

Leica
Geosystems



**Leica RTC 360
& Leica Cyclone**

**Die Registrierung der
Punktwolke erledigen
Sie bereits im Feld.**

leica-geosystems.at

PART OF
HEXAGON

Überwachung von Infrastrukturbauwerken mit mobilem Laserscanning

S. Kalenjuk

Methoden der freien Stationierung und ihre Umsetzung in gängigen Softwareprodukten

E. Grillmayer, F. Blauensteiner

„Von der Gestalt der Erden“ – Gradmessungen im 18. Jahrhundert

M. Hiermanseder

#wirsehenweiter
Von der Vision zur Anwendung



www.geodaentag.at

Willkommen zu erweiterten Perspektiven am

14. GEODÄTENTAG

Steyr, 10. - 11. Mai 2023



Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation

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

110. Jahrgang 2022

Heft: 4/2022

ISSN: 1605-1653

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Andreas Pammer

Stellvertreter: Dipl.-Ing. Ernst Zahn

Dipl.-Ing. (FH) Georg Topf

A-1020 Wien, Schiffamtsgasse 1-3

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

| | |
|--|-----|
| <i>F. Blauensteiner:</i> Verleihung des Karl Rinner Preises 2021 | 195 |
| <i>S. Kalenjuk:</i> Überwachung von Infrastrukturbauwerken mit mobilem Laserscanning | 196 |
| <i>E. Grillmayer, F. Blauensteiner:</i> Methoden der freien Stationierung und ihre Umsetzung in gängigen Softwareprodukten | 204 |
| <i>M. Hiermanseder:</i> „Von der Gestalt der Erden“ – Gradmessungen im 18. Jahrhundert | 213 |
| Dissertationen, Diplom- und Magisterarbeiten | 233 |
| Recht und Gesetz | 236 |
| Mitteilungen | 239 |
| Open GI News | 244 |
| Grenzstein | 248 |
| Aus dem Vereinsleben | 249 |
| Veranstaltungskalender | 251 |



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

110. Jahrgang 2022 / 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. Franz Blauensteiner, Tel. +43 1 21110-822216, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien.

Sekretariat der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Dr. Lothar Eysn, Tel. +43 1 21110-822711, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. E-Mail: office@ovg.at.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Offenlegung gem. § 25 Mediengesetz

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

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

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



<http://www.ovg.at>



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

Vorwort

Verleihung des Karl Rinner Preises 2021



Überreichung des Preises: Werner Lienhart, Slaven Kalenjuk, Roland Krois

Den Fachbereich der Geodäsie zu fördern und in der breiten Öffentlichkeit bekannter zu machen ist eine der Kernaufgaben der Österreichischen Geodätischen Kommission (ÖGK). Zu diesem Zweck werden von der ÖGK die Friedrich Hopfner Medaille (alle vier Jahre) und der Karl Rinner Preis (jährlich) vergeben.

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

Die Bestimmungen für die Verleihung des Karl Rinner Preises sind unter <https://oegk-geodesy.at/index.php/kommission/statuten/statuten-karl-rinner-preis/> angeführt.

In ihrer Sitzung am 26. April 2022 hat die Österreichische Geodätische Kommission beschlossen, den Karl Rinner Preis 2021 an Dipl.-Ing. Slaven Kalenjuk für seine Publikation mit dem Thema *Processing of mobile laser scanning data for large-scale deformation monitoring of anchored retaining structures along highways* zu vergeben. Diese Publikation entstand im Rahmen seiner Arbeiten am Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme der TU Graz. Publiziert wurde diese Arbeit im Jahr 2021 im Civil and Infrastructure Engineering, 36:678-694.

Die Ehrung des Preisträgers fand am 14.12.2022 an der TU Graz statt, an der rund 40 Gäste vor Ort sowie rund 25 Gäste online teilnahmen. Nach der von Univ.-Prof. Dr. Werner Lienhart gehaltenen Laudatio wurde die Karl Rinner Preis Urkunde durch den Präsidenten der ÖGK Univ.-Prof. Dr. Werner Lienhart sowie der Preisscheck durch Dipl.-Ing. Roland Krois als Vertreter der Bundesfachgruppe Vermessungswesen der Bundeskammer der ZiviltechnikerInnen überreicht. Im Anschluss an die Preisverleihung hielt Dipl.-Ing. Slaven Kalenjuk seinen Festvortrag.

Besonderer Dank gilt der TU Graz für die Bereitstellung der IT- Infrastruktur sowie der Bundeskammer der ZiviltechnikerInnen für das Sponsoring des Preises.

Franz Blauensteiner



Überwachung von Infrastrukturbauwerken mit mobilem Laserscanning

Monitoring transport infrastructure with mobile laser scanning

Slaven Kalenjuk, Graz

Kurzfassung

Geodätisches Monitoring spielt in der Instandhaltung von Infrastrukturbauwerken eine entscheidende Rolle. Wird ein Bauwerk infolge einer handnahen Prüfung als kritisch bewertet, wird in der Regel das Verformungsverhalten des Bauwerks überwacht. Stationäre Messungen mit Totalstationen sind der Stand der Technik, erweisen sich aber als zu zeit- und kostenintensiv für eine großflächige Anwendung. In diesem Artikel wird aufgezeigt, welchen Beitrag mobiles Laserscanning für die objektive Zustandsbewertung von Stützbauwerken liefern kann. Heute sind fahrzeuggebundene, mobile Laserscanning Systeme von verschiedenen Herstellern kommerziell erhältlich. Diese High-End Messsysteme ermöglichen es, Punktwolken im Vorbeifahren mit bis zu 100 km/h zu erfassen. Die produzierten Datenmengen sind enorm und erfordern daher weitest gehende Automatisierung in der Auswertung, um die Effizienz des gesamten Workflows zu gewährleisten. In mehrjähriger Forschungsarbeit wurden insgesamt acht Kampagnen mit vier verschiedenen Messsystemen zur Vermessung von 24 Stützbauwerken durchgeführt. Die Genauigkeit der Methode erwies sich als sehr stark abhängig von der Qualität der direkten Georeferenzierung. Im alpinen Raum wurden Schwankungen von 10 cm innerhalb von 200 m festgestellt. Durch Anwendung einer neuen Registrierungsmethode konnten Punktwolken auf besser als 1 cm in Deckung gebracht werden. Restfehler im Millimeterbereich sind auf die Aufnahmebedingungen und die Objektbeschaffenheit zurückzuführen. Die Methode aus rascher Datenaufnahme und intelligenter Auswertung zeigt vielversprechendes Potenzial für großflächiges Deformationsmonitoring. Sie eignet sich nicht als Ersatz für Totalstationsmessungen, sondern viel mehr zum Aufspüren von potenziell, geschädigten Bauwerken. Diese effiziente „Vorprüfung“ bietet das Potenzial neue Geschäftsfelder für die geodätische Community zu erschließen.

Schlüsselwörter: Mobiles Laserscanning, Deformationsmonitoring, Infrastrukturbauwerke, Big Data, Qualitätskontrolle

Abstract

Geodetic monitoring is a special measure in infrastructure maintenance. In general, inspection engineers assess the structural condition visually and decide whether total stations measurements are necessary to observe the structural behavior. The established method proved accurate and reliable but too cost- and time expensive for a large-scale application. This article analyses the potential of mobile laser scanning for providing an objective data basis for safety and condition assessment of retaining walls. Mobile laser scanning is an emerging technology that enables rapid data collection with up to 100 km/h. Today, there are a number of commercial systems available from different manufacturers. Such systems gather data efficiently and produce large amounts of data. Hence, highly automated processing steps are essential to achieve overall efficiency of the method. In multiple years of research, 24 retaining walls were captured using four different systems in eight measurement campaigns. The quality of the point clouds depends heavily on the geo-referencing quality. In alpine settings, variations reach up to 10 cm within 200 m, producing ‚deformed‘ point clouds. A new registration method accounts for these time-variable errors and aligns two point clouds better than 1 cm under good conditions. The remaining error pattern depends on the acquisition geometry and on surface properties. While the method shows great potential for large-scale monitoring, it does not aim to replace geodetic monitoring with total stations. Its strength lies in identifying potentially damaged structures from the large pool of objects. This efficient pre-assessment method shows potential for opening a new business field for geodesists.

Keywords: mobile laser scanning, deformation monitoring, transport infrastructure, big data, quality control

1. Einleitung

Das österreichische Verkehrsnetz umfasst eine Vielzahl an Infrastrukturbauwerken wie Brücken, Tunnel und Stützbauwerke. Die Erhaltung dieser Bauwerke ist in rechtlich bindenden Regelwerken (wie z.B. RVS – Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen) im Detail definiert. Im Wesentlichen sehen diese regelmäßige Inspektionen und Prüfungen durch Bauingenieure vor [1,2]. Wird die Gebrauchstauglichkeit bzw. die Tragfähigkeit der Bauwerke angezweifelt, folgen in der Regel geodätische Überwachungsmessungen als Sonderprüfmaßnahme. Der Verbruch einer Stützmauer im Jahr 2012 hat allerdings die bewährten Methoden in Frage gestellt. Der tragische Vorfall bei der Mautstation Schönberg kostete ein Menschenleben und sorgte für Verunsicherung bei den öffentlichen Bauwerkserhaltern über den genauen Zustand der zigtausenden Stützbauwerke. Es folgten intensive Bauwerksprüfungen sowie -sanierungen und es wurde nach innovati-

ven Lösungen zur effizienten Zustandserfassung und -bewertung gesucht. Im Jahr 2016 entstand am Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme an der TU Graz die Idee, Stützbauwerke mittels mobilem Laserscanning im Vorbeifahren aufzunehmen, um daraus Geometrieänderungen abzuleiten. Dieser Beitrag fasst die wesentlichsten Erkenntnisse aus mehrjähriger Forschungsarbeit zusammen.

2. Mobiles Laserscanning

Im Gegensatz zum statistischen Laserscanning wird beim mobilen Laserscanning die Geometrie umliegender Objekte durch Fortbewegung abgetastet [3]. Zu den Anfängen meiner Forschungsarbeiten war die Anzahl an kommerziell erhältlichen, mobilen Laserscanning Systemen (kurz MLS) und auch der Dienstleister in Europa stark begrenzt. Das Interesse an der Technologie hat allerdings dazu geführt, dass inzwischen unzählige Komplettsysteme wie auch Einzelkomponenten von



Abb. 1: Fotos der verwendeten MLS: Leica Pegasus: Two Ultimate Dualhead (links oben), Siteco Road Scanner 4 (rechts oben), Trimble MX9 (links unten) und Riegler VMX-2HA (rechts unten)

verschiedenen Herstellern angeboten werden. Die Bandbreite reicht von Systemen, die in der Hand oder in einem Rucksack mitgeführt werden bis hin zu MLS, die auf Autos, Drohnen oder auch Roboterhunden installiert werden. Für die Bauwerksüberwachung kommen allerdings nur straßen- bzw. schienenfahrzeuggebundene MLS in Frage.

Mobile Laserscanning Systeme bestehen aus einer Vielzahl an Sensoren. Durch Datenfusion wird einerseits die Fahrzeugposition und -lage bestimmt und gleichzeitig die Umgebung abgetastet [3]. Die Qualität der Einzelkomponenten, d.h. von GNSS und inertialer Messeinheit, des Radsensors und des/der Laserscanner bestimmt letztendlich den Preis des Systems. Für hochwertige Systeme mit zwei Laserscannern inklusive Wartung und Software belaufen sich die Preise derzeit noch auf mittlere bis höhere sechsstelligen Eurobeträge. Die Strategie war es daher mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie zusammenzuarbeiten, um mehrere hochqualitative Systeme einsetzen und miteinander vergleichen zu können.

Im Zuge der Forschungsprojekte kamen die High-End Produkte von Leica Geosystems, Trimble, Riegler und Siteco Informatica zur Anwendung (siehe Abbildung 1). Es ist bemerkenswert, dass diese konkurrierenden Hersteller in ihren Gesamtsystemen zum Teil dieselben Einzelkomponenten verbauen. So sind zwei Z+F 9012 Profils Scanner sowohl im Leica Pegasus: Two Ultimate Dualhead als auch im Siteco Roadscanner 4 zu finden [4,5]. Trimble MX9 und Riegler VMX-2HA sind jeweils mit zwei Riegler VUX-1HA Profils Scanner bestückt [6,7].

Am Papier sind sich die Systeme ähnlich, in der Praxis ergaben sich aber deutliche Unterschiede in den generierten Punktwolken. Dies ist auf

unterschiedliche Firmenphilosophien und auf die Handhabung durch die Dienstleister zurückzuführen. Besonders hervorzuheben sind folgende Aspekte:

■ Kalibrierung:

Die Lage und Orientierung von Laserscannern zur inertialen Messeinheit muss genau bekannt sein, um qualitative Ergebnisse erzielen zu können. Manche Hersteller setzen darauf, dass jährliche Werkskalibrierungen genügen, um die Genauigkeitsansprüche zu erfüllen. Feldkalibrierungen wie bei klassischen Vermessungsgeräten gibt es wiederum bei anderen Herstellern, wobei Informationen zur Qualität der Kalibrierung zum Teil gänzlich fehlen.

■ Systemkonfiguration:

Die Ausrichtung, die Profil- und Abtastraten der Scanner sind zum Teil einstellbar, variieren aber jedenfalls zwischen den Systemen. Diese Parameter beeinflussen die Abtastung und letztlich auch die Qualität der Punktwolken (siehe Kapitel Datenqualität).

3. Datenverarbeitung

Fahrzeuggebundene MLS ermöglichen die effiziente Kartierung der Straßen- und Schieneninfrastruktur. Mit der Flut an Daten kommt der Auswertesoftware eine immens hohe Bedeutung zu. Neue Firmen und Softwarelösungen sind entstanden, die die effiziente Verarbeitung der mobilen Laserscandaten versprechen. Typische Aufgabenstellungen umfassen die Extraktion von z.B. Gehsteigkanten, Schienen, Oberleitungen, sowie der Analyse des Lichtraums oder der Fahrbahn [8,9]. Für Spezialanwendungen wie z.B. dem Bauwerksmonitoring existieren keine geeigneten

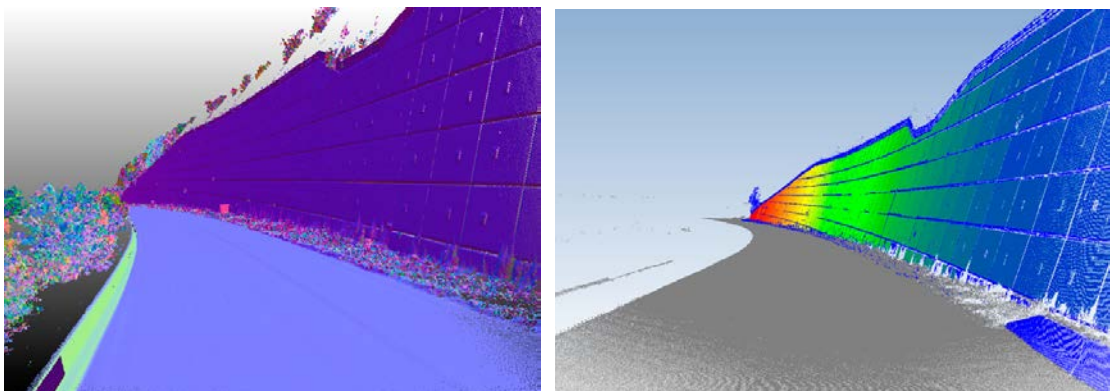


Abb. 2: Darstellung der Punktnormalen durch Transformation in den HSV-Farbraum (links) für die semantische Interpretation von Straße (grau), Stützmauer und geankerten Betonelementen (von blau bis rot; rechts)

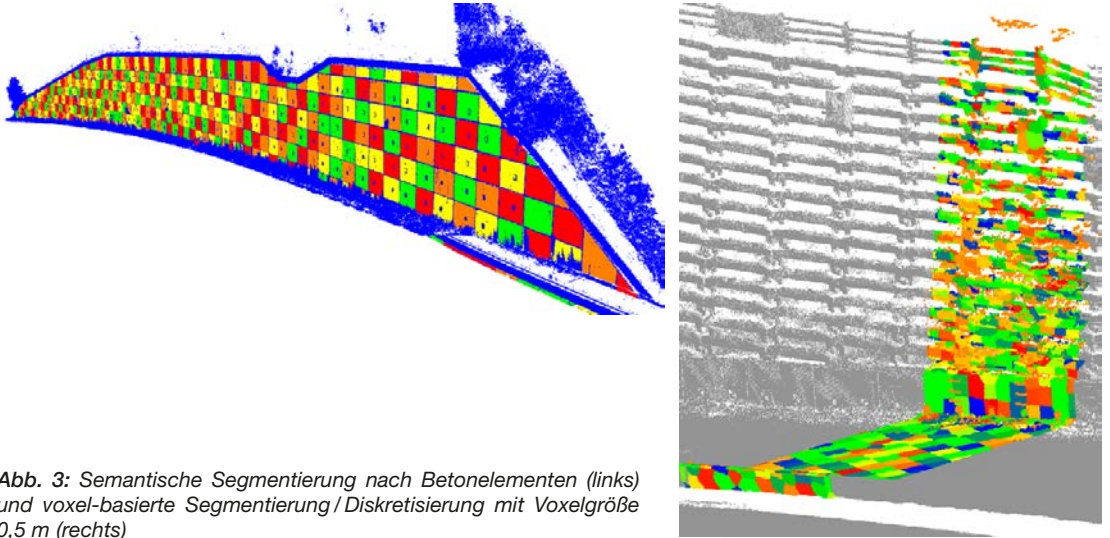


Abb. 3: Semantische Segmentierung nach Betonelementen (links) und voxel-basierte Segmentierung/Diskretisierung mit Voxelgröße 0,5 m (rechts)

Softwareprodukte am Markt. Daher war es auch Ziel der Forschungsarbeiten eine Programminfrastruktur aufzubauen, mithilfe derer die Auswertung vieler Stützbauwerke automatisiert und konsistent erfolgt. Folgende Aufgaben werden mit dieser bewerkstelligt:

- Semantische Interpretation
- Modellierung von Bauwerksdeformationen
- Qualitätsanalyse und -verbesserung

Für geschulte Geodäten stellt die Interpretation der Punktwolken Daten keine Herausforderung dar. Anders sieht es für den Computer aus, denn Stützbauwerke in großen Datensätzen rein aus XYZ Koordinaten wiederzufinden, ist nicht trivial. Es existieren eine Fülle an Publikationen, die sich mit der semantischen Interpretation von Punktwolken beschäftigen [10,11]. Der in meinen Arbeiten verwendete Ansatz setzt darauf die lokale Nachbarschaft jedes einzelnen Scanpunktes mathematisch zu beschreiben. Objekte wie z.B. Straße, Vegetation, Autos und Stützbauwerke weisen unterschiedliche Eigenschaften in Bezug auf Ausrichtung, Rauigkeit, Punktdichte, usw. auf. Derartige Eigenschaften können durch Merkmalsextraktion und statische Ansätze zur Segmentierung ausgenutzt werden (siehe Abbildung 2). Für weitere Informationen zu den eingesetzten Algorithmen sei an dieser Stelle auf [12] verwiesen.

Die nächste Herausforderung besteht nun darin Verformungen aus den mobilen Laserscanning Punktwolken abzuleiten. Nachdem die Abtastung nie exakt gleich sein wird, liegen a-priori keine

Punkt-korrespondenzen vor. Es bedarf also Strategien um Verformungen des Bauwerks aus zwei Punktwolken zu modellieren [13].

Die Wahl der Strategie ist abhängig von der Form des Bauwerks. In Standardsoftware implementierte Punkt-zu-Punkt Vergleiche sind flexibel und praktisch auf alle Objekte anwendbar [14]. Im Fall von Ankerwänden liegen zum Teil klare geometrische Formen vor. In diesem Fall wird die Segmentierung und anschließende Schätzung von z.B. Ebenenparametern vorteilhaft sein, um eine hohe Präzision und Zuverlässigkeit für das Deformationsmonitoring zu erreichen. Die Segmentierung geankerter Betonelemente erfolgt nach den gleichen mathematischen Ansätzen wie die Identifikation der Stützmauer selbst.

Für Steinschichtungen und Raumgitterwände sind punktwolkenbasierte Methoden [13] besser geeignet. Der entwickelte Ansatz teilt die Punktwolke zunächst mithilfe einer Voxel-Segmentierung in Punktgruppen (Abbildung 3 rechts) ein. Für jede Punktgruppe werden Punkt-korrespondenzen über nahegelegene Punkte hergestellt um anschließend durch Verschieben und Verdrehen beide Epochen zur bestmöglichen Deckung zu bringen. Ein prominenter Vertreter dieser Gruppe ist der Iterative-Closest-Point (ICP) Algorithmus [15]. Dieser Ansatz wird dahingehend adaptiert, dass nicht die euklidische Distanz, sondern der Normalabstand minimiert wird. Der Vorteil liegt in der Robustheit der Methode gegenüber fehlerhaften Punkt-korrespondenzen [16].

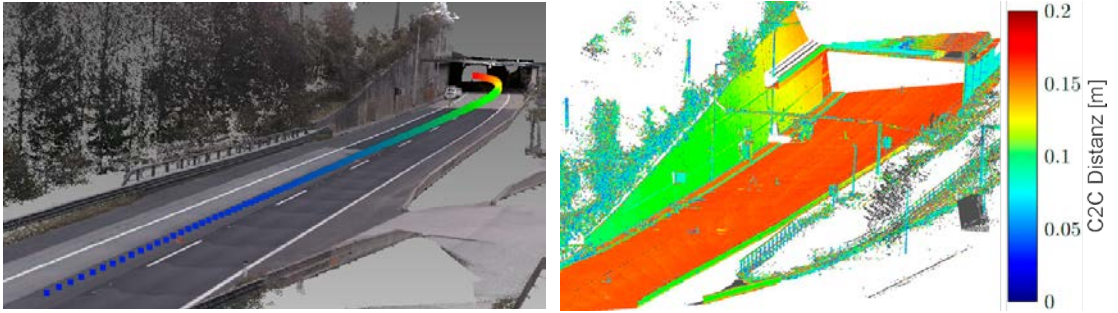


Abb. 4: Separierung der Trajektorienlösungen als Indiz für die Qualität der Georeferenzierung (links) und Cloud-to-Cloud (C2C) Abweichungen von zwei Punktwolken, aufgenommen in zwei Fahrten mit zeitlichem Versatz von ca. 15 Minuten (rechts)

4. Qualität

Die Effizienz von mobilem Laserscanning ist unter Verwendung geeigneter Algorithmen unumstritten. Nachdem sich dieser Beitrag der Anwendung von MLS für Deformationsüberwachungen widmet, darf eine Betrachtung der geometrischen Qualität nicht fehlen. Die Fehlerquellen sind zahlreich und die Unsicherheit der tatsächlich erfassten Punktwolken ist im Vorhinein nur grob abschätzbar [17]. Die derzeitige Empfehlung lautet daher die Messunsicherheiten empirisch zu ermitteln [17].

Die Qualität der Positionierung ist ein entscheidender Faktor für die Gesamtgüte von mobilen Laserscanning Punktwolken. Im Falle direkter Georeferenzierung, d.h. also ohne Verwendung von Passpunkten, sind Lage und Orientierung im alpinen Bereich durch Satellitenabschattungen stark beeinträchtigt. Am Beispiel eines Tunnelpor-

tals wurde festgestellt, dass die Trajektorienlösungen von Vorwärts- und Rückwärtsberechnung um bis zu 12 cm klaffen (Separierung in Abbildung 4 links dargestellt). Trotz einer gewichteten Kombination sind Restfehler enthalten, die empirisch durch Mehrfachmessungen festzustellen sind. Zwei aufeinanderfolgende Messfahrten weisen beim Portal 18 cm Abweichung in der Höhe und über 10 cm in der Lage auf (Abbildung 4 rechts).

Abbildung 5 links zeigt Punkt-zu-Punkt Abweichungen zweier mobiler Laserscanning Punktwolken, die innerhalb weniger Minuten aus zwei Fahrtrichtungen aus aufgenommen wurden. Es fällt bei der farbkodierten Darstellung auf, dass inhomogene Abweichungen auf Straße und Stützbauwerk auftreten. Versuche diese „deformierte“ Punktwolke über Passpunkte oder ICP zu registrieren sind also zum Scheitern verurteilt.

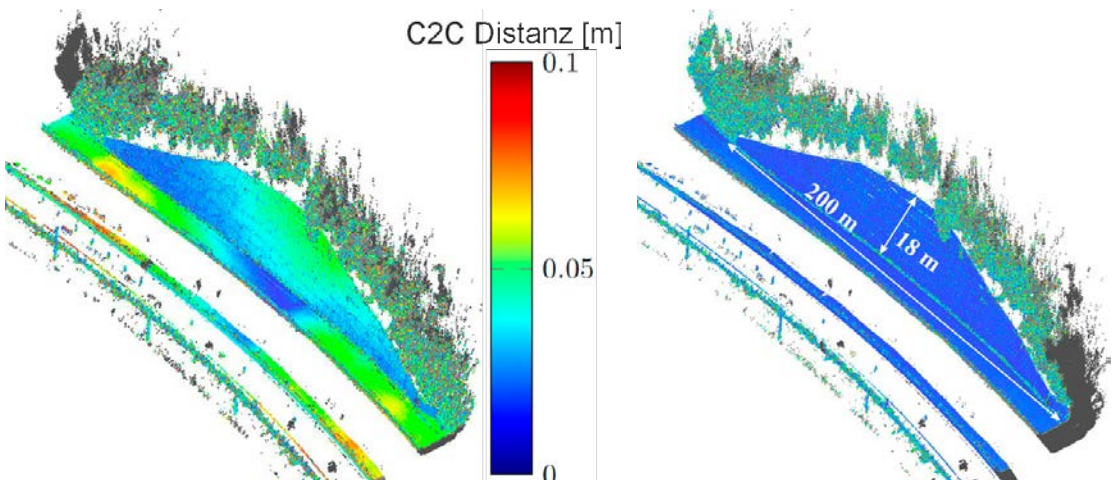


Abb. 5: Punkt-zu-Punkt Abweichungen zweier Punktwolken aus zwei kurz nacheinander durchgeführten Fahrten bei einem 20 m hohen Bauwerk: vor der Registrierung (links) und nach der Registrierung mit Berücksichtigung zeitlich variierender Fehler (rechts)

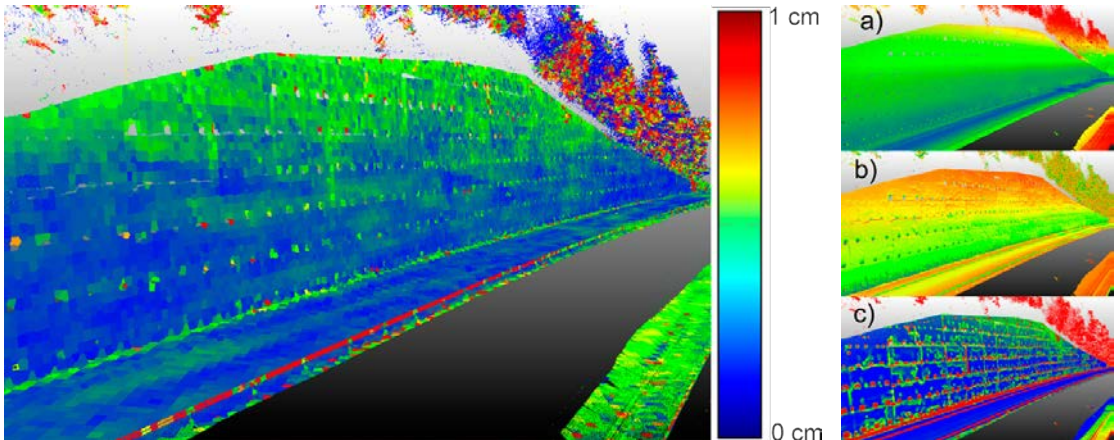


Abb. 6: Standardabweichung der Deformationsbestimmung normal zur Oberfläche (links), Objektdistanz (a), Auftreffwinkel (b) und Oberflächenrauigkeit (c) (rechts)

Aus diesem Grund wurde eine neue Methode entwickelt, die zeitabhängige Fehler in der Registrierung zweier mobiler Laserscans berücksichtigt [16]. Die Punktwolken werden zeitlich untergliedert und abschnittsweise mithilfe der im vorigen Kapitel vorgestellten Methode registriert. Die Qualitätssteigerung ist beachtlich, wie in Abbildung 5 rechts zu sehen ist. Während die Abweichungen ursprünglich bis zu 10 cm ausmachten, liegt die mittlere Abweichung nach der Registrierung unter 1 cm.

Im Zuge der vielen Versuchsreihen stellte sich heraus, dass selbst die Punktwolken von Scanner links und rechts zeitliche Variationen aufweisen. Unter ungünstigen Bedingungen und einer nicht symmetrischen Scannerkonfiguration weichen die beiden Punktwolken bis zu 2,5 cm voneinander ab. Aber auch hier konnte die adaptierte Registrierungsmethode angewendet werden, um diese Fehler zu minimieren [16].

5. Strenge Deformationsanalyse

Das Ergebnis dieser Prozessierungsschritte sind Punktwolken, die relativ zueinander besser als 1 cm übereinstimmen (Abbildung 5 rechts) und frei von groben und systematischen Fehlern sind. Diese Erkenntnis lud dazu ein, aus einer Stichprobe von vier Punktwolken (das sind vier Messfahrten) die Streuung zu berechnen. Dazu wurde die punktwolken-basierten Vergleichsmethode (siehe Kapitel Datenverarbeitung) in allen $\binom{4}{2} = 6$ Kombinationen gerechnet und aus den Abweichungen in Normalenrichtung die Standardabweichung bestimmt (Abbildung 6 links). Im oberen Bereich der Mauer liegt die Streuung bei ca.

