenzial aus dem einfachen und gezielt-selektiven Zugang zu Daten, um daraus individualisierte und kontextualisierte Information anbieten zu können. Erfolgreiche Produzenten von Geodaten werden daher diese in Dienste-basierte Infrastrukturen einbringen, um auf diesem Weg die Verbindung zur Nachfrage nach Information im Markt aufrecht zu erhalten. Damit verändern sich nicht nur Systemarchitekturen und Zugriffstechnologien, sondern auch Geschäftsmodelle und Prozessabläufe – und dies sind nur einige von zahlreichen Herausforderungen.

Anschrift des Vortragenden

Prof. Dr. Josef Strobl, Interfakultärer Fachbereich für Geoinformatik – Z_GIS, Universität Salzburg, Hellbrunnerstraße 34, 5020 Salzburg.
E-Mail: Josef.Strobl@sbg.ac.at





Punktwolken, und was dann?

Dieter Fritsch, Stuttgart

Kurzfassung

Mit der zunehmenden Automatisierung der Datenerfassung mittels Laserscanning und Photogrammetrie werden hochaufgelöste und hochqualitative Punktwolken zur Verfügung gestellt. Deren Interpretation wird im folgenden Beitrag diskutiert.

Mittels Grundrissinformation können Gebäudewände extrudiert und passende Dachformen vollautomatisch angepasst werden (LoD2). Die Interpretation von Punktwolken für Gebäudefassaden ist mittels formalen Grammatiken durchzuführen (LoD3). Punktwolken in Gebäudeinnenräumen sind mittels der Hypothese „Manhattan-Geometrie“ ebenso vollautomatisch zu rekonstruieren (LoD4). Erweiterungen der Fassadengrammatik hinsichtlich der Besonderheiten von Innenräumen belegen ebenso das Potenzial für automatische Ansätze, die derzeit weiter erforscht werden.

Schlüsselwörter: 3D Computermodelle, Level-of-Details (LoD), Bilddatenerfassung, Laserscanning, 3D Punktwolken, Formale Grammatiken, LoD3 Modellierung, LoD4 Modellierung

Abstract

Laser scanning and photogrammetry are delivering high density and high quality point clouds, in more or less automated processing pipelines. Their interpretation is dealt with in the following.

Using building footprints corresponding walls are extruded and tied together with best-fit roof landscapes estimated from a sparse set of points (LoD2). The interpretation of point clouds for building façades can be utilized using formal grammars (LoD3). Indoor point clouds – fulfilling the Manhattan geometry hypothesis – are reconstructed fully automatically using sweep algorithms for the walls, floors and ceilings. Extensions of formal grammars, so far used for façade reconstructions, allow also for automated prediction of 3D indoors elements, but this will be explored in near future.

Keywords: 3D Computer Models, Level-of-Details (LoD), Image Data Collection, Laser Scanning, 3D Point Clouds, Formal Grammars, LoD3 Modelling, LoD4 Modelling

1. Einleitung

Mit der zunehmenden Automatisierung der Datenerfassung mittels Laserscanning (LS) und Photogrammetrie (airborne, terrestrisch, mobil) hat sich ein Paradigmenwechsel eingestellt, der mit einer einfachen Überschrift beschrieben werden kann: „Vom Punkt zur Punktwolke“. Mit der Renaissance der photogrammetrischen Datenerfassung ergibt sich eine zum Laserscanning ebenbürtige Erfassungsmethode, die mittels dichter Bildzuordnung (Dense Image Matching) sehr dichte und homogene Punktwolken im Objektraum erzeugen kann. Durch eine Integration beider Punktwolken können ebenso Nachteile beider Methoden überwunden werden, wie z. B. fehlende oder schwache Reflektion des LS einerseits und radiometrische Defekte der Photos andererseits.

Doch Punktwolken haben den Nachteil, dass sie – ähnlich wie Rasterdaten – große Datenvolumina belegen und interpretiert (klassifiziert) werden müssen. Dies ist eine große Heraus-

forderung. Zum einen können Filtermethoden eingesetzt werden, um die Datenmengen zu reduzieren und ggfs. die Punktwolken so ausdünnen, dass lediglich objektrelevante Information erhalten bleibt. Zum anderen wird nach Methoden gesucht, die diese Punktwolken in vektorielle Objekte überführen.

Diese Methoden können manuell, halbautomatisch und vollautomatisch die Punktwolken weiterverarbeiten, ganz im Sinne der Überschrift: „Punktwolken, und was dann?“. Am Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart wird seit zwei Jahrzehnten sehr intensiv an der Entwicklung von Methoden zur Punktwolkengenerierung, -reduzierung und -interpretation von 3D-Stadtmodellen gearbeitet. Der Ursprung der Punktwolke spielt dabei keine Rolle, obwohl jüngst ebenso Methoden zur Integration von Punktwolken erarbeitet worden sind.

Die anfänglichen Arbeiten bezogen sich auf die Interpretation von dünnen Punktwolken des flugzeuggetragenen Laserscannings. Hier wur-



Abb. 1: (a) Laserscanning Punktwolke und Orthophoto (b) Extrudierte Gebäude mit approx. Dachflächen (Schlossplatz Stuttgart)

den lediglich 4 Pkt/m^2 vorausgesetzt, Stand 1997/98. Durch erste Dissertationen [1,2,3] wurden Verfahren erforscht, um vollautomatisch komplexe Dachformen aus Laserscanning-Punktwolken zu extrahieren (siehe Abbildung 1). Ein erster Durchbruch in der vollautomatischen Generierung von 3D-Stadtmodellen wurde mit [3] erzielt. Diese Methode wurde in [8] erneut auf den Prüfstand gestellt und durch weitere Ansätze ersetzt. Eine daraus resultierende Software wird derzeit von einem privaten Anbieter zur vollautomatischen Rekonstruktion von 3D-Stadtmodellen erfolgreich eingesetzt.

Im terrestrischen Laserscanning überwiegt derzeit noch die manuelle Interpretation durch CAD-Modellierung, die anschließend texturiert wird (siehe Abbildung 2).

Die Computergraphik nutzt neben Punktwolken auch Photos und deren Fluchtpunktgeometrie zur 3D-Rekonstruktion von LoD2. Dabei kann die Kameraposition rein grafisch als auch rechnerisch durch Structure-from-Motion Verfah-

ren [22] ermittelt werden (siehe Abbildung 3). Heutzutage stehen Millionen von Photos zum Download im Internet bereit, durch volontär aufgefüllte Bilddatenbanken wie Flickr, Picasa, Panoramio u.v.m. Eine einfache Google-Suche findet dann die Bilder, die für die Erzeugung von LoD2-Modellen eingesetzt werden können.

Es wird der Versuch unternommen, Ansätze zur vollautomatischen Interpretation von Punktwolken aufzuzeigen. Dachlandschaften können durch vorgegebene Bauelemente zu komplexen Einheiten zusammengefasst und approximativ aus zugehörigen Punkten des Oberflächenmodells berechnet werden. Eine vollautomatische Interpretation mittels Fassadengrammatiken ist in der Lage, anspruchsvolle LoD3-Modelle zu entwickeln. LoD4, also Innenraummodelle, sind ebenso automatisch zu generieren, wenn man sich zum einen auf Manhattan-Geometrien beschränkt und andererseits Innenraum-Grammatiken einsetzt. Abschließend wird versucht, die neuen Entwicklungen von Virtual und Augmented Reality in den Ausblick zu integrieren.

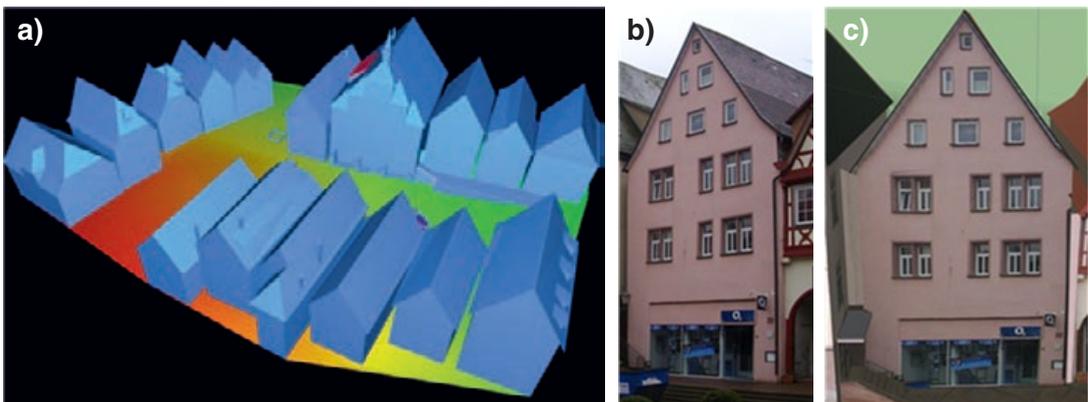


Abb. 2: (a) CAD-Modell aus LS-Punktwolke (b) Photo (c) Texturiertes 3D-Modell

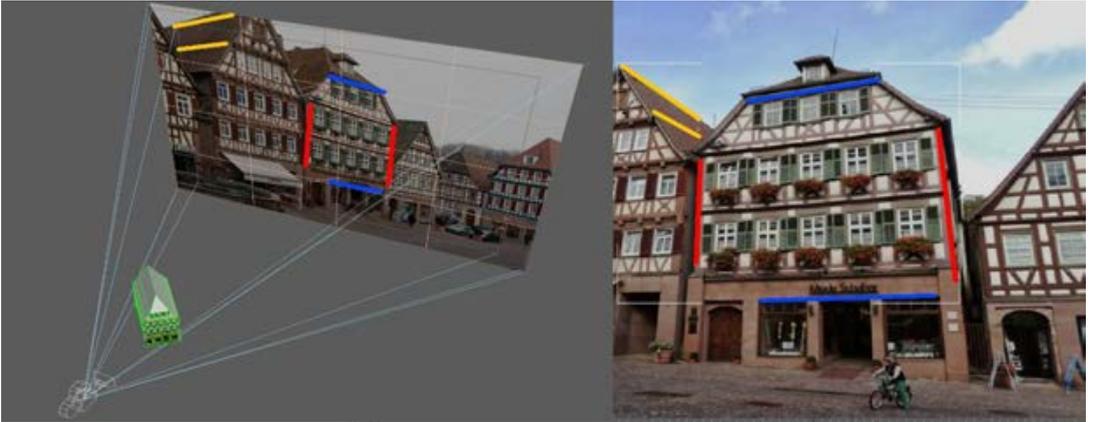


Abb. 3: Manuelle Bestimmung der Kameraposition mittels Fluchtpunktgeometrie

2. Laserscanning

Mit der Einführung des Lasers wurden unter dem Akronym LiDAR (Light Detection and Ranging) in den 1960er Jahren die Voraussetzungen zur Entwicklung von Laser-Entfernungsmessern geschaffen [14]. Darunter versteht man die automatische Entfernungsmessung mit gepulsten oder kontinuierlich strahlenden Laserlichtquellen. Im ersten Fall wird die Entfernung durch Laufzeitmessung von gepulsten Laserphotonen ermittelt,

die aufgrund ihrer hohen Energie reflektiert werden und auf diese Weise das Zeitintervall zwischen ausgesandtem und empfangenem Photon(s) die Messgröße darstellt. Im zweiten Fall stellt die Phasendifferenz zwischen ausgesandtem und reflektiertem Signal die Messgröße dar, die mit mm-Genauigkeit die Reststrecke bestimmt, und zu der ein Vielfaches der Wellenlängen hinzuaddiert werden muss. Aufgrund von Sicherheitsbestimmungen, speziell im Hinblick



Abb 4: Typische Punktwolke des Mobile Mapping „auf der Straße“

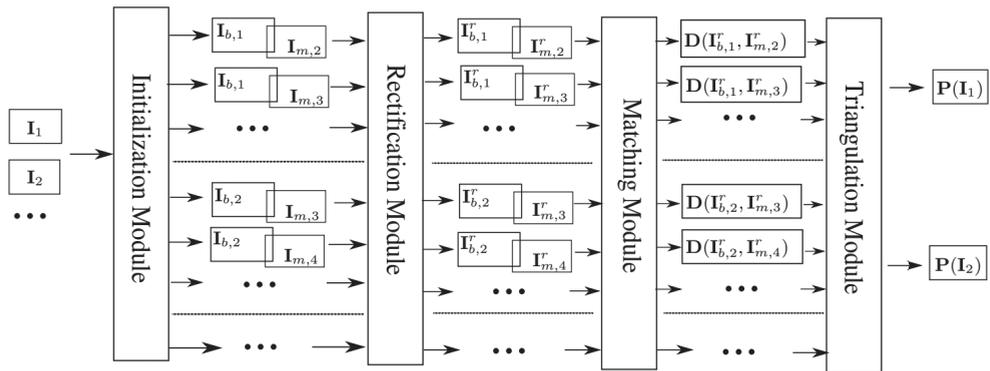


Abb. 5: Prozessierungsschritte bei dichter Bildzuordnung, am Beispiel von SURE

auf Augensicherheit, sind die gepulsten Systeme überwiegend im Einsatz. Neuerdings kombiniert man gepulste und kontinuierlich strahlende Laserlichtquellen und kommt auf Datenraten von 1 Million Messpunkte pro Sekunde. Diese hohe Punktdichte hat auch in der Vermessungstechnik zum Paradigmenwechsel geführt: „Vom Punkt zur Punktwolke“.

Obwohl LiDAR bereits in den 1980er Jahren im Flugzeug und/oder Helikopter zur Erfassung von Höhenprofilen, seit den 1990er Jahren zur flächendeckenden Erfassung (Scanning) von Oberflächenmodellen eingesetzt wird, dauerte es weitere 10 Jahre, bis ab 2005 erste kommerzielle System für das Mobile Mapping zur Verfügung standen [20].

Die Motivation für die Anwendung von Mobile-Mapping liefert die Punktwolke selbst (siehe Abbildung 4): Mittels der sehr dichten 3D-Informationen können Häuserfassaden, Straßen- und Schienenoberflächen, Tunnel und weitere Objekte mm- bzw. cm-genau erfasst werden. Diese erleichtern ebenso die Inventur von Stadtmobiliar wie z.B. Straßenschilder, Verkehrsampeln, Hydranten und vieles mehr. Es lassen sich ebenso Aussagen zur Qualität der Straßenoberflächen wie auch -markierungen ableiten wie auch eine Detektion und Analyse von Oberflächenschäden durchführen. Beim Schienenmonitoring werden Lichtraumprofile sowie Längs- und Querneigungen der Gleisanlagen erfasst, eine Überwachung von Kabelschächten und Tunnelröhren ist leicht möglich wie auch die exakte Positionierung der Oberleitung.

3. Dichte photogrammetrische Bildzuordnung

Mit der Entwicklung des Semi-Global Matching (SGM) [5,9] wurden die Grundlagen für eine

Renaissance der Photogrammetrie gelegt. Die Photogrammetrische Woche 2011 stand ganz im Kontext dieser Entwicklung und hat die Frage aufgeworfen, welches Verfahren letztlich die besseren Punktwolken liefert. Dabei wurde festgestellt, dass beide Verfahren Stärken und Schwächen haben, die vielfach komplementär sind und daher eine Stützung durch Integration gewünscht ist [13].

Beim SGM erfolgt die Verarbeitung von Stereo und Mehrfach-Stereo-Aufnahmen Pixel für Pixel in einem ausgeklügelten Algorithmus (siehe Abbildung 5). Das am Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart entwickelte Softwarepaket SURE (Surface REconstruction from Imagery) nutzt eine etwas abgeänderte Version des Semi-Global Matching [17]. Nach der Orientierung der Bilder, z.B. durch einen Kalman-Filter (beim Mobile Mapping) oder aber durch Verfahren des Computer Vision wie Structure-from-Motion (SfM) erfolgt ein Initialisierungsschritt, um die einander zuzuordnenden Bildpaare aufzubereiten. Die Bilder werden von Verzerrungen und Abbildungsfehlern befreit, entzerrt und in eine Epipolarbildgeometrie umgerechnet. Danach erfolgt der Zuordnungsschritt, bei dem die Parallaxen/Disparitäten entlang der Stereobasis berechnet und mit diesen im sogenannten Triangulationsmodul durch Vorwärtsschnitt die Punkte der Punktwolke berechnet werden. Neuere Entwicklungen filtern die resultierenden Punktwolken, um bereits zu diesem Zeitpunkt das Datenvolumen deutlich zu reduzieren.

Zur bildbasierten vollautomatischen Fassadenrekonstruktion sollen hier beispielhaft drei wesentliche Arbeitsschritte demonstriert werden. In einem ersten Schritt sind Bilder der Fassade(n) zu erfassen. Dabei ist darauf zu ach-

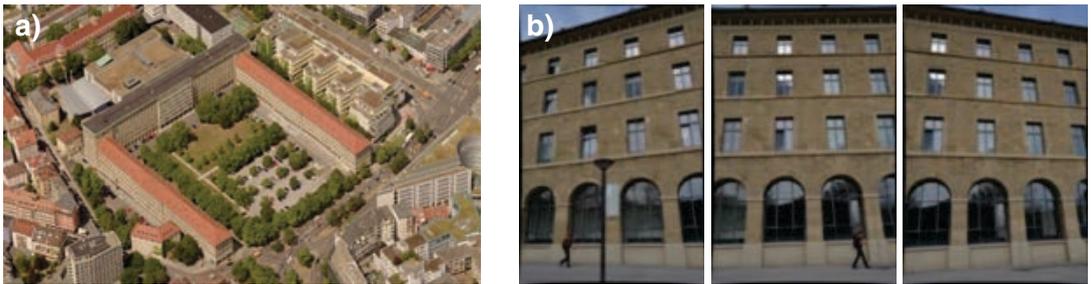


Abb. 6: (a) Rotenbühlbau Stuttgart (b) Auf jeder Station wurden 3 Bilder erfasst

ten, dass das Objekt mit hoher Redundanz photogrammetrisch erfasst wird. In einem zweiten Schritt sind die Linsenverzeichnungen sowie die Position und Orientierung der Bilder zu berechnen – heutzutage durch Structure-from-Motion. Die resultierenden relativen äußeren Positionen und Rotationen der Einzelbilder werden in einem gemeinsamen Euklidischen Koordinatensystem definiert. Die (minimale) innere Orientierung repräsentiert die kameraspezifischen Parameter wie die Brennweite (Kammerkonstante) und die Lage des Bildhauptpunkts. Mittels dieser Informationen können bereits dünne Punktwolken mit 3D-Fassadenpunkte aus den 2D-Bildern extrahiert werden. Der letzte Schritt berechnet pro Bildpixel einen Fassadenpunkt und ergibt sehr dichte Punktwolken für die Fassade(n). Jedoch ist diese hohe Punktdichte nicht immer zielführend und sollte daher für eine Interpretation mittels Fassadengrammatik entsprechend ausgedünnt werden.

3.1 Photogrammetrische Datenerfassung

Zur bildbasierten Fassadenrekonstruktion wurden mit einer Nikon D7000, Brennweite 20mm, insgesamt 96 Photos aufgenommen, von 33 Stationen aus. Um eine hinreichende Bildüberdeckung zu gewährleisten, sind von jedem Standpunkt aus jeweils 3 Bilder mit leicht variierenden Blickrichtungen aufgenommen worden. Jedes Bild hat eine Auflösung von 16,2 MPixel. Die Bilddatenerfassung eines Fassadenausschnitts von ~50 m Breite, ~20 m Höhe hat nicht mehr als 15 Minuten in Anspruch genommen – ein Stativ wurde dabei nicht eingesetzt. Abbildung 6 gibt einerseits einen Luftbildausschnitt des erfassten Gebäudes wieder und zeigt andererseits drei Bilder von einem Standpunkt. Falls möglich, wurden die Bilder etwa im tangentialen Abstand von ~1,5 m und mit einer radialen Distanz von ~14,5 m aufgenommen. Diese Aufnahmeanordnung garantiert ähnlichen Bildinhalt von benachbarten Standpunkten und letztlich eine

ordentliche Berechnung der Punktwolken aus den Bildern. Unter der Annahme einer in etwa parallelen Ausrichtung quer zur Fassade erhält man eine Bildüberdeckung von bis zu 87 % bei einer Ground Sampling Distance (GSD) von weniger als 3,5mm.

3.2 Photogrammetrische Bildorientierung

Die Abbildungsverzeichnungen und Orientierungen werden mittels dem frei verfügbaren Softwarepaket Visual Structure-from-Motion (VisualSfM) [19] berechnet. Bei dieser Software ist eine inkrementelle Bündelausgleichung implementiert, die jeweilige Bildverbände analysiert und deren Überdeckungen feststellt. Dabei werden homologe Bildpunkte für den gesamten Bildverband identifiziert und in der lokalen wie auch globalen Bündelausgleichung in den Objektraum vorwärts eingeschnitten. Innerhalb dieser Auswertungen werden radiale Verzeichnungsfehler korrigiert und die Parameter der äußeren Orientierung berechnet. Als Nebenprodukt ergibt sich eine dünn besetzte Punktwolke im Objektraum – die vorwärtseingeschnittenen homologen Punkte des Bildraums – siehe Abbildung 7. Diese Punktwolke ist noch nicht skaliert, was auch nicht unbedingt für eine grammatikalische Anwendung notwendig ist.

3.3 Dichte Bildzuordnung und Multi-View-Triangulation

Mit den zuvor erhaltenen Bildorientierungen können dichte 3D-Punktwolken berechnet werden. Hierzu wird die institutseigene Software SURE eingesetzt, die mittlerweile von nFrames für professionelle Anwendungen vertrieben wird. Diese basiert auf *libtsgm*, einer Bibliothek, die eine Speicher- und zeiteffiziente Implementierung des SGM-Algorithmus bereitstellt.

SGM ist eine dichte Bildzuordnungsstrategie, die zugehörige Pixel (welche ein und dasselbe Objekt in zwei verschiedenen Bildern darstellen)

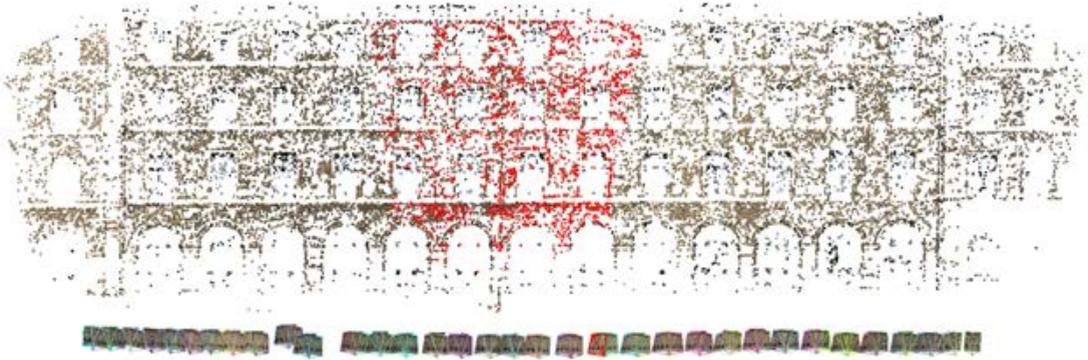


Abb. 7: Dünn besetzte Punktwolke als Ergebnis von VisualSfM

auffindet. Idealerweise wird für jedes Pixel eines Referenzbildes ein korrespondierendes Pixel in einem zweiten Bild – dem Stereopartner – gesucht. Die Basisidee sucht dabei auf intelligente Weise eine Approximation einer globalen Kostenfunktion, die die Güte der Zuordnung für alle Pixel in der Nachbarschaft berechnet und das Minimum als optimales Ergebnis darstellt. Die globale Kostenfunktion ist zusammengesetzt aus dem pixelweisen Vergleich oder intensitätsbasierten Ähnlichkeitsmassen wie z.B. die Census-Korrelation, die Mutual Information oder den Daisy-Deskriptor [9]. Pixelweise abgeleitete Kostenfunktionen präsentieren die Ähnlichkeit von zwei korrespondierenden Pixel und ihrer Nachbarschaft. Darüber hinaus wird ein Strafterm eingeführt, um Mehrdeutigkeiten zu minimieren wie auch eine gewisse Glattheit der zu rekonstruierenden Oberflächen zu garantieren. Die überragenden Eigenschaften dieses Algorithmus bestehen in dem Erhalt von Tiefeninformation speziell bei Kanten und moderaten Berechnungszeiten. Bei der klassischen Anwendung der globalen Kostenfunktion werden die pixelweisen Kosten für jedes Pixel im Referenzbild und einer konstanten Anzahl von möglichen Partnern im zuzuordnenden Bild berechnet und minimiert. SURE/libtsgm implementiert abweichend davon eine hierarchische Vorgehensweise. Basierend auf der Oberflächenberechnung von grob aufgelösten Gittern/Bildern, deren Berechnung sehr schnell ist, kann die Suche nach potenziellen Matchingpartnern

entsprechend eingegrenzt werden, infolge der vorher durchlaufenen Berechnung innerhalb einer Bildpyramide. Dieses impliziert eine nochmals reduzierte Berechnungszeit und auch Speicheranforderung, und erlaubt auf diese Weise die Berechnung auch von großen Disparitäten. Für die Fassadenanwendung in diesem Beitrag wurden insgesamt 405 Stereomodelle berechnet. Jedes Bild wurde im Durchschnitt 4 potenziellen Partnern zugeordnet. Die Prozessierungszeit betrug 2.75h (i7, 4 x 3.4 GHz), Input und Output mit eingerechnet.

Da sich die Bilder hochgradig überlappen, wird ein Teil der Fassade mehrfach in den einbezogenen Bildern abgebildet. Innerhalb der dichten Bildzuordnung werden jetzt die Bilder paarweise ausgewertet und die 3D-Punktwolken extrahiert. Als Ergebnis ergeben sich mehrfache Punktwolken für ein und denselben Fassadenabschnitt. Diese Redundanz wird nun in der Multiview-Implementierung ausgenutzt, was zu einer Erhöhung der Genauigkeit im Objektraum beiträgt. Dabei ist bedeutend, dass fehlerhafte Tiefeninformationen zuverlässig aufgedeckt und eliminiert werden können. Letztlich ergeben sich hochqualitative Punktwolken, die nur noch wenige Ausreißer enthalten. Für die hier prozessierten 405 Stereomodelle konnte letztlich eine Punktwolke für alle 95 Bilder berechnet werden. Die Rechenzeit betrug 1.33h (i7, 4 x 3.4 GHz), Input und Output eingeschlossen.

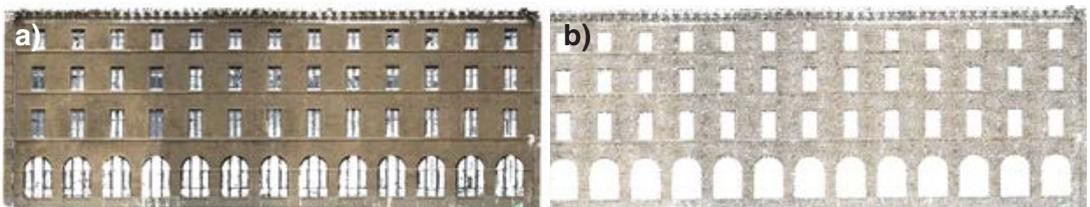


Abb. 8: SURE Punktwolken (a) unverdünnt (b) gefiltert auf GSD 5 cm

4. Von der Punktwolke zum 3D-Modell

Ganz generell können formale Grammatiken zur 3D-Objektrekonstruktion aus Punktwolken eingesetzt werden, speziell um die Plausibilität und topologische Korrektheit der rekonstruierten Elemente sicherzustellen. Eine ausgezeichnete Grammatik für diese Anwendungen stellen die Lindenmayer Systeme (L-Systeme) dar [12]. Auch wenn diese originär für die Beschreibung des Wachstums von Pflanzen eingesetzt worden sind, stellen sie eine gute Ausgangsbasis für die Weiterentwicklung von Grammatiken zur Beschreibung von architektonischen Elementen zur Verfügung. Zum Beispiel leiten [6,7] eine detaillierte Gebäudehülle ab, ohne jedwede Sensordaten, sondern lediglich durch eine Figuringrammatik.

4.1 Formale Grammatiken zur 3D-Rekonstruktion

In [12] wird eine formale Grammatik zur Generierung von Fassadenstrukturen eingesetzt, wobei nur teilweise Sensordaten (Punktwolken) zur Verfügung stehen. Prinzipiell bestehen formale Grammatiken aus einem Vokabular und einer Menge von Produktionsregeln. Das Vokabular stellt verschiedene Symbole (Typen) zur Verfügung, die auch als *non-terminals* bezeichnet werden – diese können durch andere Symbole ersetzt werden, oder durch komplementäre Elemente wie die *terminals*. Das non-terminal Symbol, welches den Ausgang für alle weiteren Beschreibungen darstellt, wird auch als *Axiom* bezeichnet. Die Eigenschaften einer Grammatik hängen von der Definition ihrer Produktionsregeln ab. Diese könne z.B. deterministisch oder stochastisch sein, jedoch auch parametrisch und kontext-sensitiv. Eine allgemeine Formulierung zum Einsatz einer Fassadengrammatik ist gegeben durch:

$$id: lc < pred > rc : cond \rightarrow succ : prob$$

Die Produktionsregel, gekennzeichnet durch label *id*, gibt den Ersatz des Vorgängers *pred* durch den Nachfolger *succ* an. Da ein Vorgänger jeweils linken und rechten Kontext einbezieht, hier ausgedrückt durch *lc* und *rc*, ist die Regel kontext-sensitiv. Falls die Bedingung *cond* sich als wahr (true) herausstellt, wird eine Substitution durchgeführt mit der Wahrscheinlichkeit *prob*. Auf diesen Definitionen aufbauend kann eine Fassadengrammatik abgeleitet werden, die uns erlaubt, neue synthetische Fassaden zu generieren, unabhängig von Figur und Größe. Das Axiom bezieht sich dann auf die neue, zu model-

lierende Fassade und beinhaltet Informationen zum Fassadenpolygon. Die Menge der *terminals* und *non-terminals* sowie die Produktionsregeln werden dabei automatisch durch die Analyse von Punktwolken gelernt. Zu Beginn der Anwendung von Grammatiken wurden unsere Algorithmen auf Laserscanning-Punktwolken angewandt, doch wie nachstehend aufgezeigt wird, funktioniert der Ansatz auch bei photogrammetrisch erfassten Punktwolken.

