



***Nutzung von Kartenprojektionen zum Zeichnen einfacher
Kartenskizzen in GIS***

G. Navratil

***Using the former Austrian cadastre source documentation
for surveying tasks in Poland***

P. Hanus, R. Hycner

***The use of Least-Squares Collocation for the processing of
GOCE data***

C.C. Tscherning

Verleihung des Karl Rinner Preises 2008

H. Schuh

***Entwicklung einer langarmigen faseroptischen Strain-Rosette
zum Monitoring eines Rutschhanges***

H. Woschitz





Österreichische Zeitschrift für
**Vermessung &
Geoinformation**

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

98. Jahrgang 2010

Heft: 1/2010

ISSN: 1605-1653

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Stefan Klotz
Stellvertreter: Dipl.-Ing. Ernst Zahn
Dipl.-Ing. Andreas Pammer

A-1020 Wien, Schiffamtsgasse 1-3

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

G. Navratil:

**Nutzung von Kartenprojektionen zum Zeichnen einfacher
Kartenskizzen in GIS** 3

P. Hanus, R. Hycner:

**Using the former Austrian cadastre source documentation
for surveying tasks in Poland** 13

C.C. Tscherning:

**The use of Least-Squares Collocation for the processing of
GOCE data** 21

H. Schuh:

Verleihung des Karl Rinner Preises 2008 27

H. Woschitz:

**Entwicklung einer langarmigen faseroptischen Strain-Rosette
zum Monitoring eines Rutschhanges** 29

Dissertationen, Diplom- und Magisterarbeiten 40

Mitteilungen 42

Tagungsberichte 44

Buchbesprechungen 47

Veranstaltungen 48



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

98. Jahrgang 2010 / ISSN: 1605-1653
<http://www.ovg.at>

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: Österreichische Postsparkasse BLZ 60000, Kontonummer PSK 1190933. ZVR-Zahl 403011926.

Präsident der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Gert Steinkellner, Tel. (01) 21110-2714, Fax (01) 21110-4624, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien.

Sekretariat der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Karl Haussteiner, Tel.(01) 21110-2311, Fax (01) 2167551, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien.

Schriftleitung: Dipl.-Ing. Stefan Klotz, Tel. (01) 21110-3609, Dipl.-Ing. Ernst Zahn, Tel. (01) 21110-3209, Dipl.-Ing. Andreas Pammer, Tel. (01) 21110-5336, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. Fax (01) 2167551, Email: vgi@ovg.at.

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

Redaktionsbeirat für Review: Univ.-Prof. Dr. Fritz K. Brunner, Univ.-Prof. Dr. Norbert Pfeifer, Univ.-Prof. Dr. Harald Schuh,

Dipl.-Ing. Gert Steinkellner, Prof. Dr. Josef Strobl, O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hans Sünkel und Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.iur. Christoph Twaroch

Copyright: Jede Vervielfältigung, Übersetzung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen sowie Mikroverfilmung der Zeitschrift oder von in ihr enthaltenen Beiträge 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. Stefan Klotz, Tel. (01) 21110-3609, 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: 1200 Stück.

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

Verkaufspreise: Einzelheft: Inland 15 €, Ausland 18 €; Abonnement: Inland 50 €, Ausland 60 €; alle Preise exklusive Mehrwertsteuer. OVG-Mitglieder erhalten die Zeitschrift kostenlos.

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

Offenlegung gem. § 25 Mediengesetz

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

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

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



ÖSTERREICHISCHE GEODÄTISCHE KOMMISSION

ÖGK



Nutzung von Kartenprojektionen zum Zeichnen einfacher Kartenskizzen in GIS

Gerhard Navratil, Wien

Dieser Beitrag wurde als „reviewed paper“ angenommen.

Kurzfassung

Eines der Anwendungsgebiete geographischer Informationssysteme ist die Erstellung einfacher Karten. Dabei geht es meist weniger um eine exakte kartographische Bearbeitung sondern vielmehr um eine schnelle und effiziente Produktion von Übersichten für Zeitungen oder zu Werbezwecken. Dabei ist es oft wesentlich, einen bestimmten Aspekt klar herauszustellen, beispielsweise die von einer Fluglinie beflogenen Strecken oder die Gebiete mit einem maximalen Abstand von einem Zentralpunkt. Dabei handelt es sich um klassische Geometrie-Aufgaben, nämlich das Zeichnen der kürzesten Verbindung oder eines Kreises. Das ist jedoch auf der Erde nicht ganz so einfach wie in der Ebene. Dieser Beitrag zeigt, wie man ein modernes geographisches Informationssystem nutzen kann, um diese Aufgaben effizient zu lösen.

Schlüsselwörter: geographische Informationssysteme, Kartenfehler, Kartenprojektionen

Abstract

One of the main application areas for geographical information systems is the creation of simple maps. The goal is usually not an exact cartographic processing but the fast and efficient production of maps for newspapers or advertisement. An often necessary task for such maps is to depict a specific fact, e.g., the routes serviced by an airline or the area with a maximum distance from a center point. These tasks are classical exercises of geometry, i.e., drawing a straight line or a circle. They can be easily solved in a plane but are more complex on the earth. The paper shows how modern geographical information systems can be used to perform the tasks efficiently.

Keywords: geographic information systems, map errors, map projection

1. Einleitung

Die Verwendung geographischer Informationssysteme (GIS) hat sich in den letzten Jahrzehnten dramatisch verändert. Die ursprünglichen Systeme waren auf die Benutzung durch Experten zugeschnitten. Es gab keine graphische Benutzerschnittstelle. Die Systeme waren alles andere als intuitiv und somit langwierig zu erlernen. Für jeden Bearbeitungsschritt musste der entsprechende Befehl gewusst oder im Handbuch nachgeschlagen werden. Zudem war der Transfer von Daten zwischen verschiedenen Systemen (im besten Fall) umständlich [1, S. 5]. Erst die Einführung einer graphischen Benutzeroberfläche (zunächst bei ArcView und später auch bei anderen Produkten) und die Unterstützung von Fremdformaten bzw. die Entwicklung von Datenstandards ermöglichte auch Laien die Verwendung eines GIS und somit die Erstellung ansprechender Karten. Mittlerweile ist das Gestalten einer Karte mit frei verfügbaren Basisdaten und entsprechender (teilweise sogar frei verfügbarer) Software nicht mehr wesentlich schwieriger als das Verfassen eines Textes mit einem Textverarbeitungsprogramm. Noch einfacher wird es, wenn spezialisierte Software verwendet wird. Diese kann oft in Form von Internet-Applikationen gefunden werden. Beispiele dafür

sind Routenplaner und Straßenkarten. Diese Entwicklung hat aber nicht nur Vorteile. Laien sind teilweise mit den Grenzen von Methoden und Daten nicht vertraut. Falsche Anwendung der Methoden kann aber zu falschen bzw. irreführenden Ergebnissen führen. Prinzipiell können Ergebnisse oft validiert werden, wenn man das ungefähre Ergebnis kennt. Bei Experten wird dieses Wissen im Allgemeinen gegeben sein, bei Laien ist das oft nicht der Fall.

Ein modernes GIS bietet einen sehr breiten Funktionsumfang. Unter den typischen Funktionen sind auch solche zum Zeichnen einfacher geometrischer Figuren. Diese Funktionen liefern aber nicht immer das korrekte Ergebnis. Sie können Beschränkungen und Fallen beinhalten die für Laien nicht offensichtlich sind. 2003 wurde beispielsweise eine kleinmaßstäbliche Karte in der Zeitschrift „The Economist“ publiziert, die ein kleines Problem aufwies (Abbildung 1). Die Kreise in der Grafik sollten die Punkte darstellen, die jeweils von einem bestimmten Raketentyp gerade noch erreicht werden können. Auf einer Kugel liegen die Punkte, die von einem gegebenen Punkt denselben Abstand haben, auf einem Kleinkreis. Die Kreise in Abbildung 1 hätten also Kleinkreise darstellen sollen. Bei der Darstellung handelt es sich jedoch um eine Mercator-



Abb. 1: Raketen-Bedrohung durch Nord Korea [nach 3, S. 30]

Projektion und bei der werden Abstände in der Karte umso stärker verzerrt, je weiter man sich vom Äquator entfernt. Das Bild eines Kleinkreises kann also in der Karte kein Kreis sein. Die Darstellung in Abbildung 1 geht aber von dieser Annahme aus und ist daher falsch. Dazu kommt noch, dass im Original die Beschriftung Abstände von 1.300 km, 10.000 km und 15.000 km definierte, die tatsächlichen Linien jedoch in Abständen von (gemessen in Ost-West-Richtung) ca. 650 km, 5.000 km und 7.500 km gezeichnet sind [2]. Trotz dieser offensichtlichen Schwächen ist die Karte in einer renommierten Zeitung erschienen und erst Leserreaktionen haben zur Entdeckung des Fehlers geführt.