3 mm – 5 mm. Wie in verschiedenen Publikationen aus Laborversuchen festgestellt wurde, besteht ein Zusammenhang zwischen der empirischen Standardabweichung, der Objektdistanz (a), des Auftreffwinkels (b) und der Oberflächenrauigkeit (c) (Abbildung 6 rechts). Zur Berechnung dieser Größen sind die Trajektoriendaten erforderlich [16].

Mithilfe der empirischen Standardabweichung ist es nun möglich, im Sinne der strengen Deformationsanalyse [18], zwischen signifikanten Deformationen und Messrauschen zu unterscheiden. Die berechneten Translationsparameter von 5,4 mm im oberen Bereich des Bauwerks können mit 95 % Konfidenz als nicht signifikant ausgewiesen werden (siehe Abbildung 7 oben). Die Gegenüberstellung in 19 Punkten (schwarze Punkte in Abbildung 7 links oben) mit geodätischen Messungen zeigen eine Übereinstimmung von besser als 5 mm (siehe Abbildung 7 unten).

6. Zusammenfassung

Geodätisches Monitoring gilt als Sonderprüfmaßnahme in der Erhaltung von Infrastrukturbauwerken. Vermessungen finden statt, wenn der Zustand des Bauwerks im Zuge einer handnahen Prüfung durch einen Bauingenieur als kritisch eingestuft wird. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, inwieweit mobiles Laserscanning einen Beitrag zur kosteneffizienten Zustandsbewertung von Stützbauwerken leisten kann.

Die initialen Anschaffungskosten für kommerzielle, fahrzeuggebundene, Laserscanning Systeme sind derzeit noch sehr hoch. Im Zuge der Forschungsarbeiten wurde deshalb mit Industriepartnern zusammengearbeitet und Systeme von

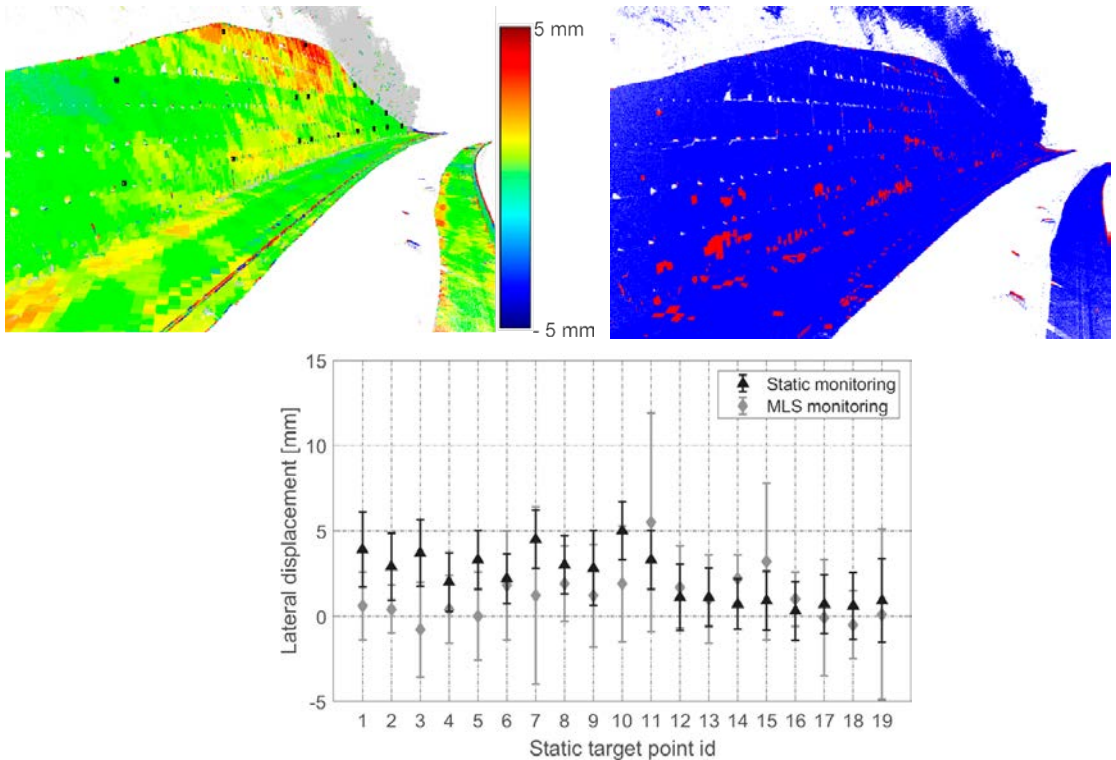


Abb. 7: Strenge Deformationsanalyse mit mobilem Laserscanning am Beispiel eines Stützbauwerks: Abweichungen in Normalenrichtung (links oben), binäre Maske mit signifikanten (rot) und nicht signifikanten (blau) Deformationen sowie eine Gegenüberstellung zwischen geodätischen Messungen und den Ergebnissen aus mobilem Laserscanning (unten)

vier verschiedenen Herstellern eingesetzt. Nach 8 Messkampagnen kann festgestellt werden, dass die Systeme noch nicht voll ausgereift sind und Knowhow bei der Nutzung lange aufgebaut werden muss.

In Bezug auf Deformationsmonitoring stellt die Georeferenzierung die größte Herausforderung dar. An zwei Beispielen wurde gezeigt, dass die Fehler auf über 20 cm anwachsen können und zudem auch noch zeitlich variabel sind. Bei dem Punktwolkenvergleich einer 200 m langen und 20 m hohen Stützmauer, die innerhalb weniger Minuten zweimal gescannt wurde, ergab sich ein inhomogenes „Verformungsbild“ mit Abweichungen von bis zu 10 cm. Das bedeutet, dass eine Transformation mittels Passpunkten oder Standard Punktwolken Registrierungsmethoden nicht funktioniert. In den Forschungsarbeiten wurden daher Algorithmen zur Verarbeitung von mobilen

Laserscanning-Daten entwickelt. Diese ermöglichen eine rasche Datenverarbeitung sowie die Registrierung von Punktwolken mit Berücksichtigung der zeitlich variablen Fehler.

Damit liegt ein Arbeitsfluss für die strenge Deformationsanalyse mit mobilem Laserscanning vor. Die Genauigkeit der Methode ist stark von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig. In den Untersuchungen konnte für glatte, vegetationsbefreite Infrastrukturbauwerke Verformungen im Millimeterbereich mit 95 % Konfidenz detektiert werden.

Diese Methode strebt nicht danach tachymetrische Überwachungsmessungen zu ersetzen, sondern potenziell geschädigte Bauwerke aus der Vielzahl an Objekten aufzuspüren. Diese effiziente, automatische „Vorprüfung“ kann als Datengrundlage für die eigentliche Bauwerksprüfung verstanden werden.

Referenzen

- [1] FSV (2013): Qualitätssicherung bauliche Erhaltung – Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten, Geankerte Stützbauwerke, RVS, 13.03.21, Wien.
- [2] FSV (2014): Qualitätssicherung bauliche Erhaltung – Überwachung, Kontrolle und Prüfung von Kunstbauten, Nicht geankerte Stützbauwerke, RVS, 13.03.61, Wien.
- [3] Kuhlmann H., Klingbeil L. (2017): Mobile Multisensorsysteme. In: Schwarz W. (Hrsg.): Ingenieurgeodäsie. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47188-3_20. ISBN 978-3-662-47187-6. S. 93–129
- [4] Leica Geosystems (2022): Leica Pegasus:Two Ultimate, Mobile reality capture, Datenblatt verfügbar unter: https://leica-geosystems.com/products/mobile-mapping-systems/capture-platforms/leica-pegasus_two-ultimate. Letzter Zugriff: 19.09.2022.
- [5] Siteco Informatica (2022): Road-Scanner - The 4th generation high-performance Mobile Mapping System. Datenblatt verfügbar unter: <https://www.sitecoinf.it/en/solutions/road-scanner>. Letzter Zugriff: 19.09.2022.
- [6] Trimble (2022): Trimble MX9 – Mobile Mapping Solution. Datenblatt verfügbar unter: <https://www.sitecoinf.it/en/solutions/road-scanner>. Letzter Zugriff: 19.09.2022.
- [7] Riegl Laser Measurement Systems (2022): Riegl VMX-2HA. Datenblatt verfügbar unter: <http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/produktdetail/product-scanner/56/>. Letzter Zugriff: 19.09.2022.
- [8] Certainty 3d (2022): TopoDOT – Point Cloud Processing Software. <https://new.certainty3d.com/>. Letzter Zugriff: 19.09.2022.
- [9] Bentley Systems (2022): Orbit GT 3DM Content Manager - Complete software suite to manage, extract and share 3D data. <https://orbitgt.com/domains/mobile-mapping/>. Letzter Zugriff: 19.09.2022.
- [10] Weinmann M., Jutzi B., Mallet C. (2013): Feature relevance assessment for the semantic segmentation of 3D point cloud data. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences II-5/W2, S. 313-318.
- [11] Hackel T., Savinov N., Ladicky L., Wegner J.D., Schindler K., Pollefeys M. (2017): SEMANTIC3D.NET: A new large-scale point cloud classification benchmark. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences IV-1-W1, S. 91-98.
- [12] Kalenjuk S., Lienhart W., Rebhan M. (2021). Processing of mobile laser scanning data for largescale deformation monitoring of anchored retaining structures along highways. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 36(6), 678-694. <https://doi.org/10.1111/mice.12656>
- [13] Wunderlich T., Niemeier W., Wujanz D., Holst C., Neitzel F., Kuhlmann H. (2016): Areal Deformation Analysis from TLS Point Clouds – The Challenge. Allgemeine Vermessungsnachrichten 123, 11-12, S. 340 – 351.
- [14] Holst C., Schmitz B., Schraven A., Kuhlmann H. (2017): Eignen sich in Standardsoftware implementierte Punktwolkenvergleiche zur flächenhaften Deformationsanalyse von Bauwerken? zfv 142, 2/2017, S. 98-110.
- [15] Besl P. J., McKay N. D. (1992): Method for registration of 3-D shapes. Sensor Fusion IV: Control Paradigms and Data Structures, International Society for Optics and Photonics, S. 586-607.
- [16] Kalenjuk S., Lienhart W. (2022). A Method for Efficient Quality Control and Enhancement of Mobile Laser Scanning Data. Remote Sensing, 14(4), [857]. <https://doi.org/10.3390/rs14040857>
- [17] Kuhlmann H. (2020): Uncertainty modelling for kinematic multi-sensor systems. Beitrag zur Fachtagung der Deutschen Geodätischen Kommission (Abteilung Ingenieurgeodäsie) & der Gesellschaft zur Kalibrierung Geodätischer Messmittel vom 21.-23. September 2020 in Bad Lauterbach, Deutschland zum Thema Unsicherheitsmodellierung beim Einsatz komplexer Messsysteme.
- [18] Pelzer H. (1971): Zur Analyse geodätischer Deformationsmessungen. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, 164, München, 86 S.

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Slaven Kalenjuk, Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme, TU Graz, Steyrergasse 30, 8010 Graz.
E-Mail: slaven.kalenjuk@tugraz.at
E-Mail: slaven.kalenjuk@gmail.com

Methoden der freien Stationierung und ihre Umsetzung in gängigen Softwareprodukten



Methods of free station setup and their implementation in common software products

Ekkehart Grillmayer, Garsten und Franz Blauensteiner, Wien

Kurzfassung

Die freie Stationierung ist eine Standardmethode zur Bestimmung der Koordinaten des Tachymeter-Standpunktes. Sie findet Einsatz direkt am Vermessungsgerät sowie in der Vermessungssoftware im Büro. Das Ergebnis der freien Stationierung wird durch die Wahl der Berechnungssoftware, der darin implementierten Berechnungsmethoden mit deren unterschiedlichen Konfigurationsmöglichkeiten beeinflusst. In dieser Publikation wird anhand praktischer Beispiele in der Katastervermessung und Ingenieurvermessung erörtert, was bei der Verwendung der freien Stationierung zu beachten ist und wie sich die unterschiedlichen Konfigurationsmöglichkeiten auf das Ergebnis der Freien Stationierung auswirken können.

Schlüsselwörter: Freie Stationierung, Ausgleichung, Katastervermessung, Ingenieurgeodäsie, Vermessungssoftware

Abstract

Free station setup is a standard method for the determination of the total station coordinates. It is used directly on the surveying instrument as well as in the surveying software in the office. The result of free station setup is influenced by the choice of the surveying software, the calculation methods implemented in it and their different configuration options. This publication uses practical examples in cadastral surveying and engineering geodesy to discuss what has to be considered when using free station setup and how different configuration options can affect the results.

Keywords: free station setup, least squares adjustment, cadastral survey, engineering geodesy, surveying software products

1. Motivation

Die meisten Nutzenden von Totalstationen werden schon die Erfahrung gemacht haben, dass die Ergebnisse einer freien Stationierung, wie sie am Gerät im Feld berechnet wurde, von jenen, die bei der Kontrolle im Büro nachberechnet werden, abweichen. Die Gründe dafür sind vielfältig – für die meisten Anwender liegen sie jedoch im Verborgenen, in den Konfigurationen und unterschiedlichen Berechnungsmöglichkeiten, welche die Softwareprodukte bieten. Diese Arbeit widmet sich vorrangig den Unterschieden in den Berechnungsmethoden, der Auswirkung von Genauigkeitseinstellungen und der Datumsverfügung. Dabei werden robuste Schätzverfahren, die zunehmend an Bedeutung gewinnen (siehe dazu [1], [2] sowie [3]), ausgeklammert, da diese noch wenig Eingang in Standard-Software-Produkte gefunden haben.

Fragen zur korrekten oder günstigen Konfiguration einer freien Stationierung oder allgemeiner Geometrie der Messsituation werden ebenso ausgespart, da dieses Thema im Rahmen der ver-

messungstechnischen Grundausbildung intensiv behandelt wird und sich dazu auch anderweitig ausreichend Publikationen finden lassen (siehe z.B. [4, 5]).

2. Grundlagen

Wir gehen von der in Abbildung 1 dargestellten Aufnahmesituation aus.

P_1 bis P_n sind die n Anschluss- oder Lagerungspunkte (in weitere Folge als AP abgekürzt), R bezeichnet die jeweilige (unorientierte) Richtung, s die Streckenmessung vom Standpunkt FS zu den einzelnen AP. Die Achsen ξ und η bezeichnen das lokale Horizontsystem des Tachymeters, mit y und x werden die Achsen des gewünschten Abbildungssystems bezeichnet, wobei Konformität unterstellt wird und in weiterer Folge davon ausgegangen wird, dass an die Strecken bereits alle notwendigen Reduktionen angebracht wurden. Die Koordinaten der AP im Abbildungssystem sind inklusive ihrer Genauigkeitsschätzung bekannt.

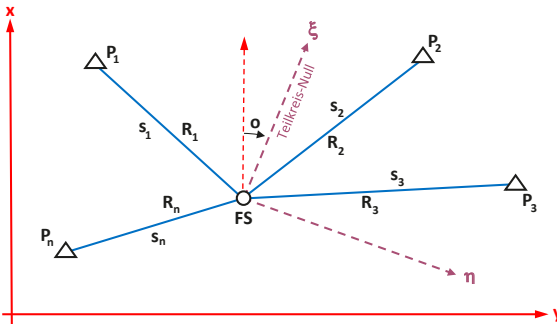


Abb. 1: Aufnahmesituation (schematisch)

3. Berechnungsmethoden

Die klassische Form der Berechnung, wie sie auch heute noch teilweise in Lehrbüchern anzutreffen ist, findet hier keine Berücksichtigung, da sie kaum noch von praktischer Bedeutung ist. Das Verfahren beruht im wesentlichen darauf, im Dreieck, welches der Standpunkt und zwei Anschlusspunkte bilden, die Innenwinkel in den Anschlusspunkten zu berechnen sowie den Richtungswinkel der durch sie begrenzten Seite. Somit gelangt man zu den Richtungswinkeln von den Anschlusspunkten zum Standpunkt und kann diesen polar gemäß der ersten Hauptaufgabe einrechnen.

Oftmals finden sich in User-Foren auch Spekulationen darüber, ob Software-Anbieter mit diesem Algorithmus bei mehreren Anschlusspunkten alle Kombinationen durchrechnen und dann für die Standpunktkoordinaten ein Mittel ausgeben. Dies kann für die hier betrachteten Produkte entschieden verneint werden und würde auch in Hinblick auf die Einfachheit der in 3.1 dargestellten Berechnung mittels Helmert-Transformation, welche sich an [6] orientiert, wenig Sinn ergeben.

3.1 Helmert-Transformation

In einem ersten Schritt werden die lokalen Koordinaten (ξ_i, η_i) der Punkte P_i mittels der reduzierten Strecken s_i und der unorientierten Richtungen R_i berechnet.

$$\xi_i = s_i \cdot \cos R_i, \quad \eta_i = s_i \cdot \sin R_i \quad (3-1)$$

Die lokalen Koordinaten sowie die Abbildungskordinaten der Punkte werden auf den Schwerpunkt S reduziert (die eckigen Klammern werden als Summationsymbole für $i \in [1, n]$ benutzt ¹⁾)

1) entsprechend der Gauß'schen Summenschreibweise

$$\xi_S = \frac{[\xi_i]}{n}, \quad \eta_S = \frac{[\eta_i]}{n}, \quad y_S = \frac{[y_i]}{n}, \quad x_S = \frac{[x_i]}{n} \quad (3-2)$$

$$\bar{\xi}_i = \xi_i - \xi_S, \quad \bar{\eta}_i = \eta_i - \eta_S \quad (3-3)$$

$$\bar{y}_i = y_i - y_S, \quad \bar{x}_i = x_i - x_S \quad (3-4)$$

Die Ähnlichkeitstransformation wird formal angeschrieben mit:

$$\begin{pmatrix} y \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_S \\ x_S \end{pmatrix} + m \cdot \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \bar{\eta} \\ \bar{\xi} \end{pmatrix} \quad (3-5)$$

Mit der Abkürzung

$$a = m \cdot \sin \alpha, \quad b = m \cdot \cos \alpha \quad (3-6)$$

lassen sich schließlich die Transformationsparameter nach Helmert und die Koordinaten der Station wie folgt berechnen:

$$a = \frac{[\bar{\xi}_i \cdot \bar{y}_i - \bar{\eta}_i \cdot \bar{x}_i]}{[\bar{\eta}_i^2 + \bar{\xi}_i^2]}, \quad b = \frac{[\bar{\eta}_i \cdot \bar{y}_i + \bar{\xi}_i \cdot \bar{x}_i]}{[\bar{\eta}_i^2 + \bar{\xi}_i^2]} \quad (3-7)$$

$$\begin{aligned} y_{FS} &= y_S - b \cdot \eta_S - a \cdot \xi_S, \\ x_{FS} &= x_S - b \cdot \xi_S + a \cdot \eta_S \end{aligned} \quad (3-8)$$

In a und b ist auch noch ein Maßstab enthalten, der sich nach [6] wie folgt leicht eliminieren lässt:

$$m = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \bar{a} = \frac{a}{m}, \quad \bar{b} = \frac{b}{m} \quad (3-9)$$

Schließlich lassen sich noch die Restklaffungen der AP berechnen:

$$\begin{aligned} r_{y_i} &= y_i - (y_{FS} + b \cdot \eta_i + a \cdot \xi_i), \\ r_{x_i} &= x_i - (x_{FS} + b \cdot \xi_i - a \cdot \eta_i) \end{aligned} \quad (3-10)$$

und daraus eine empirische Standardabweichung für die Koordinaten des Standpunkts ermitteln.

Man sieht, dass diese Summen-Formeln zwar recht einfach und ohne großen Aufwand umsetzbar sind, allerdings können weder die Genauigkeit der Messungen noch jene der AP Koordinaten einbezogen werden. Wie in [7] S 262 ff dargelegt, liegt diesem Formalapparat ein Ausgleich nach kleinsten Quadraten zu Grunde.

Bei genauer Betrachtung erkennt man, dass (3-10) mit geringfügiger Umformung als Beobachtungsgleichung genutzt werden kann:

$$\begin{aligned} y_i + v_{y_i} &= y_{FS} + b \cdot \eta_i + a \cdot \xi_i \\ x_i + v_{x_i} &= x_{FS} + b \cdot \xi_i - a \cdot \eta_i \end{aligned} \quad (3-11)$$

Die Koordinaten der AP im Abbildungssystem stellen somit die Beobachtungen dar und es wird

möglich, entsprechend ihren Genauigkeiten, individuelle Gewichte in die Ausgleichung einzuführen. Weitere Ausführungen dazu und eine ausführliche Diskussion zur Grobfehlersuche in den AP finden sich in [8] S 69 ff.

3.2 Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen

Dieser Lösungsweg beginnt nicht mit den bereits aus den Beobachtungen abgeleiteten lokalen Koordinaten, sondern mit den Beobachtungen selbst und nutzt dabei die geometrischen Relationen, die diese zwischen Stand- und Zielpunkt vermitteln. Die Beobachtungsgleichungen ergeben sich im Wesentlichen aus der Linearisierung der zweiten Hauptaufgabe wie folgt:

$$\begin{aligned}
 R_i + v_{R_i} = R_{i_0} &- \frac{\cos(R_{i_0} + o_0)}{s_{i_0}} \cdot \rho \cdot dy_{FS} \\
 &+ \frac{\sin(R_{i_0} + o_0)}{s_{i_0}} \cdot \rho \cdot dx_{FS} \\
 &+ \frac{\cos(R_{i_0} + o_0)}{s_{i_0}} \cdot \rho \cdot dy_i \\
 &- \frac{\sin(R_{i_0} + o_0)}{s_{i_0}} \cdot \rho \cdot dx_i - d\sigma
 \end{aligned} \quad (3-12)$$

$$\begin{aligned}
 s_i + v_{s_i} = s_{i_0} &- \sin(R_{i_0} + o_0) \cdot dy_{FS} \\
 &- \cos(R_{i_0} + o_0) \cdot dx_{FS} \\
 &+ \sin(R_{i_0} + o_0) \cdot dy_i \\
 &+ \cos(R_{i_0} + o_0) \cdot dx_i
 \end{aligned} \quad (3-13)$$

(3-12) ist noch in den Einheiten der Richtungsmessung (ρ wurde bewusst ohne konkrete Einheiten verwendet), (3-13) in jenen der Streckenmessung angegeben. Es muss daher eine Entscheidung zugunsten einer Einheit getroffen werden, in der die weitere Berechnung durchgeführt wird. Heute ist es durchwegs gebräuchlich, die Längeneinheit zu wählen. Dazu muss lediglich (3-12) durch Subtraktion von R_i in die Verbesserungsgleichung übergeführt werden. Das Absolutglied $R_{i_0} - R_i$ wird nur noch sehr kleine Beträge aufweisen und kann mit der Strecke s_{i_0} und ρ (in der entsprechenden Winkeleinheit: hier wird vermutlich in den meisten Fällen in [cc] gearbeitet) in das Perpendikel umgerechnet werden. Das Perpendikel ist jene Strecke am Zielpunkt der Visur, welche durch die Richtungsdivergenz im Zielpunkt verursacht wird. Durch die gleiche Behandlung

der Koeffizienten der Reihenentwicklung werden diese dimensionslos und vermitteln schließlich nur noch die Geometrie der Messsituation.

3.3 Datumsverfugung

Wie bei Ausgleichsaufgaben üblich, muss auch darüber entschieden werden, wie „fest“ die Koordinaten der AP gehalten werden sollen – welche Varianz ihnen zu unterstellen ist. Bei der Anwendung der geschlossenen Lösung und dem Ansatz nach Helmert (Formeln (3-1) bis (3-10)) wird unterstellt, dass diese Varianz Null ist, die Koordinaten der Punkte gelten als fehlerfrei.

Wird die Berechnung dem Grunde nach als Helmert-Transformation durchgeführt, algorithmisch aber wie unter (3-11) dargestellt, als Ausgleichung mit den AP als Beobachtungen umgesetzt, so können diese gemäß ihren Genauigkeiten gewichtet werden. Die eigentlichen Beobachtungen (Richtungen und Strecken) werden jedoch als fehlerfrei in die lokalen Koordinaten ξ und η übergeführt, denen im Weiteren als Komponenten der Designmatrix keine Genauigkeiten beigemessen werden (können).

Beide Methoden liefern somit Ergebnisse, die sich von jenen der vermittelnden Ausgleichung unter Festpunktzwang unterscheiden können, da bei letzterem i.d.R. die Messgenauigkeiten (instrumentelle Genauigkeiten) als Gewichte berücksichtigt werden.

In den beiden Beobachtungsgleichungen (3-12) und (3-13) wurden zur Verallgemeinerung die Koordinaten der AP als Unbekannte angesetzt, wodurch im ersten Moment immer mehr Unbekannte als Beobachtungen auftreten und somit ein Rangdefekt vorliegt. Zur Behebung dieses Rangdefekts sind folgende drei Vorgangsweisen die gebräuchlichsten. Die mathematische Ausformulierung kann beispielsweise in [9] ab S 220 nachgelesen werden.

3.3.1 Gezwängte Lagerung

Die AP werden als bekannt und fehlerfrei angenommen, die auftretenden Widersprüche werden den beobachteten Richtungen und Strecken zugeschrieben. Dies wird durch ein einfaches Streichen der entsprechenden Spalten der Designmatrix erreicht.

3.3.2 Freie Lagerung

Neben den Beobachtungsgleichungen werden zusätzliche Bedingungsgleichungen im Sinne einer Helmert-Transformation angesetzt. Diese

Bedingungsgleichungen sind den Gleichungen (3-11) sehr ähnlich, es können jedoch keine Gewichte für die AP eingeführt werden.

3.3.3 Weiche Lagerung

Die Koordinaten der AP werden als direkte Beobachtungen eingeführt und die Designmatrix A erweitert. Mit diesem Vorgehen können die Genauigkeiten der Koordinaten der APs in die Gewichtsmatrix mit einbezogen werden. Besonders wenn die Genauigkeit dieser Koordinaten als wesentlich geringer als jene der tachymetrischen Messungen erwartet werden muss (also z.B. bei RTK Punkten), sollte dieser Ansatz beachtet werden. Eine ausführliche Diskussion und Gegenüberstellung mit der unter 4.3 angeführten Methode findet sich in [10].

4. Genauigkeitsüberlegungen und Gewichte

Die Genauigkeitsangaben für Richtungen und Strecken weisen, wie schon die Beobachtungs- bzw. Verbesserungsgleichungen, unterschiedliche Maßeinheiten auf. Wie unter 3.2 ausgeführt, können die Winkelangaben wieder in das Bogenmaß und weiter in das Perpendikel übergeführt werden. Die Gewichte werden als Quadrat des Kehrwerts der Genauigkeiten angesetzt.

Im Grunde genommen ist es egal, wie man die Einheiten konkret wählt, solange man sich für eine einzige entscheidet. Der Vorteil bei der Nutzung der Längeneinheit ist in vielen Bereichen die Anschaulichkeit der (Zwischen-)Ergebnisse, und dass die Gewichtsverteilung numerisch ausgewogen ist und so das Rechenergebnis nicht verzerrt. Es ist darüber hinaus empfehlenswert mit dem Gewichtseinheitsfehler m_0 bzw. Skalierungsfaktoren zwischen den auftretenden Beobachtungsmitteln zu agieren. Oftmals spiegeln die angenommenen Genauigkeiten nicht die realen Verhältnisse wider. Besonders bei ungünstigen Beobachtungsverhältnissen (Luftflimmern, größere Temperaturvariationen, Wind) werden die gerätespezifischen Genauigkeitsmaße nicht repräsentativ für die realisierten Messwerte sein.

4.1 Instrumentelle Genauigkeiten

Üblicherweise werden Genauigkeitswerte für Richtungsmessungen als konstantes Winkelmaß²⁾ angegeben (m_R), jene für Streckenmessungen sind aus einem konstanten³⁾ (m_{s_k}) und einem stre-

2) in mgon oder cc

3) in mm

ckenabhängigen⁴⁾ (m_{s_v}) Anteil zusammengesetzt. Bei letzterem ist zu beachten, wie dieser für eine konkrete Strecke s_i zu berücksichtigen ist. Hier gibt es zwei unterschiedliche Sichtweisen, welche davon für die Anwendung zu benutzen ist, hängt maßgeblich von der ursprünglichen Bestimmung der Parameter m_{s_k} und m_{s_v} ab.

In den meisten Fällen werden die beiden Fehleranteile nicht ausschließlich die stochastische Eigenschaft der Distanzmessung als solche beschreiben, sondern vielmehr auch eine Vielzahl kleiner systematischer Fehler (ausführlich siehe dazu [11] S. 220 ff). Wie dort ausgeführt, werden bei dieser Art der Genauigkeitsangaben eigentlich stochastische, quasi-stochastische und systematische Fehleranteile miteinander verknüpft, weshalb für die Berechnung der Genauigkeit der einzelnen Strecke

$$m_{s_i} = m_{s_k} + \frac{s_i}{1000} \cdot m_{s_v} \dots [\text{mm}] \quad (4-1)$$

empfohlen wird.

Die Überlegung, die beiden Anteile gemäß Fehler-Fortpflanzungs-Gesetz quadratisch zu addieren

$$m_{s_i} = \sqrt{m_{s_k}^2 + \left(\frac{s_i}{1000} \cdot m_{s_v}\right)^2} \dots [\text{mm}] \quad (4-2)$$

wäre nur unter der Annahme, es handle sich bei beiden Komponenten um stochastische Größen, korrekt und findet sich gelegentlich in der Literatur, wie z.B. in [6].

Die Gerätehersteller beziehen sich bei den von ihnen angegebenen Werten (siehe z.B. Datenblätter) meist auf die Norm ISO 17123-3 für die Richtungen bzw. ISO 17123-4 für die Strecken. Dies ist besonders in zweiterem Fall bemerkenswert, da in der Norm nur ein einzelner Genauigkeitswert für die Streckenmessung ausgegeben wird. Eine Nachfrage bei den Geräteherstellern dazu blieb leider unbeantwortet.