Bestehende Systeme zur grammatikbasierten Rekonstruktion von 3D-Gebäudemodellen, welche zur Interpretation von Bildern oder Modellen eingesetzt werden, sind i.d.R. als halbautomatisch zu klassifizieren. Unser Ansatz ist von Beginn an auf die vollautomatische Gebäude-rekonstruktion für verschieden Architekturstile ausgelegt.

4.2 Post-Processing von Punktwolken

Der im Folgenden beschriebene Algorithmus wurde erstmals für die Analyse von Laserscanning-Punktwolken eingesetzt. Das Ergebnis sind Strukturinformationen der Gebäudefassaden.

Er basiert auf der Annahme, dass Fensterflächen als Löcher in den LiDAR-Punktwolken auftreten. Diese Annahme ist dadurch gerechtfertigt, dass typischerweise LiDAR-Impulse Glasflächen durchdringen und daher kein richtiges Echo zur Verfügung steht. Im Vergleich zur Photogrammetrie ergeben sich hier jedoch viele Punkte auch im Fensterbereich. Jedoch sind diese i.d.R. beträchtlich hinter Wandflächen gelegen und können daher leicht identifiziert und entfernt werden. Für komplexere Fassadengeometrie sind u.U. alternative Verfahren anzuwenden. Neben Filtern basierend auf der Bildradiometrie, können auch solche Anwendung finden, die das lokale Rauschen eliminieren sollen. Die Qualität der dichten Bildzuordnung hängt überwiegend von der Bildgüte und Bildtextur ab. Normalerweise weisen Fensterflächen eine geringe Textur auf und führen daher auf ein hohes Rauschniveau der Punktwolke. Eliminiert man die Punkte von Fensterflächen, wird die Annahme von Löchern als Fenster erfüllt.

Wie bereits in 3.2 angedeutet, liefert die dichte Bildzuordnung Punktwolken von beliebigem Maßstab. Da der in der Rekonstruktion eingesetzte Algorithmus metrische Informationen einbezieht, kann der korrekte Maßstab jederzeit nachträglich abgeleitet werden. Daher wurden die Dimensionen der Fensteröffnungen am Testgebäude vor Ort ermittelt. Da große Teile von Fensterflächen zur Verfügung stehen, konnten

dessen Dimensionen auch in der Punktwolke ermittelt werden. Der resultierende Maßstabsfaktor wurde daher auf alle Koordinaten angewendet.

Ein weiterer Vorverarbeitungsschritt betrifft die Reduktion der Anzahl von Punkten. Der Vergleich zwischen LiDAR- und Photogrammetrie-Punktwolke kommt vielfach zu dem Schluss, dass letztere vielfach dichtere Punktwolken liefert. Für die Grammatikentwicklung wird jedoch diese hohe Punktdichte nicht benötigt, da diese unnötige Rechenzeit und Speicherplatz in Anspruch nehmen würde. Daher wurden die Ergebnisse nochmals umgerechnet (resampled), auf eine minimale Punktdistanz von 5 cm.

4.3 Grammatikbasierte Fassadenrekonstruktion

Der Algorithmus startet mit einer datengetriebenen Extraktion von Fassadenstrukturen aus 3D-Punktwolken (Abschnitt A). Mittels der photogrammetrisch berechneten Punktwolken werden die resultierenden Fassadenelemente als Wissensbasis zur weiteren Verarbeitung eingesetzt (Abschnitt B). Dominante und repetitive Merkmale als auch ihre hierarchische Beziehungen zueinander werden aufgedeckt. Zur gleichen Zeit können Produktionsregeln gefunden werden, die, zusammen mit den gefundenen 3D-Elementen (Sprach)Umfang einer Formalen Grammatik bilden. Aus diesem Grund nennen wir diese Grammatik auch Fassadengrammatik. Diese Elemente enthalten alle notwendigen Informationen, um den Fassadenstil bzw. alle Strukturelemente eines Gebäudes zu modellieren und zu präzisieren (Abschnitt C).

A. Punktwolkeninterpretation

Die Vorgehensweise einer datengetriebenen Fassadenrekonstruktion zielt ab auf die Verfeinerung eines bestehenden, groben Gebäudemodells (gegeben als LoD2). Fenster, Türen und

Vorsprünge/Erker werden aus der Punktwolke extrahiert, unter der Annahme dass diese sich nicht auf den planaren Fassadenabschnitten befinden. Dieser Modellierungsprozess verwendet eine 3D-Objektrepräsentation als Zellenzerlegung. Die grundlegende Idee ist dabei die Zerlegung einer existierenden Gebäudehülle mit planarer Fassadenfläche in 3D-Zellen. Jede 3D-Zelle repräsentiert entweder eine Fassadenkachel oder ein Fensterelement. Nach einer Klassifikation der 3D-Zellen in Fenster- und Wandkacheln werden die Fensterkacheln eliminiert und die verbleibenden Wandkacheln zusammengefasst. Eine Schwierigkeit dabei ist dabei das Auffinden von Schwellenwerten, um gute Arbeitshypothesen zu gewährleisten. Da unser Fokus auch auf der Rekonstruktion von Fenstern liegt, müssen diese Schwellenwerte aus den Punktwolken in der Nähe der Fenster gesucht werden. Für den beispielhaften Datensatz "Rotebühlbau, Stuttgart", ist dies in der Abbildung 9a wiedergegeben. Aus Übersichtsgründen wird an dieser Stelle bereits das Endergebnis (Abbildung 9b) dargestellt.

Punktwolken-Segmentierung

Gewöhnlicherweise sind die Glasflächen von Fenstern von der Fassadenebene zurückgesetzt bzw. eingelassen. Von dieser Hypothese ausgehend können die Punktwolken hinsichtlich der Abstände von den Fassadenebenen klassifiziert werden. Falls nur die Punkte in Betracht gezogen werden, die innerhalb oder vor einer Fassade zu liegen kommen, werden Fenster als Löcher dargestellt. Diese Nichtdaten-Flächen sind dann in der Klassifikation zum Auffinden von Fensterecken einzusetzen. Zum Beispiel, falls Punkte einer linken Fensterecke detektiert werden sollen, wird vorausgesetzt, dass keine Nachbarn der rechten Fensterecke in einem vorgegebenen Suchradius vorhanden sind. In einem weiteren Schritt werden horizontale und vertikale Linien geschätzt, von nichtisolierten Punkten auf Ecken.

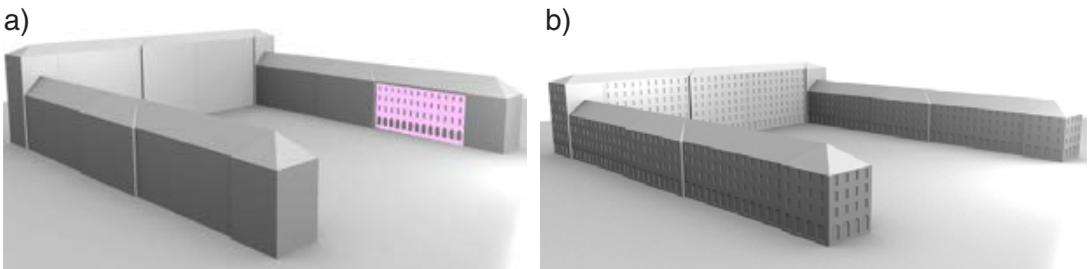


Abb. 9: Rotebühlbau Stuttgart: (a) Gebäudehülle und 3D Punktwolken durch dichte Bildzuordnung (b) Endergebnis der grammatikbasierten Rekonstruktion

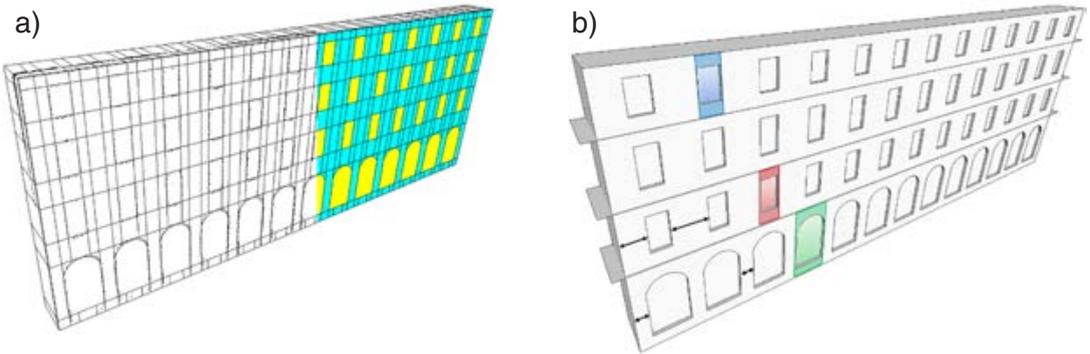


Abb. 10: Datengetriebene Fassadenrekonstruktion: (a) Erkannte Liniensegmente und Fenster (b) Fassadenmodell

Abbildung 10a zeigt die extrahierten Punkte von Fensterecken als auch die abgeleiteten horizontalen und vertikalen Linien. Aufbauend auf diesen Fensterlinien, planare Delimeter/Schwellwerte können dann für eine nachfolgende räumliche Zerlegung generiert werden. Jede Begrenzungslinie definiert eine Unterteilungsebene, die rechtwinklig zur Fassade steht. Um die Fenstertiefe zu berechnen, sind zusätzliche Unterteilungsebenen zu nutzen, die aus den Punkten der Punktwolke approximiert werden, die sich gerade auf Fensterflächen befinden. Diese Punkte werden dadurch gefunden, indem in parallelen Flächen zur Fassadengeometrie gesucht wird. Die Menge der Partitionen liefert die Strukturinformation für den Zellenzerlegungsprozess.

Klassifikation

Um die 3D-Zellen entsprechend als Fassaden- oder Fensterzellen zu klassifizieren, ist eine Punkteverfügbarkeitskarte einzusetzen. Das ist ein Binärbild mit grober Auflösung, wobei jedes Pixel ein Gitterelement der Fassade wiedergibt. Die optimale Gittergröße sollte etwas größer sein als die GSD. Gitterelemente, für die 3D-Punkte zur Verfügung stehen, produzieren Fassadenpixel; die Gitterelemente, die zu Nichtdaten-Flächen gehören, präsentieren Nichtfassadenpixel. Die Klassifikation ist durchzuführen, indem das Verhältnis zwischen Fassadenpixel und Nichtfassadenpixel für jede 3D-Zelle berechnet wird. Zellen, die mehr als 70% Fassadenpixel enthalten, werden als Fassadensolitäre bezeichnet, wobei Zellen mit weniger als 10% Fassadenpixel Fenstersolitäre darstellen. Während zumeist die 3D-Zellen zuverlässig klassifiziert werden können, gibt es lediglich ungewisse Ergebnisse in der Nachbarschaft von Fenstern oder in Gebieten mit unzulänglicher Datenerfassung.

Jedoch sorgt die Integration von Nachbarschaftsrelationen und Bedingungen dafür, dass auch solche Zellen klassifiziert werden können. Die rechte Fassade in Abbildung 10a zeigt die klassifizierten 3D-Zellen: Fassadenzellen (Cyan) und Fensterzellen (gelb). Während die Fenster – als Ergebnis der Ebenenzerlegung – natürlicherweise als polyhedrale Zellen dargestellt werden, sind ebenso gekrümmte Primitive in den Rekonstruktionsprozess einzubeziehen. Dies ist durch die gebogenen Fenster im Erdgeschoss demonstriert.

Modellierung

Innerhalb eines Modellierungsschritts werden die Fensterkacheln aus der existierenden groben Gebäudehülle herausgeschnitten bzw. tiefergelegt. Daher erscheinen diese im Fassadenmodell als „Einlässe“ (Abbildung 10). Jedoch ist der Modellierungsprozess nicht nur auf das Unterscheiden bzw. Auffinden von Fensterflächen beschränkt – es können viel komplexere Elemente beschrieben werden.

B. Automatische Inferenz der Fassadengrammatik

Aufbauend auf dem datengetriebenen Ergebnis der Rekonstruktion, kann die Fassadengrammatik automatisch abgeleitet werden, indem nach terminals, ihren interrelationships (Beziehungen), und Produktionsregeln gesucht wird.

Suche nach Terminalen

Um eine aussagekräftige Menge von terminals für die Fassadengrammatik abzuleiten, wird die Gebäudefassade in eine Menge von Basiselementen unterteilt, die nicht weiter substituiert werden können. Für diesen Zweck wird eine räumliche Zerlegung angewandt, die die Fassade unterteilt in Stockwerke und jedes Stockwerk in Kacheln.

mente komplettiert, die bisher nur unvollständig vorliegen. Drittens, gänzlich abgeschattete Fassaden oder Fassadenteile – d.h. nicht beobachtete Fassaden – können durch das gelernte Wissen in einem Produktionsprozess komplett rekonstruiert werden.

Dieser Produktionsprozess startet iterativ mit einer beliebigen Fassade, auch Axiom genannt, und läuft folgendermaßen ab: (1) Wähle ein non-terminal Element im gegenwärtigen String, (2) suche eine Produktionsregel mit diesem non-terminal als Vorgänger, (3) ersetze das non-terminal

Element mit den Regeln seines Nachfolgers, (4) beende den Produktionsprozess, falls alle non-terminal Elemente ersetzt worden sind, andernfalls gehe zurück zu (1).

Während der Produktion werden die non-terminal Elemente sukzessiv mit den zugehörigen Produktionsregeln überschrieben. Falls mehr als eine Produktionsregel möglich ist, wird diejenige mit der höchsten Wahrscheinlichkeit ausgewählt. Sobald der Fassadenstring nur noch Terminale enthält, wird die Produktion beendet und der String in eine 3D-Darstellung überführt. Das

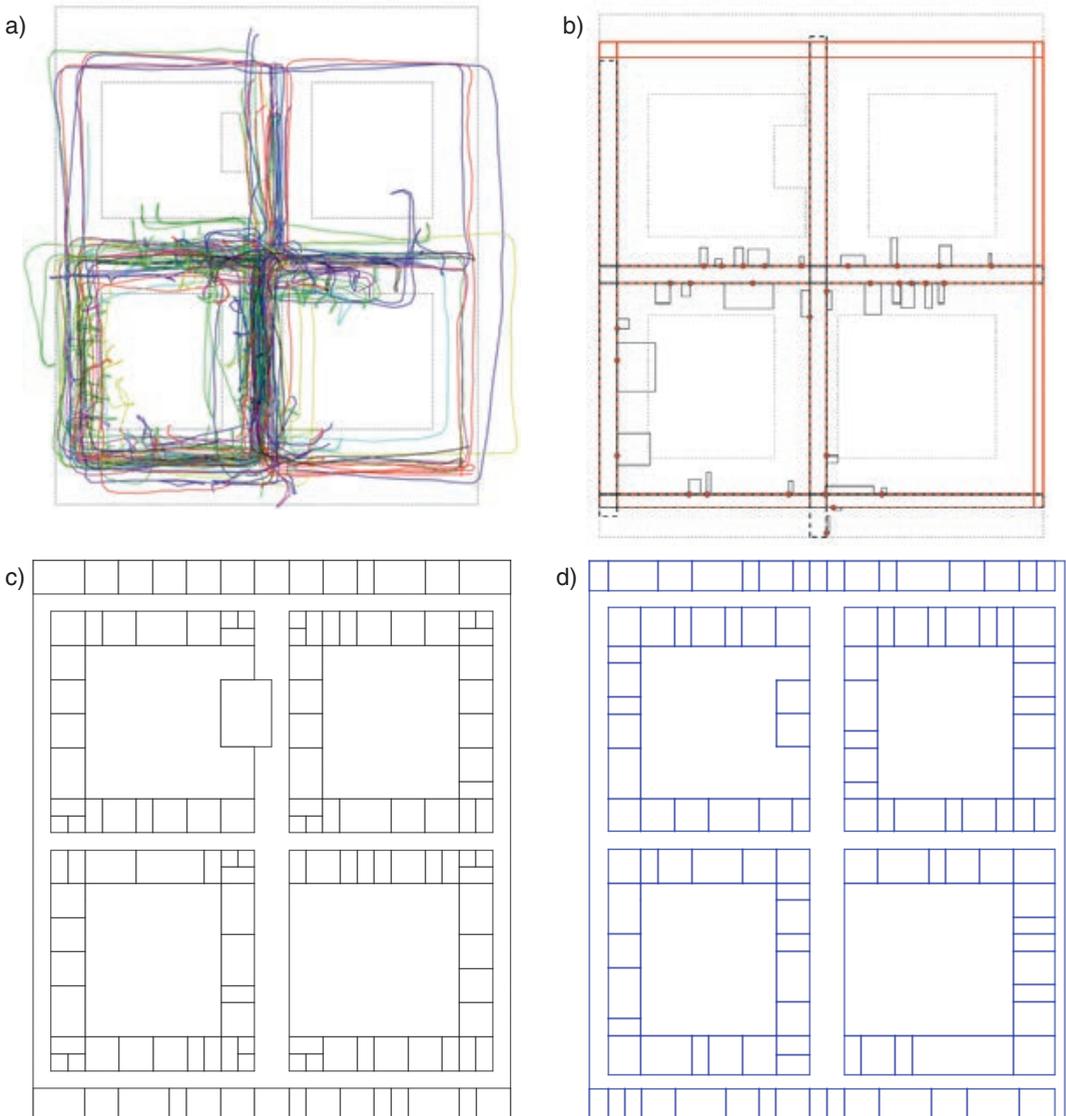


Abb. 11: Grammatik-Anwendung im Innenraum: (a) Bewegungsspuren (b) Ableitung genäherter Flurelemente (c) Splitgrammatik und datengetriebene Flure (d) Splitgrammatik und komplettierte Flure

Endergebnis ist bereits mit Abbildung 9b wiedergegeben.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag hat mit generellen Betrachtungen zur 3D-Rekonstruktion von Stadt- und Gebäude-Modellen begonnen, für die mittels LiDAR und Photogrammetrie dichte Punktwolken erfasst werden. Eine echte Revolution in der Photogrammetrie ist durch die Einführung des Semi-Global Matching eingeleitet worden, welches hochqualitative und sehr dichte Punktwolken zur Verfügung stellt. Die Verarbeitung von Punktwolken mittels formeller Grammatiken ist seit einigen Jahren Gegenstand der Forschung im Bereich Photogrammetrie und Computer Vision. Deren Ergebnisse sind sehr vielversprechend, so dass für diesen Beitrag gerade die Verbindung von photogrammetrisch erfassten Punktwolken und die grammatikbasierte 3D-Rekonstruktion in den Vordergrund gestellt werden. Die Bilder sind mit einer klassischen DSLR-Kamera aufgenommen worden, die nicht teuer ist und eine hervorragende Bildqualität liefert. Nach der Kalibration werden die Bilder einem Orientierungsprozess zugeführt – heutzutage sind dies die Algorithmen des sogenannten Structure-from-Motion (SfM). Hierzu wurde das OpenSource Paket VisualSfM eingesetzt. Die dichte Bildzuordnung liefert eine immense Punktwolke, etwa 145 Mio. Punkte für den ausgewählten Fassadenausschnitt eines Gebäudes (Rotebühlbau) in Stuttgart.

Die anschließende Verarbeitung mit dem Grammatik-Ansatz interpretiert die zur Verfügung gestellte Punktwolke und berechnet schließlich alle Fassadenelemente, auch an den Stellen, für die keine Daten vorliegen. Die Ergebnisse sind sehr vielversprechend – es scheint dass zur Komplettierung von LoD3-Modellen auch die Nahbereichsphotogrammetrie erfolgreich eingesetzt werden kann. Zudem liefern die neuen Schrägbild-Kamerasysteme der Luft-

bildphotogrammetrie neben dem klassischen Nadirbild mindesten 4 Schrägluftbilder, die zur Punktwolkengenerierung für Fassadenelemente eingesetzt werden können. Dies ist eine weitere Bestätigung dafür zu sagen, dass „Fassadenrekonstruktionen mittels Punktwolken und Grammatiken ein sehr erfolgversprechendes Duo darstellen, welches in einem daten- und wissensgetriebenen Prozess die gewünschten Informationen bereitstellen kann.“

Eine Erweiterung der Fassadengrammatik in den Innenraum ist in [21] untersucht und erfolgreich angewendet worden. Erste Ergebnisse sind in Abbildung 11 wiedergegeben. Dabei wurden Bewegungspuren im Informatikgebäude der Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 39 analysiert. Als erstes konnten genäherte Flursegmente als Axiome definiert werden, indem ein grammatikalisches L-System generiert wurde. Die Anwendung einer Splitgrammatik auf Nichtflurelemente liefert folgendes Ergebnis: Rein datengetrieben konnten 29 Zimmer rekonstruiert werden, eine Anwendung der Splitgrammatik auf datengetriebene Flure liefert 92 Zimmer (Abbildung 11c). Wendet man die Splitgrammatik auf komplettierte Flure an, erhält man immerhin schon 116 Zimmer (Abbildung 11d).

Mit den neuen Entwicklungen im Bereich Augmented und Virtual Reality ergeben sich ganz neue Möglichkeiten zur Visualisierung von 3D-Modellen (LoD2, LoD3 und LoD4). Einen kleinen Vorgeschmack gibt Abbildung 12, indem zu einem Stadtplan (Stadt Calw, Deutschland) die Nikolausbrücke (Abbildung 12a) – rekonstruiert aus Photos und Punktwolken – auf einem beliebigen Smartphone oder Tablet in 3D dargestellt werden kann (Abbildung 12b).

Referenzen

- [1] Haala, N. (1996): Gebäuderekonstruktion durch Kombination von Bild- und Höhendaten. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 460, München, 96S.

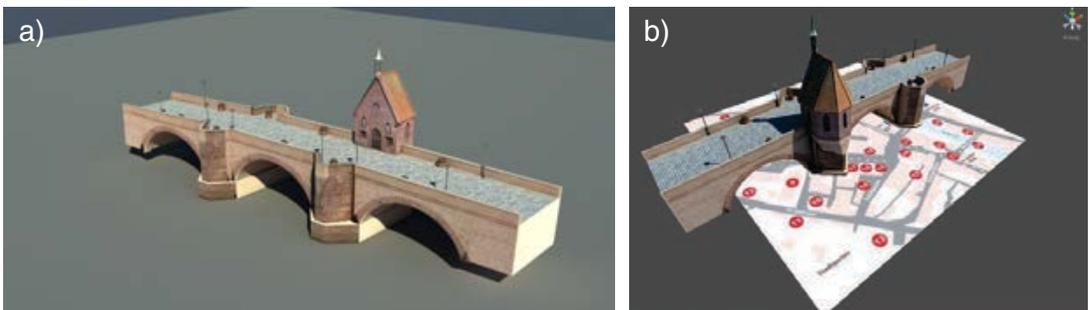


Abb. 12: (a) 3D-Rekonstruktion Nikolausbrücke Calw (b) Zuordnung 3D Modell-Stadtplan in Unity Game Engine

- [2] *Ameri, Shrabai, B. (2000):* Automatic Recognition and 3D Reconstruction of Buildings from Computer Vision and Digital Photogrammetry. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, No. 526, München, 110p.
- [3] *Brenner, C. (2000):* Dreidimensionale Gebäuderekonstruktion aus digitalen Oberflächenmodellen und Grundrissen. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 530, München, 124S.
- [4] *Bekins, D., Aliagia, D. (2005):* Build-by-Number: Rearranging the Real World to visualize Novel Architectural Spaces. IEEE Visualization, pp. 143-150.
- [5] *Hirschmueller, H. (2005):* Accurate and Efficient Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2005, San Diego, CA, USA, Vol. 2, pp. 807-814.
- [6] *Müller, P., Zeng, G., Wonka, P. und Van Gool, L. (2006):* Procedural Modelling of Buildings. ACM Transactions on Graphics (TOG), 25(3), pp 331-343.
- [7] *Van Gool, L., Zeng, G., van den Borre, F., Müller, P. (2007):* Towards Mass-produced Building Models. Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1-8.
- [8] *Kada, M. (2007):* Zur massstabsabhängigen Erzeugung von 3D-Stadtmodellen. Dissertation Universität Stuttgart. 111S.
- [9] *Hirschmüller, H. (2008):* Stereo Processing by Semi-global Matching and Mutual Information. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 328-341.
- [10] *Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008):* BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2008, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- [11] *Furukawa, Y., Curless, B., Steitz, S., Szeliski, R.:* Manhattan-World Stereo, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009
- [12] *Becker, S. (2011):* Automatische Ableitung und Anwendung von Regeln für die Rekonstruktion von Fassaden aus heterogenen Sensordaten. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 658, München, 156S.
- [13] *Fritsch, D. (2011):* Photogrammetric Week '11. Wichmann, VDE Verlag,
- [14] *Carswell, A. (2011):* Lidar Imagery – From Simple Snapshots to Mobile 3D Panoramas. In: Photogrammetric Week '11, Ed. D. Fritsch, Wichmann, VDE Verlag, Berlin und Offenbach, pp. 3-14.
- [15] *Haala, N., Fritsch, D., Peter, M., Khosravani, A.:* Pedestrian navigation and modeling for indoor environments 7th International Symposium on Mobile Mapping Technology, Crakow, Poland, 2011
- [16] *Budroni, A. (2013):* Automatic Model Reconstruction of Indoor Manhattan World Scenes from Dense Laser Range Data. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 715, 104p.
- [17] *Rothermel, M., Wenzel, K., Fritsch, D., Haala, N. (2012):* SURE: Photogrammetric Surface Reconstruction from Imagery. Proceedings LC3D Workshop Berlin.
- [18] *Fritsch, D., Becker, S., Rothermel, M. (2013):* Modeling Facade Structures Using Point Clouds from Dense Image Matching. Proceedings Int. Conf. Advances in Civil, Structural and Mechanical Engineering. Inst. Research Engineers and Doctors, pp 57-64. ISBN: 978-981-07-7227-7.
- [19] *Wenzel, K., Rothermel, M., Fritsch, D., Haala, N. (2013):* Image Acquisition and Model Selection for Multi-View Stereo. Proceedings 3D Arch Conference, Trento, Italy.
- [20] *Fritsch, D. (2014):* Mobile Mapping – Eine Revolution im Vermessungswesen. Stiftung Bauwesen, Stuttgart, Vorträge 22.11.2013.
- [21] *Philipp, D., Baier, P., Dibak, C. Dürr, F., Rothermel, K., Becker, S., Peter, M. Fritsch, D. (2014):* MapGENIE: Grammar-enhanced Indoor Map Construction from Crowd-sourced Data. Proceedings International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2014, Budapest, pp. 1-9.
- [22] *Fritsch, D., Klein, M. (2015):* Augmented Reality 3D Reconstruction of Buildings – Reconstructing the Past. Int. Journal Multimedia Tools and Applications (MTAP), under review.

Anschrift des Autors

Prof. Dr.-Ing. Dieter Fritsch, Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, Geschwister-Scholl-Strasse 24D, 70174 Stuttgart, Deutschland.
E-Mail: dieter.fritsch@ifp.uni-stuttgart.de



Fehlereinflüsse bei automatisierten Überwachungsmessungen mit Totalstationen

Werner Lienhart, Graz

Kurzfassung

In der Bauwerksüberwachung und in der Überwachung von natürlichen Strukturen wie Rutschhängen oder Felswänden werden in zunehmendem Maße kontinuierliche automatisierte Messungen mit Totalstationen eingesetzt. Dabei befindet sich die Totalstation meist auf einem Pfeiler und ist durch einen Wetterschutz von den Umweltbedingungen zumindest teilweise entkoppelt. Die Messungen erfolgen auf Prismen oder im reflektorlosen Modus auf die Oberfläche des Objektes

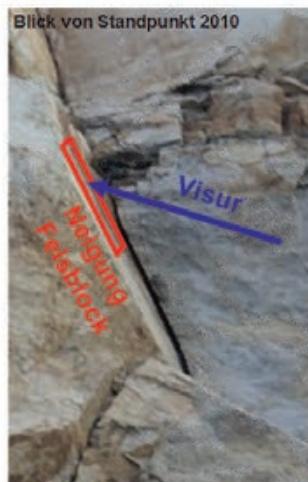
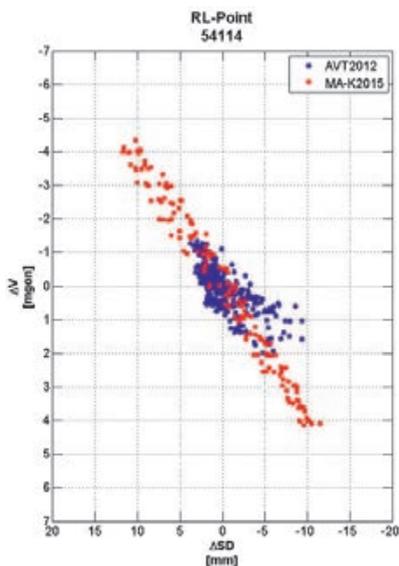
In diesem Beitrag werden mögliche Fehlerquellen und deren Auswirkung auf die Messdaten analysiert. Dazu zählen unter anderem systematische Fehler in der Distanz- und Richtungsmessung aufgrund von Fehlausrichtungen von Prismen oder aufgrund der Messung durch Glasscheiben von Messhütten. Weiters, werden der Einfluss von Reflexionen im Messstrahl und der Einfluss von atmosphärischen Störungen wie z.B. Refraktion auf die 3D Koordinaten diskutiert.



Anschrift des Vortragenden

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Werner Lienhart, Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme, Technische Universität Graz, Steyergasse 30, 8010 Graz.

E-Mail: werner.lienhart@tugraz.at





Ingenieurgeodäsie in Schnee und Eis – Hochpräzises Gletschermonitoring

Andreas Wieser, ETH Zürich

Kurzfassung

Gletscher sind nicht nur schön. Mit Eisstürzen an Hängegletschern oder dem plötzlichen Ausbruch von Gletscherseen können sie auch Naturgefahren darstellen, die Mensch und Infrastruktur bedrohen. Hochpräzise, möglichst flächenhafte und kontinuierliche Überwachung kann erforderlich sein, um das Risiko zu beurteilen und gegebenenfalls rechtzeitig Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Angesichts von Gletscherfluss und Ablation erfordert die Analyse der Überwachungsmessungen, kleinste Anomalien der normalen Veränderungen innerhalb kürzester Zeit mit hoher Zuverlässigkeit nachzuweisen. In diesem Vortrag werden anhand von Erfahrungen aus dem kontinuierlichen Monitoring eines alpinen Hängegletschers (Abbildungen 1 und 2) sowie eines regelmäßig von Gletscherseeausbrüchen betroffenen Ausläufers in Ostgrönland (Abbildungen 3 und 4) die Herausforderungen lokaler Überwachungsmessungen auf Schnee und Eis unter harschen Umgebungsbedingungen und mit erforderlichen Genauigkeiten von wenigen Millimetern bis Zentimetern pro Tag geschildert. Dabei wird insbesondere auf terrestrische Radarinterferometrie und GNSS eingegangen.