Solche und ähnliche Fehler bei der Gestaltung von Karten können einfach vermieden werden, wenn man bestimmte Grundprinzipien beachtet. Anhand zweier Beispiele wird gezeigt, wie man durch Anwendung von unterschiedlichen Kartenentwürfen zu geometrisch korrekten Ergebnissen gelangt. Als Beispiel werden die gerade Linie und (wie in Abbildung 1) die kreisförmige Pufferzone verwendet. Die Methodik ist in jedem

GIS verwendbar, sofern die notwendigen Kartenentwürfe unterstützt werden.

2. Die Lehre vom Kartenentwurf

Die Notwendigkeit eines Kartenentwurfes resultiert aus der Unmöglichkeit, die Oberfläche der Erde verzerrungsfrei in die Ebene abzubilden. Selbst bei vereinfachter Betrachtung und Näherung der Erde als Kugel ist die Oberfläche in jedem Punkt in allen Richtungen gekrümmt. Es können jedoch nur solche Flächen verzerrungsfrei in die Ebene abgebildet werden, die nur in jeweils einer Richtung gekrümmt sind oder mathematisch ausgedrückt: Die Gaußsche Krümmung, die sich als Produkt der beiden Hauptkrümmungen ergibt, muss in jedem Punkt der Fläche gleich Null sein. Solche Flächen heißen (in die Ebene) abwickelbare Flächen. Einfache Beispiele sind der Drehkegel und der Zylinder. Es ist recht einfach zu prüfen, ob eine Fläche abwickelbar ist: Kann man ein Blatt Papier zur entsprechenden Fläche formen, dann ist die Fläche abwickelbar, sonst nicht. Kegel und Zylinder sind somit abwickelbar, die Kugel nicht.

Ein Kartenentwurf ist eine Vorschrift zum Übertragen der Erdoberfläche auf eine abwickelbare Fläche. Das kann mit Hilfe geometrischer oder analytischer Vorschriften geschehen. Die stereographische Projektion als Projektion auf eine Tangentialebene ist ein Beispiel für eine Abbildung mit geometrischer Vorschrift, die homologische Projektion von Mollweide, bei der die Oberfläche der gesamten Erde in eine Ellipse projiziert wird, hat eine analytische Abbildungsvorschrift. Eine kurze Einführung in die Kartenprojektionen samt Diskussion der Eigenschaften findet sich bei Monmonier [4, S. 8-18]

Die Berechnung der Verzerrungen erfolgt mit Hilfe der Tissotschen Theorie [5]. Eine genaue Abhandlung samt Herleitung und Einbettung in die moderne Mathematik findet man beispielsweise bei Grafarend und Krumm [6]. Einen Überblick kann man sich jedoch schon in Form einer grafischen Darstellung verschaffen, bei der die lokalen Verzerrungen durch Tissotsche Indikatrizellen oder Verzerrungsellipsen wiedergegeben werden. Sind solche Verzerrungsellipsen über die gesamte Kartendarstellung verteilt, so können zwei Spezialfälle auftreten:

- Alle Verzerrungsellipsen sind gleich groß, haben aber unterschiedliche Form: Eine kreisförmige Fläche mit festem Flächeninhalt wird als Ellipse abgebildet. Ist deren Flächeninhalt unabhängig von der Position in der Abbildung, dann ist die Abbildung flächentreu (äquivalent).
- Alle Verzerrungsellipsen sind Kreise, die Radien unterscheiden sich jedoch voneinander: Wenn die Verzerrungsellipsen Kreise sind, dann werden differentielle Längen in jeder Richtung im gleichen Maßstab dargestellt. Somit werden Winkel korrekt abgebildet und es ergibt sich eine winkeltreue (konforme) Darstellung. Die Mercator-Projektion ist ein Beispiel für eine solche Darstellung, wie aus den Indikatrizellen in Abbildung 2 ersichtlich wird. Die Indikatrizellen sind dabei alle 30° für Länge und Breite berechnet.

Liegt keiner der beiden Fälle vor, dann ist die Darstellung weder flächen- noch winkeltreu. Man spricht dann von einer aphyllaktischen Darstellung.

Zusätzlich zu den genannten Eigenschaften kann auch Streckentreue entlang bestimmter Linien erreicht werden. Berührt die Projektionsfläche die Erdkugel entlang einer Linie, so herrscht entlang dieser Linie absolute Treue. Somit sind auch Längen korrekt, die entlang dieser Linie

gemessen werden. Eine generell streckentreue Abbildung der Erde in die Ebene ist jedoch unmöglich [7, S. 5].

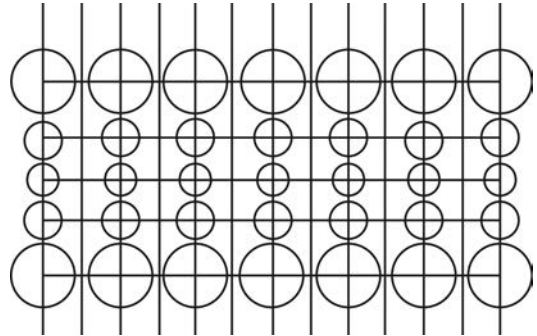


Abb. 2: Tissotsche Indikatrizellen der Mercator-Projektion

3. Bestimmung einer ‚geraden‘ Linie

3.1 Problemstellung

Zum Zeichnen einer geraden Linie ist eine Definition der ‚Geradheit‘ notwendig. In der Ebene legen wir entsprechend der Euklidischen Geometrie eine Gerade durch zwei Punkte. Mathematisch wird das beschrieben in Parameterform als

$$\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Das funktioniert auch noch im dreidimensionalen Raum. Auf einer gekrümmten Fläche wie der Erdoberfläche ist diese Definition allerdings nicht ausreichend. Wenn wir Geradheit als „die seitliche Krümmung ist gleich Null“ definieren, so führt das zu einer geodätischen Linie oder (auf der Kugel) Orthodrome. Die Orthodrome ist gleichzeitig immer ein Teil eines Großkreises.

Bei der Orthodrome ändert sich entlang der Linie ständig der Kompasskurs [7, S. 19 ff]. Das ist für manche Anwendungen problematisch, z.B. die Navigation ohne Verwendung von Satellitennavigationssystemen, da der zu navigierende Kompasskurs von der aktuellen absoluten Position abhängig ist. Daher wurde entlang der Loxodrome navigiert. Diese schließt mit der Nordrichtung immer denselben Winkel ein. Auch diese Kurve kann als Umsetzung der geraden Linie der Euklidischen Geometrie angesehen werden, da beide Linien konstante Winkel mit der Nord-Richtung einschließen.

3.2 Mathematische Bestimmung der Loxodrome

Um die Loxodrome auf der Kugel zu berechnen verwenden wir die Tatsache, dass ihr Abbild in

der Mercator-Projektion eine Gerade ist. Um kartesische Koordinaten zu erhalten müssen also nur die Punkte dieser Geraden auf die Kugel abgebildet werden. Eine detaillierte Abhandlung findet man beispielsweise bei Alexander [8].

3.3 Mathematische Bestimmung der Orthodrome

Die Bestimmung der Orthodrome zwischen zwei Punkten auf der Kugel kann zurückgeführt werden auf die Bestimmung des Großkreises, auf dem die beiden Punkte liegen. Zu beachten ist jedoch, dass dieser in zwei Teile zerfällt und nur der kürzere der beiden die gesuchte Lösung darstellt. Von Wien kommt man beispielsweise nach Salzburg, indem man dem Großkreis nach Westen folgt. Man erreicht Salzburg aber auch, wenn man dem Großkreis nach Osten folgt. Dann ist der zurückgelegte Weg jedoch wesentlich länger.

Ein Großkreis ist ein Kreis auf der Kugeloberfläche, dessen Mittelpunkt im Kugelmittelpunkt liegt. Dieses Wissen führt zu einer einfachen Methode, um den Großkreis mathematisch zu bestimmen:

1. Ermittlung der Gleichung der Ebene, welche durch die beiden gegebenen Punkte und den Kugelmittelpunkt definiert ist,
2. Schneiden diese Gleichung mit der Kugel,
3. Bestimmung des kürzeren Segmentes.

3.4 Nachteil der mathematischen Bestimmung

Die vorgestellten Methoden liefern die exakten Lösungen und können mit entsprechenden Mathematik-Kenntnissen umgesetzt werden. Alternativ kann Spezial-Software wie beispielsweise Mathematica® oder Matlab® eingesetzt werden. Beide Lösungen sind jedoch nicht gerade billig. Die erste Methode ist in der Implementierung zeitaufwändig und Zeit ist gerade bei der raschen Produktion einfacher Karten nur begrenzt vorhanden und daher teuer. Die zweite Methode benötigt Spezialsoftware, die möglicherweise sonst im Unternehmen nicht zum Einsatz kommt. Das verursacht zusätzliche Lizenz-, Wartungs- und Schulungskosten. Somit ist auch diese Lösung kostenintensiv.

Wenn jedoch laufend Karten mit einem GIS produziert werden, dann sind sowohl die Software als auch das entsprechend geschulte Personal vorhanden. Das können sowohl Techniker als auch Grafiker sein. Generell kann nicht davon ausgegangen werden, dass sie die für die

saubere Lösung benötigte Mathematik problemlos anwenden können. Sehr wohl sollten sie aber in der Lage sein, eine Abfolge von allgemein gehaltenen Prozessschritten in dem vorhandenen GIS durchzuführen. Eine so definierte Lösung ist somit einer mathematisch sauberen Lösung vorzuziehen, auch wenn diese vielleicht exaktere Ergebnisse liefert.