Es sei erwähnt, dass die in der Norm angeführten Feldprüfverfahren mit verhältnismäßig einfachen Mitteln und überschaubarem Aufwand selbst durchgeführt werden können.

4.2 Zentrierfehler

Im Gegensatz zu 4.3 handelt es sich hierbei um einen Fehler der während der Messung zusätzlich auftreten wird. Ursachen können z.B. mangelnde

4) in ppm ... parts per million

Justierung der Horizontiereinrichtung am Zielpunkt oder individuelle Einflüsse durch den Beobachter sein. Letzteres ließe sich bis zu einem gewissen Ausmaß durch die Benutzung einer Aufstellhilfe (Spinne) reduzieren.

Sowohl in der Geräte-Software der Trimble-Tachymeter wie der Berechnungssoftware rmGeo ist die Berücksichtigung von Zentrierfehlern im Zielpunkt (m_{ZPZ}) bzw. im Standpunkt (m_{SPZ}) vorgesehen. Die Benutzung sollte jedoch nur anlassbezogen erwogen werden. Die Berücksichtigung erfolgt vereinfacht ausgedrückt nach dem Fehler-Fortpflanzungsgesetz und ist in 4.4 verkürzt dargestellt. Dies könnte für den Zielpunkt gerechtfertigt erscheinen, für den Standpunkt gibt es bei der freien Stationierung per Definition keinen Zentrierfehler. Beide Softwareprodukte berücksichtigen dies, auch wenn es in den Handbüchern nicht explizit ausgeführt wird (persönliche Kommunikation).

Zu hinterfragen wäre, inwiefern es sich beim Zentrierfehler um einen zufälligen Fehler handelt. Unter der Annahme, dass der Beobachter den Lotstab mit Spinne immer in gleicher Weise Richtung Instrument ausrichtet, die Horizontiereinrichtung (in der Regel eine Dosenlibelle) sich nicht während der Messung verändert, sondern immer gleich falsch anzeigt (weil dejustiert) wird es sich bei dieser Art des Zentrierfehlers eher um einen systematischen Fehler handeln.

4.3 Genauigkeit der AP

In den meisten Fällen können für die Koordinaten der AP Genauigkeiten angegeben oder zumindest abgeschätzt werden, sei es, da diese aus RTK Messungen abgeleitet wurden, aus einem vorangegangenen Ausgleich stammen (Baustellennetze) oder Punkte des amtlichen Festpunktfelds sind. Die Berücksichtigung dieser Genauigkeiten kann durch Einführung einer Gewichtung für (3-11) oder wie unter 3.3.3 ausgeführt erfolgen.

Eine weitere Möglichkeit zeigt [12] auf. Hier werden mittels Fehlerfortpflanzung die Genauigkeiten der AP in den Gewichten für die tachymetrischen Messungen berücksichtigt. Dies entspricht der Vorgehensweise, die auch für die Zentrierfehler genutzt wird (siehe (4-4) und (4-5)).

4.4 Gewichtung der Beobachtungen

Wie eingangs dieses Abschnitts erwähnt, werden die Gewichte als Kehrwert der Genauigkeitsquadrate der Messmittel berechnet und gegebenenfalls mit dem Gewichtseinheitsfehler skaliert. Dieser Schritt dient vor allem dazu, mit Gewichten nahe 1 zu rechnen um numerische Instabilitäten zu vermeiden. Allgemein ausgedrückt wird das Gewicht mit

$$p_j = \frac{m_0^2}{m_j^2} \tag{4-3}$$

angesetzt, wobei j in diesem Fall für die j -te Verbesserungsgleichung steht und m_j entweder ein m_{R_i} oder m_{s_i} ist.

Mit den unter 4.2 angeführten Zentrierfehlern ergeben sich p_{R_i} und p_{s_i} wie folgt:

$$p_{R_i} = \frac{m_0^2}{\left(\frac{m_R}{\rho} \cdot s_i\right)^2 + m_{SPZ}^2 + m_{ZPZ}^2} \tag{4-4}$$

$$p_{s_i} = \frac{m_0^2}{m_{s_i}^2 + m_{SPZ}^2 + m_{ZPZ}^2} \tag{4-5}$$

5. Einordnung Methoden – Softwareprodukte

In Tabelle 1 wurden die Möglichkeiten und Optionen, welche die Anbieter jeweils realisiert haben, zusammengestellt.

Um mit zwei Produkten die gleichen Ergebnisse zu erreichen, müssen die voreinzustellenden Gerätegenauigkeiten ident sein.

| Anbieter | m_R | m_s | m_{SPZ} | m_{ZPZ} | Helmert | Ausgleich | | | |
|-----------|-------|-------|-----------|-----------|---------|-----------|------|-------|--------|
| | | | | | | zwang | frei | weich | robust |
| Leica | S | S | | | S | S | | | S |
| Trimble | S | S | S | S | S | S | | | |
| rmData | S | S | S | S | S | S | A | A | |
| IDC/Geosi | S | S | | | S | S | A | A | |

S ... in der Standardsoftware enthaltene Optionen; A ... nur im Ausgleichsmodul enthaltene Option

Tab. 1: Methoden und Optionen zur Berechnung der freien Stationierung

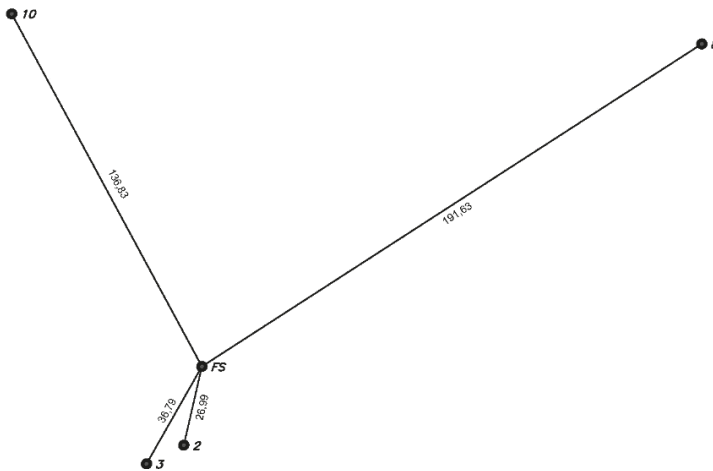


Abb. 2: Schemaskizze zu Beispiel 6.1

Da nur Trimble-Geräte und rmGeo auch die Standpunkts- und Zielpunkts-Exzentrizität als Parameter für die Berechnung der Beobachtungsgewichte einführen, sind diese bei der Benutzung von Trimble-Daten in GeosIVERM bzw. von Leica-Daten in rmGeo jeweils wechselseitig auf NULL zu stellen.

Die obigen Ausführungen beziehen sich nur auf die Berechnungsmethode „Ausgleich mit Festpunktzwang“. Mit der Berechnungsmethode „Helmert“ sollte mit allen Produkten und Kombinationen nahezu gleiche Ergebnisse erzielt werden, da hier die Beobachtungsgewichte nicht einfließen und die Algorithmen bis auf etwaige Rundungen gleich sein sollten. Bei dieser Methode kann lediglich das Verwenden oder Nichtverwenden eines Maßstabs in der Berechnung zu Unterschieden in den Ergebnissen führen.

6. Beispiele

6.1 Stationierung auf RTK Punkten

Wir greifen hier nochmals auf das Beispiel in [13] zurück, reduzieren jedoch auf vier Anschlusspunkte, siehe Abbildung 2.

Mit diesen AP wurde die Stationierung mittels Helmert-Transformation, vermittelndem Ausgleich unter Zwang und weicher Lagerung berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 ersichtlich.

Auf den ersten Blick mögen die gewählten Gewichte für die Versuche

3–5 absurd erscheinen. Bei der Ausgleichung werden stets die Gewichtsansätze überprüft und statistisch getestet. Die Standardwerte (Versuch 2) erfüllen diese Testung nicht, eine allfällige Varianzkomponentenschätzung würde die in 3 gewählten Gewichte empfehlen. Versuch 4 würde ein Ergebnis erzeugen in dem der Anwender der Distanzmessung überdurchschnittlich vertraut, Versuch 5 wäre der umgekehrte Fall. Diese beiden Versuche sollen vor allem verdeutlichen, dass sehr grob von der Messrealität abweichende Gewichtsansätze das Ergebnis erheblich verändern.

In den meisten Fällen wird die innere Genauigkeit der Messungen im Vergleich zur Genauigkeit der Anschlusspunkte wesentlich höher sein. Um dies zu illustrieren wurden in Tabelle 3 für die jeweiligen Gewichtsansätze (Zeilen) die in metrische Werte umgerechneten Genauigkeiten (m_Q und m_S in [mm]), die im Wesentlichen auch die individuellen Gewichtungen widerspiegeln, zusammengestellt.

| Nr | Methode | m_R [cc] | m_{s_K} [mm] | m_{s_D} [ppm] | m_P [mm] | Rechtswert [m] | Hochwert [m] |
|----|----------------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|--------------|
| 1 | Helmert | | | | | 100816.661 | 240839.366 |
| 2 | gezwängter Ausgleich | 9, | 3, | 1, | 0 | .663 | .352 |
| 3 | | 100, | 20, | 5, | 0 | .664 | .359 |
| 4 | | 100, | 1, | 1, | 0 | .644 | .371 |
| 5 | | 3, | 10, | 10, | 0 | .661 | .341 |
| 6 | Weiche Lagerung | 9, | 3, | 1, | 3 | .664 | .364 |
| 7 | | 9, | 3, | 1, | 30 | .662 | .366 |

m_P ... Mittlerer Punktlagefehler

Tab. 2: Freie Stationierung auf vier mittels RTK bestimmten Anschlusspunkten

| Versuch \ PNr | 2 | | 3 | | 8 | | 10 | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | m_Q | m_S | m_Q | m_S | m_Q | m_S | m_Q | m_S |
| 2 (9, 3, 1, 0) | 0,4 | 3,0 | 0,5 | 3,0 | 2,7 | 3,2 | 1,9 | 3,1 |
| 3 (100, 20, 5, 0) | 4,2 | 20,1 | 5,8 | 20,2 | 30,2 | 21,0 | 21,5 | 20,7 |
| 4 (100, 1, 1, 0) | 4,2 | 1,0 | 5,8 | 1,0 | 30,2 | 1,2 | 21,5 | 1,1 |
| 5 (3, 10, 10, 0) | 0,1 | 10,3 | 0,2 | 10,4 | 0,9 | 11,9 | 0,6 | 11,4 |
| 6 (9, 3, 1, 3) | 3,0 | 4,3 | 3,0 | 4,3 | 4,0 | 4,4 | 3,6 | 4,3 |
| 7 (9, 3, 1, 30) | 30,0 | 30,2 | 30,0 | 30,2 | 30,1 | 30,2 | 30,1 | 30,2 |

Tab. 3: Genauigkeiten der Versuche in Perpentikel m_Q und Streckenfehler m_S umgerechnet (in [mm]), inkl. Berücksichtigung möglicher Zielpunktfehler m_P nach [12] in mm

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Genauigkeiten der tachymetrischen Messungen jene der RTK Punktbestimmung bei weitem übertreffen.

Die Nutzung der Varianzkomponentenschätzung ist zu hinterfragen, wie die Versuche 3–5 dokumentieren. Besonders Versuch 3, bei dem die Orientierung der Stationierung stärker von den nächstgelegenen AP abhängt als von den weiter entfernten, entspricht mit Sicherheit nicht der Intention des Anwenders. Ebenso wird bei Variante 5 das Ergebnis viel stärker von den Richtungen als von den Strecken abhängen, sodass es fast jenem eines Rückwärtsschnitts entspricht.

Die RTK Punktbestimmung erreicht weitgehend homogene Genauigkeiten von 1,5 cm–2 cm (unter geeigneten GNSS Messbedingungen) im Referenzsystem des RTK-Dienstes. Das führt dazu, dass die Nachbarschaftsgenauigkeit von Anschlusspunkten im Vergleich zu den Genauigkeiten der tachymetrischen Messungen gering ausfällt. Bei ungünstigen Bedingungen können die Spannungen benachbarter AP einige cm betragen. Diese Nachbarschaftsgenauigkeit der AP kann durch geeignete Messabläufe erhöht werden, beispielsweise in dem die AP zeitversetzt ein zweites Mal gemessen werden.

Bei der Berechnung mittels Ausgleichung sollten für die Gewichtung eher die nominellen Genauigkeiten der Messgeräte benutzt werden und nicht jene, die aus einer Varianzkomponentenschätzung ableitbar sind. Die Varianzkomponentenschätzung kann nur dann zu einem sinnvollen Ergebnis beitragen, wenn eine ausreichend redundante Messkonfiguration vorliegt und sämtliche stochastische Informationen einbezogen werden können (siehe dazu [14]). Bei der Berechnung einer freien Stationierung auf RTK-AP durch vermit-

telnde Ausgleichung unter Anschlusszwang (wie im Katasterfall gefordert) erscheint sie daher nicht geeignet.

Abhilfe würde ein Ausgleich mit weicher Lagerung schaffen. Hierbei könnten die AP mit realistischen Gewichten versehen werden. Das sind die Versuche 6 und 7 aus der Tabelle 2. Die Auswertesoftware rmGEO hat in ihren Standardeinstellungen einen Zielpunktfehler von 3 mm definiert, wodurch schon kein gezwängter Ausgleich im engeren Sinn gegeben ist. Diese Maßnahmen fördern die Qualität und Zuverlässigkeit der Koordinaten der Freien Stationierung.

Sofern die Methode für Arbeiten im Kataster Anwendung findet, sollte die Art des Ausgleichs in der Vermessungsurkunde dokumentiert werden. Nur so kann zu einem späteren Zeitpunkt bei der Rücksteckung die ursprüngliche Position von Grenzpunkten wieder zuverlässig hergestellt werden.

6.2 Stationierung in einem Baustellennetz

In diesem Beispiel wurden auf einer Baustelle im Zuge der Erdbauarbeiten bereits die Polygonpunkte für die späteren Absteckarbeiten im Betonbau hergestellt und eingemessen. Dies erfolgte über je zwei zwangszentrierte Aufstellpunktpaare, die an die Polygonpunkte der ursprünglichen Geländeaufnahme angeschlossen wurden und in deren Koordinaten später im Zuge des Ausgleichs alle vier Standpunkte frei gelagert wurden. Im ersten Rechenschritt wurden die Standpunktpaare noch unabhängig voneinander ausgewertet und die Ergebnisse für die Koordinaten der Polygonpunkte gemittelt. Dies führte zu kleinen Spannungen im Polygonnetz der Baustelle (2–3 mm), die im zweiten Rechenschritt, dem gemeinsamen freien Ausgleich, bereinigt wurden, sodass die Lage-

widersprüche zwischen den Polygonpunkten nur noch rund 1 mm betragen.

Berechnet man nun in diesen beiden Koordinatensets eine Stationierung, die im Zuge der Absteckarbeiten gemessen wurde, so zeigt sich, dass bereits die geringen Spannungen der Polygonpunkte der ersten Berechnung dazu führen, dass die Ergebnisse der Berechnung mittels Helmert-Transformation und jene aus einer gezwängten Ausgleichung um mehrere Millimeter differieren (siehe Tabelle 4).

Wird den Anschlusspunkten ein Punktagefehler von 3 mm unterstellt, ergeben sich die gleichen Koordinatenwerte wie aus der Berechnung nach Helmert. Bei der Berechnung der freien Stationierung mit den Koordinaten nach Ausgleichung des Polygonnetzes verschwinden diese Differenzen weitgehend und das Ergebnis variiert in Abhängigkeit von der Berechnungsmethode um weniger als 1 mm.

Dies erscheint nicht weiter verwunderlich, da für die einzelne freie Stationierung kaum ein algorithmischer Unterschied zwischen einer Helmert-Transformation, einem freien Ausgleich oder einem Ausgleich mit weicher Lagerung, bei dem die Genauigkeiten der Anschlusspunkte um ein Vielfaches geringer sind als jene der Beobachtungen, besteht.

7. Zusammenfassung

Und was ist jetzt richtig? Das ist die – an dieser Stelle – klassische Frage, die sich, wenig überraschend, nicht eindeutig beantworten lässt. Wie immer bei der Arbeit mit Messdaten gibt es weder richtig noch falsch, sondern nur ein „wahrscheinliches“ und ein „weniger wahrscheinliches“ Ergebnis. Außerdem wird die Wahl der Berechnungsmethode auch immer von der Anwendung, also vom Ziel, welches mit der Stationierung (und den daran anschließenden Messungen) erreicht werden soll, abhängen.

Die Berechnung mittels Helmert-Transformation ohne Maßstabsunbekannte wird in den meisten praktischen Fällen wohl die sichere Wahl sein, sofern keiner der Anschlusspunkte grob fehlerhafte Koordinaten aufweist (Beschädigung) oder die Genauigkeit der Anschlusspunktkoordinaten sehr unterschiedlich ist. Die freie Stationierung wird in vielen Fällen vermutlich auf eher kurzen Seiten ausgeführt, bei denen anzunehmen ist, dass die Genauigkeit der Messmittel wesentlich besser ist, als jene der Koordinaten der Anschlusspunkte. Wie gezeigt wurde, führen relativ zu den Beobachtungen ungenaue Anschlusspunktkoordinaten im vermittelnden Ausgleich zu möglicherweise ungewünschten Ergebnissen, besonders dann, wenn die Beobachtungsgenauigkeiten und somit die Gewichte der Beobachtungen nicht die reale Messsituation repräsentieren.

Der Ausgleich am Gerät kann sinnvoll genutzt werden, wenn sehr genaue Anschlusspunktkoordinaten vorliegen (sollten), wie in Baustellenetzen, wenn die Anschlusspunkte einen festen Koordinatenrahmen vorgeben und die Messungen an diese gebunden werden sollen (z.B. bei Achsabsteckungen). Der vermittelnde Ausgleich auf den Geräten erfolgt immer unter Anschlusszwang und bewerkstelligt somit genau das.

Wie eingangs erwähnt, und in dieser Arbeit nicht weiter ausgeführt, stellen Redundanz und Geometrie der Messsituation einen entscheidenden Faktor für die Zuverlässigkeit der Lösung dar. Je besser diese beiden Bedingungen erfüllt werden, desto weniger wird das Ergebnis von der Berechnungsmethode abhängen, desto eher können fehlerhafte Messungen und Anschlusspunktkoordinaten detektiert und eliminiert werden und desto eher werden die aus Messung und Berechnung abgeleiteten Genauigkeitswerte die realen Genauigkeiten widerspiegeln.

Bei der Einschätzung der erzielbaren Genauigkeiten ist eine Vielzahl von Parametern zu beachten, von denen einige weniger leicht zu beurteilen

| Methode | m_R [cc] | m_{s_k} [mm] | m_{s_v} [ppm] | m_P [mm] | Rechtswert [m] | Hochwert [m] |
|----------------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|--------------|
| Helmert | | | | | 58926.901 | 307522.367 |
| gezwängter Ausgleich | 9, | 3, | 1, | 0 | .898 | .370 |
| Weiche Lagerung | 9, | 3, | 1, | 3 | .901 | .367 |

m_P ... Mittlerer Punktagefehler

Tab. 4: Baustellennetz vor Ausgleichung

sind, wie die eben genannten. Grundsätzlich kann aber angenommen werden, dass Genauigkeiten unter 3 mm auf einer Baustelle nicht ohne erheblichen Aufwand realisiert werden können, vor allem nicht mit Standardausrüstung.

Mit Sicherheit kann festgehalten werden, dass sich Ergebnisse fast zwangsläufig unterscheiden werden, sobald Fehler vorhanden sind und die die Berechnung beeinflussenden Parameter in zwei Produkten voneinander abweichen.

Danksagung

Dieser Publikation war nur dank umfangreicher Unterstützung durch die Hard- und Softwarehersteller möglich, die wir hier noch (in alphabetischer Reihenfolge) nennen wollen.

Wir danken den Firmen

AllTerra Österreich, namentlich Dipl.-Ing. Thomas Oppel,

IDC-EDV (Geosi), namentlich Dipl.-Ing. Robert Riser und Dipl.-Ing. Klaus Meissl,

Leica Geosystems Austria, namentlich Philipp Zebedin,

rmData (rmGeo/rmNetz), namentlich Dipl.-Ing. Paul Plank,

für die Unterstützung und Versorgung mit Detailinformation zu ihren Produkten.

Unser besonderer Dank gilt dabei Herrn Plank, der nicht nur geduldig mit uns diskutiert hat, sondern auch die Erstentwürfe mehrfach korrekturgelesen und entscheidende Anregungen zum Aufbau der Publikation beigesteuert hat.

Wir danken darüber hinaus Dipl.-Ing. Ernst Brandstötter für das finale Durchlesen und seine Kommentare, insbesondere zum Abschnitt 6.1.

Referenzen

- [1] *Leica - Geosystems*: Resections with TPS1200. System 1200 Newsletter (2005) 28
- [2] *Leica - Geosystems*: TPS1200 Setup - Resection. System 1200 Newsletter (2005) 29
- [3] *Helene Kastner*: Robuste Ausgleichung geodätischer Netze. Ein Vergleich von vier Ansätzen. Diplomarbeit, Wien 2014
- [4] *Kahmen, H.*: Vermessungskunde. Sammlung Göschen, Bd. 2161. Berlin: de Gruyter 1986
- [5] *Walter Grossmann*: Vermessungskunde. Horizontalaufnahme und ebene Rechnung, II. Berlin: Walter de Gruyter 1967
- [6] *Gruber, F. J. u. Joeckel, R.*: Formelsammlung für das Vermessungswesen. Wiesbaden: Springer 2012
- [7] *Benning, W.*: Statistik in Geodäsie, Geoinformation und Bauwesen. Berlin: Wichmann op. 2011
- [8] *Kraus, K.*: PHOTOGRAMMETRIE. Band 2: Theorie und Praxis der Auswertesysteme. Dümmlerbuch, Bd. 7865. Bonn: Dümmler 1987
- [9] *Heunecke, O., Kuhlmann, H., Welsch, W., Eichhorn, A. u. Neuner, H.-B.*: Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Handbuch Ingenieurgeodäsie / Michael Möser/Gerhard Müller/Harald Schlemmer (Hrsg.). Berlin, Offenbach: Wichmann 2013
- [10] *Staudinger, M. u. Otepka, J.*: Netzausgleichung unter Berücksichtigung der Punktlagegenauigkeit der Festpunkte. vgi 89 (2001) 1, S. 13–18
- [11] *Rüeger, J. M.*: Electronic distance measurement. An introduction; with 18 tables. Berlin, Heidelberg: Springer 1996
- [12] *Daxinger, W.*: Der Einfluß fehlerhafter Altpunkte auf die Bestimmung von Neupunkten. vgi 83 (1995) 3, S. 136–144
- [13] *Grillmayer, E. u. Blauensteiner, F.*: Kombinierte Vermessung mit Tachymeter und RTK. vgi 108 (2020) 4, S. 151–156
- [14] *Grimm-Pitzinger, A. u. Hanke, K.*: Bedeutung der Varianzkomponentenschätzung für die geodätische Praxis. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie 74 (1986) 2, S. 101–112

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Dr. Ekkehart Grillmayer, Ingenieurkonsulent, geoAT. OG, Lektor an der Universität für Bodenkultur und der FH Oberösterreich, Reithofferstraße 63, A-4451 Garsten. E-Mail: grillmayer@zivilgeometer.at

Dipl.-Ing. Franz Blauensteiner, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abt. V1- Grundlagen, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. E-Mail: franz.blauensteiner@bev.gv.at

„Von der Gestalt der Erden“ Gradmessungen im 18. Jahrhundert



“On the shape of the Earth” Measurements of latitude in the 18th century

Michael Hiermanseder, Wien

„Hieraus entstand nun die Frage, ob die Erde einer vollkommen runden Kugel gänzlich ähnlich wäre, oder dieser Figur nur ziemlich nahe beykäme?“¹

Kurzfassung

Der Beitrag zeigt, anhand von Beispielen aus dem 18. Jahrhundert in verschiedenen Erdteilen, Bedeutung und Ergebnisse von Gradmessungen zur Bestimmung von Größe und Gestalt der Erde, die einen erbitterten Streit unter führenden Wissenschaftlern beenden und zu wichtigen Fortschritten in der Geodäsie führen.

Schlüsselwörter: Gradmessung, Geschichte, Geodäsie, Astronomie

Abstract

The article shows, using examples of different continents from the 18th century, significance and results of measurements of latitude for the determination of size and shape of the earth, which end a bitter dispute among leading scientists and lead to important progress in geodesy.

Keywords: Measurement of latitude, history, geodesy, astronomy

1. Problemstellung

Als Gradmessung bezeichnet man die astronomisch-geodätische Methode, die seit dem 16. Jahrhundert zur Vermessung der Größe und Gestalt der Erde (des Erdellipsoids) verwendet wird. Der Name kommt von der genauen Bestimmung der Distanz (110,6–111,7 km), die zwischen zwei um 1° verschiedenen Breitengraden liegt. Die Methode beruht auf der Messung der Erdkrümmung zwischen weit entfernten Punkten, indem deren Distanz mit dem Winkel zwischen ihren astronomisch bestimmten Lotrichtungen verglichen wird. Der Quotient ergibt den mittleren Krümmungsradius der Erde zwischen diesen Punkten. Wählt man die zwei Standorte der Lotrichtungsmessung in Nord-Süd-Richtung, entspricht der Winkel der Differenz ihrer geographischen Breite.

Das Prinzip der Gradmessung geht auf den griechischen Mathematiker Eratosthenes zurück, der den Erdumfang um 240 v. Chr. aus dem um 7,2° unterschiedlichen Sonnenstand zwischen Alexandria und Syene (Assuan) mit 250.000 Stadien auf etwa 10 Prozent genau schätzt.

In Frankreich ermittelt Jean François Fernel (1497-1558) 1525 aus einem Meridianbogen nördlich von Paris den mittleren Erdradius (ca. 6.370 km) bereits auf einige Kilometer genau, wobei er die Entfernung durch die Radumdrehungen seiner Kutsche ermittelt. Der Holländer Willebrord van Roijen Snell (Snellius) berechnet 1615 die Distanzen erstmals durch Triangulation großer Dreiecke.

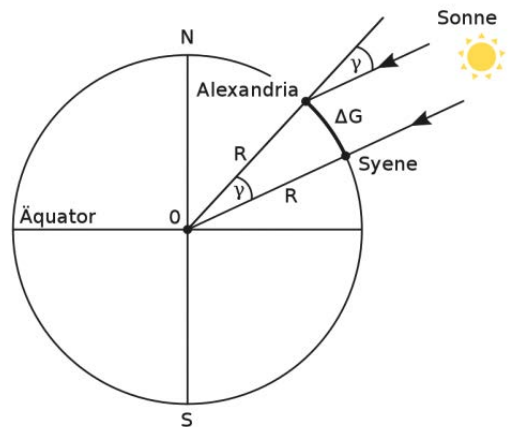


Abb. 1: Erdmessung des Eratosthenes, 240 v. Chr.

1) Euler Leonhard, Von der Gestalt der Erden, 1738

Zweifel an der bisher angenommenen Kugelgestalt der Erde tauchen auf als Isaac Newton (1643-1727) 1670 das Gravitationsgesetz findet. Jean Picard bestimmt 1670 den Meridianbogen Paris – Amiens durch Triangulation mit Quadranten, die Messfernrohre mit Fadenkreuzokularen zum Anvisieren des Gestirns haben. Damit wird eine bis dahin nicht mögliche Präzision erreicht. Die Verlängerungen dieses Meridianbogens bis nach Dünkirchen und Perpignan Anfang des 18. Jahrhunderts lassen

auf eine örtlich variierende Erdkrümmung schließen, also auf Abweichungen von der Kugelform.

Giovanni Domenico Cassini (1625-1712), Astronom und erster Direktor der Pariser Sternwarte, und sein Sohn, Jacques Cassini (1677-1756), stellen bei ihren Vermessungen und Berechnungen fest, dass die Erde an den Polen langgestreckt sein müsse (ein Oblongum). Dagegen sind die Astronomen um Isaac Newton überzeugt, dass die Erde an den Polen abgeplattet sei. Die Streitfrage, ob die Erdkrümmung zum Pol ab- oder zunimmt und die Erde polwärts abgeplattet oder tropfenförmig ist, wird erst durch die französischen Erdmessungen in Lappland und Peru 1735-1740 geklärt.²

2. 1735-1740 Französische Gradmessungsexpeditionen

Um die bereits vermutete Abplattung der Erde genau zu bestimmen und den wissenschaftlichen Streit darüber zu beenden, rüstet die Pariser Königliche Akademie der Wissenschaften zwei große Expeditionen nach Peru und nach Lappland aus, die 1735-1740 genaue Vermessungen von zwei Meridianbögen durchführen. Man wählt diese weit voneinander entfernten Gebiete, weil sich dort die Resultate am deutlichsten voneinander unterscheiden müssten.



Abb. 2: Schiffe auf dem vereisten Bottnischen Meerbusen, um 1830

2.1 Lappland

Die Expedition nach Lappland zum Polarkreis 1736-1737 leitet der Astronom Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), Mitglied der französischen Akademie. Teilnehmer sind Alexis-Claude Clairaut (1713-1765) und Anders Celsius (1701-1744). Die Vermessungen müssen unter schwierigen Bedingungen in unzugänglichen Polarregionen mit ausgedehnten Wäldern und Sümpfen durchgeführt werden.