Abb. 1: Radarsystem mit Radom (Vordergrund) und überwachter Bisgletscher (Hintergrund)

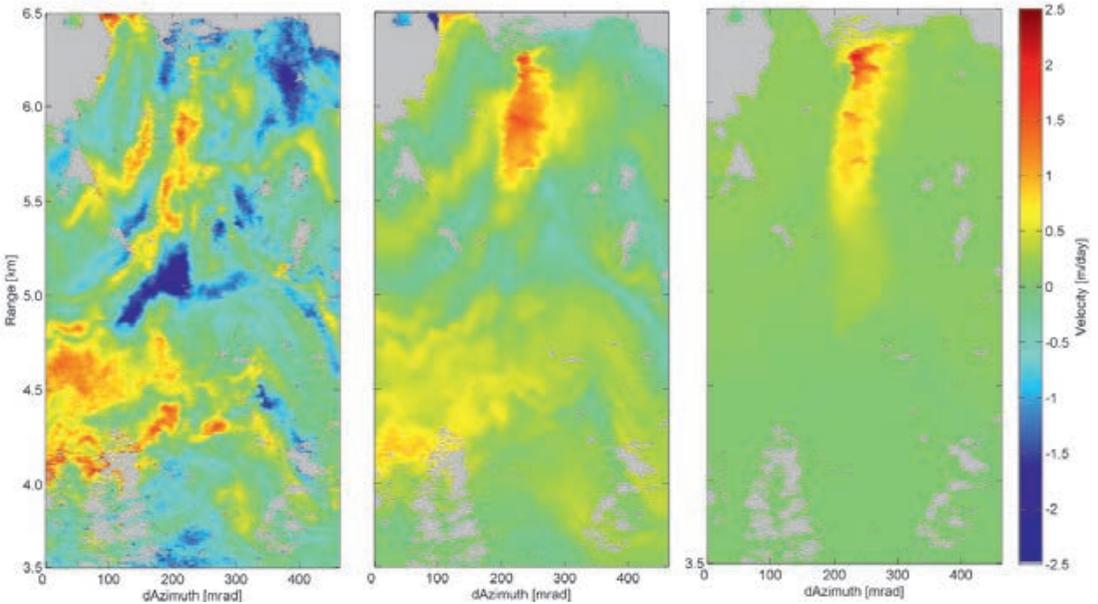


Abb. 2: Interferogramm für 2 min (links), 10 min Stacking (Mitte), 180 min Stacking (rechts)



Abb. 3: GPS-Station am A.P.Olsen Ice Cap; Solarpanels müssen nach dem Winter freigelegt werden

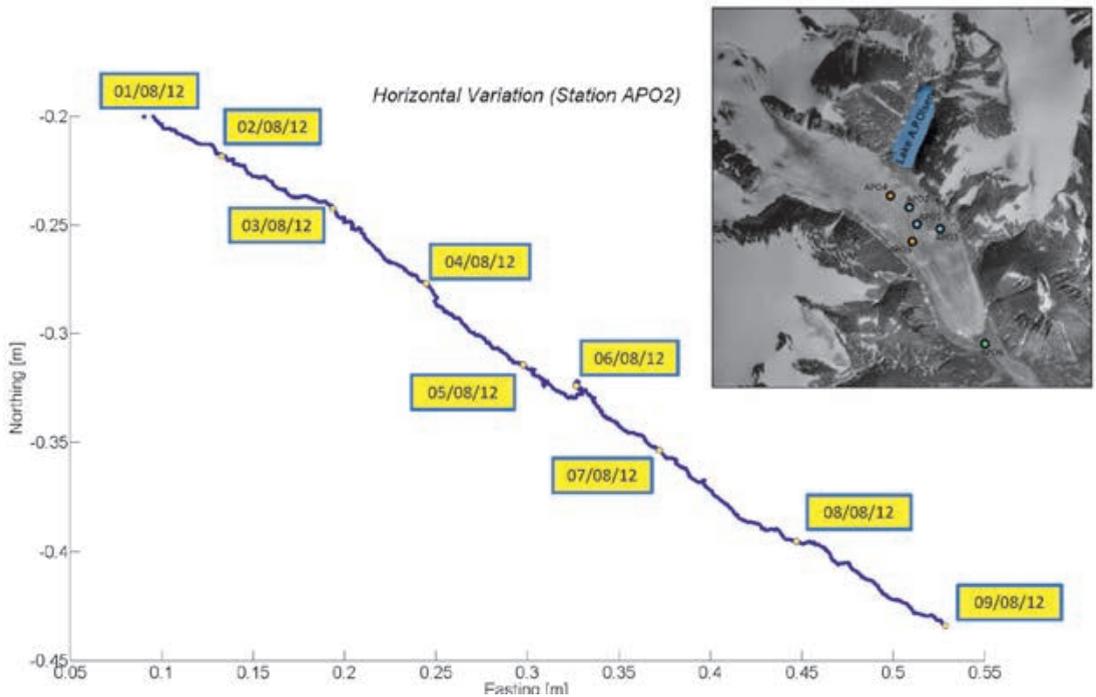


Abb. 4: Trajektorie eines Monitoringpunktes am A.P.Olsen Ice Cap kurz vor bis kurz nach dem Gletscherseeausbruch mit kurzzeitig retrograder Bewegung

Anschrift des Vortragenden

Prof. Dipl.-Ing. Dr. Andreas Wieser, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Stefano-Franscini-Platz 5, 8093 Zürich, Schweiz.

E-Mail: andreas.wieser@geod.baug.ethz.ch





Ortung im Indoorbereich mit Meter-Genauigkeit oder geodätischer Präzision?

Andreas Eichhorn, Darmstadt

Kurzfassung

Die Ortung von Sensorsystemen / -plattformen innerhalb von Gebäuden (Indoorortung), z.B. für die Personenortung oder die Bestandsdokumentation (u.a. im Facility Management), ist ein zentrales Thema in der ingenieurgeodätischen Forschung. In Abhängigkeit von der im Gebäude verfügbaren Ortungsinfrastruktur können derzeit Genauigkeiten vom m-Bereich bis in den dm- oder den (im geodätischen Sinne bereits präzisen) cm-Bereich erreicht werden. Wichtige Randbedingungen sind hierbei, ob sich die zu ortende Plattform in Ruhe (statisch) oder in Bewegung (kinematisch) befindet und ob direkter Sichtkontakt zu den positionsgebenden Sensoren besteht (line of sight Messungen) oder die Ortungssignale Hindernisse wie Wände durchdringen müssen (non line of sight Messungen). Im Rahmen des Vortrags werden typische Einsatzbereiche (u.a. auch für sicherheitsrelevante Anwendungen), aktuelle Sensoren und Auswerteverfahren für die präzise Indoorortung vorgestellt und anhand von empirischen Ergebnissen diskutiert. Besonders interessant sind hier Ortungsverfahren auf der Basis von UWB (Ultra Wide Band) und Magnetfeldern, welche mit ihren Signalen auch Gebäudewände durchdringen können und die Ermittlung von „klassischen“ geodätischen Geometrie Größen wie Strecken und Winkel ermöglichen. Gerade bei kinematischen Anwendungen können diese dann bspw. mit Inertialsensoren gekoppelt werden.

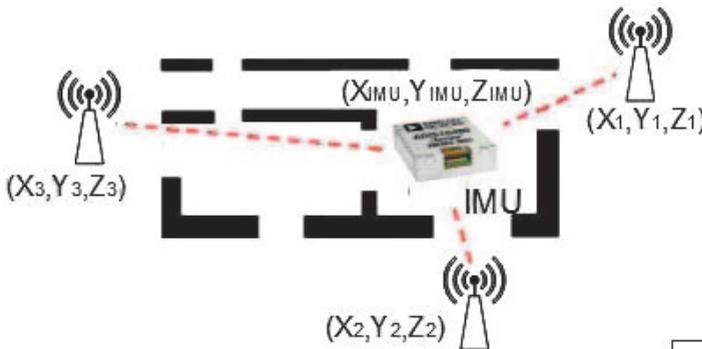


Abb. 1: Lateration

Anschrift des Vortragenden

Prof. Dr.-Ing. Andreas Eichhorn, Institut für Geodäsie, Geodätische Messsysteme und Sensorik, Technische Universität Darmstadt, Franziska-Braun-Straße 7, 64287 Darmstadt, Deutschland.
E-Mail: eichhorn@geod.tu-darmstadt.de

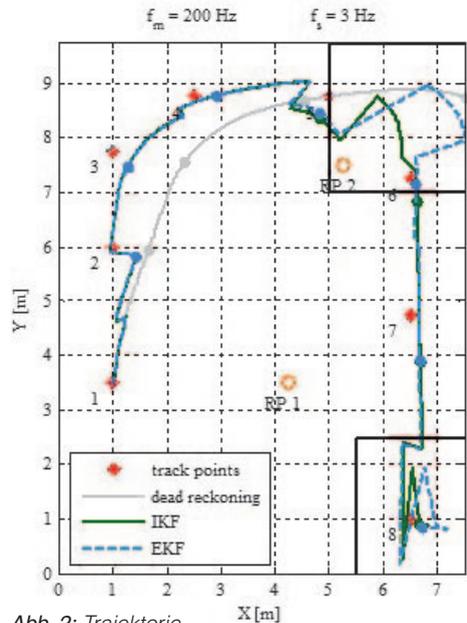


Abb. 2: Trajektorie



Der Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen als gerichtlicher Sachverständiger

Jürgen Schiller, Stainz

Kurzfassung

Der Sachverständige ist nach dem allgemeinen Sprachgebrauch ein Spezialist auf einem eng definierten Sachgebiet. Wegen seines erheblichen Einflusses auf fremde Entscheidungen – insbesondere Gerichtsentscheidungen – werden die Anforderungen an den Sachverständigen sehr hoch angesetzt. Absolute Integrität, Unparteilichkeit und Unabhängigkeit vervollständigen sein Bild in der Öffentlichkeit.

Abstract

The expert is according to common usage, a specialist on a narrowly defined subject area. Because of the significant impact on decisions of third parties – especially judgements by court – the requirements for the experts are pitched very high. Absolute integrity, impartiality and independence complete his public image.

1. Einleitung

In einem funktionierenden Rechtsstaat ist nahezu keine Entscheidung von Gerichten, Verwaltungsbehörden oder auch Privaten ohne exakte, rasche und vollständige Ermittlung von Sachverhalten der verschiedensten Art denkbar. Sie bildet die Basis für Rechtssicherheit als wichtigste Säule einer prosperierenden Sozial- und Wirtschaftsgemeinschaft.

Der österreichische Gesetzgeber hat aber – so wie auch der deutsche – bisher keinen Anlass gesehen, Zugangsvoraussetzungen zum „Beruf des Sachverständigen“ zu normieren. So wie auch in Deutschland bedarf es keines Nachweises einer besonderen Ausbildung und/oder Prüfung, um die Sachverständigentätigkeit auszuüben. Es gibt kein Verbot der Bezeichnung als Sachverständiger. Der Begriff des „freien Sachverständigen“ ist dennoch nicht gebräuchlich, es fehlen auch die in Deutschland üblichen privaten Sachverständigenorganisationen, die ihren (zahlenden) Mitgliedern auf oft nicht überprüfbare Weise einen bestimmten Sachverstand attestieren.

Im österreichischen Rechts- und Wirtschaftsleben haben die „allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen“ (diese Bezeichnung ist gesetzlich geschützt) eine herausragende Bedeutung. Ein Beschäftigungsvorhang kommt ihnen deshalb zu, weil die Prozessordnungen (ZPO – Zivilprozessordnung; StPO – Strafprozessordnung) Richter und Staatsanwälte dazu verpflichten, in erster Linie auf sie Bedacht zu nehmen. Die Bestellung anderer, nicht gerichtlich zertifizierter Experten ist dessen ungeachtet möglich, ohne dass es eine gesetzlich geregelte „Rangordnung“ der gerichtlich oder auf andere

Weise oder überhaupt nicht zertifizierter Sachverständiger gäbe.

2. Der allgemein beeidete und gerichtlich zertifizierte Sachverständige

Österreich hat ein vorbildliches System der Auswahl, Registrierung, Prüfung und Überwachung der Fortbildung sachverständigen Wissens entwickelt: Das Bundesgesetz vom 19.02.1975 über die allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen und Dolmetscher (Sachverständigen- und Dolmetschergesetz – SDG). Die Eintragung in eine von Gericht geführte Liste, die im Internet für jedermann kostenlos zugänglich ist (www.sdgliste.justiz.gv.at), ist für Sachverständige ein „Qualitätssiegel“, das seine Wirkung weit über die ursprüngliche Absicht des Gesetzgebers hinaus erstreckt, ein „Adressverzeichnis“ besonders qualifizierter Fachleute für die gerichtliche Sachverständigentätigkeit zu schaffen.

Die Eintragung in die Liste entfaltet eine Indizwirkung, dass der Eingetragene nicht nur die Fachkenntnisse, sondern auch die nötigen forensischen Kenntnisse, die von ihm erwartet werden, auch tatsächlich aufweist, da er einem gesetzlich geregelten Prüfungsverfahren unterzogen wurde und auch laufend einer Überwachung seiner Fortbildung im Rahmen 5-jähriger Rezertifizierungen als Qualitätssicherungsmaßnahme unterliegt. Neben dem Erfordernis einer hohen Fachkunde (das kommissionell geprüft wird) erstreckt sich die Überprüfung auch auf eine Mehrzahl von persönlichen Eigenschaften, wie etwa Vertrauenswürdigkeit, geordnete wirtschaftliche Verhältnisse etc., wodurch Objektivität, Unabhängigkeit und

Verlässlichkeit sichergestellt werden sollen. Ziviltechniker genießen im Hinblick auf ihre gesetzliche Berufsordnung, die sie zur Erstattung von Gutachten berechtigt (§ 4 ZTG) eine Ausnahmeregelung, wonach zwar ihre forensischen Kenntnisse geprüft werden, nicht jedoch ihre Sachkunde. Inhaber Technischer Büros hingegen haben auch eine Sachkundeprüfung zu absolvieren, wie dies erst jüngst wieder vom Bundesministerium für Justiz in seinem Erlass vom 23.01.2015, BMJ-Z11.858/0001-I 6/2015, klargestellt wurde.

Die Entscheidungen über die Versagung einer Eintragung oder einer Rezertifizierung sind seit 01.01.2014 beim Bundesverwaltungsgericht bekämpfbar (§§ 4Abs.3, 6 und 11 Sachverständigen- und Dolmetschergesetz – SDG). Bei Wegfall der gesetzlichen Eintragungsvoraussetzungen besteht die Möglichkeit der Entziehung der Eigenschaft als gerichtlich zertifizierter Sachverständiger und Löschung aus der Gerichtsliste. Eine Beschränkung der Werbung mit der Eigenschaft als Gerichtssachverständiger festigt das Bild eines vertrauenswürdigen Experten ebenso wie ein Kodex von zahlreichen fachlichen und ethischen Verhaltensnormen.

Zur Sicherung eines diesen Anforderungen entsprechenden Verhaltens der Sachverständigen hat der Hauptverband der Gerichtssachverständigen Österreichs Standesregeln formuliert, die über die auch den Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen als Ziviltechniker verpflichtenden Normen des ZTG und die Standesregeln der Ziviltechniker wegen ihres Bezuges zur Sachverständigentätigkeit vor Gericht hinausgehen.

3. Standesregeln des Hauptverbandes der Gerichtssachverständigen Österreichs

Erstmals in der Delegiertenversammlung im Jahr 1992 beschlossen, wurden diese Standesregeln laufend evaluiert und verbessert. Das Bundesministerium für Justiz hat die jeweiligen Ergänzungen erlassmäßig zur Kenntnis genommen und dazu auch klargestellt, dass dem wesentlichen Inhalt dieser Standesregeln „zweifelloso allgemeine Gültigkeit zukommt“, sodass deren Einhaltung von allen bei Gericht tätig werdenden Sachverständigen verlangt werden kann, seien sie der disziplinarischen Verantwortlichkeit der jeweiligen Landesverbände der Gerichtssachverständigen als deren Mitglieder unterworfen oder nicht. Schwere Pflichtverletzungen (wie z.B. die Erstattung eines vorsätzlich falschen Gutachtens vor Gericht, einer Verwaltungsbehörde oder in einem Ermittlungsverfahren nach der StPO) sind außerdem gerichtlich strafbar.

Jedenfalls steht den Gerichten und Staatsanwaltschaften bei Verstößen gegen die Standesregeln – abgesehen von der Einleitung eines Verfahrens zur Entziehung der Eigenschaft als allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger und Löschung aus der gerichtlichen Sachverständigenliste nach den Bestimmungen der §§ 10 und 12 SDG – die Möglichkeit offen, dies dem jeweiligen Landesverband der Gerichtssachverständigen zum Zweck der disziplinarischen Verfolgung zur Kenntnis zu bringen.

Das Standesrecht ist somit die Basis des Vertrauensvorschlusses, den die Öffentlichkeit und die Gerichtsbarkeit dem Sachverständigen gewährt.

Neben allgemeinen Verhaltensgrundsätzen (ähnlich jenen des Pkt. 1 der Standesregeln der Ziviltechniker, aber über sie weit hinausgehend) enthalten die Bestimmungen des Pkt. 1.7 eine detaillierte Regelung über bedeutende Beschränkungen der Werbemöglichkeiten. Eines der Ziele von Werbung ist ja die Erlangung von Wettbewerbsvorteilen. Da aber nach Wunsch der Justiz und einhelliger Standesansicht die den allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen übertragenen Aufgaben von niemandem zu Werbezwecken verwendet werden sollen, andererseits ein berechtigtes Informationsinteresse der Öffentlichkeit besteht, bedurfte es umfassender Regeln einer Definition des Gestaltungsrahmens einer noch zulässigen Werbung. Dabei wurde insbesondere der Präsentation als Gerichtssachverständiger im Internet breiter Raum gegeben.

Es sei hier besonders darauf hingewiesen, dass bei der Werbung jedenfalls die Bestimmungen des § 107 TKG (Telekommunikationsgesetz) zu beachten ist, wonach folgende Formen der Kommunikation ohne Einwilligung des Empfängers („unerlaubte Zusendung“) unzulässig ist: Telefax zu Werbezwecken und elektronische Post (Email, SMS) – siehe auch OGH 30.09.2009, 7 Ob 168/09 w.

In ihrem Pkt. 2 fassen die Standesregeln mehrere in der ZPO und in der StPO gesetzlich normierte Vorschriften über die Verhaltensweise bei Bearbeitung eines Gutachtensauftrages zusammen und erheben die Einhaltung zur Standespflicht. Neben dazu festgehaltenen allgemeinen Regeln (wie z.B. Wahrung der Unabhängigkeit, Objektivität, Unparteilichkeit, Beachtung der Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Verfahrensökonomie, Durchführung des Auftrags unter persönlicher Verantwortung, faires Verhalten,

Respektierung der Rechte der Verfahrensbeteiligten, Beschleunigung des Verfahrens etc.) wurden in ihren Punkten 2.10 und 2.11 detailgetreue Grundsätze bei der Befundaufnahme und der Erstattung des Gutachtens erarbeitet. Aus den insgesamt 18 Grundsätzen sollen in diesem Rahmen zwei hervorgehoben werden.

So hat der Sachverständige bei seiner Tätigkeit u.a. den Schutz der Privat- und Intimsphäre sowie den Datenschutz zu wahren, wozu auch zählt für Bild-, Film- und Tonaufnahmen das Einverständnis der davon betroffenen Personen einzuholen, es sei denn, es seien ihm bei seiner Bestellung zum Sachverständigen konkrete Ermittlungsmethoden aufgetragen worden, die gerade diese Aufnahmen rechtfertigen (dazu Verfassungsdienst des BKA vom 22.06.2012, GZ-BKA-810.008/0005-V/3/2012; Pkt. 2.10.8 der Standesregeln).

Nach Pkt. 2.11.3 hat der Sachverständige anzugeben, welche Leistungen er persönlich erbracht hat. Die für die Erstattung des Gutachtens herangezogenen Hilfskräfte, Hilfsbefunde und Hilfgutachten sind genau zu bezeichnen! In diesem Zusammenhang ist auch darauf zu verweisen, dass Gutachten, die von Gerichten, Staatsanwaltschaften und Verwaltungsbehörden beauftragt werden, jedenfalls vom allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen persönlich und als Einzelperson zu erstatten sind. Die Übernahme und Bearbeitung derartiger Aufträge durch juristische Personen (z.B. ZT-Gesellschaften welcher Art immer) ist unzulässig (siehe dazu u.a. Guggenbichler, SV 2013,4,207).

Als eine die Qualität von Gutachten sichernde Maßnahme sei letztlich noch die in Pkt. 3 der Standesregeln enthaltene Verpflichtung des Sachverständigen genannt, die von ihm im Sachverständigeneid (§ 5 SDG) übernommenen Verpflichtungen auch bei der Erstattung von Privatgutachten einzuhalten. Gelangt der Sachverständige auf Grund seiner Berufsverpflichtung zur Wahrung der Interessen seines Auftraggebers (Pkt. 5.1 der Standesregeln der Ziviltechniker!) in eine Interessenkollision mit seiner Funktion als unabhängiger, unparteiischer und zur Objektivität verpflichteter (auch Privat-)Sachverständiger, hat er den Auftrag abzulehnen.

Ein Blick auf die Bedeutung der Arbeit des Sachverständigen als dem zentralen Beweismittel in gerichtlichen Verfahren macht deutlich, dass es erforderlich ist, nicht nur den fachlichen Kenntnissen, sondern gerade auch den eben

dargelegten Persönlichkeitswerten eines Sachverständigen entsprechendes Augenmerk zu schenken.

4. Einfluss des Sachverständigen auf gerichtliche Entscheidungen

Sowohl in der juristischen Lehre, als auch in der Öffentlichkeit, in der Richterschaft und auch bei den Sachverständigen werden immer häufiger Bedenken geäußert, dass in vielen Prozessen mit Beteiligung von Sachverständigen nicht mehr viel Raum für die dem Richter übertragene Beweiswürdigung sei, da das Gericht in der Praxis nicht in der Lage sei, die Darlegungen des Sachverständigen zu überprüfen. Der Richter lasse sich die Entscheidung vom Sachverständigen abnehmen, er werde dadurch zum Erfüllungsgehilfen des Richters. Die Sachverständigen wiederum haben das Gefühl, ihnen werde die Verantwortung übertragen. Mediale Kritik versteigt sich bis zur Feststellung, bei der Sachverständigentätigkeit handle es sich um eine „unkontrollierbare Parajustiz“.

Es soll daher versucht werden, einige sachliche Gedanken darzustellen, welche von der Rollenverteilung zwischen Richtern als „Experten für das Rechtliche“ und Sachverständigen als „Experten für das Sachliche“ ausgehen.

Zum Inhalt der dem Richter und den Sachverständigen von den Prozessgesetzen zugeschriebenen Rollen ist dazu festzuhalten:

Der Prozessstoff, den das Gericht zur Entscheidung über einen Sachantrag benötigt, setzt sich aus *Tatsachen, Erfahrungssätzen und Rechtssätzen* zusammen. *Tatsachen* sind „konkrete, nach Raum und Zeit bestimmte, vergangene oder gegenwärtige Ereignisse oder Zustände“. *Erfahrungssätze* beruhen entweder auf allgemeinen Lebenserfahrungen oder sind Erkenntnisse aus sachkundiger Tätigkeit in Wissenschaft, Kunst, Handel, Gewerbe etc. Die Ermittlung von Tatsachen und – im eingeschränkten Maß von Erfahrungssätzen – kann somit nur die Aufgabe des Sachverständigen sein. Für die Rechtssätze gilt – von Ausnahmen abgesehen – der Grundsatz „iura novit curia“, das Recht muss das Gericht kennen, sie können daher nicht Gegenstand eines Beweises welcher Art immer sein.

Wenn nun die Rollenverteilung in der Theorie so klar erscheint – worin liegt dann in der Praxis das Problem?

Es ist zunächst sicher einfach für den Sachverständigen, sich rechtlicher Wertungen zu enthalten. Gar nicht so einfach ist es hingegen für den

Richter, der schließlich auch das Sachverständigengutachten wie jedes andere Beweismittel zu würdigen hat.

Um dem Richter dies zu ermöglichen, muss der Sachverständige die Tatsachen, die seine gutachtliche Überzeugung begründbar machen und die von ihm dazu verwendeten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Erfahrungssätze so darstellen, dass die Verfahrensbeteiligten, aber auch der Richter, die Vollständigkeit, Richtigkeit und Überzeugungskraft des Gutachtens nachprüfen können. Anerkennt man dabei aber, dass der Sachverständige notgedrungen kraft seines Fachwissens dem Richter fachlich überlegen ist (ja sein *muss*, sonst wäre seine Tätigkeit im Prozess wohl überflüssig!), so wird ein gewisses Unbehagen aufkommen, wenn es darum geht darzulegen, warum sich der Richter vom Gutachten überzeugt fühlt. Muss sich hier nicht das Gefühl des Richters melden, dass er sich der Erkenntnis des Sachverständigen deshalb anschließt, weil es keinen zwingenden Anhaltspunkt gibt, es nicht zu tun, ohne dass rational nachvollzogen werden kann, ob das Gutachten in der Sache zum richtigen Ergebnis geführt hat? Ist der Richter also wirklich nur der Erfüllungsgelhilfe des Sachverständigen?

Im günstigsten Fall kann dem Richter durch das Gutachten die vorher fehlende Beurteilungsbefähigung vermittelt werden, sodass er das Gutachten nachvollziehen und würdigen kann. In vielen Fällen wird dies aber wegen der Komplexität und Kompliziertheit der Materie nicht möglich sein. Der Richter wird daher auf die Überprüfung der Einhaltung formaler Kriterien beschränkt sein und auf die fachliche Autorität und persönliche Integrität des Sachverständigen vertrauen. Es tritt also an die Stelle der „Souveränität des bewertenden Urteils“ die „Souveränität des Fachwissens“, womit sich die Bindung des Richters an das Gutachten offenbart.

Wie kann nun der Richter seiner „Abdankung zu Gunsten des Sachverständigen“, und dem Vorwurf entgehen, das Gutachten sei eine Art „säkularisierter Gottesbeweis“ oder die Rechtsprechung sei eine „Expertokratie“? Ist die Vorstellung einer sauberen Arbeitsteilung zwischen Gericht und Sachverständigem nur ein frommer Selbstbetrug auf Seiten der Richter? Realistischer Weise müssen wir erkennen, dass sich sowohl das Gericht, als auch die Parteien und ihre Vertreter in letzter Konsequenz bewusst sein müssen, dass an die Stelle unmittelbarer persönlicher Überzeugung von der Richtigkeit des

Gutachtens nur die Überzeugung treten kann, dass der Sachverständige richtig gehandelt hat.

Wie kann man sich aber dessen sicher sein? Dazu ist die Mitwirkung aller am Rechtsprechungsakt Beteiligten gefordert

- bei der Auswahl des Sachverständigen,
- bei der Auftragserteilung,
- durch eine Mitwirkung aller „vom Geschehen Betroffener“,
- durch wirksame Inhaltskontrolle.

Die Vorbereitung der Auswahl des Sachverständigen erfolgt aber bereits im Zuge der Eintragung in die Liste der allgemein beeideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen: Ihr ist größte Sorgfalt zu widmen. Die regelmäßige Rezertifizierung bewährt sich als eine weitere die Qualität sichernde Maßnahme, bei der nicht nur das Vorhandensein aktueller Kenntnisse, sondern auch der übrigen für eine Eintragung erforderlichen Voraussetzungen, wie etwa auch der Vertrauenswürdigkeit, überprüft werden sollen. Eine regelmäßige Überwachung der Tätigkeit der Sachverständigen durch Aufsichtsmaßnahmen seitens der Richter als Auftraggeber und in letzter Konsequenz der zuständigen Präsidenten der Landesgerichte begleitet das „Leben“ des Sachverständigen. Dabei dienen als eine wichtige Richtschnur auch die Landesregeln.

Eines der wesentlichsten Instrumente zur Kontrolle sachverständiger Leistungen im gerichtlichen Verfahren ist das Privatgutachten, sofern es denselben Ansprüchen, die an ein Gerichtsgutachten gestellt werden, entspricht. Die Ansprüche, die die Landesregeln an ein Privatgutachten stellen, sind daher allein aus diesem Blickwinkel mehr als berechtigt. Es zwingt letztlich den Gerichtsgutachter zur Stellungnahme auf fachlicher Ebene und trägt so am besten zu einer sachbezogenen Überprüfung des Gerichtsgutachtens bei. Es ist daher zu begrüßen, dass der Gesetzgeber im Strafprozessrechtsänderungsgesetz 2014 in der Hauptverhandlung der vom Angeklagten zur Befragung des Gerichtssachverständigen „beizugewogenen Person mit besonderem Fachwissen“ (d.i. ein Privatgutachter) ein eigenes Fragerecht einräumt. Es ist zu hoffen, dass damit auch einer Fortentwicklung der Stellung des Privatgutachtens im Zivilprozess, das bisher eher ein „Schattendasein“ führt, ein Tor geöffnet wurde.

Anschrift des Autors

Prof. Dr. Jürgen Schiller, Präsident des Landesgerichtes für ZRS Graz i.R., Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger, Marhofberg 16, 8510 Stainz.

E-Mail: schillerj@aon.at



Bauen ohne Grenzen versus grenzenloses Bauen? Die Haftung des Vermessers und anderer Beteiligter in deren Eigenschaft als Sachverständige

Georg Seebacher, Graz

Kurzfassung

Angesichts des immer deutlicher werdenden Wunsches nach einer Verwaltungsreform in Österreich erscheint manchen Kritikern der Föderalismus mit 9 Bauordnungen, 9 verschiedenen Abstandsbestimmungen bei den Grundgrenzen in 9 Bundesländern als unerträglicher Anachronismus. Eine Vereinheitlichung trotz „historischer Notwendigkeiten“ würde aber wohl nichts daran ändern, dass der gestiegene Sorgfaltsmaßstab bei der Beurteilung der Tätigkeit der österreichischen Ingenieure als Sachverständige in ihrem jeweiligen Fachgebiet Probleme bereitet. Der in den letzten Jahren deutlich angekratzte Nimbus des „Sachverständigen“ wird an realen Haftungsfällen von Vermessungsbüros ebenso wie anhand exemplarischer Gerichtsentscheidungen zu Ziviltechniker-Fehlleistungen im Aufriss dargestellt werden.