4. Lösung für die zeichnerische Darstellung

Die mathematisch sauberen Lösungen sind derzeit nicht in einem gängigen GIS implementiert. Erweiterungen der Funktionalität können zwar prinzipiell bei jedem GIS vorgenommen werden, sie können jedoch – abhängig vom verwendeten System – aufwändig sein. Zudem besitzt jedes System seine eigene Programmierschnittstelle und ein Systemwechsel (und manchmal auch nur ein Upgrade) erfordert somit eine erneute Programmierung bzw. eine Adaption. Daher wäre ein Ansatz sinnvoll, bei dem nur Standardroutinen eines GIS verwendet werden um die Lösung zu bestimmen. Diese Routinen werden in der Regel nur selten geändert – sowohl in der Funktionsweise als auch in der Ansteuerung.

4.1 Zeichnen einer Loxodrome

Um eine Loxodrome zeichnen zu können, müssen Winkel in der Abbildung unverzerrt dargestellt werden. Es kommen also nur winkeltreue Darstellungen in Frage. Bei einer winkeltreuen Darstellung ist jede auf der Karte geradlinige Verbindung zwischen zwei Punkten eine Loxodrome. Eine der bekanntesten winkeltreuen Darstellungen ist die Mercator-Projektion. Die ebenfalls weit verbreitete Gauß-Krüger-Projektion und die Universal Transversal Mercator (UTM) sind nur bedingt geeignet, da sie die Erde in verschiedenen Streifen abbilden. Für kurze Geraden oder bei Geraden in Nord-Süd-Richtung tritt kein Problem auf. Werden die Endpunkte jedoch auf unterschiedliche Streifen abgebildet, so können nicht direkt verbunden werden. Es wäre zwar möglich, Punkte außerhalb des Streifens darzustellen, das Problem ist aber die Schärfe der Koordinatenberechnung, da eine Herleitung geschlossener Abbildungsgleichungen nicht möglich ist [9]. Somit sind in einem GIS Näherungslösungen implementiert. Die Koordinatenberechnung sollte möglichst schnell erfolgen und somit ist anzunehmen, dass die Lösungen für den üblicherweise verwendeten Bereich – also eben die Streifen – optimiert sind. Damit kann es sein, dass sie bei weit außerhalb liegenden Punkten grob falsche Ergebnisse liefern oder sogar gänzlich versagen. Dazu



Abb. 3: Loxodrome zwischen Paris und Washington (Mercator-Projektion)

kommt noch, dass zwei Punkte überhaupt nicht darstellbar sind: Die beiden Durchstoßpunkte der Zylinderachse. Das ist zwar theoretisch kein Problem, bei häufiger Anwendung kann es aber durchaus vorkommen, dass einer dieser Punkte auf der Loxodrome liegt und sie somit über einen Punkt im Unendlichen führt. Dieser Umstand ist zwar auch bei der Mercator-Projektion gegeben, hier gibt es aber nur eine mögliche Lage des Zylinders. Die nicht abbildbaren Punkte sind die Pole. Diese können somit nicht als Start- oder Zielpunkt verwendet werden. Als Punkt auf einer Loxodrome können sie aber nur dann auftreten, wenn ein Pol Start- oder Zielpunkt ist. Somit ist der Sonderfall, bei dem ein Endpunkt ein Pol ist, die einzig problematische Konstellation. Dieser Fall kann jedoch abgefangen und direkt gelöst werden, da die Loxodrome dann entlang des Meridians durch den zweiten Punkt verläuft. Der Sonderfall der Loxodrome zwischen den beiden Polen ist hingegen mehrdeutig, da jeder beliebige Meridian eine Lösung ist. Alle Sonderfälle können also gut erkannt und entsprechend gelöst werden. Daher eignet sich die Mercator-Projektion gut zur Bestimmung der Loxodrome. Abbildung 3 zeigt die Loxodrome zwischen Paris und Washington in einer Mercator-Projektion. Es handelt sich um die geradlinige Verbindung der beiden Endpunkte in der Karte.

Bei der Konstruktion der Loxodrome auf die gerade beschriebene Weise gilt es, zwei Dinge zu beachten:

1. Es gibt zwei Möglichkeiten, eine Loxodrome zwischen zwei Punkten auf der Erde zu definieren.
2. Die Loxodrome hat (außer sie verläuft exakt in Nord-Süd-Richtung) unendliche Länge.

Der erste Punkt ist anhand von Abbildung 3 gut erkennbar. Bei der gegebenen Route fliegt man von Paris aus nach Westen um nach Washington zu gelangen. Es ist jedoch auch möglich, von Paris aus nach Osten zu fliegen und Washington zu erreichen. Dieser Weg ist zwar länger, kann aber auch mit einer Loxodrome beschrieben werden. Es ist also bei der Gestaltung der Mercator-Projektion darauf zu achten, dass die gewünschte Route gezeichnet werden kann. Die andere Route verläuft dann über die Ränder der Mercator-Projektion, sie verlässt also nach links die Karte und kommt von rechts wieder herein. Das passiert, weil die Mercator-Projektion mit einem Zylinder arbeitet, der entlang einer Erzeugenden aufgeschnitten werden muss. Bei der praktischen Umsetzung ist es sinnvoll, dass dieser Schnitt nicht durch die gesuchte Verbindungslinie verläuft, da dann das Zeichnen der Linie vereinfacht wird. Dazu kann einfach der Mittelpunkt der Karte auf einen bestimmten

Meridian gelegt werden. Dieser Meridian hängt von der gesuchten Loxodrome ab. Unter der Annahme, dass λ_1 und λ_2 mit $\lambda_1 < \lambda_2$ die geographischen Längen der beiden Punkte bezeichnen und die kürzere Loxodrome gesucht ist, erhalten wir den Meridian der Kartenmitte über

$$\lambda_m = \begin{cases} \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} & \text{für } \lambda_2 - \lambda_1 < 360^\circ + \lambda_1 - \lambda_2, \\ 180^\circ + \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} & \text{für } \lambda_2 - \lambda_1 > 360^\circ + \lambda_1 - \lambda_2. \end{cases} \quad (2)$$

Sind die beiden Kreisbögen gleich lang so sind beide Lösungen verwendbar, da keine Präferenz bestimmt werden kann.

Den zweiten zu beachtenden Punkt kann man anhand der Eigenschaften der Mercator-Projektion ebenfalls einfach erkennen: Die Pole werden bei der Mercator-Projektion ins Unendliche abgebildet. Somit kann eine Gerade mit endlicher Steigung (die also nicht in Nord-Süd-Richtung verläuft) die Pole nicht in einem endlichen Abstand erreichen. Für die Mercator-Projektion bedeutet das jedoch, dass die Loxodrome auf der einen Seite der Karte hinausläuft und auf der gegenüberliegenden Seite wieder herein kommt. Dies geschieht – da die Kurve unendlich lang ist – unendlich oft. Glücklicherweise ist bei der hier diskutierten Problemstellung aber nicht der gesamte Verlauf der Loxodrome gesucht sondern nur ein endliches Teilstück zwischen zwei Punkten.

4.2 Zeichnen einer Orthodrome

Heutzutage wird nicht mehr nach der Loxodrome sondern nach der Orthodrome navigiert, da sie die kürzest mögliche Verbindung ist. Diesen Umstand hat sich schon Charles Lindbergh bei seinem Atlantik-Flug 1927 zunutze gemacht [10]. Jeder, der schon einmal von Mitteleuropa zur

Ostküste Nordamerikas geflogen ist, weiß, dass diese Flüge über Wales und Kanada verlaufen (vergleiche Abbildung 9). Diese Linie weicht also stark von der in Abbildung 3 gezeigten Loxodrome ab.

Die Orthodrome kann nach demselben Prinzip wie die Loxodrome konstruiert werden. Zunächst wählt man eine Abbildung bei der Großkreise zu geraden Linien werden. Die Azimutalprojektion ist eine entsprechende Abbildung. Bei einer Azimutalprojektion wird die Erdoberfläche auf eine Ebene projiziert, welche die Erde in einem Punkt berührt. Bekannt sind diese Projektionen vor allem für die Darstellung der Pole. In diesem Fall treffen sich die Längengrade (die ja Großkreise sind) im Kartenmittelpunkt und verlaufen von hier aus sternförmig und geradlinig nach außen. Das gilt generell für Großkreise, die durch den Berührungspunkt gehen. Alle anderen Großkreise werden als Kurven abgebildet. Es bietet sich also an, eine Azimutalprojektion für die Bestimmung der Orthodrome heranzuziehen. Bei polarer Lage (der Berührungspunkt ist einer der Pole) besteht das Problem, dass nur Meridiane in gerade Linien übergehen. Dem kann man begegnen, indem man eine spezielle Lage wählt. Da ein Großkreis genau dann in eine gerade Linie übergeht, wenn er durch den Berührungspunkt verläuft, muss der Berührungspunkt der Azimutalprojektion auf der gesuchten Orthodrome liegen – sinnvoller Weise in einem der Endpunkte. Abbildung 4 (a) zeigt das Ergebnis einer solchen Azimutalprojektion. Der Berührungspunkt liegt in diesem Fall in Paris. Somit ist jeder Großkreis durch Paris als gerade Linie abgebildet, also auch der Großkreis durch Washington. Die gesuchte Verbindung von Paris nach Washington ist damit eine gerade Linie (Abbildung 4 (b)).