Abb. 3: Teilweise zugefrorener Bottnischer Meerbusen, Satellitenbild (2002)

2) <https://de.wikipedia.org/wiki/Gradmessung>

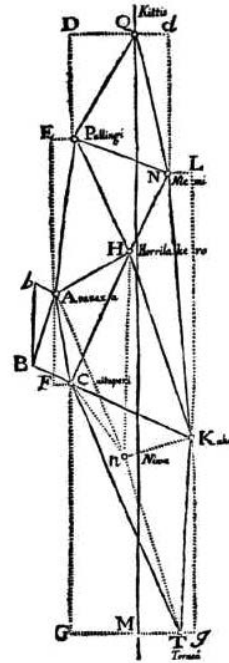


Abb. 4: Maupertuis, Französische Erdmessung in Lappland 1736/1737

Maupertuis stellt 1735 sein Projekt der französischen Akademie vor und argumentiert, eine Expedition zum Polarkreis sei kürzer, weniger mühsam und nicht so gefährlich und könne daher die Frage der Erdgestalt schneller klären als die Gradmessung in Peru. Zu dem Zeitpunkt ist noch offen, ob die Messungen in Island, im Norden Norwegens oder am lappländischen Bottnischen Meerbusen, der damals zu Schweden gehört, stattfinden sollen. Vermutlich ist der schwedische Astronom Anders Celsius ausschlaggebend dafür, dass Maupertuis sich schließlich für Lappland entscheidet. Maupertuis lernt Celsius in Paris durch seinen Freund Francesco Algarotti (1712-1764) kennen, dessen populäre Schrift zur Physik Newtons, „Welt-Wissenschaft für das Frauenzimmer“, in ganz Europa beliebt ist. Im August 1735 ordnet König Ludwig XV. die Expedition an.

Der Marineminister Jean Frédéric Phélypeaux Graf von Maurepas (1701-1781) ist ein Gönner von Maupertuis. Trotz des polnischen Erbfolgekriegs beginnen die Vorbereitungen der Expedition. Der Kriegszustand mit Österreich besteht bereits seit Oktober 1733. Die Expeditionen nach Peru und Lappland sind der französischen Krone aber wichtig genug, um sie trotz des Feldzuges

zu finanzieren. Maurepas kümmert sich um die außenpolitischen Angelegenheiten mit Schweden. Maupertuis und Clairaut lassen sich von Jacques Cassini in die Methoden der Beobachtungen einführen. Neben Clairaut überzeugt Maupertuis die Mathematiker und Akademiemitglieder Etienne Camus (1699-1768) und Pierre Charles Le Monnier (1715-1799), ihn nach Lappland zu begleiten. Dazu kommen noch Réginald Outhier (1694-1774) und Anders Celsius, der die Fertigstellung eines für die Expedition sehr wichtigen Apparates in London veranlasst: den Graham-Sektor, ein Fernrohr vom englischen Instrumentenmacher George Graham (1673-1751), das Maupertuis später als ein kleines Weltwunder rühmt.

Die Messung eines Grad des Meridians besteht aus mehreren Etappen. Zuerst erfolgt die Errichtung sichtbarer Signale auf Erhebungen. Der Kirchturm von Torneå dient als Ausgangspunkt, 7 weitere Vermessungspunkte werden wie kegelförmige Zelte aus großen Baumstämmen auf umliegenden Bergen aufgestellt. Miteinander verbunden ergeben diese acht Punkte sieben Dreiecke deren Winkel mittels eines Quadranten gemessen werden. Um aus trigonometrischen Berechnungen die Distanz zwischen dem nördlichsten und



Abb. 5: Maupertuis, Bau eines Signals bei Niemi

dem südlichsten Punkt zu ermitteln, benötigt man die Länge einer der Dreiecksseiten. Zu diesem Zweck wird auf dem zugefrorenen Fluss Torneå mit Holzplatten eine 16 km lange Strecke als Basis für die Rechnungen gemessen, die mit einem 1 Toise langen, eisernen Messstab kontrolliert werden. Dieser zwischen Poiky-Torneå und Niemisby gemessene Abschnitt wird dann durch zwei weitere Dreiecke mit den sieben übrigen verbunden.

Die Inseln des Bottnischen Meerbusens, auf denen Maupertuis zunächst die Vermessungen durchführen will, sind zu flach und oft auch zu klein und daher ungeeignet. Der ursprüngliche Plan hat den Vorteil, die Beobachtungsinstrumente per Schiff leicht von einer Insel zur anderen transportieren zu können. Stattdessen müssen die Operationen nun an Land stattfinden, wo sie von Sümpfen, Stromschnellen, dichten Wäldern und steilen Bergen deutlich erschwert werden. Maupertuis erkennt, dass der Fluss Torneå, in dessen Mündung die Stadt desselben Namens liegt, mehr oder weniger der Meridianlinie folgt. Dort entlang werden die Signale gebaut, die für die trigonometrischen Messungen nötig sind. Zwischen dem Kirchturm von Torneå südlich und dem Berg Kittis nördlich des Polarkreises legt man das Dreiecksnetz an. Die schweren und fragilen Instrumente müssen auf dem Fluss sicher durch die zahlreichen Katarakte und durch mückenverseuchten Sümpfe transportiert werden. Ganze Berge werden abgeholzt, damit die Signale auf weite Entfernung sichtbar sind. Die Reisenden schlafen unter freiem Himmel auf improvisierten Laubbetten oder in schnell aufgebauten Unterküften aus Baumstämmen, Ästen und Moos. Der Himmel ist oft bedeckt, das Wetter neblig oder regnerisch und manchmal muss tagelang auf gute Beobachtungsbedingungen gewartet werden. Ein zu hastig ausgelöschtes Lagerfeuer entfacht ei-

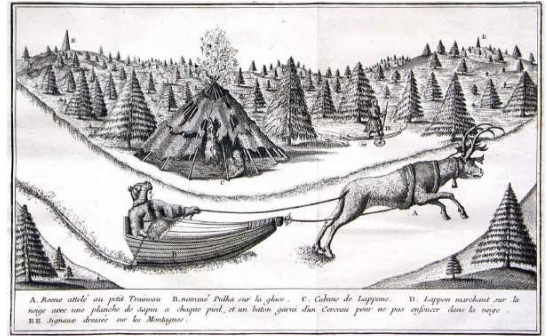


Abb. 6: Pulkafahrt am zugefrorenen Fluss

nen Waldbrand, der ein Signal beschädigt und die Sicht der Beobachter durch eine Rauchwand versperrt.

Die letzten Etappen sind astronomische Beobachtungen, für die ein Zenitsektor verwendet wird.

Der von Celsius in England bestellte und von den Teilnehmern sehnsüchtig erwartete Graham-Sektor trifft im August endlich in Torneå ein. Die

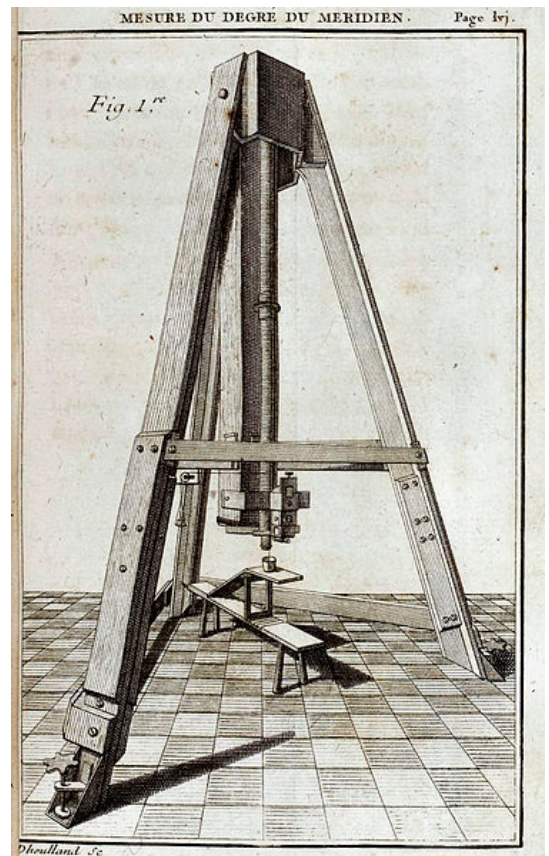


Abb. 7: Graham-Sektor (1735)



Abb. 8: Maupertuis, *Discours sur la Mesure du Degré du Meridien*

Messung der Basis wird auf den Winter verschoben, weil man sie auf dem vereisten Fluss anlegen will, der eine optimale Oberfläche liefert. In Kittis bauen sie ein Observatorium, um die astronomischen Beobachtungen durchführen zu können. Es handelt sich darum, am südlichsten und nördlichsten Ort der Vermessungen einen Fixstern anzuvisieren und den Winkel zwischen der Beobachtungsgerechten und der Senkrechten zur Erdoberfläche zu bestimmen. Aus den erhaltenen Winkelmaßen kann man den Winkel berechnen, in welchem sich die beiden Vermessungspunkte zum Erdmittelpunkt befinden. Die Operation ist einfach, erfordert jedoch eine große Genauigkeit und die Berücksichtigung von Störfaktoren, wie der von James Bradley (1693-1762) entdeckten magnetischen Aberration, der atmosphärischen Refraktion und der Präzession der Tag- und Nachtgleichen. Die Position der Dreiecke zum Meridian wird in Kittis durch Beobachtungen der Sonnenpassage festgelegt.

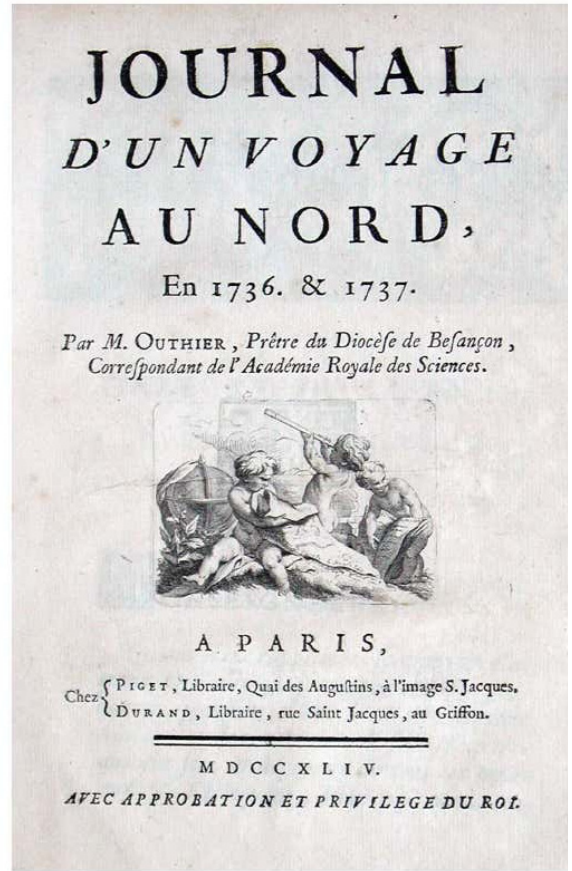


Abb. 9: Outhier, *Journal d'un Voyage au Nord*

Nach Abschluss der Messungen sind die Mathematiker in der Lage, den Abstand der Breitengrade entlang des Meridianbogens zwischen Kittis und Torneå zu bestimmen. Dieser beträgt $55.023\frac{1}{2}$ Toisen bei einem Winkel von $57^\circ 28\frac{3}{4}''$. Somit entspricht der Abstand eines Breitengrades 57.437 Toisen, also 377 Toisen mehr als der von Picard in Frankreich gemessene. Maupertuis schlussfolgert: „D'où l'on voit que la Terre est considérablement aplatie vers les pôles.“ Während Celsius sich in seinem Expeditionsbericht eher auf die naturwissenschaftlichen Ergebnisse der Expedition beschränkt, haben uns Maupertuis und Outhier detaillierte Reisebeschreibungen hinterlassen.

2.2 Peru

Die Expedition nach Peru, geführt von Louis Godin (1704-1760), verlässt Frankreich bereits Mitte 1735, die Teilnehmer kehren jedoch erst ab 1744, einzeln und untereinander zerstritten, in die Heimat

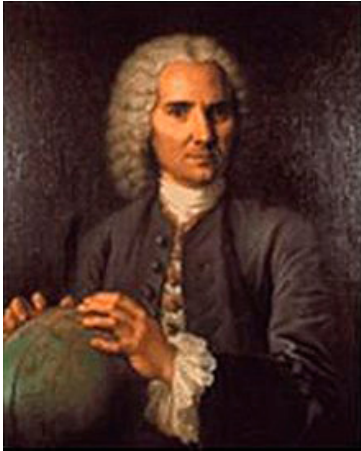


Abb. 10: L. Godin



Abb. 11: P. Bouguer
(Portrait: Perronneau)



Abb.12: Ch.-M. de la Condamine 1753
(Portrait: De la Tour)

zurück. Unter den 22 Mitgliedern sind die Astronomen, Mathematiker und Geodäten Pierre Bouguer (1698-1758) und Charles-Marie de La Condamine (1701-1774). Alle Genannten sind Mitglieder der französischen Akademie der Wissenschaften. Die spanische Krone befiehlt zur Begleitung der Expedition in ihr Hoheitsgebiet zwei junge spanische Offiziere, den späteren Astronomen Jorge Juan y Santacilia (1713-1773) sowie den späteren Gelehrten und General Antonio de Ulloa y Torre-Guiral (1716-1795). Eine enge Zusammenarbeit gibt es mit dem ecuadorianischen Kartographen Pedro Vicente Maldonado (1704-1748), Statthalter der Provinz Las Esmeraldas.

Die Expedition gehört zu den größten Abenteuern der Wissenschaftsgeschichte. Das Messgebiet liegt fast vollständig südlich des Äquators in einem Teil von Peru, der damals spanische Kolonie ist und heute zu Ecuador gehört. Raubtiere, Unfälle, Feindseligkeiten mit den Einwohnern und tödliche Krankheiten dezimieren die Gruppe der Forscher, gegenseitige Eifersucht entzweit die Expeditionsteilnehmer, ständige Geldprobleme hemmen den Fortschritt der Vermessung. Nach der monatelangen, von langen Wartezeiten in Santo Domingo, Cartagena de Indias, Panama und Guayaquil unterbrochenen, beschwerlichen Reise erreicht die Expedition Quito. Dort müssen sie



Abb. 13: Triangulation in Ulloa, Juan: „medir algunos grados de meridiano terrestre, y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura, y magnitud de la tierra“

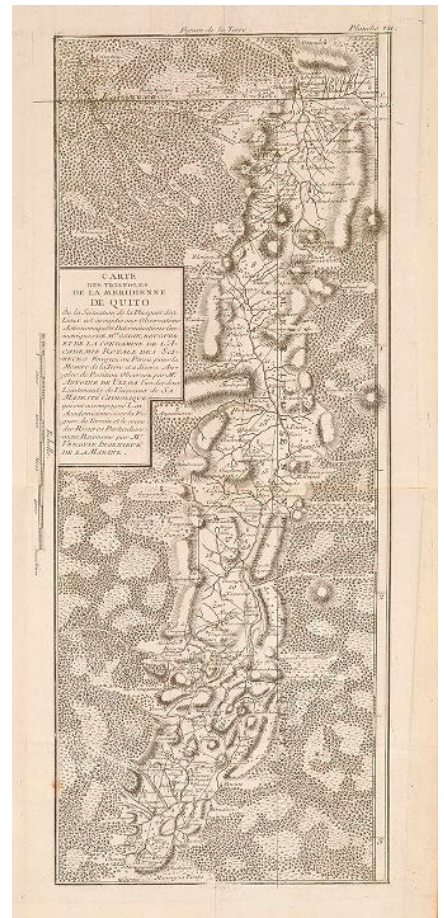
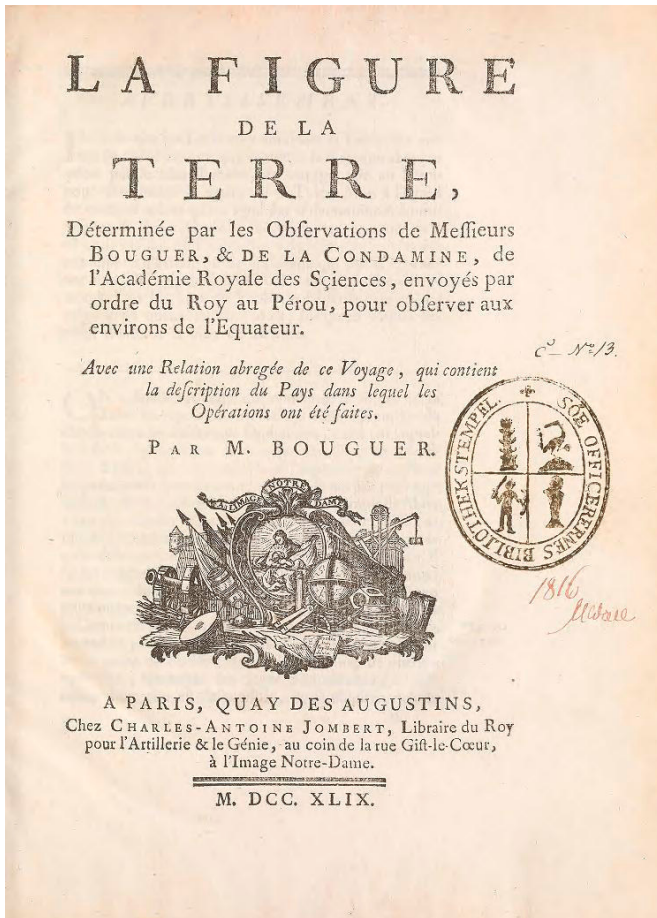


Abb. 14: Bouguer, La Condamine, La figure de la terre, <https://www.biodiversitylibrary.org/page/59023248>

zunächst Karten der breiten Hochebene zwischen den beiden bis über 6.000 m hohen Bergketten der Anden anfertigen und auf den Gipfeln weithin sichtbare Punkte identifizieren, die die Ecken der Dreiecke bilden sollen. Das Triangulationsnetz aus 30 Dreiecken erstreckt sich von Cotchesqui nördlich von Quito über 3 Grad geographischer Breite bis Tarqui im Süden. Mit großen Quadranten wer-

den alle Winkel in den Dreiecken bestimmt. Astronomische Zenitdistanzmessungen zu den Sternen erfolgen mit Zenitsektoren. Die Triangulationen werden erstmals unter Anwendung sphärischer Trigonometrie berechnet.

Die 12 km lange Basis nördlich von Quito wird mit Holzplatten gemessen. Im Süden des Netzes gibt es weitere Kontrollbasislinien.

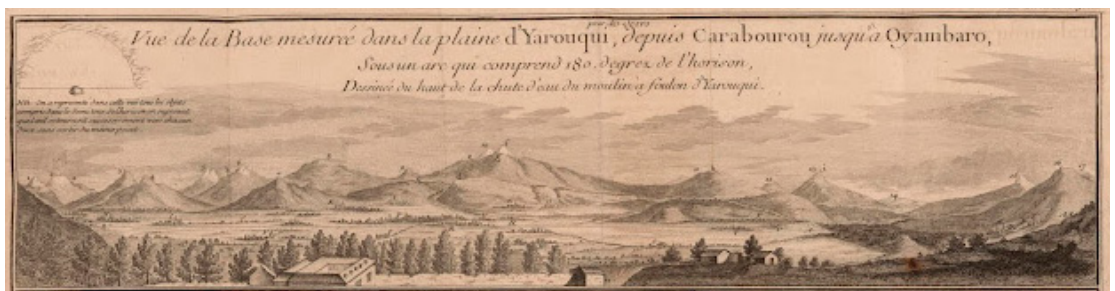


Abb. 15: Basislinie von Yaruquí mit dem Pichincha, BrownLibrary, <https://jcb.lunaimaging.com/luna/servlet/s/hg8he9>



Abb. 16: Quadrant, Pendeluhr, Karte aus Charles-Marie de La Condamine, *Journal du voyage fait à l'Equateur*; Gedenkstein in Punta Palmar

Bouguer führt während der zahlreichen Unterbrechungen der Triangulierung Experimente mit seinen Instrumenten auf dem Pichincha und in Quito durch, um die Wirkung der Geländehöhe auf die Schwerkraft und Newtons Gesetz der Massenanziehung durch Messung von Lotabweichungen zu überprüfen. La Condamine benützt einen Quadranten, eine astronomische Uhr und ein tragbares Pendel und berichtet seine Erkenntnisse über die Schwerkraft 1738 nach Paris.

1736 erreicht ein Paket, das ein Jahr von Europa nach Quito unterwegs gewesen ist, mit einem Brief von Maupertuis, in dem er von seiner für 1735 geplanten Gradmessung in Lappland schreibt, die Expedition. Trotz aller Mühen, die man in Amerika auf sich genommen hat, könnten ihre Ergebnisse somit von Maupertuis bereits überflüssig gemacht worden sein. Godin überlegt sogar, anstelle der Breitengradmessung eine Längengradbestimmung zwischen Quito und der Küste durchzuführen, was aber wegen der schwierigen



RELACION HISTORICA DEL VIAGE A LA AMERICA MERIDIONAL

HECHO

DE ORDEN DE S. MAG.

PARA MEDIR ALGUNOS GRADOS DE MERIDIANO Terrestre, y venir por ellos en conocimiento de la verdadera Figura, y Magnitud de la Tierra, con otras varias Observaciones Astronomicas, y Phisicas:

Por DON JORGE JUAN, Comendador de Alagoa, en el Orden de San Juan, Socio correspondiente de la Real Academia de las Ciencias de Paris, y DON ANTONIO DE ULLOA, de la Real Sociedad de Londres: ambos Capitanes de Fragata de la Real Armada.

PRIMERA PARTE, TOMO PRIMERO.



EMPRESA DE ORDEN DEL REY NUESTRO SENOR

EN MADRID

Por ANTONIO MARIEN, Año de M.DCC.XLVIII.

Abb. 17: Ulloa, Juan, *Relacion historica del viage a la America Meridional: hecho de orden de S. Mag. para medir algunos grados de meridiano terrestre, y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura, y magnitud de la tierra, con otras varias observaciones astronomicas, y phisicas*, 1748, <https://www.biodiversitylibrary.org/item/263122#page/11/mode/1up>

Topographie verworfen wird. Godin, Bouguer und Juan legen ihr Hauptinteresse auf die geodätischen Berechnungen, La Condamine und Ulloa erzählen Geschichten von Entdeckungen an der erforschten Küste und dem Landesinneren. Die Geodätische Expedition an den Äquator wendet innovative Ideen internationaler Wissenschaftler zur Problemlösung in Astronomie, Vermessung und Kartographie an.

Die Peru-Expedition bestätigt die Theorie der Abplattung der Erde an den Polen. Die Ergebnisse aller Messungen (1735–1740) ergeben eine Erdabplattung von $f = 0,0046$ (heutiger Wert: 0,00335), womit die Verkürzung des Erdradius zu den Polen ($6.378 \Rightarrow 6.357$ km) bzw. der wachsende Krümmungsradius ($6.335 \Rightarrow 6.400$ km) erstmals nachgewiesen wird:

| Land | Beobachter | geogr. Breite | G (Bogen/Grad) | Krümmungsradius |
|------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Ecuador | Bouguer et al. | $-01^{\circ} 31'$ | 56.734 Toisen | 6.335,5 km |
| Frankreich | Jean Picard | $+49^{\circ} 13'$ | 57.060 Toisen | 6.371,9 km |
| Lappland | Maupertuis | $+66^{\circ} 20'$ | 57.438 Toisen | 6.414 km |

Abb. 18: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gradmessung>

À Monsieur
Monsieur Leonhard Euler
Conseiller et Mathématicien
de S: M: le Roy de Prusse
à Berlin

à Vienne ce 12:me de Nov:e 1749

Monsieur

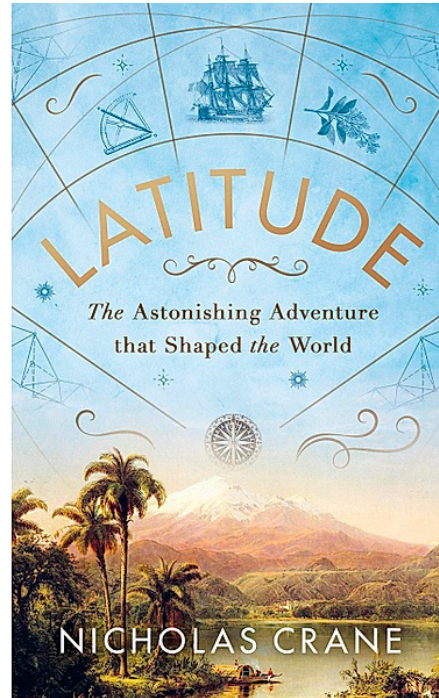
J'ay differé de Vous envoyer la presente, croyant de la pouvoir joindre a la Dissertation de M:r Clairaut, qu'on avoit achetée à Venise pour Vous, et pour moy. Maintenant je viens d'entendre, qu'on attendait de Verone le livre du Marquis Maffei Musaeum Veronense pour 13 associés d'icy, et qu'on vouloit les expedier ensemble dans une seule caisse. Je sollicite, qu'on ne nous fasse esperer plus longue temp, et quand je l'auray, je Vous l'envoyerai d'abord par le canal de Mons:r le Comte de Podewils. Vous aurez sans doute Monsieur apprise l'edition, qu'on a faite à Madrid des 4 tomes en 4to composés par Don Antonio d'Ulloa Relacion historica del viage hecho de orden de S.May. a la America Meridional, et d'un autre de Don Georgio Juan Observaciones Astronomicas y physicas hechas de orden de S.Mag. en los Reynos del Peru. Si ces livres ne sont pas arrivés chez Vous comme n'a plus icy, voyez icy l'inscription, qu'on m'a communique de Bologne.

Wien, 12. November 1749

Sehr geehrter Herr

Ich habe es verschoben, Ihnen den vorliegenden Brief zu senden, weil ich glaubte, ihn dem Aufsatz von Herrn Clairaut⁶⁷ beilegen zu können, den man in Venedig für Sie gekauft hat, und für mich. Momentan habe ich gehört, dass man in Verona auf das Buch des Marquis Maffei Musaeum Veronense für 13 Anteilsinhaber von hier wartet, und dass man diese Bücher gemeinsam in einer einzigen Kiste versenden wolle. Ich erbitte, dass man uns nicht länger warten lasse, und sobald ich ihn habe, werde ich ihn Ihnen zuerst durch den Kanal des Herrn Grafen Podewils⁶⁸ senden. Sie haben zweifellos, mein Herr, von der Edition erfahren, die man in Madrid in 4 Bänden in Quarto herausgegeben hat, zusammengestellt von Don Antonio d'Ulloa Relacion historica del viage hecho de orden de S.May. a la America Meridional⁶⁹ und von einem anderen von Don Georgio Juan Observaciones Astronomicas y physicas hechas de orden de S.Mag. en los Reynos del Peru⁷⁰. Wenn diese Bücher bei Ihnen nicht angekommen sind, so wie auch hier nicht, sehen Sie hier die Anmeldung, die man mir von Bologna mitgeteilt hat.

Abb. 19: Brief von Marinoni an Euler 1749

Abb. 20: Whitaker, *The Mapmaker's Wife*Abb. 21: Crane, *Latitude*

Über die Hauptaufgabe der Gradmessung hinaus umfassen die Arbeiten der Expeditionsteilnehmer zahlreiche andere Beobachtungen, Lage- und Höhenbestimmungen, Messungen des Magnetfeldes, des Luftdrucks, der Temperatur und Strahlenbrechung sowie Pendelmessungen, aber auch die Sammlung von Pflanzen und geographische, geologische und ethnologische Studien.

In neueren Romanen werden die unvorstellbaren Entbehrungen und Abenteuer der großen Geodätischen Südamerikaexpedition in den

Blickpunkt gerückt, so von Robert Whitaker, *The Mapmaker's Wife*, 2005, und von Nicholas Crane, *Latitude*, 2021.

Zum 200. Jahrestag der Ankunft der Gradmessungsexpedition errichtet Ecuador 1936 direkt auf dem Äquator in San Antonio de Pichincha (20 km nördlich der Hauptstadt Quito) ein Denkmal in Form einer 10 m hohen Pyramide. Dort hat La Condamine 1736 als erster Europäer die genaue Position des Äquators bestimmt (Geographische Breite $0^{\circ} 0' 0''$). Etwa 40 Jahre später wird an der



Abb. 22: Denkmal der Gradmessungsexpedition in San Antonio de Pichincha



Abb. 23: Rudjer Josip Bošković, 1760 (Portrait: Pine)

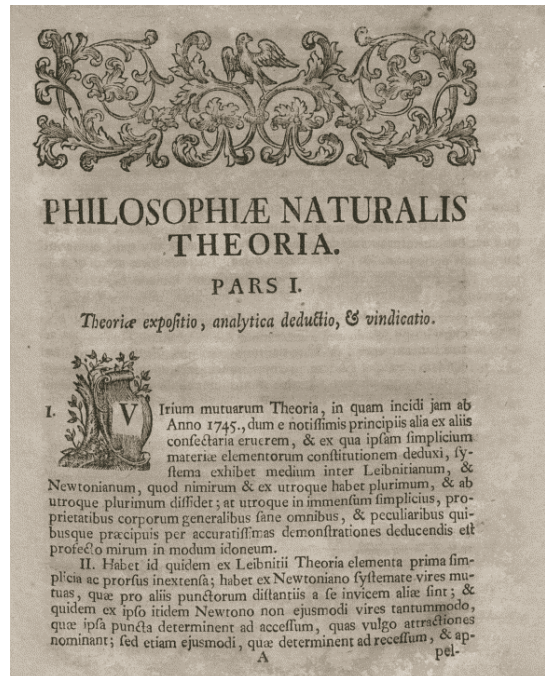


Abb. 24: Bošković, *Philosophiae naturalis theoria*, 1758

Stelle, die man nun „Ciudad Mitad del Mundo“ nennt, ein größeres Monument in gleicher Form inmitten eines Parks gebaut. Neue GPS Messungen haben allerdings ergeben, dass das Monument nicht exakt auf dem Äquator steht, sondern 240 m südlich davon.