Schlüsselwörter: Abstandsvorschriften, Bauvorschriften, Ziviltechnikerhaftung, Haftung des Vermessers, Sachverständigenhaftung, Gerichtssachverständiger, Architektenhaftung, Werkvertragsrecht

Abstract

In view of the sharply increasing desire for an administrative reform in Austria for some critics of federalism the existence of 9 building regulations, 9 different distance regulations for compound boundaries in 9 federal states appears as an intolerable anachronism. The unification of this regulation in spite of „historical necessity“ would probably not change the fact that the higher standard of care in assessing the activity of the Austrian engineers causes difficulties. The significantly tarnished nimbus of the “objective and right position of the expert” in recent years will be illustrated by real surveyors’ liability cases as well as court decisions on the basis of exemplary civil engineer-failures.

Keywords: distance regulations for compound boundaries, building regulations, civil engineer liability, liability of the surveyor, publicly appointed and sworn expert, architects’ liability, work and services contract law

1. Der Föderalismus in Österreich – neun Bauordnungen und deren Abstandsbestimmungen

Der Abstand zwischen den Bauten und den Nachbargrenzen bzw. anderen Gebäuden wird in den österreichischen Bundesländern auf völlig unterschiedliche Art und Weise geregelt. Im Folgenden werden die Bestimmungen für die Bundesländer Kärnten, Steiermark und Wien kurz überblicksmäßig dargestellt:

1.1 Kärnten – Nachbarabstand nach der sog „Schattenregel“ (§§ 4, 5, 6, 9, 10 krnt BV.)

a) In zwei Bundesländern, nämlich *Kärnten und Vorarlberg*, werden die Abstandsbestimmungen *anhand von sogenannten „Schattenpunkten“* ermittelt.

Laut § 4 krnt BV, sind „*oberirdische Gebäude und sonstige bauliche Anlagen [...] entweder unmittelbar aneinander zu bauen oder so anzuordnen, dass sie voneinander und von der Grundstücksgrenze einen ausreichenden Ab-*

stand haben. Der Abstand ist in Abstandsflächen (§ 5) auszudrücken.“

b) Jene Abstandsflächen nach § 5 krnt BV müssen „*so tief sein [...], wie sechs Zehntel des Abstandes zwischen der Außenwand und den durch eine Linie verbundenen Schattenpunkten, die sich auf einer in Höhe des jeweiligen Fußpunktes der Außenwand gelegten Waagrechten ergeben, wenn über das Gebäude Licht in einem Winkel von 45 Grad einfällt.“*

c) Das bedeutet:¹⁾ Als Fußpunkt, welcher als Ausgangspunkt für den Nachbarabstand dient, gilt der Punkt, an dem sich die Außenwand des geplanten Gebäudes mit dem „projektierten Gelände“ schneidet. Das projizierte Gelände ist jenes, wie es nach einer geplanten Aufschüttung oder Abgrabung aussehen würde. Von diesem Fußpunkt aus wird nun eine waagrechte Linie gezogen. Es ist also für den Abstand unerheblich, ob die

1) Papp, Der baurechtliche Nachbarabstand nach dem Salzburger Baurecht und im Bundesländervergleich (Teil II), bbl 2013, 95, 95.

Außenmauer in Hanglage gebaut wird oder in der Ebene.

- d) In weiterer Folge trifft man bei der Kärntner „Schattenregel“ die Annahme, dass Licht in einem Winkel von 45 Grad auf das Gebäude trifft. Der Schatten, der geworfen werden würde, also die Linie, die in einem Winkel von 45 Grad gezogen wird, *bildet in ihrem Schnittpunkt mit der vom Fußpunkt aus gezogenen Waagrechten den Schattenpunkt*. Wenn man dann noch die Strecke von Fußpunkt zu Schattenpunkt nimmt und *mit 0,6 multipliziert*, erhält man den benötigten Abstand zum Nachbargrund.

Der *absolute Mindestabstand* jedoch beträgt nach § 5 Abs 2 krnt BV grundsätzlich **3 m**.

- e) In den meisten Bundesländern – wie auch in Kärnten – kennt das Gesetz den Vorrang der in den Bebauungsplänen festgelegten Abstände. In § 4 Abs 2 krnt BV wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass *die gesetzlichen Abstandsbestimmungen nur insofern gelten, als kein Bebauungsplan anderes festlegt*.

1.2 Steiermark – Nachbarabstand anhand der Geschossanzahl (§§ 4 Z 29, Z 30, Z 47, 8, 12, 13 stmk BauG)

- a) In der Steiermark wird der Nachbarabstand *anhand der Anzahl von Geschossen eines Gebäudes* ermittelt und sind Gebäude entweder direkt aneinander zu bauen oder in einem ausreichenden Abstand zueinander.
- b) Das steirische Baurecht unterscheidet zwischen einem *Gebäude- und einem Grenzabstand*:

Zur Ermittlung des *Gebäudeabstandes* muss die Anzahl der Geschosse beider Gebäude zusammengezählt werden. Jedes Geschoss steht dabei für 1 m. Zu dieser Summe müssen weitere 4 m addiert werden, was den nötigen Abstand zwischen zwei Gebäuden ergibt.

Der Grenzabstand ist jener Abstand, der zur Grundgrenze eingehalten werden muss. Die Geschosse des Gebäudes sind wieder in Meter umzurechnen und in diesem Fall aber mit 2 m zu addieren. Dabei muss jede Gebäudefront, welche gem § 4 Z 30 stmk BauG eine „Außenwandfläche eines Gebäudes ohne vorspringende Bauteile, wie z. B. Balkone, Erker ist“, den errechneten Abstand einhalten. Als Voraussetzung dafür, dass man ein Gebäude errichten kann, muss sowohl der Ge-

bäude- als auch der Grenzabstand eingehalten werden.²⁾

- c) Das Erdgeschoss muss lediglich den Abstand einhalten, den ein eingeschossiges Gebäude einzuhalten hätte. Der erste Stock, also das zweite Geschoss, müsste dann den Abstand eines zweigeschossigen Gebäudes einhalten und daher um 1 m zurückversetzt werden. Für jedes weitere Geschoss gilt selbiges. Ein solch stufenförmiger Bau wäre zulässig, da jedes Geschoss seinen individuellen Abstand einhält.³⁾

1.3 Wien – Nachbarabstand durch „Klassifizierung“ (§§ 75, 79, 82, 84 wr BauO)

- a) In Wien werden Gebäude verschiedener Höhe in „Bauklassen“ zusammengefasst. Für jede Bauklasse gibt es einen bestimmten Mindestabstand den Gebäude dieser Klasse einzuhalten haben. Nach § 75 Abs 2 und 3 wr BauO sind Gebäude

- der Bauklasse I mindestens 2,5 m, höchstens 9 m,
- in Bauklasse II mindestens 2,5 m, höchstens 12 m,
- in Bauklasse III mindestens 9 m, höchstens 16 m,
- in Bauklasse IV mindestens 12 m, höchstens 21 m,
- in Bauklasse V mindestens 16 m, höchstens 26 m hoch.

Die Abstände zur Bauplatzgrenze in den „Bauklassen I und II müssen mindestens 6 m, in der Bauklasse III mindestens 12 m, in der Bauklasse IV mindestens 14 m, in der Bauklasse V mindestens 16 m und in der Bauklasse VI mindestens 20 m betragen.⁴⁾

- b) Die Fläche, die auf diese Weise zwischen den Nachbargrenzen und den Abstandslinien entsteht, wird als „*Abstandsfläche*“ bezeichnet. In dieser Fläche können Gebäude dann gem § 79 Abs 3 wr BauO an die Nachbargrenze *so weit herangerückt werden, bis sie die Hälfte des Abstandes erreichen*. Diese Halbierung

2) *Hauer/Trippel*, Steiermärkisches Baurecht, 4. Auflage (2004) Anm 3 zu § 13 BauG.

3) *Papp*, Der baurechtliche Nachbarabstand nach dem Salzburger Baurecht und im Bundesländervergleich (Teil II), bbl 2013, 95, 95 unter Verweis auf Eisenberger/Hödl, Bau- und Raumplanungsrecht 55 f.

4) § 79 Abs 3 1. Satz wr BauO.

gilt aber als *absolute Mindestgrenze*. Um einer übermäßigen Bebauung der Abstandsfläche vorzubeugen, *wird die Fläche, die innerhalb dieses Abstandes bebaut werden darf, beschränkt*.

Dabei darf gem. §79 Abs 3 letzter Satz wr BauO die *die Fläche des bebauten Teils der Abstandsfläche jedoch je Front* in den Bauklassen I und II 45 m², in der Bauklasse III 90 m², in der Bauklasse IV 105 m², in der Bauklasse V 120 m² und in der Bauklasse VI 150 m² *nicht überschreiten*; insgesamt darf diese über die gedachte Abstandslinie hinausragende bebaute Fläche auf demselben Bauplatz in den Bauklassen I und II 90 m², in der Bauklasse III 180 m², in der Bauklasse IV 210 m², in der Bauklasse V 240 m² und in der Bauklasse VI 300 m² nicht überschreiten.

- c) Auch in Wien (§79 Abs 3 wr BauO) hat zunächst der Bebauungsplan zu regeln, in welcher Bauweise gebaut werden soll. Sieht der Bebauungsplan eine offene Bauweise vor, so hat sich der Bauwerber an die in §79 Abs 3 wr BauO festgelegten Abstände zu halten. Wird jedoch eine geschlossene Bauweise festgelegt, so kommen die gesetzlichen Abstände nicht zur Anwendung. Insofern geht also *auch hier der Bebauungsplan den gesetzlichen Regeln vor*.

Diese als Einstieg dienende plakative Darstellung des föderalistischen „Fleckerlteppichs“ an Abstandsvorschriften macht deutlich, dass Vermesser, insbesondere in deren Funktion als Sachverständige, in der täglichen Praxis vor erhebliche (immer mehr auch rechtliche) Herausforderungen gestellt sind. Es liegt auch gerade deshalb in der Natur der Sache, dass Vermesser in ihrer Expertise nicht vor „Fehlbeurteilungen“ gefeit sind. Da der Prozessausgang von Gerichtsverfahren so stark von der Beurteilung des Sachverständigen abhängig ist, führt die enorme Verantwortung, die mit dieser Rolle verbunden ist, zwangsläufig auch zur immer häufiger gestellten Frage der haftungsrechtlichen Verantwortlichkeit des Sachverständigen. Die Funktion und Bedeutung, die der Sachverständige in Gerichtsverfahren in Österreich einnimmt, ist damit – wie dieser Beitrag anhand von Fällen aus der Praxis zeigen wird – unweigerlich mit teils skurrilen aber durchaus ernst zu nehmenden Haftungsfragen verbunden.

2. Trendwende: Vom „heimlichen Richter“ zur „Sachverständigenhetze“

Die Einholung der Expertise eines oder mehrerer Sachverständigen ist sowohl im außergerichtlichen als auch im zivil- wie strafgerichtlichen Bereich unabdingbare Voraussetzung, um die entsprechenden Anspruchs- und Anklagegrundlagen erarbeiten und prüfen zu können. Vor Gericht sind die Sachverständigen als Fragesteller zugelassen. Werden ihnen Informationen verweigert, können sie etwa bei der Staatsanwaltschaft eine Hausdurchsuchung anregen. „Realiter sind Sachverständige Richter ohne Amtskleid.“⁵⁾

Doch dieses Image ist mittlerweile schwer angeschlagen. Insider der Justiz wie Anwälte und Richter wissen ohnehin um die Fehl- und Verwundbarkeit der Sachverständigen im gerichtlichen Verfahren Bescheid. Für das breite Publikum ist diese andere Seite der Sachverständigentätigkeit mittlerweile durch die starke mediale Präsenz bei öffentlichkeitswirksamen Verfahren evident geworden.

Das gilt insbesondere für die Causa Prima der letzten Jahre in unserem südlichsten Bundesland. Die (legitime) Beziehung von Experten wie Wirtschaftsanwälten und entsprechenden Sachverständigen bei großen „Deals“ – wie hier der Veräußerung einer ganzen Landesbank –, hat eine besonders dunkle Seite der Sachverständigentätigkeit gezeigt. Gemeint ist die Einholung von „Privatgutachten“ zur Legitimierung dubioser Vorgänge. Ganz unabhängig von strafgerichtlich aufzuklärenden Absprachen im Vorfeld ist diese Vorgehensweise durchaus nicht unüblich. Wenn mediale Aufarbeitung und mediale Schelte fragwürdige Konstrukte ins Taumeln bringen, werden im Zuge der Flucht nach vorne Privatgutachten angefordert und vorgelegt, um die eigene Vorgangsweise zu rechtfertigen und den eigenen Standpunkt zu untermauern.

Diese Strategie mag grundsätzlich wenig aufregend erscheinen. In Justizkreisen wurde sie aber immer schon als fragwürdig angesehen, da ein Privatgutachten für den Auftraggeber nur dann Sinn macht, wenn auch das Ergebnis passt. Frei nach dem Motto „Wessen Brot ich ess', dessen Lied ich sing'“ hat sich in der Rechtspraxis längst der Terminus vom „Gefälligkeitsgutachten“ etabliert.

5) Treffend *Bauer*, Richter ohne Robe. Wenn Sachverständiger mit Hausverstand kollidiert: die wilde Welt der Gerichtsgutachter, profil 2012/32, 20 (20).

Der Bankenskandal und die Aufarbeitung des damit im Zusammenhang ausbezahlten Gutachterhonorars haben nun angesichts der zur Rechtfertigung beauftragten Sachverständigen und deren „Gutachten“ das Fass zum Überlaufen gebracht. Fast ein Dutzend österreichischer Gutachter, darunter die Crème de la Crème der heimischen Wirtschaftsprüferszene, welche die Arbeit eines Steuerberaters mit jener einer Investmentbank gleichsetzten, handelten hier (behauptet man) im Sinne ihrer Auftraggeber. Umso größer war das mediale Echo, als sie von einem vom Gericht eingesetzten deutschen Gutachter entlarvt wurden.⁶⁾ („Es gilt die Unschuldsumutung.“)

Ob, in welcher Form und mit welchen Grundlagen die Aufträge erteilt wurden, wird im Detail letztlich für die straf- und zivilrechtliche Verantwortlichkeit dieser Gutachter entscheidend sein. Atmosphärisch jedoch haben diese Sachverständigen ihrer Kollegenschaft von rund 9.000 eingetragenen gerichtlich beeideten und zertifizierten Sachverständigen jedenfalls einen Bärendienst erwiesen.⁷⁾ Die eigentliche Absicht der Auftraggeber dieser Gutachten war für jeden der Gutachter mit Sicherheit klar und erkennbar, wenn sie auch nur im geringsten durch Zeitschriften oder Nachrichtensendungen am öffentlichen Leben irgendwie teilnehmen. Warum die zuständige Staatsanwaltschaft zunächst zweimal – und wohl entgegen den Usancen – im Vertrauen auf diese Privatgutachten die Verfahren eingestellt hatte, steht auf einem anderen Blatt Papier.

Diese wenig ruhmreichen Vorgänge rund um prominente Sachverständige in der leidigen Causa im schönen Kärnten (sowie in anderen österreichweiten Wirtschaftsstrafsachen) ziehen einen Rattenschwanz an Problemen und juristischen Kapriolen nach sich: Für die Anwaltschaft sind die Schwachstellen der Gefälligkeitsgutachten ein gefundenes Fressen. In vielen anhängigen Wirtschaftsprozessen treibt das in der Branche (teilweise) beliebte Strategiemittel des Antrages auf Ausschließung eines Sachverständigen wegen Befangenheit neue Blüten. So wurde medial verbreitet, dass der Strafverteidiger des prominenten, zu 10 Jahren Haft verurteilten, ehemaligen Bankdirektors in einem Folgeverfah-

ren die Beantragung des Ausschlusses des gerichtlich bestellten Sachverständigen angedroht hat. Als Begründung diene das erwartete bzw befürchtete Ermittlungsverfahren gegen den Gutachter rund um den Kärntner Honorarprozess zur Landesbankveräußerung.⁸⁾

Ob diese Vorgangsweise – also einen tatsächlichen Anschein der Befangenheit zu erzeugen – rechtlich haltbar ist, sei dahingestellt. Der Vertrauensverlust für einzelne der betroffenen Gutachter bei ihren Auftraggebern aus der Justiz muss wohl erst wieder mühsam wettgemacht werden.

Was die Entwicklung bei all diesen publikumswirksam medial ausgetragenen Verfahren schlussendlich auch immer mit sich bringen wird, scheint es doch bereits jetzt so, dass die Karten neu gemischt sind und die Trümpfe (wieder) in den Händen der Juristen liegen. Die Justiz hat nach anfänglichen Startschwierigkeiten (aufgrund möglicher politischer Einflussnahme durch die vorhandene Weisungskette oder warum auch immer) die Zügel wieder fest im Griff. Die Gutachter sind ebenso wie die Rechtsanwälte notwendige Elemente der rechtsstaatlichen Prozessgemeinschaft, Herr des Verfahrens ist und hat aber das Gericht zu bleiben.

Dieser aktuelle „Ausflug“ in prominente Strafverfahren und deren Begleiterscheinungen soll hier aber nur als Aufhänger für die Darstellung einer anderen Entwicklung im Justizbereich dienen, die weniger im Scheinwerferlicht der Öffentlichkeit steht: Vielschichtige Gründe, wie die verstärkte Aufgeklärtheit der Bevölkerung, die Abnahme des Risikos durch immer umfassendere Rechtsschutzversicherungen und die damit einhergehende Herabsetzung der Hemmschwelle führen auch im zivilgerichtlichen Verfahren zu einer deutlichen Zunahme von Haftungsprozessen gegen gerichtliche Sachverständige, die mitunter skurrile Formen annehmen.

Unabhängig von bestehenden gesetzlichen Haftpflichtversicherungen werden rufschädigende und zeitlich wie nervlich belastende Haftungsprozesse immer mehr zum Alltag der Gutachter. So wurde jüngst ein bekannter Sachverständiger aus der Riege der gerichtlichen Wirtschaftsexperten ob seiner Rolle bei den strafrechtlichen Ermittlungen vom Beschuldigten mit einer 10 Mio. EUR-Haftungsklage bedacht. Deutlich wird ein derartiges Schreckensszenario für die Gutachter auch anhand anderer Fälle.

6) Siehe dazu exemplarisch *Kramer*, Ein Witz, die Gutachter, Format 2012/31, 20 (20); *Leeb*, Zu große Macht der Gutachter, NEWS 2012/32, 59 (59).

7) Vgl. Gerichtsgutachter wehren sich gegen schlechtes Image, Die Presse, 09.08.2012.

8) Elsner will Prüfer kippen, Format 2012/31, 21 (21).

Exemplarisch ist im Folgenden auf eine besonders eindrucksvolle Causa einzugehen.

3. „Autoritätsverlust“ und Verfahrensflut – Der neue Horror im Bauprozess

Gerade die gerichtliche Praxis zeigt, dass konstruierte Fälle zu Haftungsfragen im universitären Studium von der Realität bei weitem überholt werden. So löste ein in der Kanzlei des Autors anhängiges Verfahren mit einem ursprünglich geringen Streitwert von rund EUR 11.000,- eine unvorhersehbare Lawine von Folgeprozessen aus. Ausgangspunkt war die scheinbar einfache Thematik der Sanierung eines Altbestandes. Die strittige Frage betraf die Tauglichkeit der Errichtung einer Bodenkonstruktion, insbesondere des Estrichs. Es kam zu einem Reigen an Gutachten, deren Beurteilungen im weiteren Verlauf der Chronologie zu einer unabsehbaren Kette von Haftungsprozessen führten.

Der Prozess beginnt im Jahr 1999 mit der Klage des ausführenden Bauunternehmers gegen den Hausbesitzer wegen offener Werklohnansprüche und endet nach zwei Jahren in erster Instanz mit einem grosso modo stattgebenden Urteil zu Gunsten des Professionisten. Die Werklohnansprüche werden ihm mit bloß geringfügigen Abzügen für kleinere Mängel der Bodenkonstruktion zugesprochen. Der hier beklagte Rauchfangkehrer als Hausbesitzer ist jedoch der Auffassung, dass die schweren, den vorgesehenen und üblichen Gebrauch beeinträchtigenden Schäden beim Estrich mit Verrieselung in die Fußbodenunterkonstruktion im Urteil deshalb nicht berücksichtigt wurden, weil das Gutachten des gerichtlich beigezogenen Bau-Sachverständigen diese Umstände anders beurteilte und bloß geringfügige Abstriche wegen unbedeutender Mängel für angebracht hielt.

Ohne Rücksicht auf die Autorität des Gerichts und mit noch viel weniger Respekt vor der Expertise des Gutachters (in weiterer Folge kurz: Erstgutachter) unterlässt der Hausbesitzer ein theoretisch mögliches Rechtsmittel an die zweite Instanz, klagt dafür aber den Bau-Sachverständigen als Gerichtsgutachter persönlich. Wie von Rechtsprechung und Lehre vorgesehen,⁹⁾ zielt diese Klage auf die Feststellung der Haftung des Erstgutachters für die nachteiligen Folgen aus dem – nach Ansicht des klagenden Haus-

besitzers unrichtigen – Urteil in Folge des – nach Ansicht des Klägers unrichtigen – Gutachtens des Erstgutachters (Prozesskosten und Verlust berechtigter Ansprüche gegen den ausführenden Bauunternehmer) ab.

Im nunmehr folgenden zweiten gerichtlichen Verfahren (Verfahren 2) wird zur Verifizierung der behaupteten unrichtigen Gutachtenserstattung durch den Erstgutachter ein weiterer Bau-Sachverständiger, nunmehr aus einem anderen Bundesland, bestellt. Dieser (im Folgenden kurz: Zweitgutachter) kommt im Verfahren 2 im Wesentlichen zu denselben Ergebnissen wie der Erstgutachter. Dementsprechend fällt auch das zweite Urteil, das auf dem Gutachten des Zweitgutachters basiert, negativ für den Rauchfangkehrer als Kläger aus.

Ohne Respekt vor den mittlerweile bereits zum zweiten Mal entscheidenden gerichtlichen und sachverständigen Autoritäten strengt der Hausbesitzer einen neuerlichen Haftungsprozess an, nunmehr gegen den Zweitgutachter (Verfahren 3). Dies mit der Begründung, der Zweitgutachter habe die gutachterliche Tätigkeit des Erstgutachters im Verfahren 1 in seiner Expertise im Verfahren 2 wiederum technisch falsch beurteilt. Wir befinden uns mittlerweile im Jahr 2005.

Aufgrund dieser Haftungsklage im Verfahren 3 beauftragt das angerufene Gericht einen weiteren Bau-Sachverständigen (im Folgenden kurz: Drittgutachter). Dieser hält nun aber, verkürzt und vereinfacht gesagt, die Unrichtigkeit der vorangegangenen Gutachten in technischer Hinsicht fest und beurteilt den vorhandenen Estrich bzw. die Bodenkonstruktion als nicht dem Stand der Technik entsprechend und auch nicht bloß mit geringfügigen Mängeln behaftet. In Folge dessen wird dem Erstgutachter vom Zweitgutachter im Verfahren 3 der Streit verkündet, sodass beide Gutachter auf Beklagtenseite vor Gericht stehen.

Mit dem nun folgenden, auf dem Gutachten des Drittgutachters basierenden, dritten Urteil des dritten Richters wird der Zweitgutachter zur Haftung wegen fehlerhafter Gutachtenserstellung über die Tätigkeit des Erstgutachters verurteilt. Die Berufung der beiden Gutachter ist jedoch erfolgreich und endet damit, dass die zweite Instanz dem Erstrichter (im Verfahren 3) die Beseitigung eines Verfahrensmangels aufträgt. Schließlich sei – so die übergeordnete Instanz – zur Klärung der Frage der Estrichbeschaffenheit und der damit insbesondere im

9) *Tanczos*, Haftung der Sachverständigen für ihre Gutachten, in *Krammer/Schiller/Schmidt/Tanczos*, Sachverständige und ihre Gutachten (2012) 105 (112f) mwN.

Zusammenhang stehenden Frage der statischen Belastbarkeit eine Beurteilung durch einen allgemeinen gerichtlichen Bau-Sachverständigen nicht ausreichend. Vielmehr sei ein entsprechender Spezial-Gutachter mit Statikkenntnissen beizuziehen.

Der Erstrichter im dritten Verfahren befolgt den Aufhebungsbeschluss der zweiten Instanz und bestellt einen weiteren Gutachter und zwar einmal mehr einen aus einem anderen Bundesland, diesmal aber einen Bau-Sachverständigen aus dem Fachgebiet der Statik und Beton- sowie Estrichqualität (im Folgenden kurz: Viertgutachter). Der Viertgutachter bestätigt in seinem schriftlichen Gutachten im Wesentlichen die ursprünglichen Standpunkte des (im Verfahren 3 beklagten) Zweitgutachters sowie des Erstgutachters.

Im Rahmen der mündlichen Gutachtenserörterung im Verfahren 3 kommt es jedoch zu Unsicherheiten bei der Begründung und Argumentation hinsichtlich der Gutachtensergebnisse, die teilweise auch zu Widersprüchen führen. Der Richter im Verfahren 3 interpretiert nun diese Unsicherheiten und Widersprüche in der Begründung des Viertgutachtens dahingehend, dass er eine ordentliche Gebrauchstauglichkeit des Estrichs bzw. der Bodenkonstruktion im Urteil nicht feststellt. Er beurteilt die gutachterliche Tätigkeit des Zweitgutachters (und damit im Ergebnis auch jene des Erstgutachters) neuerlich als fehlerhaft und verurteilt diesen zur Haftung für die Folgeschäden.

Die Berufung des Zweitgutachters ist in der zweiten Instanz erneut erfolgreich. Der Erstrichter muss nach Aufhebung seines Urteiles auftragsgemäß die Widersprüchlichkeiten aufklären und eine detaillierte ergänzende Erörterung hinsichtlich der Belastbarkeit und Brauchbarkeit des Bodens durchführen. Zu diesem Zwecke hat – so der Auftrag der zweiten Instanz – eine ergänzende gutachterliche Beurteilung durch den Viertgutachter zu erfolgen.

Kurz vor der vorgesehenen Tagsatzung zur Erörterung der weiteren Vorgehensweise bzw. zur Auftragserteilung an den Sachverständigen lässt dieser dem Gericht mitteilen, dass er aus gesundheitlichen Gründen nicht mehr in der Lage sei, seine Gutachtertätigkeit weiterzuführen. Der Verhandlungsrichter bestellt einen weiteren – nunmehr den fünften – gerichtlichen Gutachter.

Dieser (im Folgenden kurz: Fünftgutachter) erstattet – wohl auch um eigene Haftungsrisiken auszuschalten – nach einer enorm aufwändigen Beweisaufnahme sowie Untersuchung des Bodens und auch unter Berücksichtigung des vom Hausbesitzer und Kläger mittlerweile eingeholten Privatgutachtens eine neuerliche, umfangreiche gutachterliche Expertise. Diese fällt für den Erst- und Zweitgutachter mehr oder weniger vernichtend aus.

Nach Auffassung des Erst- und Zweitgutachters beruht die Beurteilung durch den Fünftgutachter im Vergleich zum damaligen Gutachtensauftrag in den Verfahren 1 und 2 jedoch auf falschen Grundlagen. Umfassende schriftliche Erörterungsanträge liegen derzeit noch unbearbeitet beim Gericht auf. Wir befinden uns im Jahr 2012 und die geschätzten bisherigen Prozesskosten, bestehend aus Anwaltskosten, Gerichtsgebühren und Sachverständigenhonoraren belaufen sich auf mehr als EUR 250.000,00. Dies wohl gemerkt bei einem ursprünglichen Streitwert von rund EUR 11.000,00.¹⁰⁾

Das Verfahren ist noch anhängig.

4. Die Haftung des Vermessers

4.1 Haftungsfall I: „Ein unterschlagenes Detail – die Auskrragung!“

Sachverhalt

Die **klagende Partei (Bauunternehmen)** beauftragte den **Beklagten (Vermessungstechniker)** mit der **Vermessung** eines von ihr zu errichtenden Hochbaus. Kurz vor Fertigstellung des Rohbaus stellte sich heraus, dass der **Abstand** zu dem an der Nordseite **angrenzenden Grundstück** zu **gering** war, da der Beklagte einen „**auskragenden**“ **Gebäudeteil unberücksichtigt** gelassen hatte. In der Folge tätigte die Klägerin **Aufwendungen in Höhe von EUR 13.042,49**, um mit den Grundstückseigentümern eine gütliche Einigung herbeizuführen. Dafür verlangt diese nunmehr auf **schadenersatzrechtlicher Basis Ersatz**.

Der von der Klägerin beauftragte **Planungsarchitekt** hatte dem Vermessungstechniker bei der Auftragserteilung das **Auskragen** des Gebäudeteiles **nicht bekannt gegeben** – was ansonsten üblich ist und auch dem Sorgfaltsstandard unter

¹⁰⁾ Nicht umsonst heißt es daher bei *Seebacher/Wolf*, Die Judikatur zu den Bauversicherungen, bau aktuell 2011, 6 (6): „*Aedificia et lites faciunt pauperes*“ – ‚Bauen und Prozessieren bringen an den Bettelstab‘, wobei die Betonung [...] vor allem am ‚und‘ liegt.“

Ziviltechnikern entspricht. Dieses nicht zu vernachlässigende Detail hatte der Architekt auch in den von ihm angefertigten Plänen ganz offensichtlich unterschlagen!

Rechtliche Beurteilung

- (1) Der **Werkbesteller (= Bauauftraggeber)** hat nicht nur die **Hauptpflicht**, den **Werklohn** zu entrichten (§ 1170 ABGB), darüber hinaus treffen ihn auch **Nebenpflichten**. Unter diesen Nebenpflichten ist vor allem die **Verpflichtung zur Aufklärung und Mitwirkung** hervorzuheben, worunter u. a. die **Pflicht fällt, dem Werkunternehmer brauchbare und zuverlässige Pläne zur Verfügung zu stellen**.
- (2) Das bei der Beurteilung von Schadenersatzansprüchen zu berücksichtigende **Mitverschulden des Werkbestellers** ist **häufig nicht in seinem eigenen Fehlverhalten** zu erblicken. Insbesondere bei der Erfüllung der **Pflicht zur Ausfolgung tauglicher Pläne** und zur **Aufklärung über relevante Umstände** wird ein **Eigenverschulden** des Bestellers **selten** in Betracht kommen.
- (3) **Jedenfalls** hat der Werkbesteller demjenigen Unternehmer für ein **Verschulden des Architekten** bei Erstellung tauglicher Pläne einzustehen, der die Pläne bei Vermessungsarbeiten zu verwenden hat.