Abb. 4: Azimutalprojektion mit Berührungspunkt in Paris (a) der gesamten Erde und (b) der Strecke von Paris nach Washington

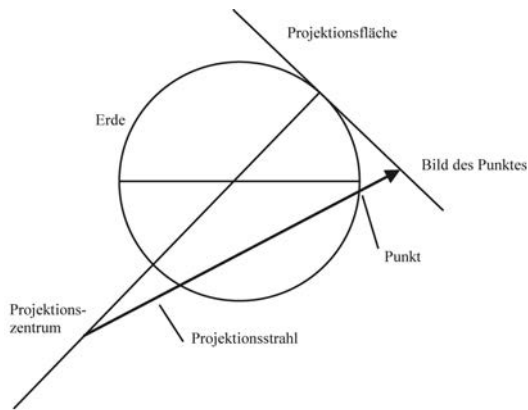


Abb. 5: Prinzip einer Azimutalprojektion

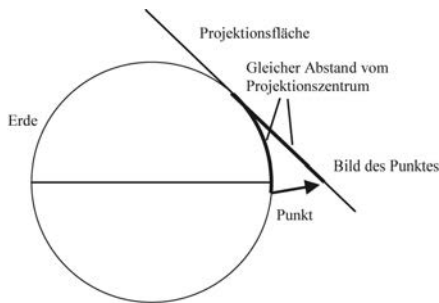


Abb. 6: Prinzip der mittabstandstreuen Azimutalprojektion

Es kann prinzipiell jede beliebige Azimutalprojektion verwendet werden, sowohl eine perspektivische als auch eine analytische Projektion. Perspektivische Projektionen haben ein Projektionszentrum und eine Projektionsvorschrift. Die Projektionsvorschrift ist meist, dass das Bild eines Punktes der Erdoberfläche durch den Schnitt des Projektionsstrahles mit der Projektionsfläche definiert wird (vgl. Abbildung 5). Dabei liegt das Projektionszentrum auf einer Flächennormale durch den Berührungspunkt. Oft verwendete Sonderfälle für die Lage des Projektionszentrums sind [5, S. 86] der Erdmittelpunkt (gnomonische Projektion), der dem Berührungspunkt gegenüberliegende Punkt auf der Erdoberfläche (stereographische Projektion) und der im Unendlichen liegende Punkt (orthographische Projektion). Bei analytischen Projektionen wird diese geometrische Vorschrift durch eine beliebige Rechenvorschrift ersetzt. Das kann sich beispielsweise aus der Anforderung ergeben, dass die Länge des Großkreisbogens vom Berührungspunkt zu abzubildenden Punkt in wahrer Länge dargestellt werden soll (vgl. Abbildung 6). Sinnvoll sind alle Projektionen, bei denen die gesamte Erdoberfläche abgebildet werden kann, da dann die Orthodrome

auf jeden Fall gänzlich in der Karte zu sehen ist. Das ist zwar bei der stereographischen Projektion nicht der Fall, diese kann aber trotzdem verwendet werden weil nur der dem Berührungspunkt gegenüber liegende Punkt nicht im Endlichen abgebildet werden kann. Die Orthodrome zu diesem Punkt ist jedoch ohnehin nicht bestimmt, da jeder Großkreis durch den Berührungspunkt auch durch den gegenüber liegenden Punkt verläuft.

5. Zeichnen eines Kreises

Ein Kreis ist dadurch charakterisiert, dass alle Punkte des Kreises dieselbe Entfernung vom Mittelpunkt haben. Es ist also notwendig, dass diese Abstände korrekt abgetragen werden können. Eine einfache Möglichkeit ist die mittabstandstreue Azimutalprojektion. Sie ist in polarer Lage definiert durch [5, S. 132, 6, S. 35]

$$\begin{aligned} x &= \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right) \sin \lambda, \\ y &= \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right) \cos \lambda. \end{aligned} \quad (3)$$

Es handelt sich dabei um eine analytische Projektion. Dabei wird der Abstand des zu projizierenden Punktes vom Berührungspunkt auf der Projektionsfläche aufgetragen. Dadurch sind in der Abbildung die Abstände aller Punkte vom Berührungspunkt korrekt (Abbildung 6 zeigt das Prinzip in allgemeiner Lage).

Um einen Kreis um einen bestimmten Punkt zu zeichnen, muss also die Karte zunächst in der mittabstandstreuen Azimutalprojektion dargestellt werden. Als Berührungspunkt wählt man den Mittelpunkt des zu zeichnenden Kreises. Anschließend kann der Kreis wie üblich eingefügt werden. Abbildung 7 zeigt ein Beispiel mit einem Kreis von 7.000 km um Paris. Es zeigt sich, dass dieser Kreis große Teile Kanadas und Asiens umschließt. Abbildung 8 hingegen zeigt das Ergebnis einer falschen Vorgangsweise. Hier wurde einfach ein entsprechender Kreis in einer Mercator-Projektion eingezeichnet. Die Unterschiede sind deutlich sichtbar.

6. Saubere Lösung für Geographische Informationssysteme

Das Problem bei der Übertragung in ein GIS oder ein anderes Softwaresystem zur Produktion von Karten besteht nun darin, dass üblicherweise von geometrischen Figuren nur die relevanten Bestimmungsstücke gespeichert werden. Bei geraden Linien sind dies die beiden Endpunkte und bei einem Kreis sind es Mittelpunkt und Radius. Es bringt also nichts, einfach nur die Figur



Abb. 7: Korrekter 7.000 km-Kreis um Paris in der mittabstandstreuen Azimutalprojektion



Abb. 8: Falsche Bestimmung eines 7.000 km-Kreises um Paris.



Abb. 9: Orthodrome zwischen Paris und Washington (Mercator-Projektion)

in der korrekten Kartendarstellung zu zeichnen, da bei einer Neuprojektion wieder ein falsches Ergebnis angezeigt wird. Wurde also beispielsweise die Orthodrome korrekterweise in einer Azimutalprojektion gezeichnet, so erhält man trotzdem bei einer Darstellung in Mercator-Projektion das Bild von Abbildung 3, also die Loxodrome. Gesucht ist aber die in Abbildung 9 gezeigte Kurve. Das ist nur möglich, wenn das GIS die Linie nicht als Gerade sondern als Linienzug betrachtet. Das kann erzielt werden, indem die ursprüngliche Gerade durch Einfügen von Zwischenpunkten in ein Polygon umgewandelt wird. Die entsprechende Funktion sollte in jedem GIS vorhanden sein. Es muss aber geklärt werden wie viele Zwischenpunkte für eine glatte Darstellung notwendig sind. Man kann hier davon ausgehen, dass ein Linienstück in der gedruckten Karte 2-3 mm lang sein darf ohne dass das Polygon als solches erkannt wird. Somit hängt die Länge der Segmente vom Ausgabemaßstab ab und wäre bei 1:10.000.000 etwa 20-30 km. Als Resultat erhält man ein Polygon, das in Azimutalprojektion zu einer Geraden gestreckt ist. In jeder anderen Projektion erscheint es jedoch als gekrümmte Kurve (vgl. Abbildung 9).

Dieselbe Vorgangsweise ist auch beim Kreis notwendig. Probleme treten hier jedoch auf, wenn der Kreis den Pol umschließt. Da die Erd-

oberfläche eine geschlossene Figur ist, müssen die Nachbarschaftsbeziehungen an irgendeiner Linie aufgebrochen werden. Bei den in Europa üblichen Weltkarten ist beispielsweise Amerika in der linken Kartenhälfte dargestellt und Asien in der rechten. Die Welt wird also entlang einer Linie zwischen Amerika und Asien aufgeschnitten. Geht nun dieser Schnitt durch den gerade gezeichneten Kreis, so treten unschöne Effekte auf. Das kann nur dadurch behoben werden, dass Elemente nicht dargestellt werden, die eine solche Schnittlinie kreuzen. Problematisch daran ist natürlich, dass der Puffer dann keine geschlossene Fläche mehr ist. Somit müssen Auswahl-Operationen über den Puffer vor dem Umprojizieren erfolgen.

Abbildung 10 zeigt anhand zweier Projektionen, dass eine korrekte Darstellung der Linien möglich ist. Sie veranschaulicht auch, wie die Fragestellung der Zeitung „The Economist“ korrekterweise gelöst werden müsste.