3. 1750-1755 – Gradmessung Rom – Rimini

Die Gradmessungen von Lapland und Peru haben die Frage nach der Figur der Erde geklärt, es ergeben sich aber erhebliche Unterschiede in den Werten der Abplattung. Der kroatische Mathematiker, Astronom, Geodät, Kartograph, Physiker und Philosoph, P. Rudjer Josip Bošković SJ (1711-1787) setzt sich deshalb für die Durchführung neuer Gradmessungen möglichst in ebenen Gebieten ein, um den Einfluss der Anziehung der Gebirgsmassen auf die Messergebnisse gering zu halten.

Auf Anordnung von Papst Benedikt XIV. führt Bošković, Professor für Mathematik am Collegium Romanum zu Rom, in den Jahren 1750-1755 zusammen mit P. Christoph Maire (1697-1767) eine Gradmessung im Kirchenstaat durch. Insgesamt wird ein 2°10' langer Bogen zwischen Rom und Rimini gemessen. Bošković bestimmt zwei etwa 13 km lange Grundlinien. Für die Winkelmessung

wird ein Quadrant, für die Beobachtung der Polhöhen in den Endpunkten ein Sektor verwendet. Zur Berechnung der Ergebnisse kommt erstmals die Ausgleichung zur Anwendung. Die Messungen liefern sehr genaue Ergebnisse, sodass bereits vor dem Abschluss der Peru-Expedition die These über die Abplattung der Erde an den Polen bewiesen wird.

Während die älteren Berechnungen noch über zwei verschiedene Meridianbögen oder zwei aufeinanderfolgende Bogenstücke erfolgen, entwickelt Bošković für die Gradmessung von 1750 bis 1753 eine Rechenmethode zur Ausgleichung der auftretenden kleinen Widersprüche, indem er über fünf verschiedene Bögen durch Überbestimmung die Absolutsumme minimiert. Bei Carl Friedrich Gauß (1777-1855) finden sich Notizen über Bošković' Arbeiten zur „Bahnbestimmung der Himmelskörper“ und zur Lotabweichung, die später für Asteroiden wie Ceres und für die Hannover'sche Landesvermessung nützlich sind.

Bošković initiiert außerdem die Gradmessungen von Giambatista Beccaria in Piemont (1760/64), von P. Joseph Liesganig in Österreich (1761/65) und von Charles Mason und Jeremiah Dixon in Nordamerika (1764/68).



Abb. 25: Giovanni Battista Beccaria

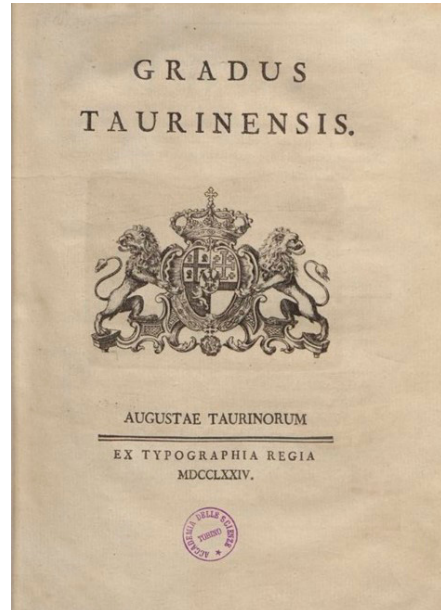


Abb. 26: „Gradus Taurinensis“, 1774

4. 1760-1764 – Piemontesische Gradmessung

Giovanni Battista Beccaria (1716-1781), Ordensgeistlicher in Rom, dann Professor der Philosophie, 1748 Professor der Physik in Turin, beginnt 1760 mit dem Abbé Domenico Canonica (1739-1790) die Gradmessung in Piemont, deren Resultate Beccaria in „*Gradus Taurinensis*“ 1774 veröffentlicht. Wegen der Zweifel Cassinis an der Genauigkeit seiner Messung weist er in „*Lettere d'un Italiano ad un Parigino*“ den Einfluss der Nähe der Alpen auf die Abweichung des Pendels nach.

Beccarias piemontesische Messung ergibt einen größeren Wert für den Meridiangrad, als nach der geographischen Breite zu erwarten gewesen wäre. P. Joseph Liesganig wiederum erhält bei der ungarischen Gradmessung 1766-1769 einen kleineren Wert. Welche „besondere Gestalt der Erdfläche“, möglicherweise die „Thäler von großen Strecken“ und die „Gebirge ... die wir nicht so nennen“, hat Liesganig wohl im Sinn, als er über deren Existenz im Zusammenhang mit der Gestalt der Erde spekuliert? Lalande findet in den Paragraphen, die Liesganig exzerpiert, in „localen Umständen“, wie etwa der seitlichen Anziehung der Berge auf das Pendel („*attraction latérale des montagnes sur le fil-à-plomb*“) einen Grund dafür, dass die Ergebnisse der Gradmessungen von den Erwartungen abweichen. Lalande erwähnt unter seinen Beispielen auch die von Liesganig

in seinem Exzerpt ausgesparte Messung Beccarias, die dem Meridiangrad zwischen Turin und Andrate an den südlichen Ausläufern des Monte-Rosa-Massivs gilt. Für Liesganigs zu kleinen Grad zwischen Kistelek, und Petrovaradin, wo weit und breit keine bedeutenden Erhebungen anzutreffen sind, versucht Lalande dagegen keine Erklärung. Liesganigs eigene Vermutung, unterirdische Metallvorkommen könnten hier die Messung verfälscht haben, oder Bošković ähnliche Idee einer unregelmäßigen Struktur der Erde auch unter ihrer Oberfläche, hält er anscheinend nicht für erwähnenswert. Für die Bestimmung der täglichen Parallaxe ergeben sich aus der Abplattung der Erde zwei Konsequenzen, die Lalande am Beispiel der Mondparallaxe diskutiert. Zum einen hängt die Parallaxe von der Entfernung des Beobachters vom Erdmittelpunkt ab, die wegen der Abplattung von den Polen zum Äquator wächst. Zum andern muss die Tatsache berücksichtigt werden, dass der Radius nicht genau senkrecht auf der Horizontebene steht.

Der für die Korrektur maßgebliche Winkel wird zunächst theoretisch aufgrund einer bestimmten Voraussetzung über die Form des irdischen Ellipsoids bestimmt. Abweichungen von den so berechneten Werten, wie sie sich bei den Gradmessungen durch erwartungswidrige Ergebnisse verraten, beeinflussen auch die zur Parallaxenbestimmung gemessenen Winkel.



Abb. 27: Joseph Liesganig (1719–1799, Portrait: Johann Lampi), Lemberger Kunstgalerie

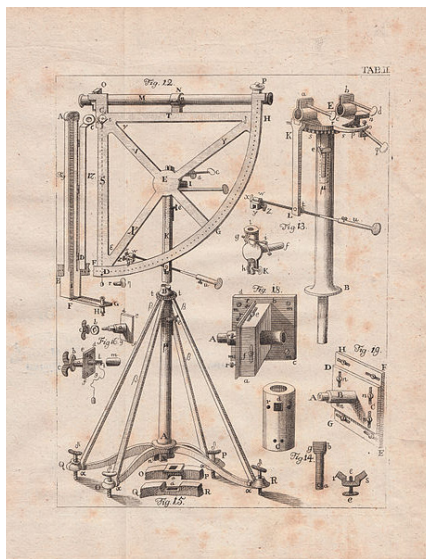


Abb. 28: Quadrant aus Joseph Liesganig: DIMENSIO GRADUUM MERIDIANI VIENNENSIS, Wien 1770

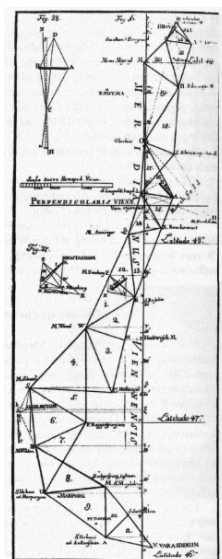


Abb. 29: Dreieckskette von Brünn nach Warasdin nach Warasdin mit Detailskizzen der Basismessungen

5. 1761-1772 Gradmessungen von Joseph Liesganig

In seinem Testament vermacht Marinoni 1754 seine astronomischen Instrumente der Kaiserin Maria Theresia: „*tutti i miei strumenti astronomici, colli due pendoli del fu Graham, come sono disegnati e spiegati nel mio libro in foglio stampatosi ... nel 1745*“. Die Herrscherin ist der Ansicht, dass vieles ohnehin nur Leihgabe gewesen ist. Die Instrumente werden den Jesuiten übergeben, wo P. Maximilian Hell (1720-1792) seit 1755 für die Sternwarte verantwortlich ist. Von 1756 bis zur Aufhebung des Jesuitenordens 1773 ist der in Graz geborene P. Joseph Liesganig SJ (1719-1799), Theologe und Astronom, mit der Leitung der Sternwarte betraut.

Liesganigs große Leistungen sind mit den ihm von Maria Theresia aufgetragenen Gradmessungen des Wiener (1760), später auch des ungarischen Meridians verbunden. Er misst zunächst mit 6 Klafter langen Holzplatten je eine Basis bei Wiener Neustadt (1762) und im Marchfeld zwischen Seyring und Glinzendorf und schließt daran ein Triangulationsnetz bis Warasdin und Brünn an.

1765 bestimmt er die Azimute (Leopoldsberg bei Wien, Brünn, Graz) für eine Dreiecksseite und im gleichen Jahr in Wien die Länge des Sekundenpendels. Er führt bei der Gradmessung sämtliche Berechnungen auf der Kugel durch und setzt bei

der Reduktion auf Meereshöhe pro Meridiangrad 2,3 Klafter ein (nach heutigen Werten um ca. 1 m zu wenig). Insgesamt werden die Winkel von 22 Dreiecken gemessen und die Breitenunterschiede der einzelnen Stationen astronomisch bestimmt. Die Beobachtungs- und Berechnungsergebnisse fasst Liesganig in „*Dimensio graduum meridiani Viennensis et Hungarici. Augg: jussu et auspiciis peracta a Josepho Liesganig, Societatis Jesu*“, 1770, zusammen. Die einzige Unexaktheit, die Liesganig begangen hat, liegt darin, dass er wohl aus Zeitmangel in Warasdin kein Abschlussazimut gemessen hat.

Zwei wesentliche Erkenntnisse zur Erklärung der aufgetretenen Fehler sind damals noch unbekannt. Lotabweichungen im Gebirge: Liesganig weiß nur, dass Bouguer 1738 bei der Peru-Expedition am Chimborasso erstmalig Lotstörungen festgestellt hat. Der sphärische Exzess (1798): Liesganig orientiert seinen Polygonzug aus der Dreieckskette Brünn – Warasdin in Bezug auf den Wiener Meridian mit Hilfe des Ausgangsazimutes Wiener Jesuitenkolleg – Leopoldsberg. In Brünn und Graz misst er Kontrollazimute und erhält Differenzen von 34 bzw. 16 Sekunden.

Eine zweite grundlegende Meridiangradmessung wird von Joseph Liesganig 1766-1769 in Ungarn vorgenommen. Die Dreieckskette reichte von Czurok nach Kistelek. Für die ungarische



Abb. 30: Liesganigstein Wr. Neustadt

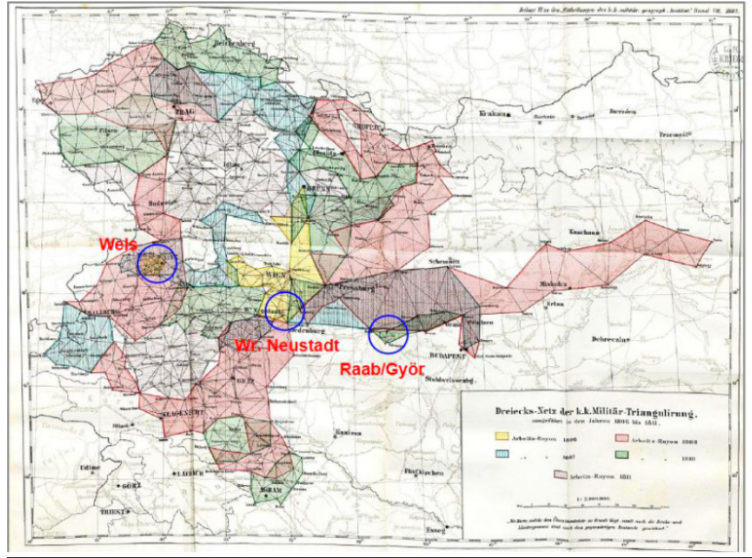


Abb. 31: K. K. Militärtriangulation (1806-1811) mit Basislinien

Meridiangradmessung werden in Czurok (Bácszer Komitat), in Kistelek (Csongráder Komitat), in Szegedin und in Peterwardein (Woiwodina) die Sonnenazimute und die Zenitdistanzen mehrerer Sternbilder mit genauer Zeitangabe beobachtet. Dabei werden diese Ergebnisse von de Lalande, Piazzi, Bradley, de la Caille und anderen mit genauer Zeitangabe verglichen.

Liesganig geht 1772 als Baudirektor nach Lemberg und ist dort mit der Kartierung Ostgaliziens und Lodomeriens beauftragt. Der «Nullpunkt» dieser Karte ist das Observatorium in Lemberg. Der hierbei verwendete Präzisions-Maßstab von 2 Fuß Länge wird an jenem Stab geeicht, den La Condamine bei der Gradmessung 1736-40 in Ecuador verwendet hat. Dadurch kann Liesganig den Übergang von Wiener Fuß bzw. Klafter zur Toise du Pérou und zum neu definierten Metermaß genauer berechnen. Am Klafter-Urmaß von 1756 wird die Liesganig'sche Toise vom Jahr 1760 geeicht und ergibt das Verhältnis von 100.000 Toisen = 102.764 Wiener Klafter. Dieses Maß wird dann zum Normalmaß aller späteren österreichischen Längenmaße bis 1817 und für den Kataster von Österreich-Ungarn.

Liesganig nimmt wichtige Instrumente, wie einen Sektor, eine astronomische Uhr, einen Quadranten und ein Newton'sches Fernrohr aus Wien nach Lemberg mit. Die Wiener astronomische Ephemeride von 1765 veröffentlicht Beobachtungen der Sonnenfinsternis, die 1764 mit einer astronomischen Uhr, einem Mikrometerquadranten und einem Newton-Teleskop in Lemberg gemacht werden. Seit 1775 wirkt Liesganig als Professor der Mechanik und als Vorstand der mechanischen Werkstätten am Collegium Nobilium in Lemberg, 1785 leitet er die Katastervermessung für Galizien. Im Zuge der Revolution 1848 werden die Instrumente der Vermessungssammlung so beschädigt, dass sie eingeschmolzen werden müssen.



Abb. 32: Karte von Ostgalizien (Ausschnitt) 1824 nach Liesganig (1794)

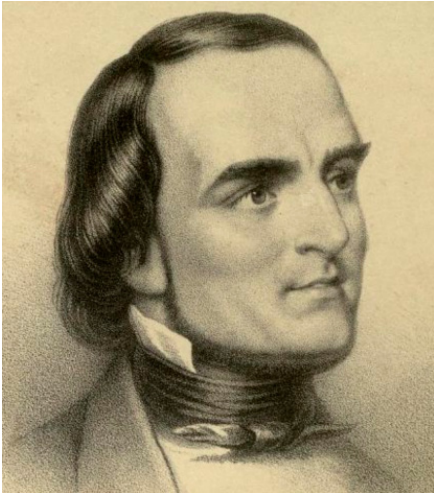


Abb. 33: Charles Mason (1728-1786)



Abb. 34: Jeremiah Dixon (1733-1779)

6. 1764-1768 Mason-Dixon Linie

Mit ihrer Vermessung gelingt den beiden jungen englischen Wissenschaftlern Charles Mason (1728-1786) und Jeremiah Dixon (1733-1779) ein historisches Werk, das man noch 250 Jahre später als vermessungstechnischen Durchbruch rühmen wird. Die nach den beiden Vermessern benannte Mason-Dixon-Linie wird zu Amerikas berühmtester Grenze. Ihr Verlauf trennt Nord- und Südstaaten voneinander, eine Spaltung, die noch heute in den Vereinigten Staaten gegenwärtig ist.

1751 schlägt ein Gerichtsurteil alles, was über 15 Meilen (etwa 24 km) südlich des südlichsten Punkts von Philadelphia liegt, Maryland zu. Die Stadt verbleibt jedoch im Land der Penns. 1760 einigt man sich auf die exakte Länge der Halbinselquerung und legt den Mittelpunkt fest, der

die Basis für die Teilung und damit Ostgrenze Marylands ist. Als Tangent Line bezeichnet man die Linie, die zur kreisförmigen Umschließung der Stadt New Castle zu messen ist. Das ist mit den Mitteln dieser Zeit beinahe unmöglich, wie man an der gescheiterten amerikanischen Expedition von 1761 sieht. Die Vermesser ziehen vom Mittelpunkt der Halbinsel aus eine Linie in nördlicher Richtung in die Zwölf-Meilen-Zone und ermitteln dann durch Winkelberechnungen den Punkt, an dem die Grenzlinie den Kreis tangiert. Gleichzeitig wird der Winkel bestimmt, der zwischen der nach Norden ausgerichteten Linie und der eigentlichen Tangent Line liegt: $3^\circ 32' 5''$. Beim anschließenden Versuch, jene Linie zu ziehen, verfehlt man allerdings die Zwölf-Meilen-Zone um mehr als 100 Meter. Eine weitere Vermessungskampagne zieht eine



Abb.35: Die Vermessung der Mason-Dixon-Linie





Abb. 36: Der „Sternguckerstein“ in einem Feld rund 50 km westlich von Philadelphia



Abb. 37: Bird, tragbarer astronomischer Quadrant, 1760

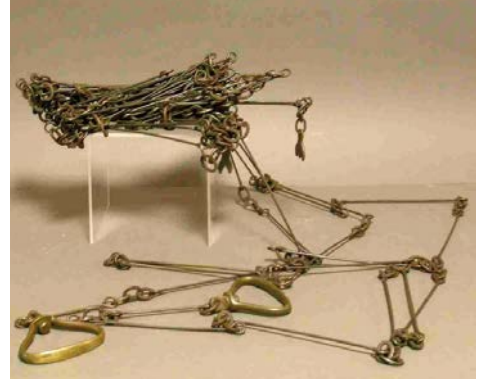


Abb.38: Messkette (Gunter's chain) 66 feet (20.117 m) aus 100 links zu 7.92 inches (201 mm)

Grenze quer durch die Delmarva-Halbinsel, die von Ost nach West verlaufende „Transpeninsula Line“. An der Messung der Grenzlinien scheitern die amerikanischen Vermesser letztlich. Den Gouverneuren der Kolonien bleibt nichts anderes übrig, als zwei Experten aus der alten Heimat zu Hilfe zu rufen. 1763 werden Charles Mason und Jeremiah Dixon von den beiden Besitzerfamilien beauftragt, die Grenze zwischen beiden Kolonien endgültig festzulegen.

Der vermessungstechnische Wandel der Zeit kommt in den Territorien der Neuen Welt besonders zum Tragen. Jahrtausendlang hat man Ländergrenzen an topographischen Gegebenheiten festgemacht. Nun sollen Koordinaten aus Breiten- und Längengraden ein absolutes Gerüst bilden, das auch in Terra incognita funktioniert.

Das weltumspannende Zahlennetz muss auf der Erdoberfläche auffindbar sein. Für die Vermesser eine große Herausforderung, der am ehesten Spitzenforscher aus der Royal Society gewachsen sind.

Mason und Dixon bringen als Prunkstück der wissenschaftlichen Ausrüstung ein hochmodernes Zenitteleskop aus der Werkstatt John Birds in die Neue Welt mit. Das Instrument erlaubt ihnen, die genaue Position von Sternen zu bestimmen und Rückschlüsse auf den Standort des Betrachters auf der Erde zu ziehen. Inklusive Halterung misst es zweieinhalb Meter. Um es zu benutzen, muss man sich darunterlegen, da das Okular knapp über dem Boden angebracht ist.

Die Grenze entlang der „Westline“ soll parallel zu einem Breitengrad verlaufen, sodass Mason



Abb. 39: Denkmal am »Post mark'd West«, von Mason und Dixon



Abb. 40: Bird, Transzitelteleskop, Independence Hall, Philadelphia © m.frdl.Gen.V.Jeffrey Lock



Abb. 41: Delambre, Méchain, Gradmessung Dünkirchen-Paris-Barcelona, 1792

Abb. 42: Urmeter, 1795



und Dixon eine kontinuierliche Erdkrümmung berücksichtigen müssen. Es genügt nicht, eine eingeschlagene Richtung schnurgerade zu verfolgen, theoretisch muss nach jeder Meile per Sternbeobachtung die exakte Westrichtung ermittelt werden, was Jahre in Anspruch genommen hätte. Um die 300 Kilometer lange Strecke in angemessener Zeit bewältigen zu können, entwickelt man eine neue Messmethode.

Die Strecke wird in gerade Etappen von 11,37 Meilen Länge aufgeteilt und dann für jede Etappe rückwärts arbeitend „die Gerade gekrümmt“. Vor der Vermessungskampagne berechnet Mason, wie weit sie bei jeder 11-Meilen-Etappe vom tatsächlichen Breitengrad abweichen würden. Die erforderlichen Berechnungen sind vergleichsweise komplex und nur mit Hilfe sphärischer Trigonometrie möglich. Laut Analyse beträgt die maximale Abweichung am Mittelpunkt der geraden Linie 5,22 m. Die Vermessung im Winkel von exakt $89^{\circ} 55' 53''$ westwärts zur wahren Nordrichtung orientiert sich an Sternpositionen. Am jeweiligen Ende des Abschnitts bestimmen Mason und Dixon mit dem Zenitteleskop, ob sie sich noch auf dem gewünschten Breitengrad befinden. Dann berechnen sie für den zurückliegenden Abschnitt die Abweichungen zwischen ihrer Geraden und der Parallele zum Breitengrad. Dadurch können sie auf dem Rückweg die Meilenpfosten an die entsprechende Position auf der eigentlichen Grenzlinie versetzen. Um die Arbeit weiter zu beschleunigen, entwickeln sie eine Methode, bei der sie zunächst im rechten Winkel zueinander stehende Strecken abmessen und daraus die Richtung nach Westen ableiten kön-

nen, ohne unterwegs ihren Kurs permanent durch Sternbeobachtung zu prüfen.

Hier zeigt sich die eigentliche Leistung der Vermessungspioniere. Um ein korrektes Ergebnis abzuliefern und die Dauer und die Kosten der Kampagne nicht ausufern zu lassen, analysieren sie die vorliegenden Problemstellungen und kombinieren verschiedene neue astronomische, mathematische und vermessungstechnische Methoden.

7. 1792-1799 Gradmessung Dünkirchen – Paris – Barcelona

Seit der Französischen Revolution wird breit darüber diskutiert, wie man die unzähligen lokalen Maße und Gewichte in Frankreich vereinheitlichen könnte. Viele Gelehrte haben sich dafür ausgesprochen, die Pariser Maß- und Gewichtsstandards für die gesamte Nation zu übernehmen. Im März 1790 unterbreitet Charles-Maurice de Talleyrand (1754-1838), bedeutendster Staatsmann und Diplomat während der Französischen Revolution, unterstützt von einigen Mitgliedern der Akademie der Wissenschaften, der französischen Nationalversammlung den Vorschlag, die Einheit der Länge auf ein der Natur entnommenes, unvergängliches und reproduzierbares Maß zu gründen. 1791 beschließt die Nationalversammlung, den zehnmillionsten Teil des durch Paris führenden Erdmeridianquadrantens als erdkörperbezogene Längeneinheit mit der Bezeichnung „Meter“ zu wählen. Um die Länge des Meters zu bestimmen, wird unter der Aufsicht der Pariser Akademie der Wissenschaften 1792-1799 eine Gradmessung vorgenommen, die von Dünkirchen bis Mantouy bei Barcelona reicht und gleichzeitig auch

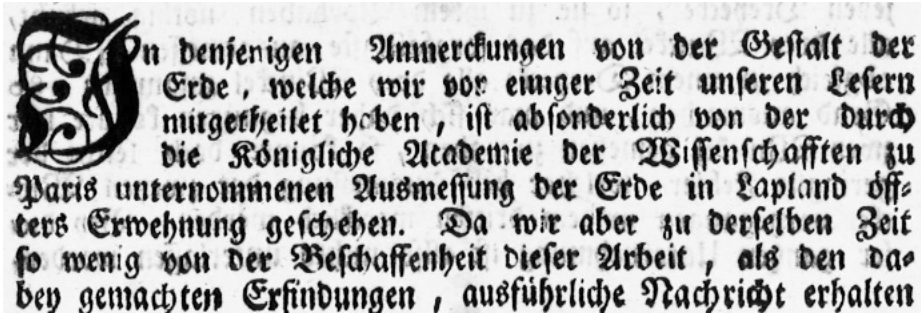


Abb. 43: Leonhard Euler, *Von der Gestalt der Erden*, 1738 (Anfang)

Ausgangspunkt für ein Europa überspannendes Triangulationsnetz ist. Diese Gradmessung findet unter der Leitung der Astronomen Jean-Baptiste Joseph Delambre (1749-1822) (nördlicher Sektor) und Pierre-François-André Méchain (1744-1804) (südlicher Sektor) statt. Die Nachwirkungen der französischen Revolution erschweren die Expedition erheblich. Trotzdem werden sehr gute Ergebnisse erzielt, sodass die Gradmessung heute noch als bedeutende geodätisch-astronomische Leistung gewürdigt wird.

An den Arbeiten im Zusammenhang mit der Gradmessung und der Einführung des Meters ist auch Jean Charles Borda (1733-1799) beteiligt, französischer Experimentalphysiker, Astronom und Geodät. Er entwickelt mehrere Präzisionsinstrumente, die bei der Gradmessung eingesetzt werden, wie den bekannten Repetitionskreis, den sogenannten Borda-Kreis, zur Winkelmessung in der Ebene von Stand- und Zielpunkten. Borda, ein großer Befürworter des Meridianprojektes und des metrischen Systems, und erster Vorsitzender der 1790 gegründeten Kommission für Gewichte und Maße, kreiert für die neu geschaffene Längeneinheit den Namen „mètre“. Gebaut werden die Borda-Kreise vom berühmten französischen Instrumentenbauer Etienne Lenoir (1699–1778).

Der einzige Knotenpunkt der Kette von Triangulationsdreiecken in Paris ist das Pantheon. Das neu erbaute Gebäude, das vor der Umwandlung zum Mausoleum zunächst als provisorisches Lager für Tausende von alten Gewichten und Messlatten benutzt wird, die aus den Provinzstädten angefordert worden sind, um sie mit den neuen republikanischen Maßen zu vergleichen, hat Delambre als das geeignetste Fernziel in Paris ausgesucht. Die Laterne auf der Spitze der Dachkuppel ist von den benachbarten Triangulationsstationen im Umkreis der Stadt gut sichtbar und die Messungen werden von Delambre in den Jahren 1792-1793 durchge-

führt. Zur Winkelbeobachtung vom Pantheon aus zu den Nachbarstationen im Februar und März 1793 wird für Delambre von den Architekten hoch oben in der Kuppel ein temporäres Observatorium mit vier Fenstern eingerichtet.