[Entscheidung des OGH 1 Ob 769/83, veröffentlicht in SZ 57/18.]

4.2 Haftungsfall: II: „Doppelter Grenzpflock und Sanierung durch Verschiebung des Hauses“

Sachverhalt

Der Vermesser wurde vom Bauherrn mit der Einmessung der Grundstücksgrenzen auf der freien Wiese ohne Nachbargebäude beauftragt. Der Polier des bauausführenden Unternehmens fand sich bei Einmessung des zu errichtenden Gebäudes mit den markierten Grundstücksgrenzen nicht zu Recht und rief den Vermesser an. Dieser wies dem Polier die einzuschlagenden Wege an, ohne vor Ort zu kommen. Der Vermesser hatte – ohne dies dem Polier mitzuteilen – einen Grenzpflock zweimal mit derselben Nummerierung eingesetzt gehabt. Dadurch und durch die falsche Richtungsanweisung gelangte der Polier bei Einmessen der Gebäudeumrisse für den Aushub auf den Nachbargrund. Aufgrund der freiliegenden Flächen rund um das zu be-

bauende Grundstück gab es auch keine weiteren Anhaltspunkte, das Gelände war stark durch Buschwerk verwildert. Erst nach Errichtung des Gebäudes im Rohbau und dem anschließenden Becken für das Schwimmbad erkannte der bauleitende Architekt im Rahmen seiner ÖBA-Tätigkeit, dass das errichtete Gebäude zu nahe an der Grundstücksgrenze des Nachbarn und der betonierte Poolrahmen 7 Meter im Grundstück des Nachbarn stand.

4.3 Haftungsfall III: „Geringfügiger Grenzüberbau und Schikaneeinwand“

Bei einem geringfügigen Grenzüberbau kann der Schikaneeinwand des Bauführers berechtigt sein, wenn eine Verhaltensweise des Grundnachbarn vorliegt, die weit überwiegend auf eine Schädigung des Bauführers abzielt, und die Wahrung und Verfolgung der sich aus der Freiheit des Eigentums ergebenden Rechte deutlich in den Hintergrund tritt.

Bei der Beurteilung des „Schikaneeinwands“ kommt der subjektiven Seite des Bauführers erhebliche Bedeutung zu.

[Entscheidung des OGH 1 Ob 168/12f, 13.12.2012.]

5. Brisante Gerichtsentscheidungen zur Vertragsgestaltung, Rechnungsprüfung sowie zum Versicherungsschutz des Planers

5.1 Anwaltliche Vorbemerkung

„*Aedificia ed lites faciunt pauperes*“ – *„Bauen und Prozessieren bringen an den Bettelstab“*, wobei die Betonung im Zusammenhang mit der nachfolgenden beispielhaften Darstellung von auch höchstgerichtlichen Entscheidungen vor allem am **„und“** liegt. Die dargestellten Judikate (aus praxisrelevanten Gründen auch mit einem Blick auf die Rechtsprechung in Deutschland) sollen den Baujuristen, aber auch dem Baukaufmann Entscheidungshilfe bei künftigen (Vertrags-)verhandlungen mit dem jeweiligen AN oder AG sowie Versicherungsunternehmen sein, aber auch einen Überblick darüber verschaffen, welches Gefahrenpotenzial bei einer Inanspruchnahme wegen (behaupteter) mangelhafter Leistungserbringung (und einer möglicherweise nicht gegebenen Versicherungsdeckung für den Schadenfall) besteht, wenn sich nach langjährigen gerichtlichen Auseinandersetzungen letztlich herausstellt, dass für den konkreten Anspruch aufgrund der Sachlage ein Haf-

tungsanspruch realisiert wird oder aufgrund der gegebenen Bedingungslage des jeweiligen Versicherungsvertrages kein Versicherungsschutz besteht.

5.2 Haftungsfall bei Vertragsgestaltung: „Vertragsstrafe muss sein!“

Sachverhalt

Der Kläger (Bauherr) erteilte den Auftrag zur **Sanierung und Modernisierung eines Pflegeheimes**. Laut Architektenvertrag war der **Beklagte (Architekt)** dabei mit **sämtlichen „Leistungsphasen“** gemäß § 15 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) betraut, insbesondere oblag ihm die **Mitwirkung bei der Vergabe** sowie die **Erstellung eines Entwurfs** für den **Bauwerkvertrag** des Klägers mit dem Bauunternehmen.

Der vom Beklagten ausgearbeitete Entwurf sah u. a. eine **Vertragsstrafe** im Falle der **Bauzeitverzögerung** vor, **ohne jedoch eine Obergrenze für die Höhe** der Konventionalstrafe zu statuieren. Das steht allerdings **im Widerspruch** zu den Anforderungen, welche das (**deutsche**) **Werkvertragsrecht** an die Möglichkeiten der Vereinbarung von **Vertragsstrafen in allgemeinen Geschäftsbedingungen** stellt. Im Endeffekt bedeutete dies die **Rechtsunwirksamkeit** der Vertragsklausel. Wenngleich der Architekt in einem Schreiben die „**höfliche Bitte**“ geäußert hatte, den Vertrag durch einen **Rechtsanwalt prüfen** zu lassen, begehrt der Kläger mit seiner auf **Schadenersatz** gestützten Klage nunmehr vom Architekten Ersatz für das dadurch **entgangene Pönale**.

Rechtliche Beurteilung

- a) Nach dem Architektenvertrag war der **Beklagte** gegenüber dem Kläger zur **Mitwirkung bei der Auftragsvergabe** verpflichtet. Der **Beklagte** war damit **sachkundiger Berater und Betreuer** des Bauherrn und insoweit verpflichtet, **wesentliche Kenntnisse des Baurechts** zu besitzen. Dazu gehören jedenfalls auch die **Grundsätze über die Vereinbarung von Vertragsstrafen**, da es sich hierbei um **äußerst gängige Vertragsbestandteile** handelt.
- b) Ist der Architekt aber dazu verpflichtet, bei der Vergabe mitzuwirken, so gehört hierzu auch die **sorgfältige Vorbereitung** der erforderlichen Verträge einschließlich der **korrekten Ausarbeitung der Vertragsbedingungen**. So hätte der Architekt den Entwurf so fassen müssen, dass dieser den **rechtlichen Anforderungen**

an die Vereinbarung einer Vertragsstrafe (Festlegung einer Obergrenze) entsprochen hätte.

- c) Der **Beklagte** hat mithin durch die **Übersendung eines Entwurfs**, der eine solche Obergrenze nicht enthielt, gegen seine **Verpflichtung aus dem Architektenvertrag** verstoßen und ist der **Klägerin** gegenüber dem Grunde nach zum **Schadenersatz** verpflichtet. Der **Hinweis** seitens des Architekten, die **Klägerin** möge den Vertrag allenfalls durch einen Rechtsanwalt überprüfen lassen, konnte im vorliegenden Fall den **Anforderungen** an eine **hinreichende Beratung und Betreuung** nicht genügen.

[Entscheidung des deutschen BGH VII ZR 378/02, veröffentlicht in BauR 2003, 1751.]

5.3 Haftung bei fehlerhafter Rechnungskorrektur: „Überzahlung nach schlampiger Rechnungsprüfung“

Sachverhalt

Die **Beklagte (Bau-ARGE)** erhielt von einem **Gemeindeverband (Bauherr)** einen Auftrag über Erdarbeiten in einem beträchtlichen Auftragsvolumen. In diesem Zusammenhang beauftragte der Gemeindeverband den **klagenden Architekten** u. a. mit der **Rechnungsprüfung**.

Als es an die **Überprüfung der Schlussrechnung** ging, stellte sich der Bauherr auf den Standpunkt, auf das vertraglich geschuldete Entgelt bereits eine **Überzahlung** in Höhe von **EUR 203.483,93** geleistet zu haben und **klagte den Architekten** mit Erfolg auf **Ersatz** in Höhe des Überzahlungsbetrages. Insbesondere habe der Architekt (und nunmehrige Kläger) die jeweiligen **Leistungsausweise** der Bau-ARGE **ungenügend geprüft**. Sodann begehrt der Architekt von der beklagten ARGE **Schadenersatz** in Höhe des von ihm Geleisteten.

Rechtliche Beurteilung

- a) Zur **Prüfung u. a. der Schlussrechnung** hatte sich der Bauherr der Dienste eines **Zivilingenieurs** für das Bauwesen bedient. Dessen Prüfungsleistungen hatten im **ausschließlichen Interesse des Bauherrn** zu erfolgen, sodass **Schutzpflichten** gegenüber der **rechnungslegenden Beklagten** aus diesem Vertrag nicht abzuleiten sind.
- b) Vielmehr begründen die **Überzahlungen des Bauherrn** an die beklagte ARGE einerseits ei-

nen **vertraglichen Rückzahlungsanspruch** des Bauherrn als Auftraggeber **gegen die ARGE**. Andererseits steht dem Bauherrn auch ein **Schadenersatzanspruch gegen den** im vorliegenden Fall klagenden **Architekten** wegen dessen unrichtigen entgeltlichen Rates zur Zahlung nach Überprüfung der Schlussrechnung zu.

- c) Aufgrund der Schutz- und Sorgfaltspflichten des Planers bzw. der ÖBA im Rahmen der Rechnungsprüfung ist auch davon auszugehen, dass die Nichtbeachtung der Verfristungsregelungen der B 2110 somit ohne entsprechenden Hinweis oder rechtskonforme Bearbeitung der Verfristungsregelungen dadurch bedingt etwa bei ungenügender Begründung von Rechnerkorrekturen und somit Versäumnis der Verfristungseinwendungen des AG eine entsprechende Haftung nach sich ziehen können.

[Entscheidung des OGH 6 Ob 642/93, veröffentlicht in JBI 1994, 537.]

5.4 „Haftung des Architekten für die Einhaltung des Kostenrahmens“

Sachverhalt

Der Beklagte beauftragte die Klägerin mit den Planungsleistungen für ein Büro- oder Geschäftshaus. Für diese Leistungen wurde ein Pauschalhonorar von netto EUR 150.000,00 (exklusive Nebenkosten) vereinbart, wobei der Honorarberechnung Herstellungskosten von EUR 2,55 Mio. zugrunde gelegt wurden. Über Wunsch der Beklagten mussten aufwendige Umplanungen vorgenommen werden. Im September 2002 erfolgte die Einreichung des Projekts bei der Baubehörde. Im Oktober teilte die Beklagte der Klägerin mit, dass aufgrund der derzeitigen Planungsunterlagen die Wirtschaftlichkeit des Projekts im beabsichtigten Ausmaß noch nicht gegeben sei. Im April 2006 wurde die Baubewilligung erteilt. Im Juni 2007 verkaufte die Beklagte das Bauprojekt mit den zugrunde liegenden Baubescheiden samt Einreichplanung zum Kaufpreis von EUR 4,45 Mio.

Rechtliche Beurteilung

- a) Der mit Planungsleistungen beauftragte Architekt muss bei der Erbringung seiner Leistung als Ausfluss seiner umfassenden vertraglichen Beratungspflicht auch wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigen.

- b) Zudem ist der Architekt zu Hinweisen verpflichtet, wenn Umstände eintreten, die eine nicht unerhebliche Überschreitung des überschlagsmäßig geschätzten Kostenbetrags bewirken könnten und deren Eintritt als möglich vorhergesehen werden kann.

- c) Die Beratungspflicht des Architekten ist noch verstärkt, wenn dieser nach dem vereinbarten Leistungsinhalt zur Vornahme einer echten Baukostenschätzung verpflichtet ist.

- d) In der Rechtsprechung ist anerkannt, dass eine verbindliche Vereinbarung einer Baukostenobergrenze bzw. eines Kostenrahmens möglich ist. In diesem Fall muss sich aus dem Gesamtzusammenhang eindeutig und unmissverständlich ergeben, dass die Baukosten in einer bestimmten Höhe verbindlich als vertraglich geschuldete Beschaffenheit einzuhalten sind.

- e) Wird eine bestimmte Bausumme lediglich der Honorarvereinbarung zugrunde gelegt, so kann ohne weitere Anhaltspunkte **nicht** von der Vereinbarung einer Baukostenobergrenze ausgegangen werden.

- f) Ein ursprünglich vereinbartes Kostenlimit entfällt auch dann, wenn der Bauherr in Kenntnis der Kostenüberschreitung weiterplanen lässt.

[Entscheidung des OGH vom 26.01.2010, 9 Ob 98/09s]

5.5 Kein Versicherungsschutz durch „Bewusst pflichtwidriges Verhalten“ bei Außerachtlassung von Elementarwissen

Sachverhalt

Dieses deutsche Judikat ist mit besonderer Brisanz versehen: Der hier seinen Haftpflichtversicherer klagende Architekt erhielt von einem Produktionsunternehmen den Auftrag eine neue Industriehalle herzustellen, die aufgrund gewisser abwicklungstechnischer, als auch lagemäßiger Kriterien eine gewisse Höhe nicht überschreiten durfte. Der Kläger entschied sich daher zu einer reinen Dachdeckung mit Trapezprofilblechen, die auf einer Länge von 18 m lediglich ein Gefälle von 14 cm planlich aufwies (Dachneigung 0,45 Grad = 0,75 %). Nach Feststellung mehrerer undichter Stellen wurde in einem Beweissicherungsverfahren gegen das ausführende Unternehmen aber auch den hier klagenden Architekten ermittelt, dass sich das Regenwasser aufgrund der geringen Dachnei-

gung im Traufbereich staute und von dort in das Innere der Halle eindrang.

Der Kläger nahm seinen Haftpflichtversicherer gerichtlich in Anspruch, da dieser mit dem Hinweis auf die Pflichtwidrigkeitsklausel in den BBR (Besondere Bedingungen und Risikobeschreibungen für die Berufshaftpflicht von Architekten, Bauingenieuren und beratenden Ingenieuren) der AHB (im Übrigen auch sinngemäß in den österreichischen AHBA sowie AHTB) die Deckung mit der Begründung ablehnte, wonach der Architekt bewusst pflichtwidrig geplant hätte, da die Notwendigkeit einer Abdichtung bei einem deckenden Dach ohne Neigung Elementarwissen darstelle.

Rechtliche Beurteilung

Das OLG Hamm ging im Ergebnis davon aus, dass in der Haftpflichtversicherung der Architekten und Bauingenieure Leistungsfreiheit wegen bewusst pflichtwidrigen Verhaltens des Versi-

cherten nur dann besteht, wenn dieser die verletzte Pflicht gekannt und gewusst hat, wie er sich hätte richtig verhalten hätte müssen. Der dem Versicherer obliegende Beweis hierfür kann aber dann erbracht sein, wenn ein Versicherter – wie hier der Architekt – **das Elementarwissen seines Berufes außer Acht gelassen hat**. Dies gilt jedenfalls für einen Versicherten mit langjähriger Berufserfahrung, wobei der vorliegende Sachverhalt so zu interpretieren ist, dass hier Elementarwissen eines Architekten ignoriert wurde, wonach ein bloß deckendes Dach nur mit einer bestimmten Dachneigung geplant werden darf, und dass ohne eine solche Dachneigung eine Abdichtung vorzusehen wäre. Der Versicherungsschutz wurde damit im Ergebnis verneint (OLG Hamm 07.03.2007 20 U 132/06).

Anschrift des Autors

RA Dr. Georg Seebacher, Partner der ScherbaumSeebacher Rechtsanwälte GmbH, Schmiedgasse 2, 8010 Graz.
E-Mail: office@scherbaum-seebacher.at



Bewertung von Liegenschaften

Georg Hillinger, Graz

Kurzfassung

Stellung der Liegenschaftsbewertung am Immobilienmarkt, Grundlagen und Hauptverfahren, die Fläche im Rahmen der Liegenschaftsbewertung, der Immobilienmarkt in Österreich, Marktanpassung – neue Richtungen der Bewertung?



Seite 7

Anschrift des Vortragenden

Ing. Mag. Georg Hillinger MRICS CIS ImmoZert, Geschäftsführer der Liegenschaftsbewertungsakademie – Center of Valuation and Certification – GmbH, Griesgasse 10/3, 8020 Graz.

E-Mail: office@sv-hillinger.at



Honorierung von Vermessungsleistungen

Thomas Auzinger, Wels

Kurzfassung

Um den Forderungen der EU-Kommission und dem seit 01.01.2006 gültigen Kartellgesetz 2005 Rechnung zu tragen hat die BAIK mit 31.12.2006 Ihre Honorarleitlinien aufgehoben.

Seit dem Jahr 2007 wird an aktuellen Leistungsbildern, in der Folge an Aufwand- und Kostenabschätzungen sowie an Kostenberechnungsprogrammen für Vermessungsleistungen gearbeitet.

Mit der RVS 06.01.11 und 06.01.12 hat die österr. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV) 2012 ein für Auftraggeber und Auftragnehmer empfohlenes Regelwerk verabschiedet. Im Vorjahr hat das Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz mit LM.VM.2014 einen Vorschlag für Leistungsmodelle und Vergütungsmodelle für alle Planerleistungen erarbeitet. Im Kapitel Vermessung wird hierin Vollinhaltlich auf die zitierten RVS verwiesen. Im Vortrag wird auf die Entwicklung der letzten Jahre und die Anwendung der Ergebnisse eingegangen.

Anschrift des Vortragenden

Dipl.-Ing. Thomas Auzinger, auzingergrillmayer ZT OG
– Zivilgeometer, Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen, staatlich befugte und beeidete Ziviltechniker, allgemein beeidete und gerichtlich zertifizierte Sachverständige für Geodäsie, Vermessung und Geografische Informationssysteme, Bahnhofplatz 1, 4600 Wels.
E-Mail: office@zgeo.at 



Warum die Befundaufnahme (k)eine Grenzverhandlung ist

Rudolf Kolbe, Schwertberg

Kurzfassung

Die vom Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen im Privatauftrag durchgeführte Grenzverhandlung und die vom im Gerichtsauftrag durchgeführte Befundaufnahme haben viele ähnliche Elemente, differieren aber insbesondere hinsichtlich der Möglichkeiten betroffene Grundeigentümer zur Teilnahme und Mitwirkung zu bewegen. Für ein effizienteres und damit volkswirtschaftlich günstigeres Arbeiten wäre durch eine Angleichung wünschenswert.

Schlüsselwörter: Grenzverhandlung, Befundaufnahme, Ladung, §850 ABGB

Summary

Between the legal framework for boundary surveys conducted by a Chartered Engineer for Surveying and the regulations for an expert working for the court are many similarities but also differences especially regarding the invitation of affected owners. For more efficient and from the economical view cheaper work a harmonisation would be eligible.

Keywords: border negotiations, site inspection, official invitation, §850 ABGB



Hier muss es wohl sein, wo sich die sprichwörtlichen Füchse Gute Nacht sagen. Anlässlich der Befundaufnahme für ein Gutachten über die Grenzen einer Parzelle des öffentlichen Gutes in einer kleinen Mühlviertler Gemeinde kam mir dieser Gedanke. Worum geht es in dem Prozess? Nun, eine Parzelle, in der Natur zum Teil als Fahrspur in der Wiese, zum Teil als befestigter Weg erkenntlich, führt durch die Liegenschaft des Beklagten und ist laut Grundbuchstand öffentliches Gut der Gemeinde. Nachdem der Beklagte erfolglos versucht hatte, die Auflassung des öffentlichen Gutes zu erreichen, wurden von

ihm Metallsteher am Beginn der Fahrspur im Abstand von ca. 1,80 m so errichtet, dass ein Passieren von normalbreiten zweispurigen Fahrzeugen dadurch unmöglich gemacht wird. Die Gemeinde forderte daraufhin den Beklagten auf, diese Metallsteher zu entfernen. Dieser entgegnete, dass der Weg durch Ersitzung nicht mehr öffentliches Gut sei und auch die Lage der Wegparzelle im Kataster nicht dem Verlauf in der Natur entspräche. In der Folge wurde seitens der Gemeinde die Klage eingebracht.

Seitens des Gerichts wurde ich zum Sachverständigen bestellt und beauftragt als Vorbereitung der mündlichen Verhandlung eine Befundaufnahme über die gegenständliche Wegparzelle durchzuführen und dem Gericht zu übermitteln. Über den Termin der Befundaufnahme sollten die Parteien und deren Vertreter informiert werden, um ihnen die Teilnahme zu ermöglichen.

Verlassen wir hier zunächst einmal das gerichtliche Verfahren. Unklarer Grenzverlauf, Kataster und Naturstand differieren, unterschiedliche Ansichten über die tatsächlichen Besitzverhältnisse – im Berufsalltag der Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen eine vertraute Situa-

tion. Ein Großteil der Geschäftsfälle betreffend Grundteilungen und Grenzfeststellungen bringt es mit sich, dass die Eigentums Grenzen von den betroffenen Eigentümern im Rahmen der vom IKV geleiteten Grenzverhandlung festgelegt werden – oder festgelegt werden sollen. Diese Einschränkung ergibt sich schon aus der rechtlichen Situation des Zustandekommens dieser Grenzverhandlung. Während Gericht oder Vermessungsbehörde den Beteiligten eine Ladung zustellen kann, übermittelt der Ingenieurkonsulent eine Einladung. Leistet nun ein Grundeigentümer der Ladung nicht Folge, hat er die Säumnisfolgen zu tragen, d.h. beim vermessungsbehördlichen Verfahren wird der Grenzverlauf nach Angaben der übrigen Beteiligten festgelegt, beim Gerichtsverfahren kann zum Beispiel ein Versäumnisurteil ergehen oder aber eine zwangsweise Vorführung angeordnet werden. Leistet hingegen ein Grundeigentümer der Einladung des IKV nicht Folge, so passiert gar nichts.

Das heißt, die Aufgabe des die Grenzverhandlung leitenden IKV ist nicht nur die Sicherstellung des ordnungsgemäßen Ablaufs, sondern darüber hinaus auch die Motivation der Parteien zum einen überhaupt zur Grenzverhandlung zu erscheinen und zum anderen auch an der Festlegung der Grenze mitzuwirken. Diese Mitwirkung an der Grenzfestlegung ist natürlich ein Prozess der ganz unterschiedlich ablaufen kann. Der Fall der ganz eindeutig in der Natur erkennbaren Grenzführung, die darüber hinaus noch exakt den Angaben des Katasters samt den vorhandenen Urkunden und Behelfen entspricht, kommt natürlich auch manchmal vor. Die meisten unter Ihnen werden mir jedoch zustimmen, dass das Wort „manchmal“ zu unterstreichen ist. Weitaus häufiger sind natürlich jene Fälle in denen entweder die Unterlagen des Katasters die Grenze nicht genau definieren, die vorhandenen Urkunden sich widersprechen, die Nutzung von der Sollgrenze abweicht – kurz die Grenze wirklich „zu verhandeln“ ist.

Wie hat denn nun eine Grenzverhandlung in der Praxis abzulaufen? Nach der Eröffnung wird der Verhandlungsgegenstand erläutert, sodann die vorhandenen Urkunden und Behelfe vorgezeigt und wo möglich deren Inhalt in der Natur ersichtlich gemacht. Daraufhin legen den Eigentümer den Grenzverlauf fest, der dann gekennzeichnet wird. Letztlich wird die Niederschrift verlesen, von den Eigentümern unterfertigt und das Protokoll vom IKV beurkundet. Auf vorbereitende Arbeiten wie Voraufnahme, Einpassung

und Transformation von älteren Plänen, Bewertung der Behelfe möchte ich hier nicht näher eingehen.

Die Grenze wird also von den Eigentümern festgelegt und nicht vom Verhandlungsleiter. Das ist oft für die Auftraggeber eine Überraschung oder gar eine Enttäuschung. Sie hatten doch den Auftrag erteilt „die Grenze zum Nachbarn zu vermessen“ und erwarteten daher, dass nun eben diese Grenze durch den Zivilgeometer festgesetzt würde – und natürlich in ihrem Sinne. Doch die Aufgabe des Verhandlungsleiters besteht darin, die vorhandenen Unterlagen, die naturgemäß für einen Laien nicht immer leicht erfassbar sind, so aufzubereiten, zu erläutern und gegebenenfalls ersichtlich zu machen, dass die Parteien in die Lage versetzt werden ihre Grenze festzulegen. Als Berater sollte er darauf hinwirken, dass keine nicht umsetzbaren Festlegungen getroffen werden und auch auf die Auswirkungen von Entscheidungen in Bereiche hinweisen, die von der Festlegung einer Grenze betroffen sein könnten. Man denke als Beispiel nur an Bebauungsbestimmungen und Abstandsregelungen. Im Gegensatz zu den Idealen der klassischen Mediation kann sich der Verhandlungsleiter meistens nicht auf bloßes Reflektieren der von den Parteien vorgebrachten Meinungen beschränken sondern wird sich auch selbst einbringen müssen um zu einem Ergebnis zu kommen. Dieses Beratungs- und Mediationstätigkeit hat natürlich unabhängig vom bestehenden Auftragsverhältnis unparteiisch zu erfolgen. Auch hier ist die Erwartungshaltung des Beauftragenden oft eine andere.

Wechseln wir nun wieder zur gerichtlichen Befundaufnahme durch den Sachverständigen. §125 StPO definiert den Sachverständigen als Person, die aufgrund besonderen Fachwissens in der Lage ist, beweis erhebliche Tatsachen festzustellen, also eine Befundaufnahme durchzuführen, oder aus diesen rechtsrelevante Schlüsse zu ziehen und sie zu begründen, also ein Gutachten zu erstatten. Er verschafft dem Richter als Gehilfe fremdes Erfahrungswissen. Soll er nun die Befundaufnahme ohne den Richter durchführen, so ist er mangels behördlicher Zwangsgewalt zunächst in der gleichen Situation wie der IKV bei der Grenzverhandlung. Er kann zwar Parteien und auch Dritte zur Teilnahme und zur Mitwirkung an der Befundaufnahme einladen und auffordern, dies aber nicht zwangsweise durchsetzen. Dennoch hat er es etwas einfacher als sein nicht im Auftrag des Gerichts tätiger Kollege. Betrachten wir dazu §359 Abs 2

ZPO: „Benötigt der Sachverständige die Mitwirkung der Parteien oder dritter Personen und wird ihm diese auf seine Aufforderung nicht unverzüglich geleistet, so hat der Sachverständige dies dem Gericht unter genauer Auflistung der erforderlichen Mitwirkungshandlungen und der entgegenstehenden Hindernisse mitzuteilen. Das Gericht hat sodann, mit abgeordnet nicht anfechtbarem Beschluss, den Parteien das Erforderliche aufzutragen und ihnen hiefür eine angemessene Frist zu setzen ... Kommen die Parteien der Aufforderung des Gerichts nicht fristgerecht nach, so hat der Sachverständige sein Gutachten ohne Berücksichtigung des Fehlenden zu erstatten. ...“ Hier ist das Interesse des Gesetzgebers an reibungslosen und schnellen Verfahren erkennbar. Keine Partei soll durch ihre Untätigkeit den Abschluss des Verfahrens ad Infinitum hinauszögern können.

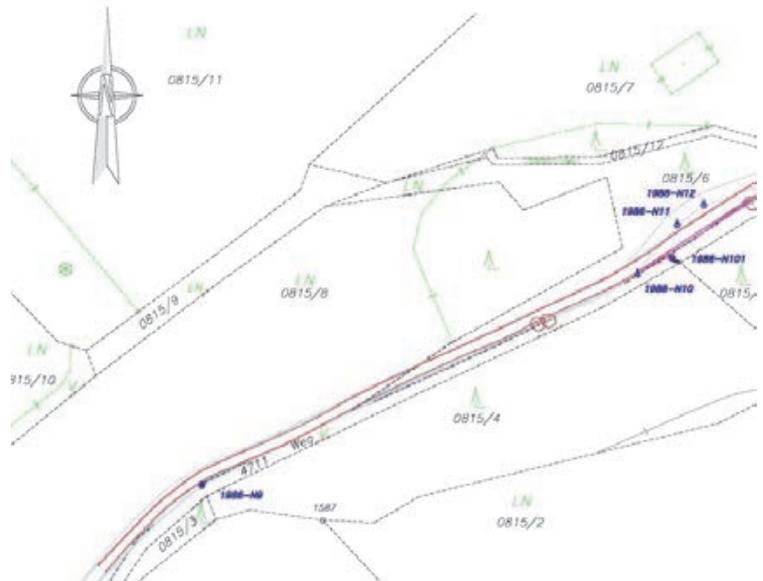
Diese gesetzliche Ausgestaltung wirkt meiner Erfahrung nach gut. Während es sehr häufig vorkommt, dass Einladungen zur Grenzverhandlung ignoriert werden, habe ich noch keine Befundaufnahme ohne die eingeladenen Parteien durchführen müssen.

Aber auch das gerichtliche Verfahren hat manchmal mit durch die Ladungsthematik bedingten Problemen zu kämpfen. Das Verfahren spielt sich nämlich in der Regel zwischen Kläger und Beklagtem oder Antragsteller und Antragsgegner ab, angrenzende Nachbarn sind nicht Parteien des Verfahrens und werden daher auch nicht beigezogen. Ein schönes Beispiel dafür ist ein zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Vortrages noch nicht abgeschlossenes Verfahren.

Betrachten wir den folgenden Ausschnitt aus der Darstellung der Befundaufnahme, der durch Ersetzen der Parzellennummern anonymisiert wurde.

Der Eigentümer der Parzelle 866/5 hatte bei Gericht gemäß §850 ABGB die Erneuerung oder Berichtigung seiner Grenze zur Parzelle 4711 des öffentlichen Gutes beantragt.