Die Arbeitsschritte um eine korrekte Darstellung einfacher Geometrien zu bekommen besteht also aus folgenden Schritten:

1. Umprojizieren der Karte in eine geeignete Azimutalprojektion
2. Zeichnen der gewünschten Figur



Abb. 10: Korrekte Darstellung des 7.000 km-Puffers um Paris in (a) einer Bonne-Projektion mit Mittelmeridian 30° nördlicher Breite und (b) einer Mercator-Projektion

3. Zerlegen der Figur in ausreichend kleine Teilstücke
4. Umprojizieren der Karte in das benötigte Darstellungssystem
5. Eventuell Löschen einzelner Teilstücke, wenn sie die Darstellung stören.

Diese Schritte können notfalls automatisiert werden. Probleme bereitet nur der Schritt 5. Die zu löschenden Elemente hängen von der verwendeten Projektion ab. Sollten viele verschiedene Projektionen verwendet werden kann es vorkommen, dass jeweils andere Teilstücke gelöscht werden und somit irgendwann eine Kurve mit vielen Lücken entsteht. Dem kann nur begegnet werden, indem die Segmente nicht gelöscht sondern einfach bei der Ausgabe unterdrückt werden.

7. Zusammenfassung

In diesem Beitrag habe ich eine einfache Möglichkeit gezeigt, um mittels GIS einfache Geometrien korrekt auf die Erdoberfläche zu übertragen. Die Methode basiert auf der Anwendung spezieller, in den meisten Systemen vorhandener Kartenprojektionen. Alle Schritte sind in kommerziellen Systemen vordefiniert und können bei Bedarf automatisiert werden. Eine entsprechende Umsetzung sollte bei gegebenen Programmierkenntnissen kein großes Problem darstellen.

Es wurden nur zwei grundlegende geometrische Figuren gezeigt: Gerade und Kreis. Das entspricht bei der Konstruktion in der Ebene den Hilfsmitteln Lineal und Zirkel. Somit ist die Grundlage dafür gegeben, alle weiteren Geometrien zu konstruieren, die in der Ebene mit Lineal und Zirkel konstruiert werden können. Zu beachten ist dabei jedoch, dass bestimmte Eigenschaften wegen der Krümmung der Fläche nicht mehr gegeben sind. So ist zum Beispiel die Winkelsumme eines Dreiecks größer als die 200°, die in der Ebene gegeben sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Professor Kurt Bretterbauer bedanken, der mich im Rahmen meines Studiums in die Lehre vom Kartenentwurf eingeführt hat. Mein Dank gilt auch dem unbekanntem Gutachter, der mit seinen kritischen Kommentaren sehr zur Verbesserung des Artikels beigetragen hat.

Referenzen

- [1] Coppock, J.T. und D.W. Rhind (1991): The history of GIS. In: Geographical Information Systems: principles and applications. D.J. Maguire, M.F. Goodchild und D.W. Rhind (Hrsg.), Longman Scientific & Technical, Essex: 21–43.
- [2] Lightfoot, C (2003): Cartography for fun and profit. Verfügbar unter: <http://www.ex-parrot.com/~chris/wwwitter/20030506.html>.
- [3] *The Economist* (2003): North Korea's Missile Threat. Ausgabe vom 3. Mai.
- [4] Monmonier, M. (1991): How to Lie with Maps. University of Chicago Press, Chicago: 176.
- [5] Tissot, N.A. (1887): Netzentwürfe geographischer Karten. J. B. Metzlersche Buchhandlung, Stuttgart: 267.
- [6] Grafarend, E.W. und F.W. Krumm (2006): Map Projections – Cartographic Information Systems. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 713.
- [7] Bretterbauer, K. (2002): Die runde Erde eben dargestellt. Technische Universität Wien, Studienrichtung Vermessung und Geoinformation, Geowissenschaftliche Mitteilungen: 97.
- [8] Alexander, J. (2004): Loxodromes: A Rhumb Way to Go. Mathematics Magazine 77(5): 349–356.
- [9] Bretterbauer, K. (1995): Die Gauß-Krüger Abbildung einfach dargestellt. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI) 83(3): 146–150.
- [10] Lindbergh, C. A. (1953): The Spirit of St. Louis. New York, Spirit of St. Louis.

Anschrift des Autors

PD DI Dr. Gerhard Navratil, Technische Universität Wien, Institut für Geoinformation und Kartographie, Gusshausstr. 27-29, 1040 Wien

E-Mail: navratil@geoinfo.tuwien.ac.at.



Using the former Austrian cadastre source documentation for surveying tasks in Poland

Dr.-Ing. Paweł Hanus, Prof. Dr.-Ing. habil. Ryszard Hycner, Krakow

Kurzfassung

Für die Erstellung des Katasters in Polen werden möglichst aktuelle Daten benötigt, die durch verschiedene Methoden gewonnen werden können. Unter anderem werden vielfach auch noch die Mappenblätter des Österreichischen Katasters verwendet, besonders in ländlichen Gegenden und Wäldern. Diese Mappenblätter stammen aus der Zeit, als sich Österreich noch über Teilgebiete des heutigen Polens erstreckte. Diese österreichischen Katasterdaten werden auch noch für andere Aufgaben gerne verwendet, wie etwa bei Grenzstreitigkeiten, aber auch für aktuelle Vermessungsaufgaben. Daraus lässt sich schließen, dass diese Daten aus historischen Zeiten auch in anderen Gebieten, die damals zu Österreich gehörten, verwendet werden könnten.

Schlüsselwörter: Österreichischer Kataster, Mappenblätter, Vektorisierung, Transformation

Abstract

The real estate cadastre in Poland is created step by step based on a modernization process of the grounds and buildings register. In order to create the real estate cadastre, accurate, reliable, and updated boundary data are requested. These data can be obtained by means of various methods and sources. One of these methods, frequently used in the context of crops and forests, is a cartographic method by using Austrian cadastral maps produced many years ago in the former Galizia, being a part of the southern-eastern Poland's territory. These maps can also serve for other surveying tasks like delimitations, subdivisions, and regulation of the legal status of real estate. Note that the Austrian cadastral documentation is still used in the southern part of Poland for various surveying tasks.

Using the former Austrian documentation needs some knowledge on cadastre and surveying and also particular experience of the surveyors. Frequently, surveyors get some doubts when they want to use the former Austrian cadastral maps. The reason for this is that the maps were prepared by graphic methods using plane table field surveying with low accuracy.

Former Austrian cadastral documentation, especially the cadastral map, may be fully used for legal aspects, where real estate boundaries play a very important role. The usefulness of the cadastral map for various surveying tasks is evident [4]. Moreover, it offers a chance for the surveyor to avoid possible wrong steps.

As described in the paper, the old Austrian cadastral documentation can still be used even in contemporary surveying; probably not only in Poland but also in those European countries which belonged to the Austrian Empire for many years.

Keywords: Austrian Cadastre, Cadastral Maps, Vectorization, Transformation

1. Introduction

A contemporary cadastre is one of the fundamental tools to perform many important tasks required for the functioning of any well-organized and managed country. Thus, the cadastre plays a fundamental role, not only in Poland but all over the world.

In spite of the fact that the cadastre mainly refers to surveying tasks, it is regarded as an administrative institution in Poland. This statement results from the definition of the cadastre as given in [6]: "cadastre is an official register of spatial and descriptive information about cadastral objects". Cadastral objects are: parcels, buildings, and dwellings.

It is worth mentioning that there are used some other terms for the cadastre in Poland, e.g., "grounds and buildings register", "cadastral system", and "real estate cadastre". Essentially, all of them mean the same, even if the last idiom is considered the most suitable one because it also associates legal information concerning real estate. Thus, the real estate cadastre information is, to some extent, a combination of information given from the existing grounds and buildings register and the land register¹⁾. Yet, this cadastre has not been established in Poland so far, because creating such a system is not an easy and quick task [6]. Referring to the surveying administration in Poland, it still remains a big challenge. Thus, the existing grounds and buildings register is currently playing a key role.

1) Land register in Poland is a court register, where legal information about real estate is kept. Land register works on the basis of information obtained from the ground and buildings register. This information is called "real estate description". The grounds and buildings register and the land register are two separate items.



Fig. 1: Coverage of the former Austrian cadastre in Poland and the respective reference systems used for cadastral surveys (source: [3] modified by the authors)

Among the cadastral objects, the most important is the parcel (piece of land limited by boundaries). This statement arises directly from the ancient Roman „superficies solo cedit” rule affecting the ownership right. It means that all what is located on the surface of the land belongs to it. Thus, the parcel may be regarded as the main cadastral object, while buildings and dwellings are objects allied with the parcel [1]. In this context the following rule applies: the more accurate the boundaries of the parcel, the better described are the owner's rights.

Thus, in order to create a high-quality real estate cadastre, reliable and updated data of boundaries are requested. They can be obtained by various methods and from several sources. One of these methods, frequently used in the context of crops and forests, is a cartographic method [6]. It generally depends on digitization or scanning of existing analogue maps containing boundaries of the parcels²⁾. One of these maps can be the former Austrian cadastral map, having been produced many years ago. The term “former Austrian cadastre” should be understood here in the sense “cadastre, which has been created in the 19th and the 20th century on the Polish territory by the Austrian Empire”. The range of this cadastre shows Fig.1. The area

of the former Austrian cadastre covered about 17 % of the Polish territory.