8. Zusammenfassung

Leonhard Euler berichtet in seiner von der Kaiserlich Russischen Akademie der Wissenschaften bereits 1738 veröffentlichten Abhandlung „Von der Gestalt der Erden“ über die französische Expedition nach Lappland, die „der Ausmessung der Erde“ dient: „Diejenigen, welche der Erd-Kugel die vollkommene Rundung abgesprochen, waren bisher in zwey ganzt wiederwärtige Partien zertheilet, davon die eine Partie behauptete, daß die Erde eine gegen ihren Polis abgekürzte Rundung habe, und der Gestalt nach einer Pomeranzen oder Apelsine ähnlich sey. Die andere Partie hingegen glaubte, daß die Figur der Erde vielmehr gegen den Polis ablang sey und mit einer Melonen oder Limonen verglichen werden müsse; welche zwey Meinungen also einander schnurstracks entgegen sind.“ Durch die Messergebnisse von Maupertuis ist für Euler die Abplattung der Erde an den Polen bewiesen. Dennoch ist Euler noch auf die Erkenntnisse der zweiten französischen Gradmessungs-Expedition nach Südamerika gespannt, „als deren Observationen gegen diejenigen, welche in Lappland gemacht worden sind, gehalten und unter sich verglichen werden müssen. Dann wann anjetzo gleich schon so viel gewiß ist, daß die Erde unter dem Aequatore dicker ist, als zwischen den Polis, und der Gestalt einer Pomeranze gleicht; so ist doch die eigentliche Verhältnuß zwischen dem Axe der Erde, welcher von einem Polo zu dem anderen gehet, und dem Diameter oder Durchmesser des Aequatoris noch nicht bestimmt.“

Statistische Angaben über die Gradmessungen bis 1900 einschließlich der Literatur

| Gradmessung | Jahr | Beobachter bzw. Organisator | Δ | Stat. |
|-----------------------------------|-----------|--|----------|-------|
| Peru | 1735–1744 | Bouguer–La Condamine | 3° 07' | 2 |
| Lapland | 1736–1737 | Maupertuis–Clairaut | 0° 58' | 2 |
| Schweden | 1801–1803 | Svanberg–Oferbom | 1° 37' | 2 |
| Frankreich | 1669–1670 | Picard | 1° 23' | 2 |
| Frankreich | 1680–1718 | Cassini I–Cassini II–Lahire père et fils | 8° 31' | 3 |
| Frankreich „Mériidienne Verifiée“ | 1739–1740 | C. F. Cassini III de Thury–Lacaille | 8° 20' | 5 |
| Frankreich–Spanien | 1792–1798 | Delambre–Méchain | 9° 40' | 6 |
| Kirchenstaat | 1751–1753 | Boscovich–Lemaire | 2° 10' | 2 |
| Piemont | 1762–1764 | Beccaria–Canonica | 1° 08' | |
| Österreich | 1762–1767 | Liesganig | 2° 53' | 4 |
| Ungarn | 1768 | Liesganig | 1° 13' | |
| Pennsylvanien | 1764–1768 | Mason–Dixon | 1° 29' | 2 |

| Endpunkte | Mittlere | | Veröffentlicht in |
|-----------------------|-----------|----------|---|
| | Breite | Länge | |
| Tarqui–Cochesqui | 1° 31' S | 281° 16' | 1) Bouguer, P.: „La figure de la Terre déterminée par les observations environs de l'équateur“, Paris 1749. 2) La Condamine, C. M. de: „Mesure de trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral“, Paris 1751. |
| Tornauc–Kittis | 66° 20' N | 24° 53' | Maupertuis, P. L. M.: „La figure de la Terre déterminée par les observations au cercle polaire“, Amsterdam 1738. |
| Malörn–Paktawara | 66° 20' N | 24° 53' | Svanberg, J.: „Expositions des opérations en Laponie“, Stockholm 1805; u. Zachs Monatl. Corresp. Bd. XII u. XIV, Gotha, 1805/06. |
| Malvoisinc–Amiens | 48° 13' N | 2° 20' | Picard, J.: „Traité de la mesure de la Terre“, Paris 1671; Neuaufl. Mém. Acad. Paris pour 1718, Paris 1720. |
| Collioure–Dünkirchen | 46° 46' N | 2° 20' | Cassini, J.: „De la grandeur et la figure de la Terre“, Mém. Acad. Paris pour 1718, Paris 1720 und Amsterdam 1723. |
| Perpignan–Dünkirchen | 46° 44' N | 2° 20' | Cassini de Thury, C. F.: „La méridienne vérifiée...“, Paris 1744. |
| Montjoui–Dünkirchen | 46° 12' N | 2° 20' | Delambre, J. P. J. – Méchain, P. F. A.: „Base du système métrique décimal...“, 3 Bde., Paris 1806, 1807, 1810. |
| – | | | |
| Roma–Rimini | 43° 01' N | 12° 30' | Boscovich, R. G.: „De litteraria expeditione per Pontificiam ditonem ad dimentiendos duos meridiani gradus“, Roma 1775. |
| Mondovi–Andrate | 44° 44' N | 7° 30' | Beccaria, G. B.: „Gradus Taurinensis“, Turin 1774. |
| Brünn–Varasdin | 47° 46' N | 16° 20' | 1) Liesganig, J.: „Dimensio graduum meridiani Viennensis et Hungarici“, Wien 1770. |
| Peterwardein–Kistelek | 45° 52' N | 20° 00' | 2) Embacher, P.: „Die Liesganigsche Gradmessung“, Österr. ZfV, Wien 1951, S. 17–22, S. 51–55. |
| | 39° 12' N | 282° 30' | 1) Dixon, J.–Mason, C.: „Observations for determining the length of a degree of latitude in the provinces of Maryland and Pennsylvania“, Phil. Trans. Vol. 58, London 1769, Seite 270–328. 2) Gore, J. H.: „Die Pennsylvanische Gradmessung von Mason und Dixon (1764–1768)“, ZfV, Stuttgart 1888, S. 33–39. |

Der Jesuit P. Rudjer Josip Bošković erkennt das Problem der Lotabweichungen durch die Anomalien des Schwerefelds der Erde im Gebirge und führt eine Meridiangradmessung im Kirchenstaat in relativ flachem Gelände durch. Bošković entwickelt auch eine rechnerische Methode zur Ausgleichung der Restfehler der Messungen. Seinen Anregungen folgend, messen Beccaria, Mason und Dixon und Liesganig weitere Meridianstreifen.

Beccarias piemontesische Messung ergibt einen größeren, Liesganigs ungarische einen kleineren Gradabstand, als nach der geographischen Breite zu erwarten gewesen wäre. Möglicherweise verfälschen unterirdische Metallvorkommen die Messungen oder eine unregelmäßigen Struktur der Erde auch unter ihrer Oberfläche. Die Gradmessungen von P. Joseph Liesganig schaffen die Grundlagen für die unter Kaiserin Maria Theresia begonnene erste oder Josephinische Landesaufnahme im Kaisertum Österreich 1764–1787. Nach dem Erwerb Ostgaliziens durch die 3. Teilung Polens 1772, schafft Liesganig in Lemberg bis 1794 ein Kartenwerk des Kronlands.

Amerikas berühmteste Grenze entsteht 1764–1768, als zwei jungen englischen Vermessern ein historisches Meisterwerk gelingt. Die hunderte Kilometer lange Mason–Dixon–Linie soll zerstrittene Kolonisten einen. Ihr Verlauf trennt, gedanklich quer durch den Kontinent verlängert, Nord- und Südstaaten voneinander, damit Befürworter und Gegner der Sklaverei, Union und Konföderierte. Eine Spaltung, die noch heute in den Vereinigten Staaten sichtbar ist.

Bei der Gradmessung Dünkirchen–Paris–Barcelona am Ende des 18. Jahrhunderts kommen neuartige Vermessungsinstrumente von Borda zum Einsatz. Auf Beschluss der revolutionären Französischen Nationalversammlung wird erstmals die neue Maßeinheit Meter verwendet.

Abb. 44: Straßer Georg, Ellipsoidische Parameter der Erdfigur, München, 1957

Referenzen

- Allmer Franz*, Liesganigs Leben u. Wirken u d. Vermessungstechnik seiner Zeit, Hist.V. f.Stmk, 1989/90
- Beccaria Giovanni Battista*, Gradus Taurinensis, Turin 1774
- Bodenmann Siegfried*, Mandarine oder Melone: Die Kontroverse um die Gestalt der Erde und die französische Lapplandexpedition (1736-1737), Halle/Saale 2005
- Bouguer Pierre*, *La Condamine Charles-Marie*, La figure de la terre, Paris 1749
- Crane Nicholas*, Latitude, The astonishing adventure that shaped the world, London 2021
- Danson Edwin*, Drawing the Line, Hoboken 2000
- Euler Leonhard*, Von der Gestalt der Erden, St. Petersburg 1738
- Euler Leonhard*, De repraesentatione superficiei sphaericae super plano, De projectione geographica superficiei sphaericae, St. Petersburg 1777
- Hiermanseder Michael*, Aus der Korrespondenz von Johann Jakob von Marinoni mit Leonhard Euler 1736-1751, VGI 2/2018, S 92-135 (1.Teil), VGI 4/2018, S 264-305 (2. Teil)
- Hiermanseder Michael*, Die Mason-Dixon-Linie, VDVmagazin 1/2023, S 6-11
- Hiermanseder Michael*, *König Heinz*, Johann Jakob von Marinoni - geadelt und getadelt, Schöpfer des Mailänder Kartasters, Kartograph, Wissenschaftler, VGI 2/2017, S 60-141
- Hollstein Sebastian*, Mason-Dixon-Linie, 2018, <https://www.spektrum.de/news/wie-amerikas-beruehmteste-grenzenentstand/1583702>
- Liesganig Joseph*, Dimensio graduum meridiani Viennensis, Wien 1770

Marinoni Joh. Jak., De astronomica specula domestica et organico apparatu astronomico, Wien 1745

Marinoni Johann Jakob, De re ichnometrica, veteri, ac nova recensetur experimenta per utramque habita accedunt modi areas fundorum sine calculo investigandi, Wien 1775

Maupertuis Pierre-Louis Moreau de, Discours sur les différentes figures des astres, avec une Exposition abrégée des systèmes de M. Descartes et de M. Newton, Paris 1732

Maupertuis Pierre-Louis Moreau de, Discours à l'académie des sciences sur la mesure du degré du méridien au cercle polaire, Paris 1737

Maupertuis Pierre-Louis Moreau de, La figure de la terre, Paris 1738

Pärr Nora, Wiener Astronomen - Ihre Tätigkeit an Privatobservatorien und Universitätssternwarten, Diplomarbeit, Wien 2001

Pärr Nora, Maximilian Hell und sein wissenschaftliches Umfeld, Dissertation, Wien 2011, J.J. Marinoni, Blick zurück ins Universum, S 180 ff

Straßer Georg, Ellipsoidische Parameter der Erdfigur, München 1957

Ulloa Antonio, *Juan Jorge*, Relacion historica del viage a la America Meridional, Madrid 1748

Anschrift des Autors

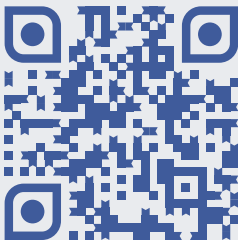
Dr. Michael Hiermanseder, Managing Director, Leica Geosystems Austria GmbH (ret.); Partner, Rudolf & August Rost (ret.), Sommerergasse 11/5, A-1130 Wien.
E-Mail: hiermanseder@gmx.net

vgi

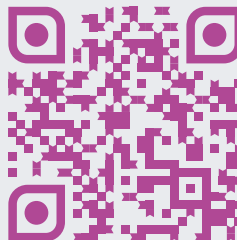
Folgen Sie uns auf Social Media!



...bereits über 600 Personen tun es schon !



shorturl.at/kptxE



shorturl.at/ekwxW



shorturl.at/jnDJ5

Dissertationen, Diplom- und Magisterarbeiten

Potential of Very High Resolution Satellite Imagery for 3D Reconstruction and Classification

Ana-Maria Loghin

Dissertation: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Photogrammetrie, Technische Universität Wien, 2022

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Pfeifer

Hochauflösende Satellitensensoren mit ihrem effizienten weltweiten Aufnahmefähigkeiten sind eine wertvolle Quelle für Geodatenanwendungen, die eine großflächige Abdeckung und hohe zeitliche Auflösungen erfordern, wie zum Beispiel: die Überwachung von Umweltkatastrophen, Stadtplanung, Veränderungsdetektion, Navigationsunterstützung, Umwelt- und hydrologische Modellierung. Allerdings reichen die alleinigen zweidimensionalen Bildinformationen zur Beurteilung unterschiedlicher spezifischer Situationen oft nicht aus. Daher ist eine dreidimensionale Rekonstruktion der abgebildeten Szene erforderlich. Durch die Kombination des 2D-Bildinhalts mit der rekonstruierten 3D-Geometrie kann eine verbesserte Basis für verschiedene Anwendungen erreicht werden. Das führt zu einem besseren Verständnis der beobachteten Szene. Dies ist mit den heutigen hochflexiblen Sensoren möglich, die Satellitenbilder aus mehreren Ansichten über denselben Interessenbereich während eines einzigen Durchgangs aufnehmen können. Während sich viele Forschungsarbeiten mit dem spektralen 2D-Inhalt optischer Satellitenbilder befassen, ist das Thema der 3D-Untersuchungen erheblich kleiner. Angesichts der geringen Forschungstätigkeiten in dieser Richtung zielt diese Arbeit darauf ab, das Wissen über das 3D-Potenzial von hochauflösenden Satellitenbildern zu erhöhen und zu erweitern.

Das Ziel dieser Dissertation ist die automatische 3D-Informationsextraktion und Klassifizierung von natürlichen und bebauten Gebieten aus Stereo/Tri-Stereo-Szenen von Pléiades und WorldView-3 Satellitenbildern, um das Potenzial und die Grenzen hervorzuheben und einen tiefen Einblick von hochauflösenden-Sensoren zu erhalten. Die Arbeit der Dissertation fokussiert sowohl auf methodische Entwicklungen als auch auf beschreibende Aspekte zur Verbesserung und zu einem besseren Verständnis des aktuellen Zustands der erreichbaren 3D-Informationen aus hochauflösenden Satellitenbildern. Diese sind insbesondere mit den folgenden wissenschaftlichen Zielen verbunden: (a) 3D-satellitenbasierte Punktwolkenrekonstruktion und Genauigkeitsanalyse von Höhenmodellen; (b) Satellitenbild-Geometriekorrektur basierend auf hochauflösenden Höhenmodellen; (c) Verbesserung der Orthofotoqualität; (d) Analyse der Klassifikationsleistung; und (e) Potenzial

für die 3D-Rekonstruktion kleiner, isolierter Objekte. Ein Nebenfokus liegt auf der Beschreibung eines photogrammetrischen Arbeitsablaufs für die 3D-Informationsextraktion aus hochauflösenden Satellitenbildern und auf der Objektsichtbarkeitsanalyse basierend auf den Geometrieerfassungsparametern.

Praktische Beispiele für die Extraktion von 3D-Informationen werden in vier unterschiedlichen Gebieten mit unterschiedlichen topografischen Eigenschaften und Landbedeckung analysiert: ländliche, städtische, offene landwirtschaftliche Felder, Grasland, Wälder, und Berggebiete. Die durchgeführten Experimente zeigen vermutliche Vibrationen des Satellitensensors (Jitter-Effekt), die durch die schnelle Drehung von einer Blickrichtung in die andere verursacht werden und von den mitgelieferten rationalen Polynomkoeffizienten (RPC) nicht erfasst werden konnten. Es wird eine neue Methode eingeführt, die die Geometrie von Satellitenbildern basierend auf der Rückprojektion von reale und Referenzhöhen unter Verwendung von Bias-korrigierten RPCs optimiert. Neben Methoden zur Verbesserung der geometrischen Genauigkeit und Qualität von satellitengestützten Höhenmodellen und Orthofotos wurde besonderes Augenmerk auf feinste Details gelegt, die in den photogrammetrisch abgeleiteten Höhenmodellen abgebildet werden können. Indem sie die erreichbare 3D-Informationsextraktion aus Pléiades- und WorldView-3 Stereo/Tri-Stereo-Bildern ansprechen, bringen diese Beiträge neue Einblicke in das Forschungsthema und tragen dazu bei, das 3D-Wissenspotenzial von hochauflösenden Satellitenbildern zu erhöhen und zu erweitern.

Empirische Untersuchungen zu kartographischen Minimaldimensionen auf Smartphone-Displays

Florian Ledermann

Dissertation: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Kartographie, Technische Universität Wien, 2022

Betreuer: Univ.-Prof. Mag. Dr. Georg Gartner

Etablierte Richtlinien zur Kartengestaltung beinhalten oftmals Empfehlungen für Minimaldimensionen kartographischer Signaturen. Empfehlungen für gedruckte Karten berücksichtigten dabei die Eigenschaften des Herstellungsverfahrens, sowie die Fähigkeiten der Kartennutzerin, kleinste Details zu erkennen und korrekt zu deuten. Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Auflösung konventioneller Bildschirme verlangen etablierte Richtlinien für die Gestaltung von Karten für die digitale Wiedergabe üblicherweise die Verwendung weit größerer

grafischer Elemente, um die Lesbarkeit der Karte zu gewährleisten. Die technische Entwicklung der vergangenen Jahre ermöglicht mittlerweile jedoch die Herstellung digitaler Anzeigegeräte mit sehr hoher Auflösung, und solche hochauflösenden Displays sind, sowohl als Smartphones als auch als Desktop-Bildschirme, weithin verfügbar.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, basierend auf empirischen Untersuchungen, aktualisierte Richtlinien für kartographische Minimaldimensionen zu erarbeiten, die die Verfügbarkeit von hochauflösenden Displays berücksichtigt. Zu diesem Zweck werden drei empirische Studien vorgestellt, die die Erkennbarkeit von graphischen Elementen auf Smartphone-Displays unterschiedlicher Auflösung untersuchen.

Studie 1 ermittelt die Erkennbarkeitsschwellen von graphischen Elementen mit Bezug zu kartographischen Signaturen (Punktsymbole, Liniensymbole, sowie Schrift) bei kontinuierlich reduzierter Größe. Die Erkenntnisse aus dieser ersten Studie fließen in die Gestaltung zweier weiterer Studien ein. Studie 2 untersucht weitere Aspekte betreffend die Erkennbarkeit von Punktsymbolen. Zu diesem Zweck wird eine Methode vorgestellt, um aus verfügbaren Sammlungen von ikonographischen Symbolen jene Symbole mit größter Ähnlichkeit zu identifizieren. Solche Gruppen ähnliche Symbole finden als Stimuli in der zweiten Studie Verwendung, um die Mindestgröße zur zuverlässigen Unterscheidung von aus realen Anwendungskontexten entnommenen, graphisch ähnlichen Kartensymbolen zu ermitteln. Die Unterscheidbarkeit wird dabei in zwei Arten von Aufgaben getestet: bei isoliert stehender Betrachtung, sowie beim Abzählen von Symbolen auf einer Karte. Studie 3 widmet sich der Erkennbarkeit von Liniensymbolen, wobei hier die zuverlässige Reproduktion von intern ausdifferenzierten Liniensymbolen, beispielsweise durch die Anordnung von Pfeilen oder Schraffuren im inneren der Linie, getestet wird. Auch hier wird die Unterscheidbarkeit bei isolierter Betrachtung, sowie für das Abzählen auf einer „Pseudo-Karte“, untersucht. Zusätzlich zur Untersuchung etablierter kartographischer Symbole werden in Studien 2 und 3 auch mögliche Verfahren zur aktiven Verbesserung der Unterscheidbarkeit getestet. Für Studie 2 wird die Verbesserung der Lesbarkeit durch Optimierung der Ausrichtung von Symbolgeometrie mit dem Pixelraster untersucht, sowie eine algorithmische Methode zur möglichen Verstärkung der graphischen Unterschiede ähnlicher Symbole vorgestellt. In Studie 3 wird der Effekt der graphischen Hervorhebung der Eckpunkte von in Linien eingebetteten Richtungs Pfeilen untersucht.

Ein Ziel dieser Arbeit ist die Ausarbeitung praktisch anwendbarer Richtlinien für Minimaldimensionen für digitale Karten. Ein Vorschlag für solche Leitlinien erfolgt auf drei Ebenen, basierend auf den vorgestellten Studien: Generelle Empfehlungen für die Gestaltung von Karten für digitale Ausgabegeräte auf aktuellem technischen

Stand; Empfehlungen für Minimaldimensionen kartographischer Elemente, differenziert nach Display-Auflösung und Sehschärfe der Nutzerin; sowie praktische Hinweise für das empirische Testen der Lesbarkeit digitaler Karten. Die Arbeit schließt mit dem Versuch einer Definition des Begriffs „Kartographische Minimaldimension“, der Erörterung von praktischen Anwendungsmöglichkeiten der gewonnenen Erkenntnisse, einer Diskussion von Beschränkungen der vorgestellten Methodik und Umsetzung, sowie einem Ausblick auf mögliche weiterführende Forschung.

Ist deine Stadt einfach zu navigieren? Eigenschaften des Straßennetzes und deren Einfluss auf den Navigationserfolg

Manuela Canestrini

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Geoinformation, Technische Universität Wien, 2023

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Ioannis Giannopoulos MSc, Bartosz Mazurkiewicz MSc

Wayfinding is an everyday human task when navigating through a city and the routes which are taken are always embedded into a street network. Hence, whenever wayfinding studies are conducted, they are influenced by the underlying network. This thesis investigates what street network properties impact the navigation success when using Free Choice Navigation as navigation paradigm. The street network properties characterise the neighbourhood, which surrounds a route from a starting point to a destination. Six different approaches are discussed, on how to define this neighbourhood. The chosen approach contrasts with the prevailing choice of geometric or administrative study areas and the focus is rather on the street network itself. It ensures that all nodes, that could be passed when navigating from A to B under the condition that the final path length is below a certain allowed maximum length, are within the area. After the definition of the neighbourhood area, 34 street network properties are discussed and computed. By using Principal Component Regression, the relation between 30 of those properties and the navigation success rate is investigated. The analysis is conducted for three cities: Vienna, Mexico City and Djibouti City. It is found that the ratio between the allowed detour and the mean segment length within the neighbourhood area impacts the success rate and is positively correlated with it. In addition, the city type of the cities where the routes are located seems to have an impact. The results suggest that Vienna appears to be more navigable than Mexico City, because the investigated neighbourhoods have a lower mean segment length. Furthermore, Vienna seems more navigable than Djibouti City, because the investigated routes are longer on average.

Unsicherheitsanalyse der TLS-Distanzabweichungen verursacht durch Material und Auftreffwinkel

Rupert Lettner

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Technische Universität Wien, 2023

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Berndt Neuner, Univ.Ass. Finn Linzer MSc

Terrestrische Laserscanner (TLS) finden immer häufiger Anwendung im Bereich der Ingenieurgeodäsie. Die mit modernen TLS erreichbare 3D-Punktgenauigkeit liegt im niedrigen Millimeterbereich. Zudem geben Hersteller Präzisionen für die Distanzmessung an, die bis in den Submillimeterbereich reichen. Dies treibt dazu an, vermutete systematische Effekte zu untersuchen, welche die Unsicherheit von TLS-Entfernungsmessungen beeinflussen könnten. Die Markteinführung von geodätischen Multistationen – Kombinationsinstrumente aus Totalstation (TS) und TLS – ermöglicht einen neuen Ansatz zur Genauigkeitsüberprüfung von TLS-Distanzmessungen, insbesondere in Bezug auf das zu scannende Material und den Einfallswinkel zwischen Laserstrahl und Objekt. Eine solche, als ROSIAM bezeichnete, Methode zur Durchführung und Auswertung von TLS-Distanzmessungen wurde vom Forschungsbereich für Ingenieurgeodäsie der TU Wien entwickelt. Das Grundprinzip ist der direkte Vergleich von TLS-Distanzen und Referenzdistanzen, welche mit einem Instrument höherer Genauigkeit ermittelt wurden.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Unsicherheitsquellen der ROSIAM-Methode zu bestimmen und zu quantifizieren sowie ein umfassendes Unsicherheitsbudget für die abgeleiteten Differenzen von TLS-Distanzen und Referenzdistanzen zu erstellen. Die Varianz-Kovarianz-Fortpflanzung und die Monte-Carlo-Simulation werden als Berechnungsmethoden eingesetzt, um die gemeinsame Auswirkung aller Unsicherheitseinflüsse auf die Distanzdifferenzen zu bestimmen. Ein wesentlicher Schritt dazu ist die Entwicklung eines Modells zur Netztransformation, welches einen funktionalen räumlichen Zusammenhang zwischen den Messgrößen des terrestrischen Laserscanners und jenen des Referenzinstruments herstellt. Die Instrumente können dabei beliebig zueinander positioniert und orientiert sein.

In dieser Arbeit werden die Unsicherheiten von Distanzdifferenzen für Einfallswinkel von 0 bis 60 gon und für sieben verschiedene Materialien bestimmt. Zwischen allen Materialien wurden signifikante Unterschiede bei den Distanzdifferenzen für jeweils einen Großteil der untersuchten Einfallswinkel festgestellt. Dies lässt den Schluss zu, dass den vorliegenden Distanzdifferenzen systematische Effekte zugrunde liegen.

Es wurde auch festgestellt, dass keine signifikanten Unterschiede in den Unsicherheiten der Distanzdifferenzen bezüglich Material und Einfallswinkel vorliegen. Daher

kann ein einheitlicher Wert von 0.2 mm als Standardunsicherheit für die Distanzdifferenzen verwendet werden. Die Anwendung dieser Standardunsicherheit ist jedoch auf die ROSIAM-Methode, die untersuchten Materialien und den Bereich der untersuchten Einfallswinkel zu beschränken.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass die ROSIAM-Methode geeignet ist, um vermutete systematische Effekte bei TLS-Distanzmessungen von Multistationen zu untersuchen.

Entwicklung eines optimierten Strapdown-Algorithmus und Evaluierung mithilfe kommerzieller Software

Marco Gürentz

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Arbeitsgruppe Navigation, Technische Universität Graz, 2022

Betreuer: Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Kührtreiber

Die Navigation und die damit verbundene Trajektorienbestimmung ist heutzutage in einer Vielzahl von Anwendungen kaum mehr wegzudenken. Im Outdoor-Bereich mit freier Sicht zu den Satelliten haben sich vor allem die Global Navigation Satellite Systeme (GNSS) zur Navigation durchgesetzt. Bewegt man sich jedoch in abgeschotteten Gebieten, wie Wäldern, Häuserschluchten oder sogar im Indoor-Bereich stößt GNSS schnell an seine Grenzen und es wird eine Alternative benötigt. Diese bietet unter anderem ein Inertiales Navigationssystem (INS), welches auf Basis von Beschleunigungs- und Drehratenmessungen auf relative Positionsänderungen rückschließt. Je nach Qualität des INS, welche sehr eng mit der Kostenintensität zusammenhängt, werden unterschiedlich gute Positionsergebnisse erzielt. Einen weiteren wichtigen Faktor spielt in der Inertialnavigation die Zeit, da sich begangene Fehler in der Auswertung der gemessenen Beschleunigungen und Drehraten mit der Zeit aufsummieren. Dies ist wiederum ein Grund warum in den meisten Anwendungen GNSS und INS kombiniert ausgewertet werden.

Ziel dieser Masterarbeit ist die Entwicklung eines Strapdown-Algorithmus zur Auswertung rein inertialer Messdaten von unterschiedlichen Graden kinematischer Bewegungen. Hierfür stehen eine hochpräzise inertielle Messeinheit (IMU iNAV-RQH-003 von iMAR) und ein Roboter (Jackal von Clearpath Robotics) zur Verfügung. Für die etwas höheren Geschwindigkeiten liegen weiters Messdaten von Fahrten mit dem Auto und der IMU vor. Um die Genauigkeit und Plausibilität des entwickelten Strapdown-Algorithmus zu beurteilen und zu überprüfen sind die Ergebnisse mit jenen von der kommerziellen Software (Waypoint Inertial Explorer) zu vergleichen. Der eigens entwickelte Algorithmus soll auf eine umfangreiche Literaturrecherche zum Thema Inertialnavigation aufbauen und weiters in der Lage sein, die Attitude mittels Quaternionen zu bestimmen sowie die Trajektorien auf Basis unterschiedlicher Integrationsverfahren auszuwerten.

Recht und Gesetz

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

Mappenberichtigung, § 52 Z 5 VermG

Den Grundstückseigentümern steht kein subjektives Recht (und damit auch keine Parteistellung) auf die „Nichtdurchführung“ bzw. „Nichtbewilligung“ einer Mappenberichtigung zu.

BVwG 16.08.2022, W270 2248162-1

Aus der Begründung des BVwG:

...

15. Wie dargelegt begehrt die Beschwerdeführerin die „Nichtdurchführung“ bzw. „Nichtbewilligung“ einer Mappenberichtigung. Strittig ist, ob ihr – und nur dies ist Prozessgegenstand des verwaltungsgerichtlichen Verfahrens – ein subjektives Recht (und damit die Stellung als Partei) auf solche Handlung (bzw. Unterlassung) durch die belangte Behörde hinsichtlich von nicht im Grenzkataster enthaltenen Grundstücken zukommt.
16. Das VermG verpflichtet die jeweils zuständigen Vermessungsbehörde „von Amts wegen“ in bestimmten Fällen, dass hinsichtlich eines Grundstücks im Grundsteuerkataster die Katastralmappe oder der Grundsteuerkataster als solches zu berichtigen ist. Dies u.a. nach § 52 Z 5 VermG dann, wenn sich ergibt, dass die Darstellung des Grenzverlaufs eines Grundstückes in der Katastralmappe mit dem seit der letzten Vermessung unverändert gebliebenen Grenzverlauf dieses Grundstückes in der Natur nicht übereinstimmt.
17. Die Pflicht zur Berichtigung nach § 52 Z 5 VermG besteht für das zuständige Vermessungsamt aber auch dann, wenn ihr durch einen Dritten, etwa unter gleichzeitiger Vorlage eines diesbezüglichen Plans – eine Unrichtigkeit der Katastralmappe zur Kenntnis gebracht wird (vgl. Twaroch, Kataster- und Vermessungsrecht, 3. Auflage [2017], § 52, Anm. 27, unter Hinweis auf ErläutRV 238 BlgNr, 13. GP).
18. Ein Abspruch über eine vorzunehmende Mappenberichtigung in Bescheidform ist nicht vorgesehen (vgl. Kaluza/Burtscher, Das österreichische Vermessungsrecht, 3. Auflage [2002], § 52, Anm. 6, die festhalten, dass ein Einschreiter über Art und Umfang der Erledigung „formlos“ zu informieren sein wird). Nimmt die Verwaltungsbehörde die Berichtigung der Katastralmappe tatsächlich vor, so wird sie dabei also in schlicht-hoheitlicher Weise handeln.
19. Bereits mit Erkenntnis vom 17.11.1987, Zl. 86/04/0076, sprach der Verwaltungsgerichtshof, worauf die belangte Behörde wie dargestellt zu Recht hinwies, aus, dass ein Antrag auf Mappenberichtigung mangels eines subjektiven Rechts auf eine solche zurückzuweisen ist. Konkret wurde in der erwähnten Entscheidung vom 17.11.1987 erwo-gen:

„Ausgehend davon kann im Beschwerdefall der belangten Behörde – die im angefochtenen Bescheid darauf hinwies, daß das Mappenberichtigungsverfahren kein geeignetes Instrument zur Klärung umstrittener Eigentumsverhältnisse darstelle, und daß eine rechtsverbindliche Entscheidung über den Verlauf der Grenze von Grundstücken des Grundsteuerkatasters nur auf dem Gerichtsweg herbeigeführt werden könne – zunächst keine Rechtswidrigkeit angelastet werden, wenn sie mangels anderer gesetzlicher Grundlagen bei Prüfung des Antrages des Beschwerdeführers vom Inhalt der Bestimmung des § 52 Z. 5 Vermessungsgesetz ausging, zumal auch der Beschwerdeführer in seiner Berufung gegen den zweitbehördlichen Bescheid bei seinen Darlegungen ausdrücklich auf diese Bestimmung Bezug nahm und ferner auch in seiner Berufung gegen den erstbehördlichen Bescheid – worauf auch im besonderen in der Beschwerde hingewiesen wurde – argumentativ davon ausging, dass sich seine Parteistellung insbesondere gemäß § 8 AVG 1950 im Zusammenhang mit der sich aus § 52 Z. 5 Vermessungsgesetz ableitbaren Zustimmung der Partei ergebe. Sowohl nach dem objektiven Wortlaut des § 52 Z. 5 Vermessungsgesetz als auch im Zusammenhang mit den weiteren Anordnungen des § 52 leg. cit. handelt es sich aber hier um ein ausschließlich amtswegiges Verfahren, für dessen Einleitung auf Parteienantrag sich im Sinne der Annahme der belangten Behörde keine normative Handhabe ergibt.“
20. Die dargestellte Linie behielt der Verwaltungsgerichtshof auch bei späteren Entscheidungen bei (siehe VwGH 27.06.1989, 89/04/0043; VwGH 20.10.1994, 94/06/0144; VwGH 25.03.1999, 97/06/0203).
21. Mangels einer ausdrücklichen Regelung zur Parteistellung ist im Wege der Auslegung zu prüfen, ob durch die maßgebliche Rechtsvorschrift im Lichte des § 8 AVG nur eine Rechtspflicht der Behörde oder auch ein subjektives Recht eines Betroffenen begründet wird (vgl. etwa VwGH 19.04.2022, Ra 2021/02/0251, Rn. 14). Auch ist es möglich, dass einer Person in einem Verfahren kein Antragsrecht,

- jedoch Parteistellung zukommt (siehe dazu etwa die in VwGH 14.09.2021, Ra 2021/06/0112, erwähnten Entscheidungen).
22. Doch betont der Verwaltungsgerichtshof in den oben wiedergegebenen Erwägungen, dass ein Verfahren nach § 52 Z 5 VermG „ausschließlich“ amtswegig zu führen sei. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Gerichtshof insbesondere die Argumentation der im dortigen Verfahren belangten Behörde hervorhob, wonach eben das Mappenberichtigungsverfahren kein geeignetes Instrument zur Klärung strittiger Eigentumsverhältnisse darstelle.
 23. Vor diesem Hintergrund wird aber auch ein subjektives Recht einer Eigentümerin bzw. eines Eigentümers eines sich im Grundsteuerkataster befindlichen und von einer Berichtigung der Katastralmappe betroffenen Grundstücks auf Nichtdurchführung (bzw. Nichtbewilligung) einer Berichtigung der Katastralmappe hinsichtlich der Grenze dieses Grundstücks durch die Vermessungsbehörde – und sei es durch ein bestimmtes faktisches (wohl als schlicht-hoheitlich zu sehendes) Verhalten (also einem „Realakt“) – zu verneinen sein. Einer solchen Person kommt damit auch nicht die Stellung als Partei i.S.d. § 8 AVG in einem von Amts wegen eingeleiteten Mappenberichtigungsverfahren zu. Ob die von der Behörde beabsichtigte oder auch vorgenommene Berichtigung dabei dem Willen deren bzw. dessen Willen – wie von der Beschwerdeführerin behauptet – entspricht, ist irrelevant.
 24. Folglich braucht auch auf die Frage des Vorliegens der gesetzlichen Voraussetzungen für die Durchführung der Mappenberichtigung durch die belangte Behörde nach § 52 Z 5 VermG – die Beschwerdeführerin führt hier insbesondere eine fehlende Zustimmung der ursprünglichen Beschwerdeführerin ins Treffen – und das in diesem Zusammenhang umfassend erstattete Vorbringen der Beschwerdeführerin nicht mehr weiter eingegangen zu werden.
 25. Die angefochtene Entscheidung in Form einer Zurückweisung des Antrags auf Nichtvornahme bzw. Nichtbewilligung einer Berichtigung der Katastralmappe betreffend sich im Grundsteuerkataster befindlichen Grundstücken erging daher zu Recht.