§850 ABGB lautet wie folgt: „Wenn die Grenzzeichen zwischen zwei Grundstücken durch was immer für Umstände so verletzt worden sind,



dass sie ganz unkenntlich werden könnten, oder wenn die Grenzen wirklich unkenntlich oder streitig sind, so hat jeder der Nachbarn das Recht, die gerichtliche Erneuerung oder Berichtigung der Grenze zu verlangen. Zu diesem Behufe sind die Nachbarn zu einer Verhandlung im Verfahren außer Streitsachen mit dem Bedeuten zu laden, dass trotz Ausbleibens des Geladenen die Grenze festgesetzt und vermarktet werden wird.“

Seitens des Gerichts wurde daher zur ersten Tagsatzung die Gemeinde als Vertreterin des öffentlichen Gutes geladen, natürlich auch der Antragsteller und sonst – niemand. Weder der nördlich des Weges angrenzende Eigentümer, noch die östlich und westlich an 0815/4 angrenzenden Nachbarn. Schon der erste Blick auf das aktuelle, der DKM hinterlegte Orthofoto machte klar, dass die Lage des Weges in der Natur um mehrere Meter und damit um mehr als die Wegbreite von der Darstellung der Katastralmappe abweicht. Es wäre daher dringend geboten gewesen, die genannten Anrainer in das Verfahren einzubeziehen. Nach Rücksprache mit dem Gericht konnte ich zwar den nördlich des Weges Angrenzenden zur Befundaufnahme einladen, als dieser, vertreten durch seinen Anwalt, Akteneinsicht begehrte, wurde dies vom Gericht ausdrücklich mangels Parteistellung abgelehnt. Nach längerer Verfahrenspause wurde nun seitens der Gemeinde ein weiterer Antrag auf Grenzberichtigung der nördlichen Weggrenze eingebracht, um zu ermöglichen auch den nördlichen Anrainer zu Verfahrenspartei zu machen. Vielleicht schaffen wir im dritten Verfahrensjahr eine Einigung oder Entscheidung erster Instanz herbeizuführen.

Wir sehen, auch Justitia hat es nicht immer leicht – und volkswirtschaftlich durchrechnen möchte ich die Kosten der Grenzfindung in diesem Beispiel auch nicht gerne. Da ist es schon beruhigend zu wissen, dass die meisten Grenzunklarheiten zwischen Nachbarn von diesen selbst unter Beiziehung eines Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen gelöst werden. Der Prozentsatz der Grenzstreitigkeiten, die bei Gericht landen, ist sicherlich ein kleiner einstelliger Wert. Und auch wenn die Dienstleistung des IKV im Regelfall nicht von der Rechtsschutzversicherung bezahlt wird, ist es für die Eigentümer zumeist der einfachere und schnellere Weg zu einer geeinigten Grenze zu kommen.

Sie haben sich vielleicht gefragt, warum ich die Klammern im Titel dieses Vortrages verwendet habe. Ich wollte damit die Ähnlichkeit aber auch die Unterschiedlichkeit von Grenzverhandlung und Befundaufnahme beleuchten. Unser Rechtssystem gewährleistet die Sicherheit des Eigentums und regelt bei Unklarheiten und Streitfragen die Vorgangsweise zu einer geklärten Grundgrenze zu kommen. Dabei sind für den im Privatauftrag tätigen IKV und für den im Gerichtsauftrag tätigen Sachverständigen die Rahmenbedingungen in weiten Teilen ident oder ähnlich, die Ladungs- bzw. Einladungsmodalitäten und Folgen differieren jedoch. Im Sinne rascher und sicherer Verfahren sowohl für die vom Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen geleitete Grenzverhandlung als auch für die vom Sachverständigen durchgeführte Befundaufnahme könnte eine Vereinheitlichung in folgendem Sinne einiges bewirken. So könnte im Falle des Nichterscheinsens oder Nichtmitwirkens einer vom IKV eingeladenen Partei eine von der Vermessungsbehörde durchgeführte Ladung mit Rechtsfolgen zu einer weiteren vom IKV geleiteten Grenzverhandlung viele Probleme lösen. Im Verfahren gemäß §850 ABGB sollte das Gericht wiederum die Möglichkeit haben, für die Festlegung der Grenze notwendige Anrainer als Parteien in das Verfahren miteinzubeziehen.

Kehren wir nun nochmals ins idyllische Mühlviertel zurück. Die zuvor erwähnte Erfahrung, dass zur Befundaufnahme alle Eingeladenen erscheinen, bestätigte sich auch hier. Nach Erläuterung des Gerichtsauftrages wurden von mir die Unterlagen, in diesem Fall ältere Luftbilder, die Urkunde der Güterwegsschlussvermessung sowie die DKM vorgehalten und erläutert. Ebenso wurden zwei rekonstruierbare Grenzpunkte wiederhergestellt. Sodann wurden die Parteien aufgefordert, ihre Ansicht über den Grenzverlauf bzw. die Eigentumsverhältnisse darzulegen. Bis hierher gleicht der Ablauf dem der Grenzverhandlung.

Von den Parteien wurden verschiedene Argumente zur Unterstützung ihrer jeweiligen Standpunkte vorgebracht von denen ich ihnen zum Abschluss einige aus der Stellungnahme des Beklagten nicht vorenthalten will. *„Der klagsverfangene Weg weist laut Katastermappe verschiedene Breiten auf. Im ersten Drittel ... ist eine Wegesbreite von 1,60 bis 1,70 messbar ... Mangels Benutzung mit Fahrzeugen ... war der Weg überwachsen. ... Die Zufahrt war infolge des schmalen Weges ... mit meinem Traktor Massey Ferguson 135, Spurbreite ca. 1,70, nicht mehr zu benutzen. ... Ich ließ mittels Bagger 1996 den Weg verbreitern ... Die Benützung des ehemaligen öffentlichen Gutes wurde mit Fahrzeugen über 4 Jahrzehnte nicht ausgeübt. ... Der Jäger N.N. benützt den Weg mit einem zum Verkehr zugelassenen PKW.“* – Alles klar?

Wie dieses Verfahren nun ausgehen wird? Nun, wie heißt es doch so schön: „Vor Gericht und auf hoher See ist man in Gottes Hand“

Anschrift des Autors

Baurat h.c. Dipl.-Ing. Rudolf Kolbe, Präsident der Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten für OÖ. und Salzburg, Ing.-Schmiedl-Str. 3, 4311 Schwertberg.

E-Mail: kolbe@kolbe.at

Bericht zum „GRENZSTEIN WETTBEWERB Kärnten“ Mit einem Beitrag zur Herkunft und Bedeutung alter Grenzsteine



Elisabeth Janeschitz, Wilhelm Wadl, Klagenfurt am Wörther See

Kurzfassung

Im Vorfeld des Geodätentages 2015 wurde zu einem „GRENZSTEIN WETTBEWERB Kärnten“ aufgerufen, um die Bedeutung von Grenzen und Grenzsteinen einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Getragen wurde dieser Wettbewerb von der Unterabteilung 9V - Vermessung und Grundmanagement des Amtes der Kärntner Landesregierung, dem Kärntner Landesarchiv, dem Vermessungsamt Klagenfurt und der Kammer der ZiviltechnikerInnen für Steiermark und Kärnten. Die professionelle Medienbegleitung wurde von der Kleinen Zeitung Kärnten realisiert. In Kärnten gibt es unzählige Grenzsteine mit einer über Jahrhunderte zurückreichenden Kontinuität, es wurden dementsprechend viele Dokumentationen zu Lage, Historie und Aussehen von historischen Grenzsteinen eingesandt. In dem vorliegenden Bericht werden, zusätzlich zum Beitrag des Direktors des Kärntner Landesarchivs zur Herkunft und Bedeutung alter Grenzsteine, einige sehr repräsentative Grenzsteine mit interessantem historischem Hintergrund beschrieben.

1. Motivation

In der „Instruction zur Ausführung der in Folge der Allerhöchsten Patente vom 23. December 1817 und vom 20. October 1849 angeordneten Katastral-Vermessung“¹⁾, Wien 1865, aus der kaiserlich-königlichen Hof- und Staatsdruckerei (Katastral-Vermessungs-Instruction), wird im II. Abschnitt, lit. E. „Die Abmarkung und Sicherstellung der Grenzen des individuellen Besitzthums (Liegenschaft)“ beschrieben, welchen Zweck die Kennzeichnung von Grundstücksgrenzen hat und „*Wie diese Abmarkung zu geschehen habe*“. In dieser Instruktion, die im Detail sowohl organisatorische als auch technische und rechtliche Festlegungen beinhaltete, wurde die Kennzeichnung von Grenzen in § 140 „...*daß dort, wo keine natürlichen Grenzen bestehen, wie namentlich bei Wiesen und Waldungen, die Besitzgrenzen durch Steine, Pfähle und Hotterhaufen oder durch eine Fuß tiefe und zwei Fuß lange Gruben bezeichnet werden, und daß die Grenzzeichen an allen Punkten gesetzt werden, wo die Grenze von der geraden Richtung abweicht*“, exakt festgelegt. Der Beitrag von Grenzkennzeichnungen zur Sicherung von Grundeigentum und zur Herstellung von Nachbarschaftsfrieden ist in diesem Dokument, das aus heutiger Sicht durchaus als

Organisations- und Prozesshandbuch zur Erstellung des Franziszeischen Katasters und dessen kontinuierliche Nachführungen angesehen werden kann, sehr gut dargestellt und hat bis zum heutigen Tag nicht an Bedeutung verloren.

Eine Motivation zur Ausrufung des „Grenzsteinwettbewerbes Kärnten“ lag darin, auf die besondere Bedeutung der Kennzeichnung von Grenzen durch dauerhafte Zeichen aufmerksam zu machen. Viele Grenzsteine wurden im Zuge der Erstellung des Franziszeischen Katasters in Kärnten ab dem Jahr 1826 gesetzt und sind heute noch als dauerhafte, sichere und anerkannte Kennzeichnung von Grundstücksgrenzen aktiv. Aber auch in den Jahrhunderten vor der Erstellung des Franziszeischen Katasters wurden Grenzen, zumeist Burgfriedgrenzen oder Gerichtsbarkeitsgrenzen, mit großer Sorgfalt und kunstvollen Steinen gekennzeichnet, waren doch mit den Grenzen zumeist wirtschaftlich bedeutsame Aspekte wie Jagd- und Fischereirechte verbunden. Historische Grenzsteine werden oftmals als Rechtsdenkmale, Bau- oder Kunstdenkmale bezeichnet und gehören zum kulturellen Erbe eines Landes.

Dies führte zur zweiten Motivation für die Ausrufung des „Grenzsteinwettbewerbes Kärnten“, die durch die publizierte Initiative für die Aufnahme des Österreichischen Systems von Grundbuch und Kataster zur elementaren Sicherung

1) Die Ergebnisse der von Kaiser Franz I. mit „Allerhöchstem Patent vom 23. December 1817 angeordneten Katastral-Vermessung“ werden auch als „Franziszeischer Kataster“ bezeichnet

von Grundeigentum und der damit verbundenen Grenzen und Grenzsteine in die UNESCO-Welterbeliste begründet war. Mit dem Wettbewerb wurde die Suche nach besonderen und repräsentativen Grenzsteinen im Bundesland Kärnten eingeleitet, die mit einer Bewertung und Prämierung des außergewöhnlichsten Grenzsteines abgeschlossen werden sollte. Dieser „Siegergrenzstein“ wird der entsprechenden Arbeitsgruppe, die mit der Antragstellung um Aufnahme in die Weltkulturerbeliste befasst ist, vorgelegt.

Als Kriterien für die Bewertung der historischen Grenzsteine wurden folgende Grundsätze festgelegt:

- a) Es werden ausschließlich „aktive“ Grenzsteine berücksichtigt, die aktuell eine Grenze kennzeichnen und
- b) diese Kennzeichnung sollte über mehrere Jahrhunderte permanent bestanden haben, der Grenzstein sollte folglich historisch interessant und bedeutend sein.
- c) Aus vermessungstechnischer Sicht sollten durch den Grenzstein mehrere Grundstücke, Katastralgemeinden, Gemeinden oder auch Bezirke verknüpft werden.
- d) Die besondere Ausführung hinsichtlich Gestalt, Inschrift oder Dekoration, die auch eine Bedeutung als Kunstdenkmal anzeigt, wurde als viertes Kriterium angeführt.

2. Zur Herkunft und historischen Bedeutung alter Grenzsteine

Die einvernehmliche Festlegung von Grenzen war schon in früheren historischen Epochen ein wesentliches Mittel der Streitbeilegung und ein Garant für friedliche Nachbarschaft. Daher verwundert es nicht, dass auch die älteste Originalurkunde des Kärntner Landesarchivs aus dem Jahre 878 eine Grenzziehung zum Inhalt hat. Unter den Grenzpunkten des Hofes Treffen wird neben der Brücke von Villach auch ein roter Felsen genannt, der in den Ossiacher See ragt. Unter diesem roten Felsen steht ein frühneuzeitlicher Grenzstein, der die Grenze zwischen den Landgerichten Himmelberg und Treffen markierte, und exakt hier in St. Urban am Ossiacher See verläuft noch heute die Grenze zwischen den politischen Bezirken Villach und Feldkirchen. Derartige Grenzpunkte mit einer über viele Jahrhunderte zurückreichenden Kontinuität gibt es nicht wenige.

In der Feudalzeit gab es in Kärnten rund 200 Burgfriede (Niedergerichte) und Landgerichte (Hochgerichte), an deren exakter Grenzbeschrei-

bung die jeweiligen Herrschaftsinhaber großes Interesse hatten. Dabei ging es nicht nur um die Gerichtshoheit, die oft auch eine finanzielle Last darstellte, sondern um viele mit dieser verbundene einträgliche Nebenrechte (Vogtei-, Forst- und Wasserrechte, Jagd und Fischerei etc.).

Die verbalen Beschreibungen aller dieser Gerichtsgrenzen hat Martin Wutte schon vor über 100 Jahren gesammelt und im Grundlagenwerk der „Kärntner Gerichtsbeschreibungen“ ediert. Bei der Abgrenzung orientierte man sich oft an natürlichen Gegebenheiten (z.B. Flussläufe oder Bergkämme), aber auch an Straßen. Wollte man Grenzen im Gelände markieren, so nutzte man geeignete Felsen, sehr oft auch eiszeitliche Findlingsblöcke. Mit Kreuzen markierte und mit Jahreszahlen versehene Monolithe („Kreuzsteine“) sind ein häufig anzutreffender Typ historischer Grenzsteine.

Wo derartige Steine im Gelände nicht vorhanden waren, verwendete man behauene Grenzsteine. Dabei entwickelte sich ein Beschriftungsstandard. Die am Grenzpunkt angrenzenden Gerichte wurden mit Buchstabensiglen gekennzeichnet; repräsentativere Steine wurden auch mit dem Wappen des Herrschaftsinhabers versehen. Die Jesuiten verwendeten das IHS-Symbol ihres Ordens (Iesum Habemus Socium – „Wir haben Jesus als Gefährten“). Regelmäßig wurde auch das Jahr der Grenzsteinsetzung festgehalten bzw. weitere Jahreszahlen bei neuerlichen Grenzbegehungen („Burgfriedberatungen“) hinzugefügt.

Im 18. Jahrhundert wurden die Landgerichte und Burgfriede zu Bezirksobrigkeiten, denen staatliche Verwaltungsaufgaben zugewiesen wurden. Als es dann in Kärnten in den 1780er Jahren zur Schaffung der Katastralgemeinden kam, orientierten sich deren Grenzen an den bisherigen Verwaltungsgrenzen. Kleine Burgfriede wurden zu einer KG, große Landgerichte wurden in viele KGs unterteilt, doch übernahm man überall die Außengrenzen der Landgerichte bzw. Bezirksobrigkeiten.

Bei der Schaffung der Gemeinden 1849/50 orientierte man sich an den schon vorhandenen Katastralgemeinden. Aus einer oder mehreren KG wurde eine politische Ortsgemeinde gebildet. Fast alle aktuellen Verwaltungsgrenzen von den Katastralgemeinden über die politischen Gemeinden, die Gerichts- und politischen Bezirke bauen damit nach wie vor auf Strukturen auf, die sich im Spätmittelalter und in der frühen Neuzeit entwickelt haben.

Kärnten ist reich an Besonderheiten im Bereich historischer Grenzsteine. So steht z. B. an der Straße von Reichenau auf die Hochrindl ein Stein mit den Aufschriften Austria / Franconia und der Jahreszahl 1814. Er erinnert daran, dass hier nach dem Frieden von Schönbrunn (1809) die Grenze zwischen Österreich und Frankreich gezogen wurde, weil der Villacher Kreis (Oberkärnten) an Frankreich abgetreten werden musste. Warum man noch 1814 hier eine österreichisch-französische Grenze vermarkte, obwohl die Franzosen schon im Herbst 1813 aus Kärnten vertrieben wurden, ist ein ungeklärtes historisches Rätsel. Eindrucksvoll sind auch die Grenzsteine an den Außengrenzen des Kronlandes Kärnten mit ihren Entfernungsangaben zur jeweiligen Hauptstadt. Die Steine in Pontebba im seit 1919 italienischen Valcanale (Kanaltal) wurden aufwendig restauriert, jene an den Grenzen zu Krain bzw. zur Untersteiermark leider von nationalistischen Barbaren ihrer Inschriften beraubt.

Die Wappenbildstöcke, die der Fürst Porcia Anfang des 19. Jahrhunderts an den Außengrenzen seines Herrschaftsbereiches errichten ließ, sind keine Grenzsteine im engeren Sinn, sondern eher Monumente eines romantischen Historismus.

Sehr zahlreich sind in Kärnten Grenzsteine aus gutsherrschaftlichen Vermessungen des 18. und frühen 19. Jahrhunderts, also aus der Zeit vor der Katastralvermessung. Adelige und geistliche Grundherren wollten damit ihren Dominikalbesitz absichern und bedienten sich dazu der „landschaftlichen“, also von den Landständen besoldeten Ingenieure. Oft war der Anlass für eine derartige Vermessungsaktion ein Streit unter Nachbarn, so z. B. 1749 zwischen St. Georgen und Hochosterwitz. Dabei ging es der Äbtissin darum zu beweisen, dass der neue, vielbesuchte Wallfahrtsort im Wolschartwald auf ihrem Grund und Boden lag. Grenzsteine derartiger gutsherrschaftlicher Vermessungen sind meist schon mit Nummern versehen, die in Karten eingetragen wurden, von denen sich einige großformatige Stücke heute im Landesarchiv befinden.

Alte Grenzsteine sind bedeutsame kulturhistorische Denkmäler, die schützenswert sind. Wichtig ist ihre Erhaltung am ursprünglichen Ort, denn nur so bewahren sie ihren vollen Quellen- und Aussagewert. Viele wurden leider schon verbracht und gelangten in eine sekundäre museale Aufstellung, teilweise mussten sie auch im Zuge von Baumaßnahmen verrückt werden.

3. Der Wettbewerb

Die Einbringungen erfolgten im Zeitraum von 16. November 2014 bis 9. April 2015 und beschrieben mehr oder weniger umfassend ca. einhundert aufgefundene historische Grenzsteine in Fotos, Lageplänen und Beschreibungen. Zur Bewältigung der großen Anzahl der Einsendungen wurden die Grenzsteine in Kategorien zusammengefasst und diese mit internen Bezeichnungen versehen. In zwei Bewertungsrunden wurden die jeweils fünf, nach den in Abschnitt 1 angeführten Kriterien, interessantesten Grenzsteine ausgewählt und in der Kleinen Zeitung publiziert. Die Ermittlung des „Siegergrenzsteines“ aus diesen besten zehn Einsendungen erfolgt im Zuge des Geodätentag 2015 in Velden.

Nachfolgend werden einige repräsentative Grenzsteine mit interessantem historischem Hintergrund, unter Beibehaltung der internen Bezeichnungen, beschrieben.

3.1 „Wappengrenzsteine Amlach/Ortenburg“

„Grenzstein der Grafen von Ortenburg und der Herrschaft Paternion, die Maximilian I. 1517 samt Stockenboi an Siegmund Erh. v. Dietrichstein verpfändete, später verkaufte. Mit Ortenburg wurde 1524 Gabriel Salamanca belehnt. In diesem Jahre wurde dieser Grenzstein errichtet.“ (Heimatismuseum Spittal)

Einsendung: Mitarbeiter der Agrarbehörde Kärnten, Villach

Der Stein steht an der Grenze zwischen den Bezirken Spittal an der Drau und Villach Land und zwischen den Gemeinden Stockenboi und Spittal an der Drau. Dieser Grenzstein wird von der Dorfgemeinschaft Amlach betreut und es wurde gemeldet, dass es weitere Grenzsteine



Abb. 1: Grenzstein der Grafen von Ortenburg und der Herrschaft Paternion (Foto: Agrarbehörde Kärnten, Villach)

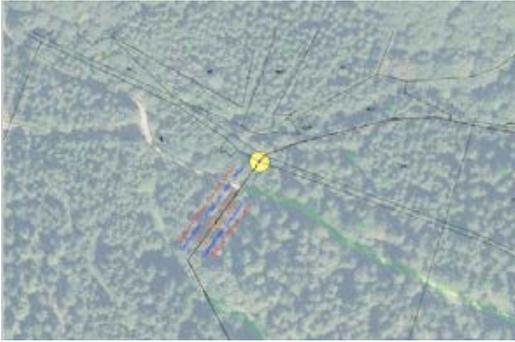


Abb. 2: Lage des Grenzsteins aus Abbildung 1 (links: Agrarbehörde Kärnten, Villach, rechts: KAGIS)



Abb. 3: Sallacher Grenzstein (Foto: Huber)

dieser Art in der Umgebung gibt. Auf diesem „Wappengrenzstein Amlach“ ist auf einer Seite das Ortenburgische Wappen mit 2 Flügeln, welche Rebmesser zum Schneiden von Unkraut oder Reben darstellen, und auf der zweiten Seite das Wappen der Dietrichsteiner erkennbar.

Einer der oben erwähnten weiteren Grenzsteine dieser Art ist der „Sallacher Grenzstein“ mit der spätgotischen Inschrift „Ortenburg“ und dem Ortenburger-Wappen (Einsendung: Axel Huber).

Der Stein ist teilweise versunken, am Scheitelpunkt ist ein ca. 13cm großes Griechisches Kreuz eingemeißelt. Für diesen Grenzstein gibt es sehr gute Beschreibungen wie z.B. im Dehio Kärnten, Wien 2001, S. 981: „Grenzstein, ca. 4 km östlich von Unteramlach im Wald; Reliefwappen Dietrichstein und Ortenburg mit Inschrift, um 1518; markierte Grenze zwischen Grafschaft Ortenburg und Herrschaft Paternion. Grenzstein, östlich vom Salacherhof in ca. 1200m Seehöhe; Reliefwappen (beschädigt) Dietrichstein (sic!) und Ortenburg mit Inschrift um 1518.“

Der Grenzstein liegt an der Grenze zwischen den Bezirken Villach Land und Spittal, zwischen den Gemeinden Spittal an der Drau und Stockenboi und zwischen den Katastralgemeinden Ziebel und Amlach.

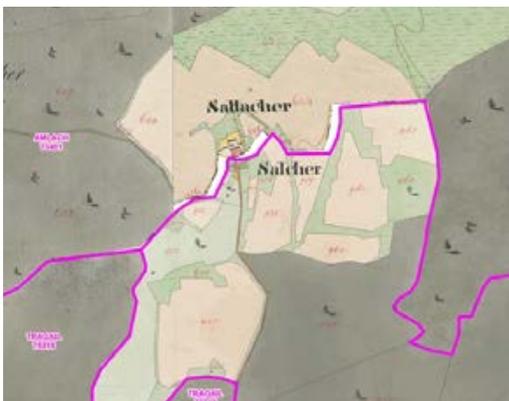


Abb. 4: Lage des Sallacher Grenzsteins links: KAGIS, rechts: Huber)



Abb. 5: Illyrischer Grenzstein mit der Jahreszahl 1811 (Foto: Kleewein)

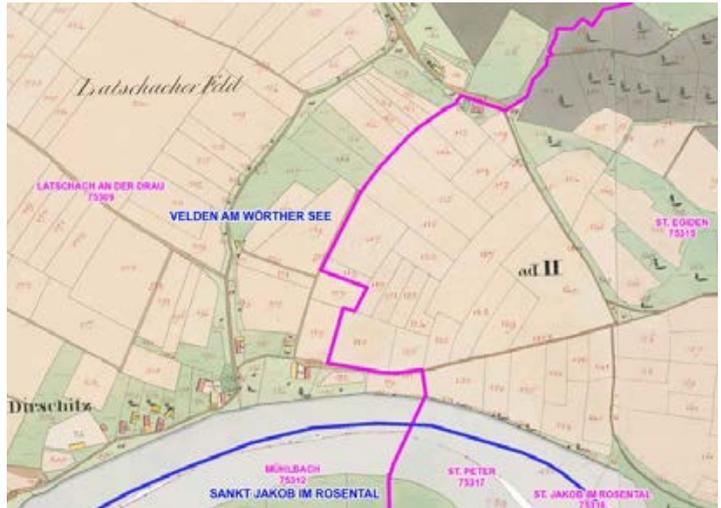


Abb. 6: Lage des Grenzsteins aus Abbildung 5 (KAGIS)

3.2 „Illyrische Grenzsteine“

Der historische Grenzstein mit der Jahreszahl 1811 (Einsendung: Andreas Kleewein) steht auf der ehemaligen Grenze zwischen Österreich und Frankreich, den französischen Illyrischen Provinzen. Dieser Grenzstein aus weißem Marmor ist behauen und historisch sehr interessant, wurden doch derartige Grenzsteine nach dem Frieden von Schönbrunn (1809) mehrfach aufgestellt.

Der Grenzstein steht an der Straße von Aich nach Dieschitz (im Franziszeischen Kataster Dürschitz genannt) und wird von der Marktgemeinde Velden betreut.

Ein weiterer Grenzstein (Einbringung: Reinhold Gasper) zwischen dem damaligen Frankreich

und Österreich steht an der Katastralgemeindegrenze zwischen Ebene Reichenau und St. Lorenzen und hat auf der nach Norden gewandten Seite den Schriftzug „1814 Austria“ und auf der nach Süden gewandten Seite den Schriftzug „1814 Frankonie“ eingemeißelt.

3.3 „Serafinsche Grenzsteine“

Zwei Grenzsteine (Einsendungen: Ingolf Natmessnig und Axel Huber), welche die Grenzen zwischen den Herrschaftsbereichen Treffen und Porcia bzw. Paternion und Porcia kennzeichnen, werden in mehreren Quellen als Flurdenkmale beschrieben (z.B. Dehio Kärnten 2001, S. 603: „DENKSTEIN Franz Seraphin von Porcia, Graf von Ortenburg 1826; in Nischenbildstock



Abb. 7: Illyrischer Grenzstein zwischen Ebene Reichenau und St. Lorenzen (Foto: Gasper)



Abb. 8: Lage des Grenzsteins aus Abbildung 7 (KAGIS)

integriert. 1995 Rest.“). Es handelt sich dabei um Grenzkennzeichnungen mit einer sehr prunkvollen Ausführung und Wappen der Fürstentums Porcia. Die Beschriftung „Gott=Glückseligkeit“ und „Mensch=Elend“ spiegelt den damaligen Zeitgeist wieder.

Ein Grenzstein steht an der Grenze zwischen den Katastralgemeinden Verditz und Winklern, der zweite „Serafinsche Grenzstein“ in der Katastralgemeinde Olsach an einer Grundstücks-grenze.



Abb. 9: Serafinsche Grenzsteine (Foto links: Natmess-nig; Foto rechts: Huber)



Abb. 10: Lage der Grenzsteine aus Abbildung 9 (links: KAGIS mobile; rechts: KAGIS, Huber)



Abb. 11: „Kreuzstein“ (Foto: Huber)

3.4 „Kreuzstein“

Auf dem Höhenrücken zwischen dem Drautal und dem Millstätter See auf ca. 820 m Seehöhe liegt der „Kreuzstein“ (Einsendung: Axel Huber), der als Besonderheit fünf eingemeißelte Jahreszahlen, 1653, 1660, 1766, 1792 und 1958 aufweist. Diese vermerken amtliche Grenzbegehungen, was durch urkundliche Erwähnungen belegt ist. Das Monogramm „FW“ auf diesem Grenzstein

bezieht sich auf eine Familie Widmann, die älteren Jahreszahlen stammen aus der Zeit der Grafen Widmann. Der Grenzstein ist ein ca. 2,5 m langer Findling aus Glimmerschiefer, ein Relikt aus der letzten Eiszeit.

Dieser Grenzstein hatte historisch eine besondere Bedeutung, die auch in der Riedbezeichnung „Kreuzstein“ im Franziszeischen Kataster erkennbar ist. Der Grenzstein verknüpft die drei



Abb. 12: Lage des „Kreuzsteins“ (KAGIS)

Katastralgemeinden Seeboden, Großegg und St. Peter-Edling und die beiden Gemeinden Seeboden und Spittal an der Drau. Bis zum Jahr 1973 hat der Grenzstein drei politische Gemeinden verknüpft, Spittal an der Drau, Seeboden und Millstatt. Im Zuge der 1973 landesweit durchgeführten Gemeindezusammenlegung hat man die Katastralgemeinde Großegg (Millstatt) der Gemeinde Spittal an der Drau zugeschlagen.

3.5 „Grenzsteine Gut Kirchbichl“



Abb. 13: Grenzsteine Gut Kirchbichl (Foto: Huber)

Das Besondere an den beiden aus Marmor aufwendig gefertigten Steinen (Einsendung: Axel Huber) mit der Jahreszahl 1565 ist jeweils der schön durchmodulierte, gewandete Arm,

dessen Hand mit dem ausgestreckten Zeigefinger zur Faust geballt ist. Dieses Arm-Relief ist nicht als heraldisches Zeichen zu interpretieren, jedenfalls nicht als ein Element des Wappens der Gewerke Freidl, die zwischen 1558 und 1593 Lehensinhaber von Schloss Kirchbichl waren. Eine Annahme liegt vor, dass das Arm-Relief als Rechtsymbol ein sogenanntes „Paktierungszeichen“ darstellt, welches als Symbol für eine vertragliche Einigung gegolten hat.

Der Grenzstein mit dem hinweisenden Arm und der satteldachförmiger Bekrönung wird vom Einsender als „Läufer“ interpretiert, weil er in einem geradlinigen Grenzverlauf steht. In diesem Falle würde der ausgestreckte Arm die Richtung zum nächsten Grenzstein anzeigen. Die beiden Grenzsteine am Kirchbichl von St. Jakob können als ein überaus originelles „Gesellenstück“ eines lokalen Steinmetzbetriebes, der in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts im Lavanttal bestand, gesehen werden. Der Gewerke Freidl wird wohl, als humorvoller Auftraggeber, das seine bei der Gestaltung der Grenzsteine beigetragen haben.

Die beiden Grenzsteine befinden sich auf Gut Kirchbichl, 9400 Wolfsberg, St. Jakob 27

3.6 „IHS Grenzsteine“

Die Inschrift IHS dieses Grenzsteines bedeutet „Iesum Habemus Socium“ und wurde von den Jesuiten als ein Symbol ihres Ordens verwendet.