Note that the Austrian cadastral documentation is still used in the southern-eastern part of Poland for various surveying tasks. Investigations dealing with the Austrian cadastral documentation, especially the maps, clearly demonstrate that it is still very useful [7] and, sometimes, is the only one but very good source of information [4].

Thus, one might say that the Austrian Empire covering the southern-eastern part of Polish territory (called at that time “Galizia”) brought Poland not only political dependence (although rather light because of wide autonomy) but also a very good cadastral system, which has been serving for various purposes for many years. From this point of view, Poland received a big benefit from the Austrian Empire. It remained a positive heritage after the collapse of the Austrian Empire and disintegration in 1918³⁾.

As a confirmation of this fact, one can give the following example. After World War II, a grounds register was established in the southern-eastern part of Poland on the basis of the existing documentation of the former Austrian cadastre [3].

As it has been mentioned before, the old Austrian cadastral maps can be used mainly for crop

2) Using these processes, suitable data are received and then a digital map (being the spatial part of the grounds and buildings register file) is created [4].

3) Poland “inherited” from Prussia also an excellent cadastral system for the northern-western territories of Poland (about 47 % area of the whole country). For territories of central Poland being under Russian administration after their annexation, no cadastral system was produced.

and forest lands, where the accuracy requirements of contemporary surveys are not very high. They can also be used in developed and urban lands, if the accuracy requirements are met. These conditions are: 3.0 m for crop and forest lands and 0.6 m for developed and urban lands. Accuracy conditions are formulated in a law act [9] and a technical regulation [8], dealing with the grounds and buildings register⁴⁾.

2. The former Austrian cadastre on Polish territories

The basis for establishing the Austrian cadastre was an Act of 1817, given by emperor Franz the 1st, concerning tax land [3], [10]. In that time also a surveying cadastral regulation was published. Cadastral surveys, started in 1817, were carried out in the whole territory of the Austrian Empire, including the respective Polish territories. In 1871, so-called "mortgage books" were also improved by a common Act and dealing with land register.

The former Austrian cadastre was based upon surveys using network points, where the locations were determined in one of seven reference systems [3], [5].

In Galizia, three reference systems were in use called Lvov, Vienna, and Hungary reference systems. They are shown in Fig. 1.

The type of projection, used for the Austrian cadastre, was probably the cylindrical, equidistant and transverse Cassini-Soldner projection [3]. Deformations caused by this projection increase with growing distance from the main meridian. The deformations observed in this projection are less than those appearing in the typical Cassini projection [3].

Parcel measurements were performed using networks points. Networks of the I, II and III class were established through field surveys, while the network of class IV was determined by a graphic method using the plane table.

The essential scale of a cadastral map was 1:2880, resulting from the accepted non-metric Vienna system of measure, being in use at that time.

The cadastral map was the graphic (spatial) part of the cadastre. The cadastral documentation also comprised descriptive parts, mainly in the form of "sheets of possessing", "parcels protocols", and "list of owners". The sheet of pos-

sessing is strongly connected with the cadastral map, since it was created on the basis of the map and fully compatible with it.

This mentioned system was obligatory for the Galizia territory. In 1918, Poland continued to use it, just after getting back its independence. A similar situation occurred for the other parts of Poland, namely the former territories occupied by Prussia and Russia. Since both the Austrian and the Prussian cadastre were not uniform and differed from each other significantly, and, in addition, there did not exist any cadastre of the former Russian territories after World War I, Poland started immediately to create its new cadastre on the basis of existing sources of cadastral documentation. Yet, it proved to be a very complicated and complex problem. Therefore, serious efforts to modernize the cadastre started in 1935 but were stopped by World War II. Just after its end, Poland started again to create a completely new cadastre⁵⁾. In spite of errors made in the context of establishing this cadastre, it nevertheless became a good basis for its later improvements.

During establishing the Polish cadastre, both the Prussian and the Austrian existing sources of cadastral documentation were successfully used, although they were mutually completely diversified.

3. Technical aspects of using the former Austrian cadastre documentation

We mainly consider its spatial part, i.e., its cadastral map. The descriptive part is used less although examples of its contemporary application can be given [4]. A suitable use of the analogue cadastral map is connected with some necessary technical works: digitization or scanning (with later vectorization), transformation, and creating a correct topology between spatial cadastral data.

In the context of this paper, we assume that the old Austrian cadastral maps (called also shorter: cadastral maps) are scanned and then vectorized. This method, transforming analogue information from a cadastral map into digital information, has been used for the research activities of the authors for this paper.

3.1 Preliminary processing of cadastral maps

For the preliminary processing of cadastral maps, the changing of their format from ana-

4) As it has been proved, the old Austrian cadastral maps fulfil these conditions for most of the applications [4].

5) On the basis of a Decree about grounds register given in 1955 [2].

logue to digital must be performed. A possible method is scanning and processing the map into raster data. Since a raster map is not useful for measurement activities, it must be vectorized to obtain a vector model [4]. However, the coordinates of this vector model (i.e., a set of points) are not determined in one of the obligatory reference systems. Therefore, the coordinates must be transformed.

Note also that several errors are comprised resulting from network points, field survey, mapping, frequently using the map, scanning. Yet, as some investigations proved, a properly selected type of transformation and also properly chosen control points may minimize or even exclude the influence of most of these errors. The only exceptions are the errors resulting from field survey and from network points [5].

3.2 The process of vectorization of a cadastral map and its accuracy

The process of vectorization of a cadastral map depends on "redrawing" the contents of this map by any CAD program. As a result of the vectorization process, a vector model of the reality is obtained. It consists of a set of points arranged in space by special rules [4].

Although the vectorization process itself is not a complicated activity, it nevertheless needs some basic knowledge of technology of preparing maps. It is also important to get coordinates of selected points with maximum accuracy after the vectorization. They will then serve for various "surveys" on the map, done in digital format. Thus, it is worth knowing the size of the medium error of vectorization.

In order to determine the error of the vectorization process, a simple experiment has been performed. Some maps have been selected from the territory of the former Galizia in different reference systems. They have been cadastral maps or have been prepared on the basis of cadastral maps. Moreover, they have been prepared in different scales:

- contemporary cadastral map at scale 1:1000, made in cadastral unit Krzeszowice (Lvov reference system), with 0.11 m medium error of transformation,
- contemporary cadastral map at scale 1:2000, cadastral unit Lipnica Mała (Vienna reference system), with 0.18 m medium error of transformation,
- old Austrian cadastral map at scale 1:2880, cadastral unit Podwilk (Vienna reference system), with 0.48 m medium error of transformation,
- contemporary cadastral map at scale 1:5000, cadastral unit Pstroszyce Drugie (Lvov reference system), with 0.62 m medium error of transformation.

Before the error of vectorization has been determined, all maps have been scanned. Then, all maps in raster format have been transformed (fit-in) into the obligatory reference system by a simple method. In order to get reliable results for the errors of the vectorization process, a part of each map has been selected and independently vectorized by a group of persons (students). All of them were well acquainted with the rules of the vectorization process. After a preliminary analysis (omitting results with blunders), the medium error of vectorization for each map has been determined by the well-known Gauss formula. The results of the analysis are shown in Table 1. The results show that the error of vectorization is not linearly related to the scale of the map.

3.3 Transformation of cadastral maps

In order to use cadastral maps in the best possible way, i.e., to gain maximum accurate and reliable information from them, they must be suitably prepared and processed before their use. Thus, they must be properly transformed.

As it is commonly known, maps, especially cadastral ones, can easily be transformed from their local reference system into an obligatory reference system. The transformation is carried out by control points. Yet, the main problem is that such possible points (of the former cadastral network), fulfilling the requirements of transformation, rarely

Map scale	Number of persons (samples)	Number of points being vectorized	Total number of examined points	Medium error of vectorization [m]
1:1000	34	7	224	0.095
1:2000	58	6	340	0.113
1:2880	41	10	402	0.167
1:5000	13	6	74	0.525

Table 1: Results of the medium error of vectorization

exist in Poland. The reason is that they have been simply destroyed or damaged in the course of the years. The lack of such control points requires the use of other methods, e.g., based on the assumption that the former cadastral map must “fit” to the existing, real situation in the field. In order to achieve this without “true” control points (being points of networks), one must measure characteristic field points both on the map (local reference system) and in the field (obligatory reference system). Then, some transformations must be carried out to check which points fulfil the accuracy requirements. These points can then be used as control points for the final transformation. Afterwards, based on the map the location of any point (for example: point of boundary of dispute) in the field can be determined with the requested accuracy (but influenced by the accuracy of transformation). As it has been proved in [7], the accuracy of the cadastral map in the scale 1:2880 reached 0.60 m by this method. This very satisfying value, determined by authors, served the court for its final verdict, finishing the endless dispute on boundaries. The old Austrian cadastral map proved to be the only and priceless source of information enabling the correct location of parcel boundaries⁶⁾.

Before the transformation process, the cadastral map must be scanned delivering raster data which in turn must be vectorized. Frankly speaking, only specifically chosen characteristic points are vectorized. Thus, we have at our disposal a set of points with coordinates in the local reference system. Some of them are arbitrarily taken as control points, serving for the later transformation.