Außerordentliche Verwaltung; ABGB § 833 ff

Die Beschreitung des Zivilrechtswegs gemäß § 25 Abs. 2 VermG ist eine Maßnahme der außerordentlichen Verwaltung und kann daher von Miteigentümern nur gemeinschaftlich getroffen werden.

In einer Grenzverhandlung wurde bezüglich der Grenze des Grundstücks .8/7 der Beschwerdeführerin (Bf) und der grundbücherlichen Miteigentümerin GmbH & Co KG zu dem Grundstück .8/6 des Josef D beginnend bei Grenzpunkt 3925 bis zu Grenzpunkt 2006 keine Einigung erreicht.

Die Miteigentümer des Grundstücks .8/7 wurden mit Bescheid des VermA gemeinsam aufgefordert, binnen 6 Wochen ein für die Bereinigung des Grenzstreites bestimmtes gerichtliches Verfahren anhängig zu machen. Gegen diesen Gerichtsverweis erhob nur die Bf als eine grundbücherliche Miteigentümerin Beschwerde. Die Beschwerde wurde somit nicht gemeinsam mit der Miteigentümerin des Grundstücks .8/7, der GmbH & Co KG, erhoben. Die Bf und die GmbH & Co KG waren zum Zeitpunkt der Bescheiderlassung und sind auch aktuell je zur Hälfte schlichte und damit ideelle Miteigentümer des Grundstücks .8/7.

Die Vertretungsbefugnis der Miteigentümergeinschaft in Bezug auf die den Miteigentümern nach ideellen Miteigentumsanteilen gemeinsame Sache und deren Verwaltung richtet sich danach, ob in einer Sache der ordentlichen Verwaltung oder im Zusammenhang mit wichtigen Veränderungen zu vertreten ist. Unter ordentlicher Verwaltung sind nur jene Maßnahmen zu verstehen, die zur Erhaltung und zum Betrieb notwendig und zweckmäßig sind, den Interessen aller Miteigentümer dienen und (kumulativ) keine besonderen Kosten hervorrufen; siehe dazu Welscher/Kleteška, Bürgerliches Recht I 15 Rz 925.

Die Beschreitung des Zivilrechtswegs gemäß § 25 Abs. 2 VermG (mitunter zuvor im außerstreitigen Verfahren bzw. sofort oder danach im streitigen Zivilverfahren, evtl. bis zum OGH) ist notorisch mit besonderen und dabei nicht unerheblichen Aufwendungen verbunden. Die Entscheidung den Gerichtsweg gemäß § 25 Abs. 2 VermG zu bestreiten fällt daher nicht unter die ordentliche Verwaltung und kann folglich gemäß § 833 ABGB nur von allen ideellen Miteigentümern gemeinschaftlich getroffen werden. Ein Miteigentümer, der nur einen ideellen Miteigentumsanteil an einem im Miteigentum stehenden Grundstück hat, ist eben kein hinsichtlich der fraglichen Grundstücksgrenze einzelvertretungsbefugter (Gesamt- bzw. Allein-) Eigentümer und ist daher im Rahmen der außerordentlichen Verwaltung nur gemeinsam mit seinen Miteigentümern vertretungs- und entscheidungsbefugt. Da die Grundgrenzen bei einem Grundstück denkmöglich lagemäßig immer nur für alle ideellen Miteigentümer die gleichen sein können, können die Miteigentümer auch nur gemeinschaftlich entscheiden, ob sie den von den übrigen Eigentümern in der Grenzverhandlung angegebenen Grenzverlauf zustimmen, den gemäß § 25 Abs. 2 VermG auferlegten idR mit er-

heblichen Kosten verbundene Zivilrechtsweg beschreiben oder den Gerichtsverweis der Behörde mittels einer Beschwerde beim BVwG bekämpfen. Vertretungsbefugt sind im gegenständlichen Fall – mangels hier nicht behaupteter und auch sonst nicht hervorgekommener Verwalterbestellung – nur die Bf und ihre Miteigentümerin, die GmbH & Co KG, gemeinsam. Die Bf und die GmbH & Co KG sind Miteigentümer und wurden daher mit dem gegenständlichen Bescheid gemeinschaftlich auf den Gerichtsweg verwiesen. Beschwerde gegen diesen Bescheid hat jedoch nur die Bf allein erhoben. Miteigentümer sind entsprechend den §§ 833ff ABGB betreffend die Frage der Beschreitung des Rechtsmittelweges jedoch nur gemeinsam entscheidungs- und vertretungsbefugt und somit antragslegitimiert. Da die Bf daher nicht befugt war, die gegenständliche Beschwerde ohne die weitere grundbücherliche Miteigentümerin zu erheben, war diese mangels Antragslegitimation der Bf zurückzuweisen.

Verwaltung kirchlichen Vermögens

Maßnahmen, welche die ordentliche Verwaltung in Pfarren überschreiten, bedürfen der Genehmigung durch den Ordinarius.

BVwG 13.07.2022, W138 2245868-1

Der Eigentümer des Grundstücks XXXX beantragte beim VermA eine Grenzvermessung zum Zweck der Umwandlung gemäß § 34 Abs.1 VermG. Mit Bescheid vom 27.04.2021 wurde das Grundstück XXXX vom Grundsteuerkataster in den Grenzkataster umgewandelt.

Der dagegen fristgerecht erhobenen Beschwerde der Beschwerdeführerin (Bf) wurde teilweise stattgegeben und mit der angefochtenen Beschwerdevorentscheidung wurde Bf als Eigentümerin des angrenzenden Grundstücks aufgefordert, binnen sechs Wochen ein für

die Bereinigung des Grenzstreits bestimmtes gerichtliches Verfahren anhängig zu machen.

Gegen die vorgenannte Beschwerdevorentscheidung erhob Bf fristgerecht einen Vorlageantrag an das BVwG. Sowohl die Beschwerde von Bf gegen den Bescheid des VermA als auch der Vorlageantrag gegen die Beschwerdevorentscheidung wurden durch B im Vollmachtsnamen von Bf eingebracht und der Beschwerde keine schriftliche Vollmacht beigelegt. Die belangte Behörde forderte Bf daher mit Verbesserungsauftrag auf, bekanntzugeben, ob B zur Erhebung der Beschwerde bevollmächtigt war. Mit Schreiben vom 15.06.2021 gab der Pfarrer XXXX an, dass er B bevollmächtigt habe. Nach Vorlage der Vollmacht wurde von der belangten Behörde in weiterer Folge nicht überprüft, ob der Pfarrer berechtigt war, die Bf in dieser eigentumsrechtlichen Sache zu vertreten und B somit rechtswirksam bevollmächtigen zu können.

Die belangte Behörde hat zwar ansatzweise ermittelt, aber nicht abschließend geklärt, ob B zur Erhebung der Beschwerde und des Vorlageantrages rechtswirksam bevollmächtigt wurde. Nach den Bestimmungen zur kirchlichen Vermögensverwaltung für die Pfarren der Erzdiözese Wien und alle pfarrlichen Rechtsträger vom 20.03.2022 bedürfen Maßnahmen, welche die ordentliche Verwaltung in Pfarren überschreiten, der Genehmigung durch den Ordinarius. Unter Punkt 2.3.1. Genehmigungspflichtige Akte und Akte der außerordentlichen Verwaltung in den Pfarren sind in Abs 1 lit a) Liegenschaftsvermögen und Rechtsgeschäfte der Pfarren angeführt. Da anhand der Grenzfestlegung in Eigentumsverhältnisse des Liegenschaftsvermögens eingegriffen werden könnte, wird von der belangten Behörde zu prüfen sein, ob eine Genehmigung erforderlich war bzw. vorlag, welche den Pfarrer ermächtigte, B im gegenständlichen Verfahren zu bevollmächtigen.

Mitteilungen

Der Atlas Tyrolensis 1774 von Peter Anich¹ und Blasius Hueber

Die erste Karte des Landes Tirol auf der
Grundlage einer geodätischen Vermessung

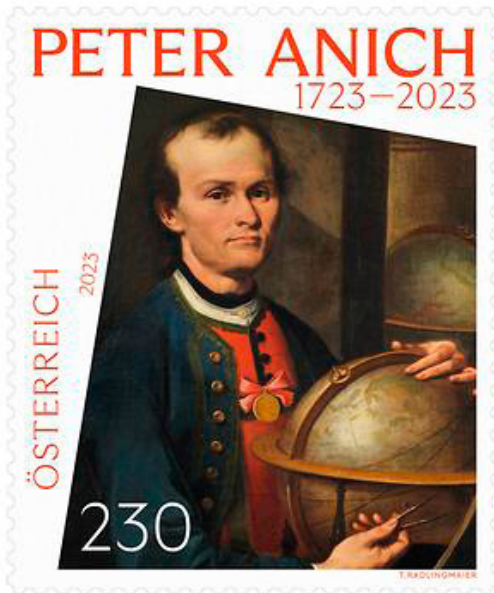


Abb. 1: Briefmarke zum 300. Geburtstag Peter Anich, € 2,30, Erstaussgabetag: 25.02.2023²

Landesaufnahme, Triangulierung, Kartographie

Der Atlas Tyrolensis von 1774 ist auf Grund seines Maßstabs, seiner Präzision und der Größe des dargestellten Gebiets (Grafschaft Tirol einschließlich der geistlichen Fürstentümer Brixen und Trient 26.000 km²) die erste einheitlich konzipierte Karte eines europäischen Landes. Er zählt zu den international hervorragendsten kartographischen Leistungen des 18. Jahrhunderts.

Diese Präzision ist auf neue und aufwendige Messmethoden zurückzuführen. Von einer mit der Messkette gemessenen, ebenen Basislinie aus wird zunächst die Lage zweier oder mehrerer Punkte bestimmt, die sich durch eine möglichst umfassende Fernsicht auszeichnen, und von diesen aus werden weitere als Standpunkte geeignete Stellen anvisiert. Durch dieses

Verfahren der Triangulation entsteht ein, sich über das ganze Land erstreckendes, gleichmäßiges Dreiecksnetz. Von den vermessenen Standorten aus können dann topographische Detailpunkte wie Kirchtürme, Einzelgehöfte oder Bergspitzen festgelegt werden. Um von jedem Standpunkt aus ungehindert Visuren nach allen Richtungen vornehmen zu können, verwenden Anich und Hueber meist nicht den Messtisch sondern die von Anich selbst angefertigte Winkelmess-Instrumente. Die Messergebnisse werden erst nachträglich graphisch zu Papier gebracht.³

Anich nimmt keine trigonometrische Berechnung des Dreiecksnetzes vor und ermittelt auch keine Koordinaten der Netzpunkte. Stattdessen überträgt er alle gemessenen Strecken und Winkel mithilfe eines Transporteurs auf das Zeichenpapier.

Anich orientiert das Dreiecksnetz nicht nur mit der Busssole, sondern auch durch astronomische Ortsbestimmung. Es gibt Aufzeichnungen von Polhöhenbeobachtungen zur Bestimmung der geographischen Breite von einzelnen Punkten. Längenmessungen dürfte Anich nicht durchgeführt haben, wohl aber ist ihm die geographische Länge der Hauptorte bekannt gewesen, da auf der Karte nur unwesentliche Längenabweichungen in Bezug auf das Gradnetz der Karte festzustellen sind.⁴

Der Atlas Tyrolensis umfasst mit der Grafschaft Tirol inklusive der damals noch unabhängigen Fürstbistümer Brixen und Trient ein Gebiet von 26.000 km², das in einem Maßstab von etwa 1 : 103.800 dargestellt wird. Die somit fast fünf Quadratmeter große Karte (217,5 × 226 cm) ist in 20 Blätter aufgeteilt. Weiters beinhaltet das Werk eine Übersichtskarte („Registerbogen“, Maßstab etwa 1 : 545.000) mit dem Blattschnitt sowie zwei Legenden zur Erläuterung der Signaturen. Der Atlas ist in zwei Teile gegliedert: Tirol gegen Norden deckt im Wesentlichen das heutige Nordtirol, Osttirol und das nördliche Südtirol ab, Tirol gegen Süden das südliche Südtirol sowie Welschtirol. Diese Teile gehen jedoch nahtlos ineinander über und stellen nur in Bezug auf ihre Entstehungsgeschichte getrennte Einheiten dar. Die Karte ist mit reichhaltigem künstlerischem Schmuck ausgestattet, der vom Wiener Kupferstecher Johann Ernst Mansfeld stammt. Links oben ist der mit einem Tiroler Adler geschmückte Titel des Nordteils nebst einer Göttin und drei Putti mit Jagdbeute, Handelswaren und Bodenschätzen zu finden. Im Hintergrund symbolisiert eine schematische Darstellung

1) Anlässlich des 300. Geburtstags von Peter Anich, 1723 – 1766, der am 22. Februar 1723 in Oberperfuss geboren wurde. (AA VS Oberperfuss: 7. Februar 1723)

2) https://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Briefmarken/2023/300._Geburtstag_Peter_Anich

3) Schwarzinger Karl, Geodätische Betrachtungen zur Anichkarte, unveröff.Man, 1978

4) Schwarzinger Karl, Geodätische Betrachtungen zur Anichkarte, unveröff.Man, 1978

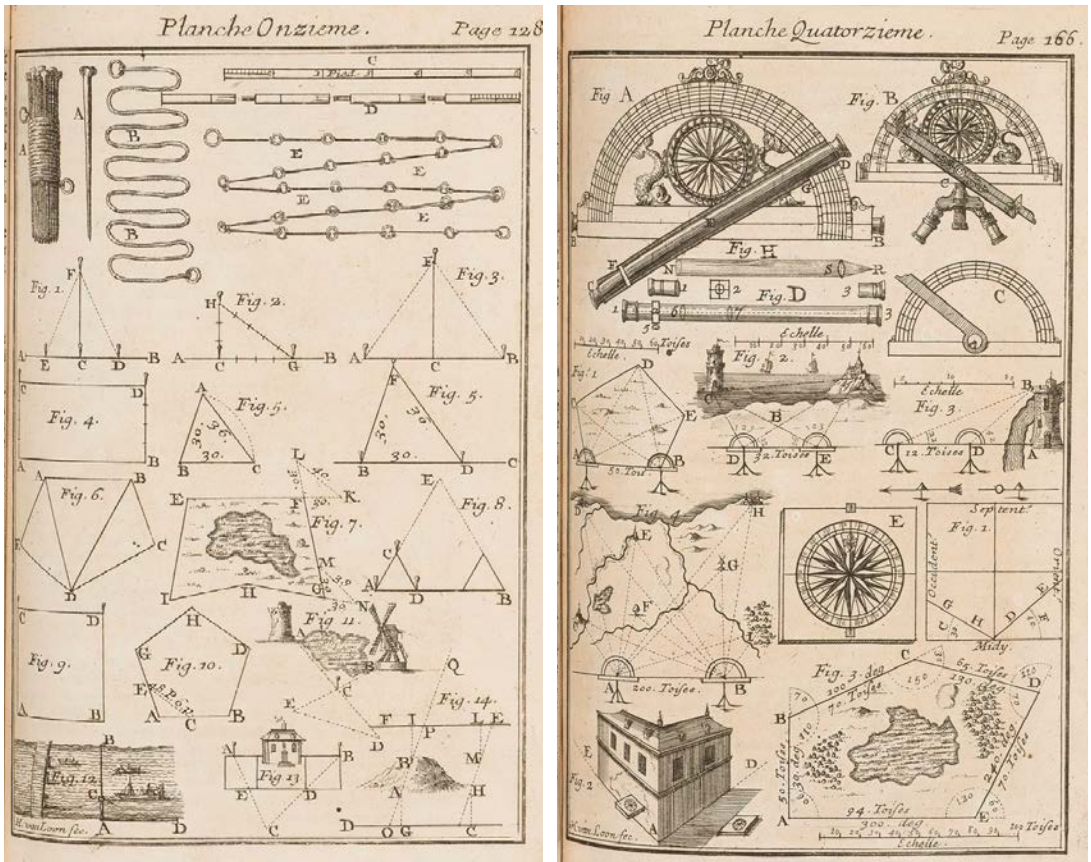


Abb. 2: N. Bion, *Construction et des principaux usages des instruments de mathématique*, Paris 1709

der Martinswand bei Innsbruck die Landschaft Nordtirols. In der rechten unteren Ecke ist auf einem Vexillum, das einen Obelisken mit dem Bildnis von Maria Theresia und einem Tiroler Adler krönt, der Langtitel angeführt.⁵

Die Kunst der Herstellung mathematischer Instrumente erlernt Anich durch das gründliche Studium der „Mathematischen Werck-Schule“⁶ von Nicolas Bion⁷ in der deutschen Übersetzung von Johann Gabriel Doppelmayer⁸.

5) Wilfried Beimrohr: *Die Tirol-Karte oder der Atlas Tyrolensis des Peter Anich und des Blasius Hueber aus dem Jahre 1774*. Hrsg.: Tiroler Landesarchiv. 2006, S. 7f

6) *Traité de la construction et des principaux usages des instruments de mathématique ...* par N. Bion, Paris 1709

7) Nicolas Bion, né en 1652, mort à Paris en 1733, est un ingénieur et cosmographe français, constructeur d'instruments de mathématiques. Il était l'ingénieur de Louis XIV pour les instruments de mathématiques.

8) Johann Gabriel Doppelmayer (auch Doppelmeier; *27. September 1677 in Nürnberg; † 1. Dezember 1750 ebenda), deutscher Astronom. Er gab wichtige Werke zur Instrumentenkunde heraus und übersetzte einige Fachbücher ins Deutsche.

Der Professor für Mathematik und Physik an der Universität Innsbruck Ignaz von Weinhart zu Thierburg und Vollandsegg SJ (1705-1787) bildet Peter Anich aus und ist 1759 der Initiator der ersten Landesvermessung Tirols. Er schreibt der Landesregierung, „daß Anich vor allem anderen die *Verfertigung einer neuen, verbesserten und ausführlichen Land Carten von Tyrol sicherlich könnte anvertrauet werden*“. Der Präsident der Repräsentations- und Hofkammer in Innsbruck Freiherr von Enzenberg befürwortet dieses Ansinnen 1760 in einem Schreiben an den Präsidenten der Hofkanzlei in Wien, Graf Chotek. Prof. Weinhart veranschlagt für „Abmessung, Aufnehmung und Abriß“ von Nordtirol fl. 1.060 und eine Arbeitszeit von lediglich 8-9 Monaten. Der Tiroler Gelehrte Josef von Spersg⁹ (1725-1791) hat nämlich den Großteil seiner Karte des südlichen Tirol mit modernen Vermessungsmethoden vollendet.

9) Joseph Freiherr von Spersges auf Palenz und Reisdorf, vormals von Spersg (* 31. Jänner 1725 in Innsbruck; † 26. Oktober 1791 in Wien oder Udine) war ein Tiroler Jurist, Polyhistor und österreichischer Diplomat. Er erarbeitete die erste genaue Landkarte Südtirols und eine Verwaltungsreform für die Lombardei.

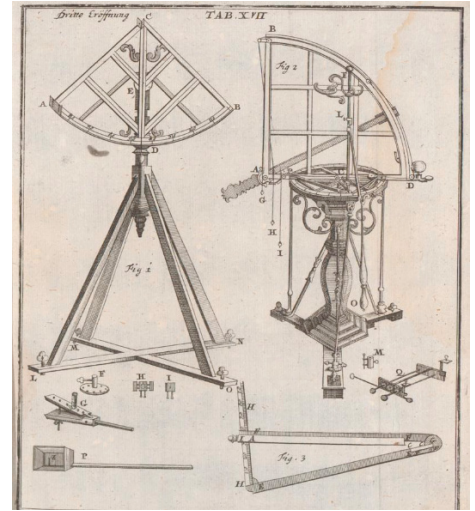
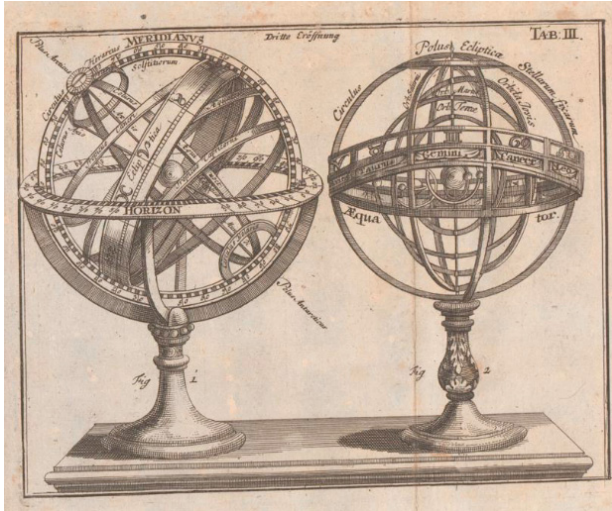


Abb 3.: N. Bion, (Übersetzung Doppelmayr) „Mathematische Werck-Schule“, 1717



Abb. 4: Nicolas Bion (1652-1733)

Die bäuerliche Bevölkerung ist durch die Anlegung des Katasters und die daraus resultierenden Steuermaßnahmen erbittert und steht der von der Regierung befohlenen Vermessung feindselig gegenüber. Peter Anich ist aber auf die Mitarbeit der Einheimischen angewiesen, sind sie doch die Hauptquelle der Flur- und Ortsnamen.

Anich wendet ein eigenes „Verfahren, gebirgige Gegenden nach allen Regeln der Geodäsie zu vermessen, wodurch die Örter der angemessenen Objekte sofort festgehalten wurden“ an. Sein selbst gebautes Universalgerät erlaubt es ihm, die Vermessung der Karte des nördlichen Tirol in den drei Jahren von 1760 bis 1762 mit lediglich zwei Gehilfen zu vollenden.¹⁰ Eine Gewaltleistung, die nicht hoch genug eingeschätzt werden kann!

Zur Genauigkeit der Karte hat Hartl bereits 1885 für das Militärgeographische Institut in Wien eine eingehende Untersuchung veröffentlicht.¹¹ Die durchschnittliche Abweichung von 44 Orten beträgt in der Breite + 0,5 Minuten und in der Länge + 0,8 Minuten, das entspricht etwa 900 m bzw. 1.000 m in der Natur oder etwa 9 mm bzw. 10 mm in der Karte. Besonders genau sind die Instanzen in der Ost-West-Richtung, die Entfernung Innsbruck-Kufstein ist nur etwa 700 m (7 mm in der Karte) zu kurz.

Im Winter kehrt Anich ins heimatische Oberperfluss zurück, wo er die Messergebnisse des Sommers zusammenfügt und Reinzeichnungen anfertigt. Anich wählt für seine detailreichen Karten den Maßstab 1:103.000, um diese nicht mit Schrift zu überladen. Die Sperg'sche Karte des südlichen Tirols von 1762 ist hingegen im Maßstab 1:121.000. Prof. Weinhart erkennt, dass

10) Erich Egg in Edlinger, Max (Hrsg.): ATLAS TYROLEN-SIS. Innsbruck-Wien-München-Bozen 1981, S. 13

11) Hartl, Heinrich: Die Aufnahme von Tirol durch Peter Anich und Blasius Hueber mit einem Anhang: Beiträge zur Kartographie von Tirol. In: Mitteilungen des militär-geographischen Institutes. Bd. 5. Wien 1885, S. 113 f.



Abb. 5: Peter Anich, Verkleinerte Karte von Tirol, drei Blätter des nördlichen Tirol, 1765, Maßstab 1:138.800

die beiden Karten viel zu unterschiedlich sind, um zu einem Werk vereinigt werden zu können und schlägt eine Neuvermessung Südtirols durch Anich im Maßstab 1:103.000 vor. Baron Enzenberg genehmigt 1763 zwar die Neuaufnahme Südtirols, jedoch im Maßstab 1:121.000. Bis 1765 entstehen die 3 neuen verkleinerten nördlichen Blätter von insgesamt 9 Kartenblättern. Zur Vermählung Erzherzog Leopolds, des späteren Kaisers Leopold II., mit Infantin Maria Louise von Spanien 1765 in Innsbruck reist der ganze Wiener Hof nach Tirol. Bei dieser Gelegenheit sollen die neuen Blätter der Kaiserin Maria Theresia präsentiert werden.¹²

Der Atlas Tyrolensis ist die erste Karte des Landes Tirol, der eine geodätische Vermessung zugrunde liegt. 1774 veröffentlicht Johann Ernst Mansfeld (1738-1796) die Arbeit in Form eines kunstvollen Kupferstichs. Sie zählt auf Grund ihres großen Maßstabs (1:103.800), ihrer Präzision und der Größe des dargestellten Gebiets

zu den international bedeutendsten kartographischen Leistungen des 18. Jahrhunderts, und gilt zu ihrer Zeit als bedeutendste und international bekannteste österreichische Karte. 1800/1801 brachte der französische Generalstab auf Basis des Atlas Tyrolensis eine Tirolkarte heraus. Die Franzosen verwendeten den Atlas, für militärische Zwecke angepasst, auch in den Kämpfen von 1809. Bei der Vermessung der Habsburgischen Erblande im Zuge der Josephinischen Landesaufnahme blieb Tirol wegen der guten Qualität des Atlas Tyrolensis ausgespart, eine Neuvermessung erschien lange Zeit unnötig. Erst die 1823 erschienene Spezialkarte von Tirol, Vorarlberg und Liechtenstein, die auf den Ergebnissen der Franziszeischen Landesaufnahme beruhte, löst den Atlas Tyrolensis als modernste Karte Tirols ab. Bis heute bleibt er eine wichtige Quelle für die Historische Geographie, die Glaziologie und die Ortsnamenforschung.

Michael Hiermanseder

12) Hartl, Heinrich: Die Aufnahme von Tirol durch Peter Anich und Blasius Hueber mit einem Anhang: Beiträge zur Kartographie von Tirol. In: Mitteilungen des militär-geographischen Institutes. Bd. 5. Wien 1885, S. 113 f.



Sammlung geodätischer Instrumente

Ausstellung: Jeder Millimeter zählt – Geodäsie in Slowenien im Wandel der Zeit

Die Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Universität Laibach präsentiert die Ausstellung „Jeder Millimeter zählt – Geodäsie in Slowenien im Laufe der Zeit“, die die Entwicklung der Geodäsie in Slowenien zeigt und Technologien der Geodäsie und Kartographie erklärt. Interessierte können die öffentlich zugängliche Ausstellung am Institut für Geodäsie der Fakultät (4. Stock) bis Ende Juni 2023 besichtigen.