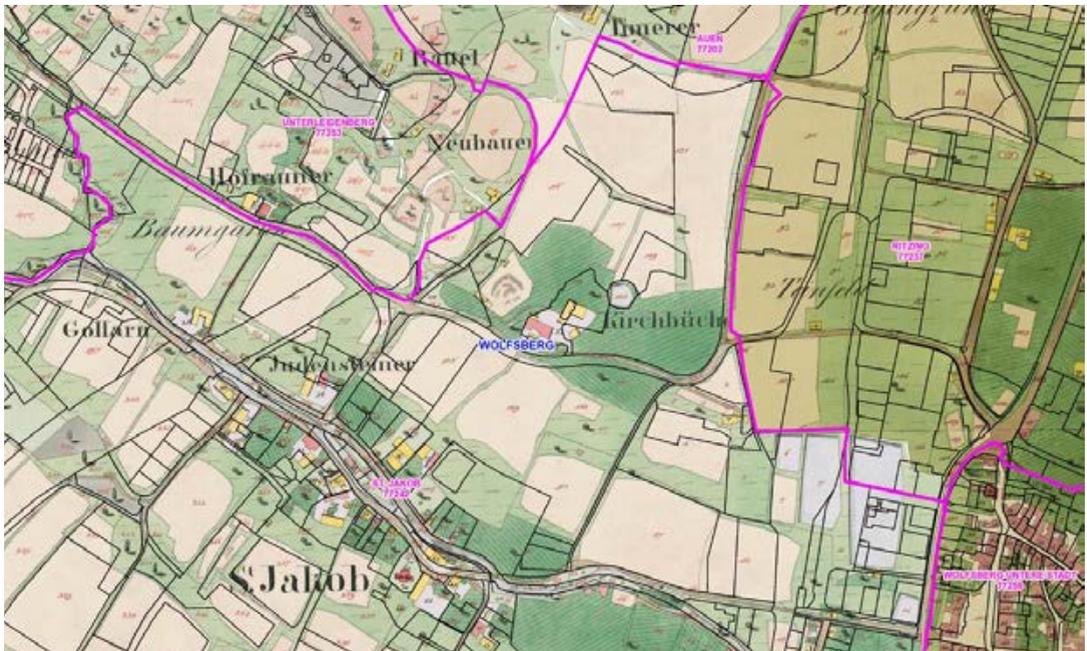


Abb. 14: Lage der Grenzsteine Gut Kirchbichl (KAGIS)



Abb. 15: IHS Grenzstein am Taubenbühl (Foto: Wohlfahrt)



Abb. 16: Lage des Grenzsteins aus Abbildung 15 (KAGIS)



Abb. 17: Weiterer IHS Grenzstein (Foto: Wohlfahrt)

Im Laufe der Jahrhunderte gab es mehrere Jesuitenherrschaften in Kärnten, als Beispiele können Leonstain-Pörschach, Millstatt oder Eberndorf angeführt werden. Dieser Stein (Einsendung: Franz Wohlfahrt) steht an einem Grenzpunkt der Jesuitenherrschaft Leonstain-Pörschach am Taubenbühl an der heutigen Grenze zwischen den Bezirken Klagenfurt-Land, Villach-Land und Feldkirchen, er verbindet die Gemeinden Feldkirchen in Kärnten, Techelsberg am Wörther See und Velden am Wörther See, sowie die drei Katastralgemeinden Kerschdorf ob Velden, Pernegg und Trabenberg – Ebenfeld.

Es wurden mehrere Grenzsteine mit dem Monogramm IHS eingesandt, leider nicht immer mit Lageangaben.

3.7 „Wernberger Marchstein“

Der „Marchstein“ aus dem Jahr 1580 diente als Markierung der Nachbarschaftsgrenze zwischen St. Ulrich („S. ULRICH ZU STAGGERITSCH“) und Gottestal („GOTZENTHALER UND MITGEMEINER“), wie aus den beiden Inschriften hervorgeht. Es handelt sich um einen Nachbarschaftsnutzungsgrenzstein, der auch eine Herrschaftsgrenze anzeigt. Im Bereich von St. Ulrich verlief einst die Grenze zwischen den Herrschaften Landskron und Wernberg. Gottestal gehörte zur Gänze zur Herrschaft Wernberg. Marchstein ist eine alte Bezeichnung für Grenzstein und leitet sich vom althochdeutschen Wort marca, mar(c)ha (Ende, Land, Gebiet, Grenz-, Landgebiet) her. Dieser Grenzstein kann durchaus auch als Friedensdenkmal betrachtet werden, weil er der Bereinigung des Streites zwischen den angrenzenden Gemeinden, betreffend die Allmende (Gemeinweide) dieser Gemeinden, diente.

Heute steht der Grenzstein an der Grenze zwischen den Bezirken Villach und Villach Land,

zwischen den Gemeinden Villach und Wernberg und zwischen den Katastralgemeinden Wernberg I und Wernberg II. Einsendungen: Elisabeth Holzfeind und DI Harald Frager (Stadtvermessung Villach), weiterführenden Angaben von Dr. Karpf (Museum Villach)

3.8. „Urbani-Stöckl“

Ein historisch ganz besonders bedeutsamer Grenzstein ist das Urbani-Stöckl in St. Urban am Ossiacher See. Es handelt sich dabei um eine ca. 2 m hohe monolithische Steinsäule aus



Abb. 18: Wernberger Marchstein (Foto: Frager)

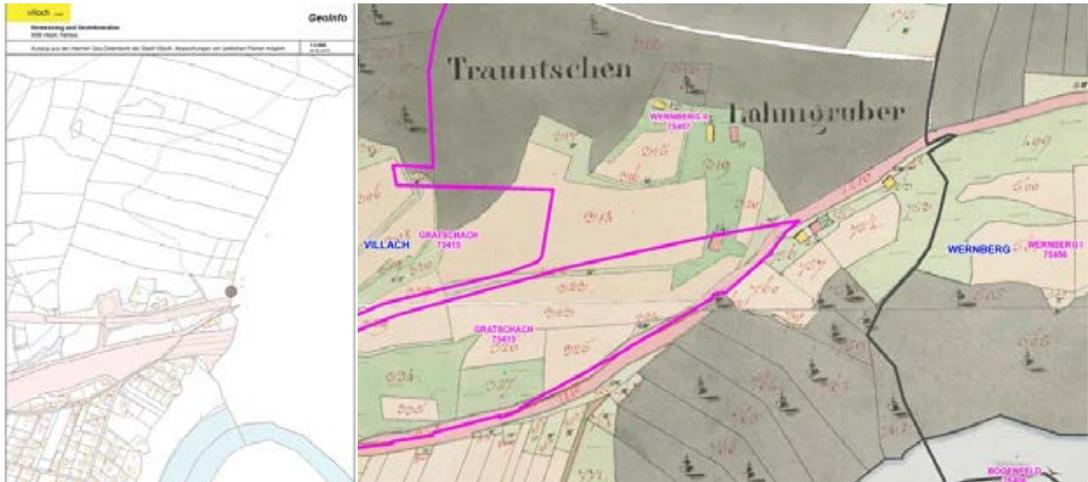


Abb. 19: Lage des Wernberger Marchsteins (links: GIS Villach, Frager; rechts: KAGIS)



Abb. 20: Das „Urbani-Stöckl“ (Foto: Janeschitz)



Abb. 21: Lage des „Urbani-Stöckl“ (KAGIS mobile)

Landskroner Granit, der als Bildstock ausgeführt ist, jedoch einen Grenzstein an einem wichtigen Grenzpunkt darstellt. Der Grenzstein verbindet die Bezirke Villach–Land und Feldkirchen, die Gemeinden Steindorf am Ossiacher See und Treffen, die Katastralgemeinden Steindorf und Sattendorf. Er befindet sich unter dem sogenannten „Roten Felsen“ neben der alten Landesstraße.

Neben dem Grenzstein ist eine Tafel mit folgender Inschrift angebracht:

„Diese unter Denkmalschutz stehende monolithische Steinsäule, vermutlich aus der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts stammend, kennzeichnet das Zusammentreffen der damaligen Gerichtsgrenzen der Landesgerichte Landskron

und Himmelberg und des Burgfriedes Ossiach. Er ist noch heute ein Fixpunkt an der Grenze zwischen den Gemeinden Treffen und Steindorf und den Bezirken Feldkirchen und Villach.“

4. Resümee

Grenzsteine waren sichtbare Zeichen von herrschaftlichen und gerichtlichen Zuständigkeiten, von Grenzen zwischen Burgfrieden und Landgerichten, die in Grenzbeschreibungen von Urkunden und Urbaren aufgezählt und beschrieben wurden. Die Grenzen wurden durch regelmäßigen Umgang nachgeprüft. Grenzsteine hatten auch Frieden stiftende Bedeutung, konnten doch mit ihnen auch wirtschaftliche Einflussbereiche geklärt werden. Das Eintauchen in die Landesgeschichte von Kärnten in Zusammenhang mit historischen Grenzziehungen brachte auch interessante Erkenntnisse hinsichtlich der Entwicklung des Berufsstandes der „Vermesser“, es wurden im Laufe der Jahrhunderte immer wieder sogenannte „landschaftliche Ingenieure“ angeführt, die durch Stände oder Herrschaften beauftragt wurden, verbale und lagemäßige Grenzbestimmungen durchzuführen, um Besitzungen zu vermessen.

Bei dem Wettbewerb wurden viele Grenzsteine eingebracht, die als Rechtsdenkmale von hoher kulturhistorischer Bedeutung zu werten sind, denen Aufmerksamkeit entgegengebracht werden soll und die am originären Ort erhalten bleiben sollen, damit sie ihren vollen Quellen- und Aussagewert bewahren. Durch die professionelle Medienbegleitung der Kleinen Zeitung Kärnten konnten auch Interesse und Bewusstsein in der Öffentlichkeit für die Bedeutung von Grenzsteinen und gut bestimmten Grenzen zur der Sicherung von Grundeigentum und damit zur Bewahrung von sozialem Frieden erweckt werden.

Zum „Siegergrenzstein“ kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keine Aussage getroffen werden, weil dieser erst im Rahmen des Geodätentages 2015 ermittelt werden wird.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Elisabeth Janeschitz, Amt der Kärntner Landesregierung, UAbt. 9V-Vermessung und Grundmanagement, Flatschacher Straße 70, 9020 Klagenfurt am Wörther See.
E-Mail: elisabeth.janeschitz@ktn.gv.at

Dr. Wilhelm Wadl, Kärntner Landesarchiv, St. Ruprechter Straße 7, 9020 Klagenfurt am Wörther See.
E-Mail: wilhelm.wadl@ktn.gv.at

		
<p align="center">A-NULL BAUSOFTWARE GMBH</p>	<p align="center">AGEO ÖSTERREICHISCHER DACHVERBAND FÜR GI</p>	<p align="center">AKG SOFTWARE AUSTRIA GMBH</p>
<p>Lösungsanbieter für Architektur-schaffende</p> <p>Im Produktportfolio befinden sich die BIM-Modellierungssoftware ARCHICAD, die Bauphysiklösung ArchiPHYSIK und ein BIM-Aufmaßsystem. Wenn es um Know-how zu den Produkten geht, ist der Besuch eines Kurses aus dem umfangreichen Kursprogramm unumgänglich. Die Mitarbeiter leben A-NULL mit Leib und Seele, manche schon mehr als 10 Jahre.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ARCHICAD ■ TISHLERCAD ■ Laserscanner FARO ■ FlexiJet ■ Points4BIMm ■ Flexijet4BIMm ■ Total4BIMm ■ FARO SCENE ■ BIM-Ausbildung ■ Open BIM 	<p>AGEO ist die fachübergreifende Vereinigung aller GI-Interessenten in Österreich und übernimmt deren Vertretung innerhalb Österreichs und in internationalen Organisationen, z.B. EUROGI. Die aktive Information der Öffentlichkeit über GI und Förderung von Initiativen zur technischen und methodischen Weiterentwicklung sollen Österreich mittels „best practice“ zu einem starken Standort für Geoinformation machen.</p> <p>Aktuelle Initiativen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ AGEO-Award: jährliche Prämierung der besten akademischen GI-Abschlussarbeiten ■ AGEO-Forum zu aktuellen Themen, z.B. GeoWEB – Infrastruktur & Dienste 2014, geo:sensor:networks 2015 ■ Informationsvermittlung über Standards und Normen für GI: aktuell profil.AT 3.0 ■ Informationsbörse www.ageo.at und GI-News Mailingliste 	<p>Die AKG Software Austria GmbH bietet speziell auf den österreichischen Markt abgestimmte Software für Infrastrukturplanung und -bau. Die Produktfamilie VESTRA ist sowohl als Standalone-Version als auch für alle gängigen CAD-Plattformen verfügbar.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ VESTRA: Planungs-Software ■ Straße – Bahn – Kanal ■ Vermessung – Bauabrechnung ■ Maschinensteuerung – Punktwolke ■ BIM-Kompetenz ■ Autodesk-Fachhändler ■ AutoTURN-Produkte ■ Schulungen ■ Support ■ Customizing
<p>Stand SW-9</p> <hr/> <p>A-NULL Bausoftware GmbH</p> <p>Mittersteig 10 1050 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 5868610 Fax: +43 1 5868610 - 22 E-mail: office@a-null.com www.a-null.com</p>	<p>Stand FA-5</p> <hr/> <p>AGEO Österreichischer Dachverband für Geographische Information</p> <p>Bürgerstraße 34 6010 Innsbruck Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 31336 - 4205 Fax: +43 1 31336 - 904205 E-mail: office@ageo.at www.ageo.at</p>	<p>Stand SW-12</p> <hr/> <p>AKG Software Austria GmbH</p> <p>Triester Straße 10/2/1/214 2351 Wiener Neudorf Österreich</p> <p>Tel.: +43 2236 864444 - 0 Fax: +43 2236 864444 - 222 E-mail: info@akgsoftware.at www.akgsoftware.at</p>

		
BAIK, BUNDESFACHGRUPPE VERMESSUNGSWESEN	BEV	BOGENSBERGER VERMESSUNG
<p>Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten.</p> <p>Die Kammern der Architekten und Ingenieurkonsulenten sind Körperschaften öffentlichen Rechts und die gesetzlichen Berufsvertretungen der staatlich befugten und beideten Ziviltechniker/innen (Architekt/innen und Ingenieurkonsulent/innen mit rund sechzig Befugnissen auf ingenieur- und naturwissenschaftlichen, montanistischen Fachgebieten und Fachgebieten der Bodenkultur).</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Katastrale Vermessung ■ Technische Vermessung, wie z.B. ■ Ingenieurgeodät. Netzmessung ■ Landeskordinatenanschluss ■ GPS-Messungen ■ Nivellement ■ Photogrammetrie ■ Gelände- u. Bestandsvermessung ■ Geoinformationen, GIS-Systeme <p>Mitaussteller:</p> <p>Kammer der ZiviltechnikerInnen für Steiermark und Kärnten MANZ Solutions GmbH</p>	<p>Das BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen ist eine Bundesdienststelle des Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft. Sitz der Zentrale ist Wien, österreichweit ist das BEV mit 64 Dienststellen in allen Bundesländern vertreten.</p> <p>Aufgabenbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Mess- und Eichwesen ■ Vermessung u. Geoinformation ■ Grundlagenvermessung ■ Topographie, Kartographie ■ Anlegung und Führung des Katasters ■ Österreichische Vermessungsbehörde <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ APOS (GNSS-Positionierung) ■ Lage- und Höhenfestpunkte ■ Orthophotos und Luftbilder ■ Staatliche Landkarten ■ Grundstückskataster ■ Kartographische Modelle ■ Digitales Landschaftsmodell ■ Digitales Geländehöhenmodell ■ Adressregister ■ Austrian Map mobile ■ INSPIRE Geodatendienste 	<p>Bogensberger Vermessung ist seit 1982 verlässlicher Partner und Berater großer Bauprojekte. Spezialisiert auf innovative Verfahren wie Luftbildvermessung mittels Drohnen, Geomonitoring und 3D-Laserscanning, aus denen wir 3D-Modelle generieren, arbeiten wir weitaus effizienter als mit herkömmlichen Vermessungsmethoden. Unsere neueste Entwicklung ist das vollautomatische Monitoringsystem „DiMoSy“, das ideale Tool zur einfachen Überwachung und Sicherung von Bauwerken.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ingenieurvermessung ■ Geomonitoring ■ Luftbildvermessung ■ Laserscanning ■ Architekturvermessung ■ Anlagenvermessung ■ Katastervermessung
<p>Stand SW-7</p> <p>Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten (bAIK)</p> <p>Karlgasse 9 1040 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 5055807 Fax: +43 1 5053211 E-mail: office@arching.at</p> <p>www.arching.at</p>	<p>Stand FI-7</p> <p>BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen</p> <p>Schiffamtsgasse 1-3 1020 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 21110 - 2160 Fax: +43 1 21110 - 992161 E-mail: kundenservice@bev.gv.at</p> <p>www.bev.gv.at</p>	<p>Stand SI-2</p> <p>Bogensberger Vermessung</p> <p>Hahngasse 18 1090 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 664 3918692 E-mail: boris.bogensberger@bogensberger.com</p> <p>www.bogensberger.com</p>

		
EAGLE EYE TECHNOLOGIES GMBH	EPOSA	FARO EUROPE GMBH & CO. KG
<p>eagle eye ist ein innovatives Straßenerfassungssystem. Als Technologieführer in Europa sind wir in der Lage, Straßendaten effizient, detailreich und wirtschaftlich zu erfassen und in alle gängigen GI-Systeme und Straßendatenbanken einzupflegen. Wir ermitteln flächenhaft und präzise sowohl die Bestands- als auch die Zustandsdaten als Grundlage für ein systematisches Erhaltungsmanagement bis hin zur monetären Bewertung der Infrastruktur.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Messbild- und Laserscanbefahrung ■ Befliegung und Luftbildauswertung ■ hochgenaue Bestandsdatenerfassung ■ visuelle und messtechnische Zustandsdatenerfassung ■ Aufbau von Straßenkatastern ■ Mobile Vermessung für Entwurfs- und Planungszwecke ■ Erhaltungskonzepte ■ Vermögensbewertung der Infrastruktur ■ Orthobilder ■ Panoramabilder 	<p>Das EPOSA Referenzstationsnetzwerk wird von der Energie Burgenland, der ÖBB Infrastruktur AG und der Wiener Netze GmbH betrieben. Das Netzwerk steht 24 Stunden 7 Tage die Woche zur Verfügung und kann für RTK-Vermessungen und Post Postprocessing Anwendungen verwendet werden. Die Anwendungen reichen von Positionsbestimmung in Echtzeit, Vermessung von Objekten, Steuerung von Baggern, Schiffen oder Traktoren, über Leitungs-dokumentation bis zur Navigation von Flugobjekten.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ DGNSS-Korrekturdaten ■ GPS / GLONASS ■ RINEX-Daten (GPS / GLONASS) ■ Online Transformationsparameter ■ Anwenderschulungen ■ Referenzstationsnetzbetreiber ■ PPP-Services ■ Transformationsserver ■ Deformationsmessungen/ Monitoring ■ Maschinensteuerung 	<p>FARO Technologies, Inc. (NASDAQ: FARO) entwickelt und vertreibt weltweit computergestützte Messsysteme und -software. Die portablen Koordinatenmessgeräte von FARO® mit ihren branchenspezifischen Softwarelösungen erlauben hochgenaue 3D-Messungen und 3D-Vergleiche von Teilen und kompletten Anlagen direkt in der Fertigung. FARO-Messtechnik wird überall dort eingesetzt, wo genaueste Messungen erforderlich sind. Über 10 000 Kunden mit mehr als 20 000 Installationen vertrauen heute weltweit den Messsystemen von FARO.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3D Koordinatenmessgeräte ■ Laser und Laser-Messsysteme ■ Dreidimensionale Messgeräte ■ Optische, berührungslose 3D-Messgeräte ■ Prüfanlagen für die Qualitätskontrolle ■ Mobile Datenerfassung ■ Messsoftware ■ Geometrievermessung ■ Entfernungsmessgeräte ■ Durchmesser-Messgeräte
<p>Stand SW-8</p> <p>eagle eye technologies GmbH</p> <p>Invalidenstraße 97 10115 Berlin Deutschland</p> <p>Tel.: +49 30 28042758 - 0 Fax: +49 30 28042758 - 8 E-mail: info@ee-t.de</p> <p>www.ee-t.de</p>	<p>Stand FI-1</p> <p>Wiener Netze GmbH</p> <p>Erdbergstraße 236 1110 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 664 6232328 E-mail: christian.klug@wienernetze.at</p> <p>www.eposa.at</p>	<p>Stand FA-6</p> <p>FARO Europe GmbH & Co. KG</p> <p>Lingwiesenstrasse 11-2 70825 Korntal Deutschland</p> <p>Tel.: +49 7150 9797 - 0 Fax: +49 7150 9797 - 944 E-mail: info@faroeurope.com</p> <p>www.faro.com</p>

		
FORSTHUBER-IGLIS	GEODAESIE AUSTRIA	GEODIS AUSTRIA
<p>Die Firma DI Forsthuber GmbH wurde im Jahr 1990 gegründet. Firmenzweck ist die Produktion und der Vertrieb des GIS-Programms IGLIS, sowie die Erbringung von Dienstleistungen bei der Datenmodellierung, Datenbankdesign und die Unterstützung bei der Datenerfassung und Verwaltung. IGLIS wurde von Informatikern und Vermessungsingenieuren anhand konkreter Projekte entwickelt und inkludiert alle geodätischen Berechnungsprogramme. Alle relevanten Daten werden in einer relationalen ORACLE-Datenbank gespeichert. IGLIS ist aktuell und individuell. Maßgeschneiderte Lösungen für die verschiedenen Einsatzgebiete garantieren ein breites Anwendungsspektrum. Regelmäßige Updates und kostengünstiges Service heißt, dass wir mit unseren Kunden in engem persönlichen Kontakt stehen und schnell auf Wünsche und Anregungen reagieren können. Eine Vielzahl von Schnittstellen und Anbindungen, wie z.B. die von IGLIS an ArcGIS (ESRI), garantieren die Einbettung in bestehende EDV-Infrastrukturen.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ IGLIS 	<p>Geodaesie AUSTRIA ist Ihr innovativer Partner bei der Einführung neuer Vermessungstechnologien. Wir verschaffen Ihnen den entscheidenden Vorsprung durch Optimierung Ihrer Arbeitsabläufe. Als Trimble Kompetenzzentrum unterstützen wir Sie im gesamten Spektrum der modernen Vermessung. Mit starken Partnern an unserer Seite, mit den neuesten Technologien und effizienten Produkten und einem zuverlässigen Service. Für Ihren Erfolg machen wir uns stark.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Trimble Vermessungsgeräte ■ Totalstationen ■ GNSS-Systeme ■ Kontrolleinheiten ■ Nivelliergeräte ■ Leihgeräte ■ Demo-Vorfürungen ■ Software ■ Laserscanning ■ Vermessungszubehör ■ Service ■ Reparaturen ■ Support <p>Mitaussteller: HHK Datentechnik GmbH</p>	<p>GEODIS AUSTRIA GmbH ist ein Handelsunternehmen für den Vertrieb von TOPCON Vermessungsinstrumenten. Dabei sind wir stets bestrebt unsere Kunden über unsere Produktpalette umfassend zu informieren und intensiv zu beraten. Vor einer Anschaffung legen wir besonderen Wert darauf, mit dem Kunden gemeinsam das für ihn und für seine Aufgaben beste Gerät auszuwählen. Neben dem Verkauf widmet sich GEODIS Austria auch der Schulung des verkauften Instrumentariums und dem after Sales Support der Kunden. Durch die enge Zusammenarbeit mit GEODIS Slowakei können wir auch ein professionelles und rasches Service der verkauften Produkte garantieren.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ GNSS Netzwerkkrover ■ Referenzstationempfänger ■ Handheld GPS GIS Empfänger ■ Robotik Totalstationen ■ Imaging Totalstationen ■ Ingenieurtachymeter ■ BIM Vermessungssysteme ■ Laser Scanner, Mobile Mapping ■ UAV für die Vermessung ■ Maschinensteuerungssysteme ■ Baulaser und Nivelliere
<p>Stand FI-3</p> <p>DI Forsthuber GmbH Kohlbauernstrasse 17 2630 Ternitz Österreich</p> <p>Tel.: +43 2630 382500 Fax: +43 2630 3825014 E-mail: office@iglis.at www.iglis.at</p>	<p>Stand SI-5</p> <p>Geodaesie Austria F. Graf GmbH Ennser Straße 83 4407 Steyr-Gleink Österreich</p> <p>Tel.: +43 7252 87165 - 0 Fax: +43 7252 87165 - 40 E-mail: office@geodaesie.at www.geodaesie.at</p>	<p>Stand SW-3</p> <p>GEODIS Austria GmbH Campus21 Liebermannstraße A01 304 2345 Brunn am Gebirge Österreich</p> <p>Tel.: +43 2236 315891 E-mail: positioning@geodisgroup.at www.geodisgroup.at</p>

		
<p style="text-align: center;">GEOINFOGRAZ</p>	<p style="text-align: center;">GEOMAX INTERNATIONAL GMBH</p>	<p style="text-align: center;">GOECKE AUSTRIA GMBH</p>
<p>Die GeoInfoGraz ist vorwiegend im Bereich Geoinformation tätig. Der Mitarbeiter(-innen)stab besteht aus Spezialisten der Vermessung, Geographie, Telematik und Betriebswirtschaft. Bereits 1995 wurde die GeoInfoGraz unter die 100 Leitbetriebe der Stadt Graz aufgenommen. Von der Projektentwicklung bis hin zur Auslieferung der fertigen Produkte werden alle Arbeitsschritte je nach Anforderung realisiert. Die Auftraggeber kommen primär aus den Bereichen Verwaltung, Wirtschaft und Tourismus. In den letzten Jahren wurde vor allem ein Schwerpunkt auf Web- und Mobile-Lösungen gelegt.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ GIS-Software - GeoOffice ■ GIS-Software – ESRI- ArcGIS ■ GIS-Projektrealisierung ■ Kartographie ■ Geomarketing ■ Geodatenerfassung ■ Geodatenanalyse ■ Geodatenmanagement ■ Leitungskataster ■ GeoWeb <p>Mitaussteller bei: SynerGIS</p>	<p>GeoMax entwickelt, produziert und vertreibt auf der ganzen Welt hochwertige Vermessungsinstrumente und bietet damit ein umfassendes Portfolio an integrierten Instrumenten für den Vermessungs-, Kartierungs- und Baubetrieb. Sowohl gelegentliche wie auch professionelle Anwender werden von der einfachen Bedienung und hohen Produktivität der GeoMax Totalstationen, GPS, Baulaser sowie optischen und digitalen Nivelliere angesprochen.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Angewandte Bauvermessung ■ X-Pad for Android Software ■ Zipp20 WinCE Totalstation ■ Zoom80 Totalstation ■ Zenith25 Pro GPS Empfänger <p>Mitaussteller bei: Landmark GmbH</p>	<p>Führender Anbieter für Vermessungszubehör vom Straßennagel bis zur Totalstation mit Sitz in Wien. Das Mutterunternehmen in Deutschland verfügt über fast 70 Jahre Erfahrung in Produktion und Handel mit Vermessungszubehör. Hohe Produktqualität, kompetente Beratung, Flexibilität bei Sonderwünschen und kürzeste Lieferzeiten stehen im Fokus der Unternehmensstrategie.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vermarktungsmaterial ■ Monitoring-Zubehör ■ Zubehör f. Tunnelvermessung ■ Vermessungsgeräte ■ Vermessungszubehör ■ Warn- u. Wetterschutzkleidung ■ EDM- und GNSS-Zubehör ■ Prismen ■ Vermessungsinstrumente ■ Magnetsuchgeräte ■ Fahrzeugeinrichtungen
<p>Stand FI-6</p> <p>GeoInfo Informationssysteme GmbH</p> <p>Zwerggasse 13 8010 Graz Österreich</p> <p>Tel.: +43 316327093 Fax: +43 316327093 - 20 E-mail: office@geoinfograz.at www.geoinfograz.at</p>	<p>Stand SW-5</p> <p>GeoMax International GmbH</p> <p>Liegnitzer Str. 1-3 42489 Wülfrath Deutschland</p> <p>Tel.: +49 2058 7881 0 Fax: +49 2058 7881 52 E-mail: info@geomax-positioning.com www.geomax-positioning.com</p>	<p>Stand SW-1</p> <p>GOECKE AUSTRIA GmbH</p> <p>Cankarstr. 65 1220 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 77416 - 04 Fax: +43 1 77416 - 40 E-mail: herbert.eckert@goecke-austria.at www.goecke-austria.at</p>

		
HHK DATENTECHNIK GMBH	IDC EDV GMBH	INGENIEURBÜROS FÜR VERMESSUNGSWESEN
<p>Die HHK Datentechnik GmbH ist einer der führenden Software- und Lösungsanbieter im Bereich der Vermessung und Geoinformation.</p> <p>Unser umfangreiches Produktportfolio aus CAD-, Vermessungs- und Office-Managementsoftware sowie Grafischen Feldbüchern macht uns zu einem verlässlichen Partner für Vermessungs- und Ingenieurbüros, Vermessungs- und Katasterämter, Energieversorger und Kommunen.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ GEOgraf ■ GEOgraf A³ ■ GEOgraf FELD ■ Penmap ■ GEObüro <p>Mitaussteller bei: Geodaesie Austria</p>	<p>Die IDC EDV GmbH entwickelt seit fast 20 Jahren Software für die Vermessungsbranche. Die Produktpalette von Geosi und die CAD-Software Bricscad bietet für alle Anforderungen eines Vermessungsbüros die richtigen Lösungen. Mehrere hundert Kunden sind von der einfachen Bedienung, der schnellen kompetenten Hotline und vom unschlagbaren Preis-/Leistungsverhältnis begeistert. Das jüngste Kind in der Softwarefamilie ist Panorama - ein modernes und leistungsfähiges Programm zur Erstellung, Bearbeitung und Auswertung digitaler Geländemodelle.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Geosi VERM ■ Geosi FORM 5 ■ Geosi PLAN 3 ■ Geosi PANORAMA ■ BricsCAD ■ Monobild 	<p>Die Ingenieurbüros für Vermessungswesen sind ein Teil des „Fachverbandes Ingenieurbüros“ und damit Mitglieder der Wirtschaftskammer Österreich. Das Ingenieurbüro arbeitet unabhängig, neutral und treuhändisch, weil es an der Ausführung des Werkes nicht teilnimmt. Der Berechtigungsumfang ist umfassend im §134 GewO verankert, die Standesregeln durch eine VO des Wirtschaftsministers definiert.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ gesamtes Gebiet der Vermessung ■ Planungsgrundlagen ■ Bauabsteckungen ■ Bildmessung ■ Katastervermessung ■ Bauüberwachungsmessungen ■ Bestandspläne für Gebäude ■ Leitungskataster – GIS ■ Gutachten ■ Vertretung gegenüber Behörden
<p>Stand SI-5</p> <p>HHK Datentechnik GmbH Hamburger Straße 277 38114 Braunschweig Deutschland</p> <p>Tel.: +49 531 2881 - 0 Fax: +49 531 2881 - 111 E-mail: info@hhk.de www.hhk.de</p>	<p>Stand FI-5</p> <p>IDC EDV Handels- und Dienstleistungs- GmbH Eichenweg 42 6460 Imst Österreich</p> <p>Tel.: +43 5412 63200 Fax: +43 5412 6930 26 E-mail: vertrieb@idc-edv.at www.geosi.at</p>	<p>Stand SW-10</p> <p>Fachverband Ingenieurbüros Schaumburgergasse 20/1 1040 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 590 900 - 3248 Fax: +43 590 900 - 229 E-Mail: ftbi@wko.at www.ingenieurbueros.at</p>