Choosing control points (both in the map and in the field) must be done carefully. This is the crucial activity because it affects the later transformation and its accuracy. Thus, when selecting control points it should be taken into account that they should remain stable as long as possible. Therefore, the best points fulfilling this request are:

- so called: “three boundary strips”, that is a location where three boundary lines of parcels intersect in one point,

- old trees, very often planted along the boundary lines,
- points of old, well-preserved fences,
- corners of old buildings.

All these points are usually visible well and enable an easy identification in the field.

Control points for cadastral map transformation can also be obtained by another method. This method uses so-called “zoll dividing lines” visible on map sheets. These lines cross out with the outer line of the map sheet frame, giving as a result characteristic points. These points are taken as control points. The negative aspect of such an approach is the lack of control points inside the map sheet which can cause some deformation in the middle of the cadastral map sheet upon transformation. Yet, this method is primarily used in Poland. A transformation, performed in this way causes that the raster has suitable geometric features to allow for the vectorization process. In order to locate exactly such a raster in the two-dimensional space, it is necessary to apply the second stage of transformation on the points identified both in the map and in the field. Their positions must be obtained from the map (by the vectorization process) and also determined in the field based on direct and accurate measurements.

The size of the transformation error depends on the map scale. Assuming the scale is 1:2880, the transformation error amounts to about 0.29 m [4]. Unfortunately, taking into account various circumstances connected with preparing cadastral map, one should rather expect worse results (possibly up to about 3×0.29 m). Such a size has just been reached in a boundary dispute court case, as presented above.

In order to verify these assumptions, some simple investigations have been done to point out errors of the transformation process and their directions on the cadastral map in the scale 1:2880 [4]. The results are shown in Fig. 2.

Transformation errors vary from 0.43 m (affine transformation) to 2.15 m (Helmert transformation).

6) The case occurred in 1995 in Korbiewo near Zywiec, close to the southern border of the former Galizia. There was a boundary dispute between two parties, which seemed to be a „never ending story”. Two independent surveyors were asked to provide their opinions to the court. Both opinions were questioned by parties and were refused to be taken by the court because of unexpected mistakes made by the surveyors. They had used the cadastral map existing there, but they used it wrongly. Afterwards, as mentioned earlier by the authors of [7], the researchers were asked to prepare an ultimate opinion. It was fully successful and approved by the court because the method described above was used and high accuracy was reached. This opinion was also accepted by the two parties without any doubt.

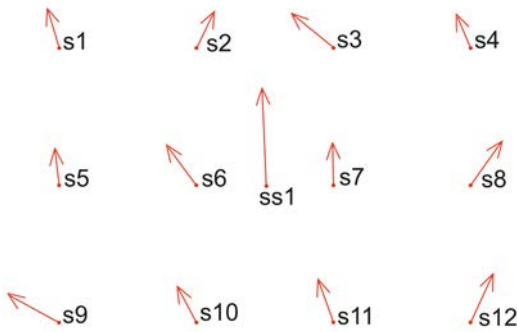


Fig. 2: Trends and sizes of errors of cadastral map at scale 1:2880 by the affine transformation process

4. Using the former Austrian cadastre documentation

As it has been proved in [4], the former Austrian cadastral documentation can successfully be used for some contemporary surveying works as, e.g., made in the southern-eastern part of Poland. Typical applications are:

- real estate delimitation,
- real estate subdivision,
- regulation of the legal status of real estate,
- modernization of cadastre (grounds and buildings register).

Note that mainly the cadastral map is used and the descriptive part of the former Austrian cadastral documentation only rarely, e.g., for the so-called “synchronization process”, which is probably specific for Poland to fit descriptive data between the “old” and the “new” cadastre.

The grounds and buildings register modernization in Poland generally depends on the transformation of the analogue cadastral map into digital cadastral maps after adding necessary information. As mentioned earlier, the former Austrian cadastral maps are also used for this purpose especially in rural areas.

The regulation of the legal status of real estate generally depends on a comparison of the ownership rights in reality and the contents of land register. Sometimes, this comparison is made by using the former Austrian cadastral map.

The real estate delimitation and subdivision process also uses the former Austrian cadastral map with the scale 1:2880. It is especially used in areas either without any other map or when contemporary maps exist but have been prepared simply by “redrawing” the old cadastral maps including sometimes mistakes. As some

investigations proved [7], [4], these maps can be used only by taking into account some important conditions. First, they must be adequately prepared before using them by the procedure described earlier. The relevant transformation using control points identified both on the map and in the field is the most important step. The results obtained are very satisfying not only for surveyor but also for parties engaged in a court case in the context of a boundary dispute.

The application of cadastral documentation for real estate delimitations and subdivisions always requests the experience of the surveyors and is usually performed by individual approaches where the interpretation of the cadastral maps plays a fundamental role.

However, the cadastral maps cannot be used under all circumstances for contemporary surveying tasks. Insufficient accuracy is sometimes an issue. Moreover, sometimes maps are not clear because of their age and permanent usage. Thus, the problem is to estimate their usefulness by a quick, easy and accurate method. Such a method demonstrating the usefulness of the former Austrian cadastral maps is described in [4].

5. Conclusions

The paper proves that the former Austrian cadastral documentation, especially cadastral maps, can and should be used for various surveying tasks requiring some knowledge of cadastre and surveying and also great experience of the surveyors. Frequently, surveyors hesitate to apply the former Austrian cadastral maps. The reason is that these maps were prepared by a graphic method and, consequently, the accuracy is sometimes an issue. If a suitable method is applied, a position accuracy of 0.60 m based on the 1:2880 map can be achieved. The method is composed of scanning, then fitting the raster information into the field reference system by a transformation process. The crucial activity is to identify some control points both on the map and in the field. The points should be as stable as possible.

The former Austrian cadastral documentation, especially the cadastral map, may be fully used in cases where the real estate boundary plays a very important role [4]. Beyond that, it offers an important chance for surveyors to avoid wrong steps.

As described in the paper, the old Austrian cadastral documentation can be still used for con-

temporary surveying tasks - probably not only in Poland but also in those European countries which belonged to the former Austrian Empire. Thus, from the perspective of Poland, the Austrian cadastral documentation may be regarded as "positive heritage" of the former Austrian Empire.

This paper is a result of investigations made by the authors within the research University program no. 11.11.150.006.

References

- [1] *Berliński Z., Hycner R.*: Granice nieruchomości gruntowych i ich związki z katastrzem nieruchomości. (Real estate boundaries and their connections with real estate cadastre). *Przegląd Geodezji* (Surveying Review) no. 8/1999. Warszawa.
- [2] *Dekret o ewidencji gruntów z 1955 roku (Dz.U. Nr 6 z dnia 15 lutego 1955 r. poz. 32)* (Decree about grounds register).
- [3] *Fedorowski W.*: Ewidencja gruntów. (Grounds register). PPWK Warszawa, 1974.
- [4] *Hanus P.*: Ocena przydatności dokumentacji byłego katastru austriackiego dla potrzeb prac geodezyjnych. (Estimation of Usefulness of Documentation of Former Austrian Cadastre for Surveying Works). Rozprawa doktorska. (Doctoral Dissertation). AGH Kraków, 2006. (University of Science and Technology, Krakow).
- [5] *Hanus P., Hycner R.*: Estimation possibility of application of former Austrian cadastre documentation for delimitations and partitions and for cadastre modernization in Poland. *Allgemeine Vermessungs Nachrichten* no. 4/2007
- [6] *Hycner R.*: Podstawy katastru (Fundamentals of Cadastre). Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne. AGH Kraków 2004. (University Scientific-Educational Publishing House), (University of Science and Technology, Krakow).
- [7] *Hycner R., Szczutko T.*: Wykorzystanie źródłowej mapy katastralnej w sprawach o zasięg prawa własności do nieruchomości gruntowej. (Application of Source Cadastral Map in Cases of Ownership Right Range). *Przegląd Geodezji* (Surveying Review) no. 12/1996.
- [8] *Instrukcja techniczna G-5 – Ewidencja gruntów i budynków.* (Technical Regulation G-5 – Grounds and Buildings Register). GUGiK (Central Office of Geodesy and Cartography). Warszawa, 2003.
- [9] *Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 roku w sprawie ewidencji gruntów i budynków.* (Order of Minister of Regional Development and Buildings Structure – in Case of Grounds and Buildings Register) (Dz.U z 2001r., Nr 38, poz. 454).
- [10] *Wolski J.*: Austriacki kataster podatku gruntowego na ziemiach polskich oraz jego wykorzystanie w pracach urzędziowych i badaniach naukowych. (Austrian Cadastre of Tax Land on Polish Territory and its Application in Agricultural Works and Scientific Researches). *Polski Przegląd Kartograficzny* (Polish Cartographic Review) no 3/2000.