Am 15. Februar 2023 wurde die Ausstellung, die vom Technischen Museum Sloweniens in Zusammenarbeit mit der Vermessungsverwaltung der Republik Slowenien, dem Verband der Landvermesser Sloweniens und der Abteilung für Geodäsie der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der UL vorbereitet wurde, eröffnet. Die Leiterin des Fachbereichs Geodäsie der UL FGG, Ass. Prof. Dr. Anka Lisec, sieht, wie auch die Direktorin des Technischen Museums Sloweniens, Dr. Barbara Juršič, in dieser Ausstellung einen Beweis für die gute Zusammenarbeit der geodätischen Institutionen in Slowenien. Das betonte auch der Direktor der Vermessungsverwaltung der Republik Slowenien, Tomaž Petek, für den die Ausstellung ein Beweis dafür ist, dass man sich keine Sorgen um die Zukunft der Geodäsie und den geodätischen Beruf im Land machen müsse: „Wir setzen uns dafür ein, dass die Zeugnisse des technischen Erbes einen angemessenen Platz in der Gesellschaft finden. Wenn die Ausstellung auch noch einen interessanten Ausblick auf kommende Generatio-

nen bringt, dann haben wir unser Ziel erreicht.“

Ass. Prof. Dr. Dušan Kogoj von UL FGG erklärt, dass man beim Aufbau der Ausstellung von acht traditionellen Bereichen der Geodäsie ausgegangen sei, die auf 28 Ausstellungstafeln präsentiert werden. Die Ausstellung umfasst neben Plakaten auch interessante Illustrationen, die einzelne Konzepte aus der Geodäsie und 25 Museumsobjekte beschreiben. Zum Abschluss präsentierte Janez Slak, M.Sc., den Katalog als Wegweiser durch die Ausstellung, bei der auch die umfangreiche Sammlung geodätischer Instrumente zu sehen ist.

Universität Laibach – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie (UL FGG)



Janez Slak, M.Sc. (1.v.l.), Ass. Prof. Dr. Anka Lisec (3.v.l.), Tomaž Petek (4.v.l.), Dr. Barbara Juršič, (5.v.l.), Ass. Prof. Dr. Dušan Kogoj (6.v.l)

Open GI News

Zusammengestellt und bearbeitet von Dipl.-Ing. Markus Mayr

1. Veranstaltungen

1.1 Grazer Linxstage



Abb. 1: Grazer Linxstage (CC-BY Ruth Poltsch)

Am 14. und 15. April 2023 finden in der TU Graz die Linxstage statt: <https://www.linxstage.at>

Die Grazer Linxstage sind die größte Österreichische Veranstaltung über Freie und Offene Software ihrer Art. Auch OpenStreetMap wird dort mit einem Ausstellungstisch und dem einen oder anderen Vortrag anwesend sein und freut sich über zahlreiche Besucher! Es wird die Möglichkeit geben, selber etwas beizutragen, den ersten Umgang mit OpenStreetMap zu erlernen oder ganz allgemein über freie und offene Geoinformation zu plaudern.

1.2 FOSS4G 2023



Abb. 2: Logo der FOSS4G 2023

Vom 26. Juni bis 02. Juli 2023 findet in Prizren, Kosovo die diesjährige FOSS4G Konferenz statt. Die FOSS4G ist die weltweite Konferenz der OpenSource Geospatial Community, welche von OSGeo organisiert wird. Im Programm sind 3 volle Tage mit Vorträgen und weitere 2 Tage mit Workshops zu offener und freier GIS-Software enthalten.

Details finden sich auf der Konferenzhomepage: <https://2023.foss4g.org>

1.3 FOSSGIS 2023



Abb. 3: Logo der FOSSGIS 2023

Auch die deutschsprachige Konferenz für freie und offene GIS-Software findet dieses Jahr wieder persönlich statt und zwar vom 15. bis 18. März 2023 in Berlin.

Über 4 Tage finden in 4 Hörsälen verschiedenste Vorträge und Workshops zu aktuellen Entwicklungen im GIS Bereich statt. Auch der OpenStreetMap-Sonntag, an welchem es sich ausschließlich um OpenStreetMap dreht, wird nicht fehlen.

2. News

2.1 Über CC-BY 4.0 und die OpenStreetMap

In letzter Zeit gab es vermehrt Diskussion innerhalb der Community als auch mit offiziellen Stellen darüber, ob die für OpenData inzwischen immer mehr benutzte CC-BY 4.0 Lizenz („Creative Commons Attribution 4.0“) mit der ODbL 1.0 Lizenz („Open Database License 1.0“), die auch in der OpenStreetMap Verwendung findet, kompatibel ist.

„CC“ steht für „Creative Commons“, „BY“ beschreibt, dass der Originalautor des Werkes genannt werden muss und wenn manchmal ein „SA“ angehängt ist, dann steht das für „share alike“, was bedeutet, dass alle Werke, die aus diesem Werk abgeleitet werden, ebenfalls unter der gleichen Lizenz stehen müssen.

Nach Analyse beider Lizenzen ist die OpenStreetMap Foundation (die rechtliche Dachorganisation der OpenStreetMap) zum Schluss gekommen, dass die CC-BY 4.0 Lizenz nicht ohne weiteres mit der in OpenStreetMap verwendeten Lizenz kompatibel ist.¹ Obwohl der früher öfters in Verwendung gewesene Zusatz „SA“ (wie beispielsweise bei „CC-BY-SA 4.0“) großartiger Weise kaum mehr Verwendung findet, gibt es in der CC-BY 4.0 Lizenz nach wie vor zwei Punkte, die sich mit der ODbL 1.0 spießen. Diese sind:

- Namensnennung: Die CC-BY 4.0 Lizenz verlangt die Namensnennung des Originalautors. Das kann die OpenStreetMap zwar erfüllen, es besteht jedoch die Befürchtung, dass die Art und Weise, wie OpenStreetMap die Namensnennung durchführt für manche Datenbereitsteller nicht ausreichen könnte und diese dann verärgern würde.² Um dies zu vermeiden, empfiehlt die OpenStreetMap Foundation (aus Höflichkeit und Respekt), explizit beim Datenbereitsteller nachzufragen, ob die Namensnennung so in Ordnung geht.
- DRM-Verbot: Der zweite Punkt ist leider gravierender und bezieht sich darauf, dass die CC-BY 4.0 Lizenz das Verbreiten von Inhalten des lizenzierten Werkes unter irgendeiner DRM-geschützten Form ausnahmslos verbietet.³ Obwohl dies prinzipiell auch im Sinne der OpenStreetMap ist, erlaubt die dort verwendete ODbL 1.0, dass die Daten sehr wohl auch in DRM-geschützter Form weitergegeben werden dürfen, solange sie parallel dazu auch in einer freien Form

1) Die offizielle Analyse ist unter <https://blog.openstreetmap.org/2017/03/18/benutzung-von-cc-by-4-0-daten-in-openstreetmap/?lang=de> zu finden.

2) auf einer eigenen Seite der OpenStreetMap-Homepage unter <https://www.openstreetmap.org/copyright>

3) „digital rights management“, zum Beispiel „verschlüsselt“ oder „nur gegen Bezahlung“ erhältlich

erhältlich oder reproduzierbar sind. Der Hintergrund dafür ist, dass beispielsweise eine kostenpflichtige Routing-App für das Smartphone Kartenausschnitte für ihre Kunden zum Download anbieten kann, solange der Hersteller diese Kartenausschnitte auch auf anderem Wege frei zugänglich macht. Der Anwender zahlt lediglich für die Bequemlichkeit, mit nur einem Klick in der App zu den Daten zu gelangen. Es kommt inhaltlich zwar so gut wie dasselbe heraus, rechtlich gesehen ist es aber nicht kompatibel, da die ODbL 1.0 hier freier ist und die CC-BY 4.0 dieses Recht explizit einschränkt. Die OpenStreetMap Foundation hat daher die Vorschrift erlassen, dass die datenbereitstellende Stelle explizit einen Verzicht dieses in der CC-BY 4.0 in der Sektion 2a5B genannten Absatzes namens „Technological Effective Measures“ verlangt, bevor diese Daten in der OpenStreetMap benutzt werden dürfen.

Daraus folgt, dass explizit eine Erlaubnis des Datenlieferanten notwendig ist, wenn dessen Daten unter der CC-BY 4.0 Lizenz stehen und in der OpenStreetMap verwendet werden sollen. Eine mögliche Alternative wäre, die einzupflegenden Daten selber in der ODbL 1.0- oder der CC0-Lizenz zu veröffentlichen.

2.2 10 Millionen User-Accounts auf OpenStreetMap

Am 20. Jänner 2023 hat der 10.000.000 (10 Millionste) Benutzer einen User-Account auf OpenStreetMap erstellt. Auch wenn nur etwa 0,01 % aller Benutzer auch tatsächlich Bearbeitungen an der Karte vornehmen, ist das eine Zahl, auf die die OpenStreetMap stolz sein kann!

2.3 Neuer Vorstand der OpenStreetMap Foundation

Der Vorstand der Dachorganisation der OpenStreetMap, die OpenStreetMap Foundation, wurde im Dezember 2022 statutengemäß neu gewählt. Siehe hierzu <https://blog.openstreetmap.org/2023/01/19/get-to-know-the-new-osmf-board/>.

Der Vorstand besteht nun aus:

- Arnalíe Vicríó, Philippinen
- Craig Allan, Südafrika
- Guillaume Rischard, Luxemburg
- Mateusz Konieczny, Polen
- Mikel Maron, USA
- Roland Olbricht, Deutschland
- Sarah Hoffmann, Deutschland

2.4 Overture Maps Foundation

Am 15.12.2022 wurde die Overture Maps Foundation (<https://overturemaps.org>, „OMF“) ins Leben gerufen mit dem Ziel, einen gemeinsamen weltweiten Landkartendatensatz für die Nutzung in verschiedenen Organisationen aufzubauen. Die Gründungsmitglieder der OMF sind Amazon, Meta, Microsoft und TomTom.

Auch wenn dieses Unterfangen der OpenStreetMap sehr ähnlich klingt, so unterscheidet es sich doch in mehreren Punkten, wobei der auffälligste wohl die Mitgliedsgebühr sein dürfte; während die Mitarbeit und Mitgestaltung bei der OpenStreetMap jedem kostenlos offensteht, kostet die Mitgliedschaft bei der OMF mehrere tausend Dollar, um bei Entscheidungen mitabstimmen zu dürfen. Es wird auch darauf hingewiesen, dass man für eine Mitarbeit zusätzlich Mitglied des Levels „Silber“ bei der „Linux Foundation“ sein muss.

Alle Daten der Overture Maps Foundation sollen unter der „Community Data License Agreement – Permissive v2.0“ Lizenz („CDLA permissive 2.0“, <https://cdla.dev/permissive-2-0/>) und jenen Lizenzen, die damit kompatibel sind, zusätzlich unter der „OpenDatabase License v1.0“ („OdBL 1.0“, <https://opendatacommons.org/licenses/odbl/>) veröffentlicht werden.

Auch wenn bereits viel über dieses Projekt diskutiert wurde, ist gegenwärtig noch nicht abzusehen, was durch diesen Zusammenschluss entsteht und welche Ziele und Motive in Korrelation zur OpenStreetMap dahinterstecken.

Die OpenStreetMap Foundation hat unter <https://blog.openstreetmap.org/2022/12/22/views-from-the-openstreetmap-foundation-on-the-launch-of-overture/> ein offizielles Statement zum Launch der Overture Maps Foundation publiziert.

Im OpenStreetMap Wiki wird eine Übersicht über verschiedene Artikel und Diskussionen zur Overture Maps Foundation unter https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Public_communications_related_to_Overture geführt.

3. Projekte

3.1 OpenStreetMap – Warnwesten

Nachdem sie bereits längere Zeit ausverkauft waren, hat der Österreichische OpenStreetMap Verein wieder OpenStreetMap Warnwesten nachproduzieren lassen (Abbildung 4). Diese sind eine tolle Möglichkeit, das Projekt zu bewerben, beim Mappen auf sich aufmerksam zu machen oder den Verein zu unterstützen. Bei Bedarf bitte den OpenStreetMap Austria Verein unter info@openstreetmap.at kontaktieren.

3.2 OpenStreetMap History Database der Universität Heidelberg

Die OpenStreetMap besteht nun schon länger als ein Jahrzehnt. Seit ihrer Gründung werden alle Bearbeitungen protokolliert, wodurch ein riesiger Datensatz an historischen Daten entstanden ist. Diese Daten können extrahiert und analysiert werden, wobei man allerdings gute Kenntnis über das Datenmodell der OpenStreetMap und einiges an IT Know-How benötigt. Daher hat die Universität Heidelberg nun die Version 1.0 ihrer OpenStreetMap History Database unter <https://heigit.org/de/oshdb-version-1-0-ist-eingetroffen/> veröffentlicht (siehe Abbildung 5). Die offene Web-Anwendung ermöglicht, historische Events mit einfachen Abfragen aus der OpenStreetMap abzufragen und zu visualisieren.



Abb. 4: Vormontage der bald eintreffenden neuen OpenStreetMap Warnwesten

OSHDB Version 1.0 Ist Eingetroffen

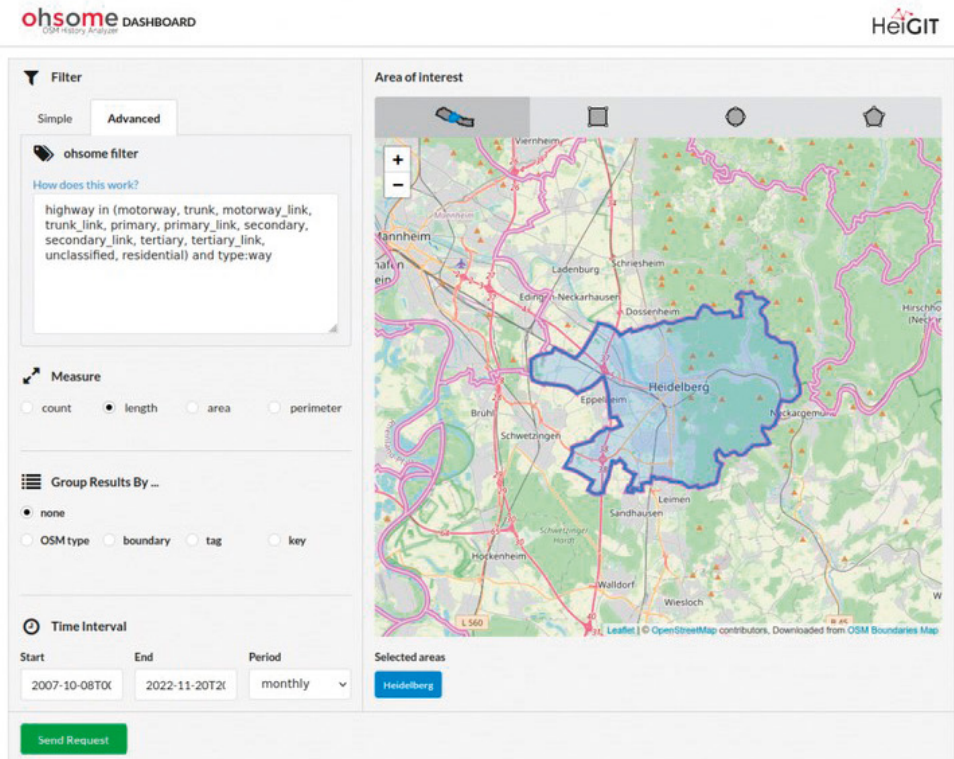


Abb. 5: Die OpenStreetMap History Database der Universität Heidelberg
 (Quelle: <https://heigit.org/de/oshdb-version-1-0-ist-eingetroffen/>).

4. Weitere Infos

Weitere Neuigkeiten rund um OpenStreetMap und freie GIS Software stellt das wöchentlich aktualisierte deutschsprachige OpenStreetMap Blog <http://weeklyosm.eu/de/> und die monatlichen Reports der Operations Working Group unter <https://gravitystorm.github.io/owg-log> zur Verfügung.

Grenzsteine, die Geschichten erzählen

Grenzstein des Schottenstifts am Bisamberg mit Abtstab



Fotos: Harald Blanda

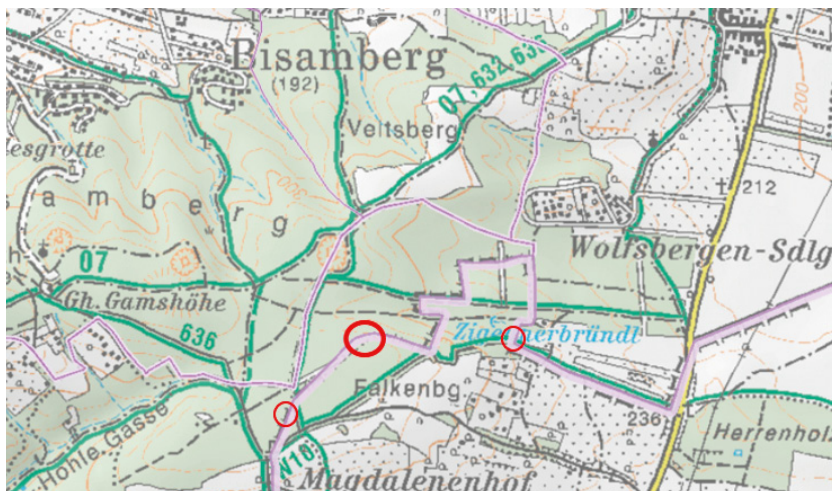
Der Stein kennzeichnet die Grenze zwischen den Grundherrschaften des Schottenstifts und des Stiftes Klosterneuburg. Auf der zweiten Seite sind die Buchstaben „GE“ für „Gemeinde Enzersdorf“ und die Jahreszahl 1516 zu lesen. Es handelt sich um den ältesten datierten Grenzstein im Wiener Raum.

Das Schottenstift war seit seiner Dotation durch Heinrich II. Jasomirgott im Jahr 1161 eine der bedeutendsten Grundherrschaften in Wien und im Wiener Raum (im Marchfeld sowie im mittleren und nördlichen Weinviertel). Es besaß Häuser, Weinberge, Äcker und Wälder.

Die Grenzsteine befinden sich an der Grenze zwischen den Bundesländern Wien und Niederösterreich, den Bezirken Wien-Floridsdorf und Korneuburg, den politischen Gemeinden Wien und Langenzersdorf sowie den Katastralgemeinden Floridsdorf und Langenzersdorf. Aus den Aufzeichnungen ist zu entnehmen, dass schon im Jahr 1516 hier die Grenze verlief. Gleichartige Grenzsteine befinden sich in der Nähe im Verlauf der Stadtgrenze.

(Red.)

Lage: WGS84 48°19'10,0" 16°23'07,1"



Karte: ÖK50 BEV

Aus dem Vereinsleben

50-Jahr Jubiläum des akademischen Grades an der TU-Wien

Am 2. Dez. 2022 wurde die Verleihung von Goldenen Ingenieur- und Doktordiplomen im Festsaal der TU Wien abgehalten. Von der Fakultät für Mathematik und Geoinformation wurden dabei zwei Geodäten geehrt. Die Laudatio hielt in beiden Fällen Stud.Dekan Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Berndt Neuner:



Franz Leberl, Manfred Neubauer und Peter Waldhäusl

Em.O.Univ.-Prof. Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Leberl erhielt das Goldene Doktordiplom:

Seine Karriere begann 1969 am ITC (International Training Center). Er gründete 1980 das Forschungsinstitut für digitale Bildverarbeitung am Joanneum Research in Graz, 1985 die Vexcel Corp. und 1992 die Vexcel Imaging Corp. Der Name ist angeblich bei einer Fahrt über den Wechsel entstanden und wurde „anglizisiert“ zu Vexcel, um ihn international tauglich zu machen. Die Firmengruppe wurde später an die Fa. Microsoft verkauft.

Prof. Leberl war in Österreich u.a. tätig als Professor für Computerunterstützte Geometrie und Grafik und als CEO des Forschungszentrums Seibersdorf. Ein besonderes Anliegen an der TU Graz waren ihm die Innovationen zur Erstellung von 3-D Computermodellen von Stadtgebieten. Er hat viele Talente: Für einen guten Jazz sitzt er heute noch gerne am Schlagzeug.

Ministerialrat Dipl.-Ing. Manfred Neubauer erhielt das Goldene Ingenieurdiplom:

Er hat in den 1970er und 80er Jahren bei den Donaukraftwerken Altenwörth, Abwinden-Aspen, Melk und Greifenstein die baubegleitende Vermessung abgewickelt bzw. geleitet.

Im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen war er jahrelanger technischer Leiter an mehreren Staatsgrenzen und hat u.a. im Okt. 1991 - gemeinsam mit Helmut Meissner - die Fundstelle des „Ötzi vermessen“.

Manfred Neubauer wechselte 2009 vom BEV zum BMAW und wurde vom Bundespräsidenten zum österr. Leiter aller Staatsgrenzkommissionen mit den Nachbarstaaten ernannt. Die Wertschätzung für ihn als Persönlichkeit ist bis heute im Kontakt mit den Experten der Nachbarländer spürbar; seine Leistungen sind in Form von modernen digitalen Grenzurkunden dokumentiert. Das schafft Sicherheit und verhindert Streit.

Gerhard Muggenhuber



Großes Ehrenzeichen für Dipl.-Ing. Helmut Meissner

Der Leiter des BEV, Dipl.-Ing. Wernher Hoffmann, überreichte im Rahmen der Jahresabschlussfeier des BEV das Große Ehrenzeichen für die Verdienst um die Republik Österreich an Dipl.-Ing. Helmut Meissner.

Dipl.-Ing. Helmut Meissner fokussierte 33 Jahre lang seine beruflichen Arbeiten im BEV auf die Aufgaben der Staatsgrenzen. Er war jahrelang österreichischer Leiter der gemischten technischen Gruppen und stellvertretender Leiter der Staatsgrenzkommissionen mit Tschechien, Deutschland, Schweiz, Lichtenstein und Italien und übernahm eine Zeit lang die österreichische Leitung aller Staatsgrenzkommissionen.

Meissner hat die Digitalisierung der Staatsgrenzoperante vorangetrieben. Durch seine Initiative sind nunmehr neben den analogen Staatsgrenzrundenwerken diese Dokumente auch in digitaler Form verfügbar. Er schuf effiziente Arbeitsabläufe zur Ermittlung von ETRS89-Koordinaten für die Staatsgrenze.

Sein konzilianter und zugleich zielstrebigem Verhandlungsstil, gepaart mit seiner Detailkenntnis an allen Staatsgrenzen und seine für Geodäten übliche Präzision, brachte reiche Früchte. Nach jahrelangen Vorbereitungen wurde unter der Leitung von Helmut Meissner an den Grenzen zu Schweiz, Liechtenstein und Italien in den Jahren 2020-2022 die einheitliche Positionsangabe in Form von ETRS89-Koordinaten eingeführt.

Gerhard Muggenhuber

Herzliche Gratulation zu einem Jubiläum im Dezember 2022 oder Jänner 2023

50. Geburtstag

Dipl.-Ing. Lienhart Troyer, Lans

60. Geburtstag

Mag. Stephan Rupert Gruber MSc MAS, Wien

Dipl.-Ing. Otmar Lex, Eisenstadt

Dipl.-Ing. Hans Frotschnig, Imst

70. Geburtstag

Dipl.-Ing. Dr. Gert Augustin, Admont

Dipl.-Ing. Josef Tschalkner, Innsbruck

Dipl.-Ing. Anton Hollaus, Haid

Dipl.-Ing. Karl Reichsthaler, Feldbach

75. Geburtstag

Dipl.-Ing. Günther Abart, Graz

Dipl.-Ing. Martin Posch, Innsbruck

Dipl.-Ing. Dr. Harald Meixner, Wien

80. Geburtstag

Dipl.-Ing. Dr. Erhard Erker, Wien

90. Geburtstag

o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Brandstätter, Graz

Dipl.-Ing. Friedrich Blaschitz, Wien

Wir begrüßen als neues Mitglied

Lena Wohlgenannt, Wien

Olivia Panzenböck BSc, Wien

Lena Christine Ciperle, Traiskirchen

Benjamin Stifter, Wien

Dipl.-Ing. Klaus Männer, Salzburg

Veranstungskalender

Internationaler Ingenieurvermessungskurs

11.03. – 15.03.2023 Zürich, Schweiz
<https://ingenieurvermessungskurs.com/>

Munich Satellite Navigation Summit

13.03. – 15.03.2023 München, Deutschland
<https://www.munich-satellite-navigation-summit.org/>

DGPF Jahrestagung

22.03. – 22.03.2023 München, Deutschland
<https://www.dgpf.de/>

International Symposium on Mobile Mapping Technology (ICMMT)

22.03. – 23.03.2023 Prag, Tschechien
<https://waset.org/mobile-mapping-technology-conference-in-march-2023-in-prague>

Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation

22.03. – 23.03.2023 München, Deutschland
<https://www.dgpf.de/con/jt2023.html>

Ingenieurvermessung

11.04. – 14.04.2023 Zürich, Schweiz
https://ingenieurvermessungskurs.com/en/home_en/

European Geosciences Union (EGU)

23.04. – 28.04.2023 Wien, Österreich
<https://earth.esa.int/eogateway/events/egu-general-assembly-2023>

International Conference on GI Systems (GISTAM)

26.04. – 28.04.2023 Prag, Tschechien
<https://gistam.scitevents.org/Home.aspx>

Geospatial World Forum

02.05. – 05.05.2023 Rotterdam, Niederlande
<https://geospatialworldforum.org/>

Internationales 3D-Forum Lindau

09.05. – 10.05.2023 Lindau, Deutschland
<http://www.3d-forum.li/>

Österreichischer Geodätentag

09.05. – 12.05.2023 Steyr, Österreich
<http://www.geodaentag.at>

CLGE General Assembly

12.05. – 13.05.2023 Oradea, Rumänien
<https://www.clge.eu/event/clge-general-assembly-oradea-ro-12-13-may-2023#2023-05-12>

Baška GNSS Conference

14.05. – 19.05.2023 Baška, Kroatien
<https://rin.org.uk/mpage/BaskaGNSSHome>

EUREF Symposium

22.05. – 26.05.2023 Göteborg, Schweden
http://www.euref.eu/euref_symposia.html

ISPRS Congress: Mobile Mapping Technology

24.05. – 26.05.2023 Padua, Italien
<https://www.cirgeo.unipd.it/mmt/>

FIG Working Weeks

28.05. – 01.06.2023 Orlando, Florida USA
<https://www.fig.net/fig2023/>

European Navigation Conference (ENC)

31.05. – 02.06.2023 Noordwijk, Niederlande
<https://www.enc2023.eu/>

International Symposium on Digital Earth (ISDE)

11.06. – 14.06.2023 Athen, Griechenland
<https://pcoconvin.eventsair.com/isde23>

International Conference on Cartography & GIS

22.06. – 23.06.2023 London, Großbritannien
<https://waset.org/cartography-and-gis-conference-in-june-2023-in-london>

International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)

11.07. – 20.07.2023 Berlin, Deutschland
<http://www.iugg.org/>

GEOSummit

23.06. – 24.06.2023 Bern, Schweiz
<https://www.eventalways.com/geosummit>

International Cartographic Conference (ICC)

14.08. – 18.08.2023 Kapstadt, Südafrika
<https://icaci.org/icc2023/>

FOSS4G-Europe

26.06. – 02.07.2023 Prizren, Kosovo
<https://2023.foss4g.org/>

ISPRS Geospatial Week

02.09. – 07.09.2023 Kairo, Ägypten
<https://www.isprs.org/calendar/2023.aspx>

GI_Salzburg (AGIT)

04.07. – 06.07.2023 Salzburg, Österreich
<https://gi-salzburg.org/de/>

INTERGEO

10.10. – 12.10.2023 Berlin, Deutschland
<https://www.intergeo.de/>

ESRI USER CONFERENCE

10.07. – 14.07.2023 San Diego, USA
<https://www.esri.com/en-us/about/events/uc/save-date>

Trimble Dimension

06.11. – 08.11.2023 Las Vegas, USA
<https://www.trimble.com/en/our-company/events/dimensions/overview>



Besuchen Sie die OVG Facebook Seite!

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

➡ www.facebook.com/OVGAustria ⬅



:: Be part of it ::



Geodätisches Kolloquium – Sommersemester 2023

- Mittwoch,**
15. März 2023 „Wohnungseigentum - ein Aufgabenbereich der Geodäten? Oder!“

Dipl.-Ing. Dietrich KOLLENPRAT
Gerichtlicher SV, Delegierter der BAIK für CLGE und IG-PARLS, Klagenfurt
- Mittwoch,**
26. April 2023 „Talflankenüberwachung mittels GNSS und SAR am Beispiel
Glemmtal“

Dr. Ekkehart GRILLMAYER
auzinger grillmayer ZT GmbH, Wels
- Mittwoch,**
17. Mai 2023 „rmDATA Smart Area, ein umfassendes Informationssystem für
Bergbahnen“

Prokurist Jürgen STROBL
rmDATA GmbH, Pinkafeld
- Mittwoch,**
21. Juni 2023 „Positionierungsdienst APOS im Zeitalter der Digitalisierung“

DI Franz BLAUENSTEINER
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung Grundlagen

Eine Inhaltsangabe der Vorträge finden sie im Internet:
<https://www.uibk.ac.at/geometrie-vermessung/veranstaltungen/geodaesie/vortraege.html>

Alle Veranstaltungen finden im HSB6 der Universität Innsbruck, Technikerstraße 13,
Innsbruck statt.
Beginnzeit der Vorträge: 18 Uhr 15

Um Ihnen in Zukunft Mitteilungen über die Veranstaltungsreihe rascher und aktueller
zukommen lassen zu können, bitten wir sie um Bekanntgabe Ihrer E-Mail Adresse:
EMail an ... geometrie-vermessung@uibk.ac.at

BEV - Austrian Map online

präzise, aktuell, kostenlos

bev.gv.at

Neu:

- Original BEV-Luftbilder
- Routen mit .gpx und .json
- umfangreiche Suchfunktion

maps.bev.gv.at