 <p>Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement Stuttgart, 15. – 17. September 2015</p>	 <p>Archiv ZTK Verantwortung. Unabhängigkeit. Qualität.</p>	 <p>Landmark ÖSTERREICH</p>
<p>INTERGEO® 2015 IN STUTT GART</p>	<p>KAMMER DER ZIVIL- TECHNIKERINNEN FÜR STMK UND KTN</p>	<p>LANDMARK GMBH</p>
<p>Die INTERGEO® 2015 findet vom 15.-17. September 2015 auf dem Messegelände der Stadt Stuttgart statt. Auf mehr als 30.000 qm werden ca. 500 Aussteller ihre Produkte und Dienstleistungen präsentieren.</p> <p>Das INTERGEO®-Programmkomitee des DVW hat zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Kartographie für den Programmrahmen 2015 folgende Leitthemen identifiziert:</p> <p>Nationale Geoinformationsstrategie, INSPIRE-Praxis, Perspektiven im amtlichen Vermessungswesen, Copernicus, Geoinformation und Mobilität, Smart City und moderne Infrastrukturen, Strategien und Beispiele der Landentwicklung, UAV, Wertermittlung, Ingenieurgeodäsie und Kartographische Lösungen für Big und Open Data. Hinzu kommen wissenschaftliche Themen wie beispielsweise Geodätische Bezugssysteme, GNSS, Schwerefeld und Geoid.</p> <p>Ein detaillierter Programmrahmen wird Ende Mai veröffentlicht, mehr zur INTERGEO 2015 finden Sie unter www.intergeo.de.</p>	<p>Die Kammer der ZiviltechnikerInnen für Steiermark und Kärnten repräsentiert rund 1.300 ZiviltechnikerInnen.</p> <p>Die ZiviltechnikerInnen sind technische SpezialistInnen, die sich durch die Landesregeln und ihrem Berufsethos einem besonders hohen Berufsethos verpflichtet fühlen.</p> <p>Architekten und Zivilingenieure sind in einer Vielzahl von Befugnissen rund um das Thema Planung und Bauen beschäftigt.</p> <p>Sie finden die Ziviltechnikerin und den Ziviltechniker Ihres Vertrauens unter www.ziviltechniker.at</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Interessensvertretung ■ Informationsleistungen ■ Serviceleistungen ■ Beratung von Behörden ■ Aus- und Fortbildung <p>Mit aussteller bei: bAIK, Bundesfachgruppe Vermessungswesen</p>	<p>LANDMARK ist seit 1978 einer der größten österreichischen Anbieter für Vermessungs- und Vermarkungsmaterial. Mit unserer jahrzehntelangen, fachlichen Erfahrung bieten wir Ihnen Neuheiten für die klassische Vermessung, Präzisionsgeräte, Zubehör, aber auch Reparaturen sowie Kalibrierung Ihrer Geräte. Bei Landmark können Sie auf erstklassige Beratung, gute Preise und ein komplettes Sortiment zählen. Unser Außendienst und Support ist bei Fragen zu Produkten, Software und Anwendung gerne für Sie da.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Stahlmarken ■ Vermarkungsmaterial ■ Vermessungsgeräte ■ Totalstationen ■ Vermessungszubehör ■ Kabel-/Leitungssuchgeräte ■ Magnetsuchgeräte ■ Eisenrohre ■ Prismen ■ GNSS Empfänger <p>Mit aussteller: GeoMax International GmbH</p>
<p>Stand FA-3</p> <p>INTERGEO© 2015 c/o Stadtmessungsamt Lautenschlagerstraße 22 70173 Stuttgart Deutschland</p> <p>Tel.: +49 711 216 - 59533 E-Mail: stuttgart2015@intergeo.de www.intergeo.de</p>	<p>Stand SW-7</p> <p>Kammer der ZiviltechnikerInnen für Steiermark und Kärnten</p> <p>Schönaugasse 7 8010 Graz Österreich</p> <p>Tel.: +43 316 826344 - 0 Fax: +43 316 826344 - 25 E-Mail: office@ztkammer.at www.ztkammer.at</p>	<p>Stand SW-5</p> <p>Landmark Produktions- und Handelsgesellschaft m.b.H.</p> <p>Bahnhofstraße 8b 6961 Wolfurt Österreich</p> <p>Tel.: +43 5574 63549 Fax: +43 5574 63639 E-mail: info@landmark.at www.landmark.at</p>

		
LEICA GEOSYSTEMS	MANZ SOLUTIONS	MICROSOFT/VEXCEL IMAGING
<p>Leica Geosystems ist mit nahezu 200 Jahren Erfahrung der Pionier in der Entwicklung und Produktion von Vermessungsinstrumenten. Das Unternehmen bietet ein umfassendes Spektrum von innovativen Produkten und Lösungen zur exakten Erfassung und einfachen Analyse von Daten sowie zur Visualisierung und Präsentation räumlicher Informationen. Leica Geosystems ist ein global tätiges Unternehmen mit Sitz in Heerbrugg, Schweiz. Zehntausende Kunden werden von rund 3.800 Mitarbeitern in 33 Ländern und Hunderten von Partnern in über 120 Ländern weltweit betreut.</p> <p>Leica Geosystems Austria GmbH ist das Kompetenzzentrum für Österreich. Mit regional verankerten Verkaufingenieuren und den Bereichen Kundensupport, Technische Werkstatt und Organisation mit Sitz in Wien stellen wir unseren Kunden maßgeschneiderte Beratung und umfassende Dienstleistungen zur Verfügung.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Totalstationen, Theodolite ■ GNSS/GPS Systeme ■ Terrestrische Laserscanner ■ GeoMonitoring-Lösungen ■ Mobile Mapping ■ Vermessungszubehör ■ Schulungen ■ Technisches Service 	<p>MANZ Solutions entwickelt zukunftsweisende Produkte zur Wissensaufbereitung und Wissensvernetzung, die unter anderem vom österreichischen Marktführer für Online-Rechtsinformation und Österreichs größtem Fachverlag, dem MANZ Verlag Wien, der zugehörigen RDB (Rechtsdatenbank) und der Bundeskammer für Architekten und Ingenieurkonsulenten (bAIK) erfolgreich eingesetzt werden.</p> <p>Innovative Lösungen, hochwertige Technologien und qualifizierte Serviceleistungen ermöglichen es Manz Solutions, Gesamtlösungen nicht nur anzubieten, sondern auch erfolgreich umzusetzen und unsere Kunden dabei zufriedenzustellen.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Informationserschließung ■ Datenaufbereitung ■ Projekt- & Qualitätsmanagement ■ Webapplikationsplanung ■ Websiteplanung & -umsetzung ■ Entwicklungsleistungen ■ IT Infrastruktur & -hosting <p>Mitaussteller bei: bAIK, Bundesfachgruppe Vermessungswesen</p>	<p>Vexcel Imaging gilt seit der Gründung 1995 als ein führender Anbieter von digitalen großformatigen Luftbildkameras. Die Familie der UltraCam-Sensoren umfasst heute die digitalen photogrammetrischen Luftbildkamerasysteme UltraCam Hawk, UltraCam Falcon und UltraCam Eagle sowie die UltraCam Osprey, einer Kombination aus einer leistungsstarken photogrammetrische Nadirkamera mit zusätzlicher gleichzeitiger Aufnahme von Schrägsichtbildern. Abgerundet wird das UltraCam-Angebot durch die voll integrierte photogrammetrische UltraMap Workflow-Software.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Digitale Luftbildkameras ■ Photogrammetrie Software ■ UltraCam Eagle ■ UltraCam Falcon ■ UltraCam Hawk ■ UltraCam Osprey ■ UltraMap
<p>Stand FI-2</p> <hr/> <p>Leica Geosystems Austria GmbH Gudrunstrasse 179 1100 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 98122 - 0 Fax: +43 1 98122 - 50 E-mail: lgs.austria@leica-geosystems.com</p> <p>www.leica-geosystems.at</p>	<p>Stand SW-7</p> <hr/> <p>Manz Solutions GmbH Johannesgasse 23 1010 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 5127402 - 0 Fax: +43 1 5127402 - 599 E-mail: info@manz.at</p> <p>www.manz-solutions.at</p>	<p>Stand SW-6</p> <hr/> <p>Microsoft / Vexcel Imaging GmbH Anzengruebergasse 8 8010 Graz Österreich</p> <p>Tel.: +43 316 849066 - 0 Fax: +43 316 849066 - 999 E-mail: mpsinfo@microsoft.com</p> <p>iFlyUltraCam.com</p>

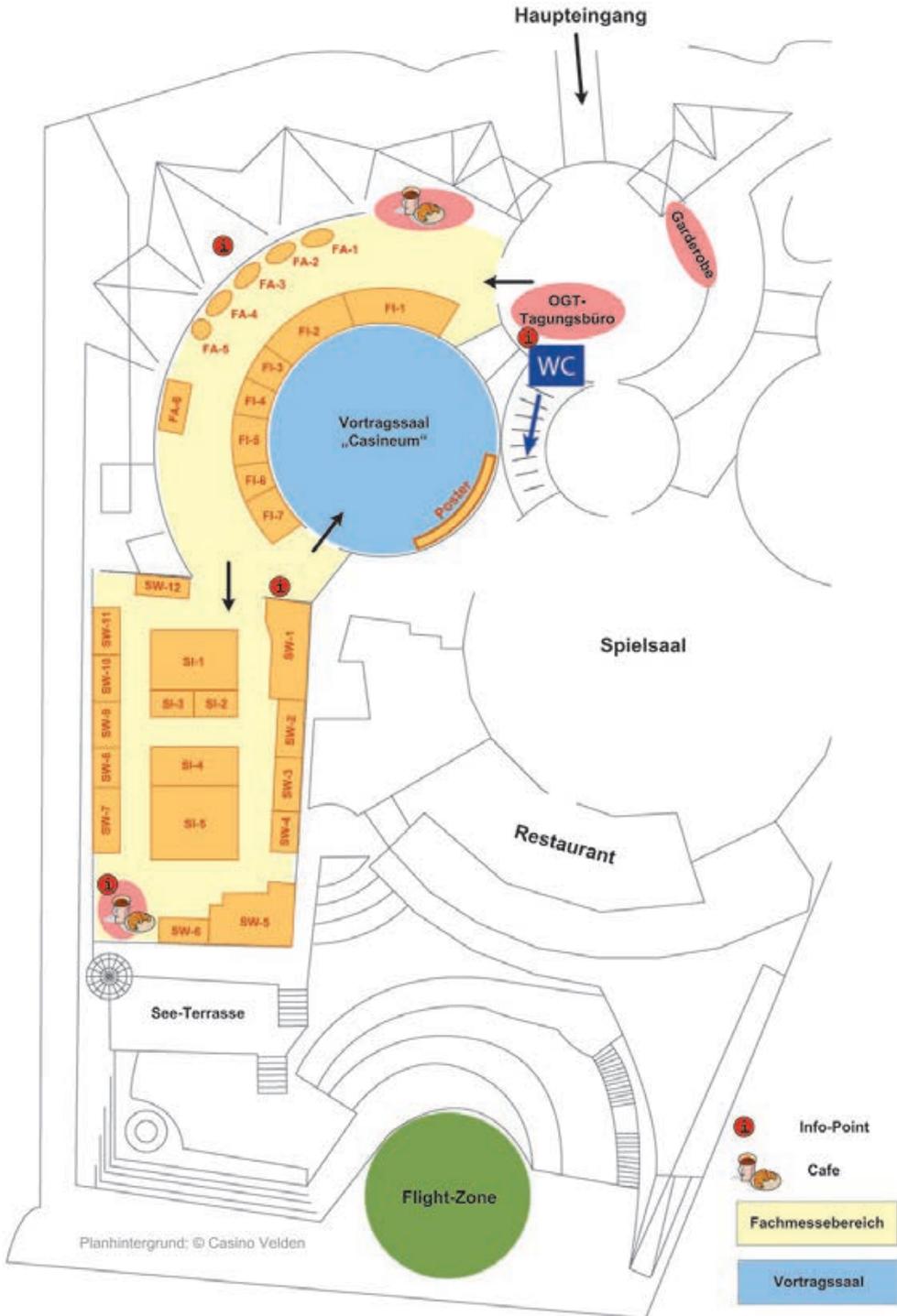
		
NEUER WISSENSCHAFTLICHER VERLAG – NWV	OVG	.P.A.M. PLOTTER AND MORE
<p>Im NWV werden derzeit etwa 80 Neuerscheinungen pro Jahr veröffentlicht – Handbücher für die juristische Praxis, Lehrbücher, Kommentare, Kurzkomentare, Monografien, Sachbücher, Text-/Bildbände, Sammelbände, unter anderem auch mehr als 17 Schriftenreihen. Das Programm umfasst Titel zu den Fachgebieten Architektur, Geschichte mit Schwerpunkt Österreichische Marinegeschichte, Ökonomie, Recht, Soziologie, Technik und Umwelt, wobei das Hauptaugenmerk auf den juristischen Fachbüchern liegt.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Juristische Fachbücher ■ Das Österreichische Recht ■ Das Österr. Gewerberecht ■ Periodika ■ Schriftenreihen ■ Jahrbücher ■ Ökonomische Fachbücher ■ Soziologische Fachliteratur ■ Technische Fachbücher ■ Architekturbände etc 	<p>Die OVG ist ein Verein, der die Interessen aller Bereiche der Vermessung, Kartographie, Geodäsie und Geoinformation in Österreich und in internationalen Organisationen und Dachverbänden vertritt. In der OVG sind sowohl die privaten Berufe und die Beamtenschaft als auch Lehre und Forschung sowie die Studierenden vertreten.</p> <p>Die OVG ist Herausgeber der Österreichischen Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI) und Veranstalter des Österreichischen Geodätentags (OGT).</p>	<p>.P.A.M. – PLOTTER AND MORE bietet Ihnen kompetente Beratung und Service Ihres Plotters vom Kauf über Garantieleistungen, Service, Reparatur bis hin zur periodischen Wartung. Dieses Unternehmen verfügt sowohl über das Vertrauen der Hersteller EPSON und HP als auch langjährige Erfahrung in der Branche. Durch kurze Reaktionszeiten und zielführende Beratung hat sich Herr Gregor Jaglitsch und das Team von .P.A.M. - PLOTTER UND MORE als Partner für Großformatdruck bewährt.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Service und Reparaturen ■ Periodische Wartungen ■ Verkauf von Plottern ■ Einschulung und Installation ■ Verkauf von Tinten ■ Verkauf von Gebrauchtplottern ■ Garantireparaturen ■ Verkauf von Verbrauchsmaterialien ■ Verkauf von Schneidetischen ■ Bedarfsorientierte Beratung
<p>Stand FA-4</p> <p>NWV Verlag GmbH Faradaygasse 6 1030 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 7963562 - 24 Fax: +43 1 7963562 - 25 E-mail: office@nwv.at</p> <p>www.nwv.at</p>	<p>Stand FA-1</p> <p>Österreichische Gesellschaft f. Vermessung u. Geoinformation</p> <p>Schiffamtsgasse 1-3 1020 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 2167551 Fax: +43 1 2167551 E-Mail: office@ovg.at</p> <p>www.ovg.at</p>	<p>Stand FI-4</p> <p>.P.A.M. - PLOTTER AND MORE</p> <p>Abt-Fiderer-Str 31 6422 Stams Österreich</p> <p>Tel.: +43 5263 51462 E-mail: plotter@plotterandmore.com</p> <p>www.plotterandmore.com</p>

		
<p align="center">PETERSCHINEGG GESMBH</p>	<p align="center">RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS</p>	<p align="center">RMDATA</p>
<p>Die Firma Peterschinegg kann auf 30 Jahre CAD-Erfahrung zurückgreifen und ist der älteste Autodesk Partner Österreichs. Unser Hauptaugenmerk liegt auf Architektur, Tiefbau, GIS und Multimedia. Zusätzlich zu den Autodesk Produkten bieten wir Eigenentwicklungen wie PLATEIA, AQUATERRA, URBANO KANAL/WASSER/GIS und Anpassungen für AutoCAD Map 3D (Topobase) im Bereich Kanal/Wasser/Strom/DKM... an. Kompetente Beratung ist für uns genauso wichtig wie die Unterstützung während der Nutzung der Software.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ AutoCAD – Basis CAD ■ AutoCAD Civil 3D - Tiefbau ■ AutoCAD Map 3D - GIS ■ Autodesk InfraWorks ■ PLATEIA - Straßenbau ■ AQUATERRA - Flussbau ■ FERROVIA – Eisenbahnbau ■ AUTOPATH - Schleppkurven ■ URBANO Canalis - Kanalbau ■ URBANO Hydra - Wasserbau ■ HMAP – Vermessung ■ AutoTurn – Schleppkurven ■ ParkCAD - Parkplatz ■ Panorama - Geländemodell <p>Mitaussteller: SAIL EDV Systemlösungen</p>	<p>Mit mehr als 30 Jahren Erfahrung auf dem Gebiet der Forschung, Entwicklung und Fertigung von Laser Entfernungsmessern, Distanzmessgeräten und Laser Scannern ist RIEGL weltweit höchst innovativ im Bereich der 3D Messtechnik tätig. Unsere leistungsfähigen Laserscanner und Systeme kombinieren wir mit speziell entwickelten RIEGL Softwarepaketen für Datenaufnahme und -verarbeitung zu optimierten Gesamtsystemen für herausfordernde Vermessungsaufgaben.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 3D Terrestrische Laserscanner ■ Mobile Laserscanner ■ Mobile Mapping Systeme ■ Airborne Laserscanner ■ Airborne Laserscanning Systeme ■ VUX-1 LiDAR Sensor für UAVs ■ RiCOPTER Hochleistungs-UAV ■ Spezielle Softwarepakete 	<p>rmDATA ist eines der führenden Software-Häuser für Vermessung und Geoinformation im deutschsprachigen Raum. Wir bieten moderne Software-Lösungen und ein breites Dienstleistungsangebot.</p> <p>Den Anwendern steht eine durchgängige Produktpalette für sämtliche Aufgaben in der Vermessung bis hin zum GIS zur Verfügung. Seit 30 Jahren steht das Unternehmen für innovative Technologien gemäß dem Grundsatz „intelligente Software – konsequent einfach.“ Dabei steht der Nutzen für Anwender stets im Vordergrund.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ rmGEO (Geodätische Berechnung) ■ rmNETZ (Netzausgleichung) ■ rmKATOffice (Schriftverkehr) ■ GeoMapper (Planerstellung) ■ GeoModeller (Geländemodellierung) ■ GeoDiscoverer (Geodatenbezug) ■ GeoDesktop (GIS Bearbeitung) ■ GeoCloud (GIS Auskunft)
<p>Stand SW-11</p> <hr/> <p>Peterschinegg GesmbH Schindlergasse 31 1180 Wien Österreich Tel.: +43 1 4707413 Fax: +43 1 4792314 E-mail: office@peterschinegg.at www.peterschinegg.at</p>	<p>Stand SW-4</p> <hr/> <p>RIEGL Laser Measurement Systems GmbH Riedenburgstraße 48 3580 Horn Österreich Tel.: +43 2982 4211 Fax: +43 2982 4210 E-mail: office@riegl.com www.riegl.com</p>	<p>Stand SI-1</p> <hr/> <p>rmDATA GmbH Industriestraße 6 7423 Pinkafeld Österreich Tel.: +43 3357 43333 Fax: +43 3357 43333 - 76 E-mail: office@rmdata.at www.rmdata.at</p>

		
RMR SOFTWARE-ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT	SAIL EDV SYSTEMLÖSUNGEN	SYNERGIS
<p>Die RMR wurde 1987 in Bad Neuenahr-Ahrweiler zur Erstellung von AutoCAD-Applikationen gegründet. Diese wurden für die Bereiche Vermessungswesen, Straßenplanung und -bau sowie digitale Geländemodelle entwickelt. Seit 1995 wurde als Basis, neben AutoCAD, ein eigener AutoCAD-Clone eingesetzt, auf dem die Software GeoCAD-OP entwickelt wurde. Ab 1999 wurde auf dieser Basis mit der Entwicklung GNSS-gestützter Maschinensteuerung begonnen. Weiter wurde im Jahr 1999 die RMR Software- und Vermessungs AG in Altnau, Schweiz, für den Vertrieb in Österreich und der Schweiz eröffnet.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Software für Vermessung allg. ■ Geodätische Berechnungen ■ Kataster ■ CAD / GIS ■ Digitale Geländemodelle ■ Profile und Profilverwaltung ■ Straßenentwurf ■ Satellitengestütztes Maschinenmonitoring / - Steuerung ■ Softwareschnittstellen BFR, ALKIS, ... ■ Hardwareschnittstellen Tachymeter, Nivelliere, GNSS-Empfänger, ... 	<p>Die Firma SAIL EDV Systemlösungen wurde im Jahr 1989 gegründet und konzentrierte sich in der Folge auf die Vermarktung zahlreicher AutoCAD Zusatzapplikationen unterschiedlicher Hersteller (D, SLO, CR) in den östlichen EU-Staaten.</p> <p>Seit dem Jahr 2013 ist die Firma SAIL EDV-Systemlösungen Vertriebspartner für BricsCAD und bietet ebenfalls auf BricsCAD basierende Zusatzapplikationen an.</p> <p>BricsCAD® ist die leistungsstarke CAD-Software-Plattform, die die bekanntesten Funktionssammlungen der nativen .dwg-CAD Systeme enthält und um erweiterte 2D Werkzeugen und intelligentes, direktes 3D-Modellieren ergänzt. Und all das zu einem unschlagbaren Preis-/Leistungsverhältnis. Erhältlich für Windows, Linux und Mac.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ BricsCAD ■ Plateia (Strassenbau) ■ Aquaterra (Flußbau) ■ Ferrovia (Gleisbau) ■ Panorma (DGM) ■ AutoTURN ■ HMap ■ Urbano Kanal/Wasser ■ Urbano GIS <p>Mitaussteller bei: Peterschneegg GesmbH</p>	<p>Die SynerGIS Unternehmensgruppe (Ursprung 1973) ist Esri Distributor in Österreich und der Slowakei sowie an der AED-SYNERGIS GmbH in Deutschland beteiligt. Über 130 motivierte Mitarbeiter, mehrheitlich Akademiker und HTL Absolventen in verschiedenen Fachbereichen, arbeiten bei uns – für Sie. Als Systemhersteller, Applikationsentwickler und Implementierungs- sowie Integrationspartner für GIS- und Infrastrukturmanagement sind wir eines der führenden Unternehmen im deutschsprachigen Raum und zudem in europäischen Ländern, Amerika und dem arabischen Raum aktiv.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Esri Distribution ■ ArcGIS Produkte ■ Esri Consulting und Schulungen ■ Applikationsentwicklung ■ GeoOffice – Desktop-Produktlinie ■ WebOffice – WebGIS Plattform ■ ePaper – GIS-Berichte ■ ProOffice – Infrastrukturmanagement ■ Systemintegration ■ INSPIRE / GDI / SDI <p>Mitaussteller: GeoInfo Informationssysteme GmbH</p>
<p>Stand SW-2</p> <p>RMR Softwareentwicklung</p> <p>Ahrweiler Straße 40 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler Deutschland</p> <p>Tel.: +49 2641 900520 Fax: +49 2641 31611 E-mail: info@rmr.de</p> <p>www.mr.de</p>	<p>Stand SW-11</p> <p>SAIL EDV Systemlösungen</p> <p>Schindlergasse 31 1180 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 4707413 Fax: +43 1 4792314 E-mail: office@sail-edv.at</p> <p>www.sail-edv.at</p>	<p>Stand FI-6</p> <p>SynerGIS Informationssysteme GmbH</p> <p>Technologiestraße 10 /Geb. E 1120 Wien Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 87806 - 0 Fax: +43 1 87806 - 99 E-mail: wien@mysynergis.com</p> <p>www.mysynergis.com</p>

		
TU-WIEN DEPARTMENT FÜR GEODÄSIE & GEOINFORMATION	TWINS.NRN	UNIVERSITÄT SALZBURG – Z_GIS
<p>Die TU-Wien bietet im Bereich Geodäsie und Geoinformation ein Bachelorstudium, zwei Masterstudiengänge und ein Doktoratsstudium an. Im Department für Geodäsie und Geoinformation arbeiten rund 120 wissenschaftliche Mitarbeiter und Doktoranden in 7 Forschungsgruppen. Die aktuellen Arbeiten beschäftigen sich vorrangig mit der Modellierung von Zuständen und Prozessen im System Erde und der Beschreibung und Kommunikation erdoberflächennaher Objekte.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 4 Studiengänge ■ F&E Kooperationen ■ Referenzsysteme ■ Geodätische Weltraumverfahren ■ Atmosphärenmonitoring ■ GNSS-Positionierung ■ Navigation ■ Schwerefeldmodelle 	<p>twins.nrn ist ein Tiroler Unternehmen und hat sich auf die Herstellung von Multirotorsystemen zur Erfassung von Geodaten aus der Luft spezialisiert. Twins.nrn bietet nicht nur die Fluggeräte an, sondern übernimmt auch den gesamten Workflow, von der Fluggenehmigung bis zum fertig auswerteten Produkt wie Orthofotos, Oberflächenmodelle, Volumsrechnungen, Monitoring und Kugelpanoramen. Unser Know How für Photogrammetrie und Technik ermöglicht es uns anwenderorientiert und mit einem Verständnis für das Endprodukt zu arbeiten.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Hexakopter für 5kg Payload ■ Oktokopter für 20kg Payload ■ Individuelle Sensorik ■ RTK Aufnahmen mit 1mm ■ Infrarot Aufnahmen ■ RTK-Infrarot-Aufnahmen ■ Dreh- und schwenkbare Kamera ■ Monitoring, Orthofotos ■ Gelände- und Volumsmodelle ■ Schrägriss, Gebäudeaufnahmen 	<p>Z_GIS ist etabliert als interdisziplinäres Kompetenzzentrum: an der Universität Salzburg, in Kooperation mit weltweiten Partnern und in der ‚geospatial community‘.</p> <p>Innovative Grundlagenforschung verbunden mit erfolgreicher angewandter Forschung sind die Grundlagen für führende postgraduale Studien – www.unigis.ac.at – und Kommunikation von Wissenschaft in der Öffentlichkeit – www.agit.at.</p> <p>Produkte und Dienstleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ UNIGIS – Fernstudiengang ■ AGIT – Symposium und EXPO
<p>Stand SI-3</p> <p>TU-Wien, Department für Geodäsie&Geoinformation, Höhere Geodäsie</p> <p>Gusshausstraße 27-29</p> <p>1040 Wien</p> <p>Österreich</p> <p>Tel.: +43 1 58801 12865</p> <p>Fax: +43 1 58801 12896</p> <p>E-mail: robert.weber@tuwien.ac.at</p> <p>geo.tuwien.ac.at/</p>	<p>Stand SI-4</p> <p>twins.nrn OG mechatronische Spezialprodukte</p> <p>Häusern 15</p> <p>6070 Ampass</p> <p>Österreich</p> <p>Tel.: +43 699 11282908</p> <p>E-mail: info@twins.co.at</p> <p>www.twins.co.at</p>	<p>Stand FA-2</p> <p>Universität Salzburg – Fachbereich f. Geoinformatik – Z_GIS</p> <p>Hellbrunner Str. 34</p> <p>5020 Salzburg</p> <p>Österreich</p> <p>Tel.: +43 662 8044 - 7502</p> <p>Fax: +43 662 8044 - 182</p> <p>E-mail: zgis@sbg.ac.at</p> <p>www.zgis.at</p>

FACHMESSE OGT 2015 STANDÜBERSICHT



Hauptsponsoren



www.rmdata.at



www.riegl.com



www.trimble.com

Platin Sponsoren



www.bev.gv.at



www.arching.at



www.casinos.at



www.leica-geosystems.at



simply intelligent

www.idc-edv.at



www.mysynergis.com



www.velden.gv.at

Gold Sponsoren



www.goecke.de



www.grintec.com



www.stiegl.at



www.ingenieurbueros.at



www.ifyultracam.com



www.art13.at

Medienpartner



www.kleinezeitung.at/k

RIEGL Innovation in 3D



Luftgestützt



Mobil



UAS/UAV



Industriell



Seit mehr als 30 Jahren steht der Name **RIEGL** für Vermessungsinstrumente von herausragender Technik und höchster Qualität. Unsere leistungsfähigen Laserscanner kombinieren wir mit speziell entwickelten **RIEGL** Softwarepaketen für Datenaufnahme und -verarbeitung zu optimierten Gesamtsystemen für herausfordernde Vermessungsaufgaben.

Mehr als 160 hochqualifizierte Mitarbeiter in der Firmenzentrale in Horn, NÖ, Büros in Wien und Salzburg, Vertriebsbüros in den USA, Japan und China sowie Vertriebspartner weltweit stehen für Beratung, Verkauf, Schulung, Support und Service zur Verfügung.

www.riegl.com



*„Wir entwickeln
intelligente Software
mit einem Ziel: Ihre
Arbeit auch in Zukunft
konsequent einfach zu
gestalten!“*

Jürgen Beiglböck, Geschäftsführer von rmDATA

Erleben Sie die neusten Entwicklungen von rmDATA live am
Österreichischen Geodätentag in Velden!

rmDATA Vermessung

Intelligente Software – konsequent einfach

Technologiezentrum Pinkafeld, Industriestraße 6, 7423 Pinkafeld

Tel: +43 (0)3357 43333, Fax: -76, office@rmdata.at, www.rmdata.at



rmDATAGroup