Contact

Dr-ing. Paweł Hanus, AGH – University of Science and Technology, Krakow. Faculty of Mining Surveying and Environment Engineering. Geomatics Department. Al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland.
E-mail: phanus@agh.edu.pl


Prof. Dr-ing. habil. Ryszard Hycner, AGH – University of Science and Technology, Krakow. Faculty of Mining Surveying and Environment Engineering. Geomatics Department. Al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland.
E-mail: hycner@agh.edu.pl



„Planung – Durchführung – Auswertung“

Laserscanning & Photogrammetrie

für Klein- und Großaufträge

Precision from Above 

Tel: +43 (0) 2622/26700-1184
www.diamond-sensing.com info@diamond-sensing.com



The use of Least-Squares Collocation for the processing of GOCE data

C.C. Tscherning, Copenhagen

Kurzfassung

Die Methode der Kollokation nach Kleinsten Quadraten (engl. LSC) basiert auf Überlegungen, die von H. Moritz für optimale Schwerefeldinterpolation, Prädiktion, Filterung und Parameterschätzung entwickelt wurde. Die Methode wurde von T. Krarup zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen weiterentwickelt, wie z.B. die Laplace-Gleichung zur Verarbeitung heterogener Daten, sowohl im Randbereich als auch im Raum. Diese Methode ist daher auch sehr gut für die Bearbeitung jener Messdaten geeignet, die im Rahmen der ESA-Mission Gravity and Ocean Circulation Explorer (GOCE) anfallen. Die mittels GPS bestimmten Bahnparameter wären für die Berechnung der langwelligen Anteile des Schwerefeldes geeignet, während Bandbreiten-limitierte Gradiometer-Daten zur Bestimmung kurzer Wellenlängen bis hinunter zu 100 km genutzt werden könnten. Da erwartet wird, dass bei dieser Satellitenmission Millionen von Daten anfallen werden, ist die Nutzung von LSC nicht möglich, da LSC gleichviele Gleichungen wie Beobachtungen bedingt. Jedoch kann LSC zur Grid-Erstellung durch Prädiktion in kleinräumigen Bereichen herangezogen werden, wobei die interpolierten Daten Gleichungssysteme ergeben, die mit schnellen Methoden gelöst werden können. Leider müssen die in den interpolierten Daten (Grid-Daten) enthaltenen Fehler als unkorreliert angenommen werden. Bei kleinen Grids mit 20000 Beobachtungen haben numerische Simulationen gezeigt, dass die Fehler-Korrelationen der berechneten sphärischen harmonischen Koeffizienten bis zu einem Ausmaß von 40 % als zu gering ausfallen, unter der Annahme von unkorrelierten Fehlern in den Grid-Daten. Andere Anwendungen von LSC werden für die GOCE Kalibrierung herangezogen, wobei bodenbezogene Daten hoher Qualität für die Prädiktion von GOCE Messungen in Satellitenhöhe herangezogen werden.

Schlüsselwörter: Schwerefeld, Kollokation nach Kleinsten Quadraten, GOCE, Kalibrierung

Abstract

The method of Least-Squares Collocation (LSC) is based on ideas developed by H. Moritz for optimal gravity field interpolation, prediction, filtering and parameter estimation. The method was further developed by T. Krarup, for the use of solving partial differential equations, like the Laplace equation, using heterogeneous data both at the boundary and in space. The method is therefore well suited to handle data to be measured by ESA's Gravity and Ocean Circulation Explorer (GOCE) mission. Orbit data observed by GPS may be used to determine the long-wavelength part of the gravity field while the band-limited gradiometer data may be used to determine shorter wavelengths down to 100 km. The satellite is expected to collect millions of data, and this makes it impossible to use LSC which requires as many equations to be solved as the number of observations. However, LSC may be used to grid the data by prediction on local areas, and the gridded data results in systems of equations which can be solved by fast methods. Unfortunately the gridded data has to be considered as having uncorrelated errors. For small grids with 20000 observations numerical simulations have shown that error-correlations of computed spherical harmonic coefficients may be up to 40 % too small under this assumption of uncorrelated errors of the gridded data. Other applications of LSC are in the use for GOCE calibration, where high quality ground data are used to predict GOCE measurements at satellite altitude.

Keywords: Gravity field, Least-Squares Collocation, Gravity and Ocean Circulation Explorer Mission (GOCE), Calibration

1. Introduction

The anomalous gravity potential, T , is a harmonic function, i.e. it fulfills a partial differential equation, the Laplace equation. This property permits us to use the Stoke's equation for geoid determination and the representation of the function through the coefficients of a series of spherical harmonics. Its determination requires gravity anomaly data distributed globally and with a homogeneous distribution. This required the interpolation and extrapolation of existing scattered gravity anomaly data. Furthermore, it

is important to be able to calculate errors and error-correlations of these quantities.

A solution was found in the sixties in the method of Least Squares Prediction, see Moritz (1965) and Heiskanen and Moritz (1967, Section 7-6). Simultaneously a method for solving ordinary and partial differential equations called collocation was developed by mathematicians. This method has the property (when applied to the modeling of T) that more general classes of data (not necessarily associated with the surface of the Earth), could be used.

The connection between the collocation method and the method of Least Squares Prediction method was recognized by T. Krarup (1969), and lead to the development of the method called Least-Squares Collocation (LSC), which merged statistical and purely mathematical tools.

The relationship between the methods is most clearly illustrated by the fact that a covariance function (of the anomalous potential T) simultaneously is a reproducing kernel in a Hilbert space of harmonic functions.

When applying Least Squares Prediction, the covariance function is empirically estimated, and its use leads to predictions which are the "best" in a least-squares global sense. If the reproducing kernel is selected so that it approximates the covariance function, then the use of the collocation method will also lead to a solution which is the "best".

The method has been widely used for many gravity field applications: geoid determination, prediction of deflections of the vertical (see e.g. Heitz and Tscherning (1972)), gravity anomaly prediction and computation of spherical harmonic coefficients (Howe et al. 2003). Also the ability to compute error-estimates and error-correlations have been utilized, see e.g. Arabelos et al. (2007) and Arabelos and Tscherning (2008).

A limitation, however, has been that there has to be solved as many equations as the number of data. Different procedures have been proposed to circumvent this problem (Moritz, 1973, Tscherning, 1974). But if the data are gridded to form a grid of data distributed equidistantly in longitude, symmetries arise in the normal-equations, which may be taken advantage of. Based on ideas by Colombo (1979) a general procedure called Fast Spherical Collocation (FSC) was developed by Sansò and Tscherning (2003).

The planned use of LSC for processing data from the Gravity and Ocean Circulation Explorer Satellite (GOCE), Johannesen et al.,(2003) will be described in the following. It is very much due to the results achieved in the research of H. Moritz that LSC has matured so much that it has been accepted as a valid tool for the processing of data from the GOCE mission.

2. Processing of GOCE data

GOCE was launched 17 March, 2009 by ESA. The satellite carries GPS receivers which permit the precise determination of the position and velocity. The main gravity instrument is the 3 axis gradiometer, which will determine the gravity

gradients, i.e. the second order derivatives of the potential V . The derivatives will be determined in a frame determined by star-trackers. Furthermore, in order to increase the sensitivity, the measurements will be restricted to the so-called measurement band-width, corresponding to wavelengths in the range from 100 km to 1200 km.

The data will initially be processed by the so-called High-Level Processing Facility (HPF) and subsequently made available for processing by groups approved by ESA. The HPF is composed of scientists from 10 European institutions, including TU Graz and the University of Copenhagen, who collaborate on producing the best possible results from GOCE.

There will be used 3 main processing schemes:

- the direct method, which use the basic observation equations and least-squares adjustment
- the time-wise method which takes advantage of the time-wise sampling of the data
- the space-wise method which take advantage of the spatial correlation of the data

Besides this the HPF will determine fast (using parts of the data) spherical harmonic solutions with the purpose of continuously checking the state of the satellite. A further task is the determination of possible outliers and the filling of data-gaps.

The satellite is expected to collect data in at least 2 years. The instruments will collect data with a 1 Hz sampling rate, so the amount of data will be very large.

The main products by the HPF will be spherical harmonic coefficients and associated error-covariances up to a maximum degree of about 250, (i.e. 62500 coefficients) and gravity gradients given in a North-West-Up (NWU) frame.

3. The use of LSC

3.1 Gridding and interpolating

The basic equations of LSC are shown in the Appendix. Here we see that in order to determine an approximation to T , a number of equations equal to the number of observations must be solved. This makes it impossible to use all data simultaneously.

However, LSC will be used to grid (interpolate) data, making the foundation for using numerical integration procedures to determine coefficients of a spherical harmonic expansion.

Initially the energy-balance method is used to produce values of V from the velocity vector converted to kinetic energy and corrected for time-varying phenomena. This gives us values of T at orbit altitude which using LSC will produce values in a grid equidistant in longitude at mean satellite altitude (as well as error-estimates). From these data spherical harmonic coefficients up to a maximal degree 100 may be determined. Both numerical integration and Fast Spherical Collocation may be used to estimate these coefficients. The use of FSC, however, requires that the errors of the interpolated data are uncorrelated – which is not the case. Consequently the error-estimates and error-correlations of the coefficients will be under-estimated, see Arabelos and Tscherning (2008).

The availability of a low-degree and order spherical harmonic solution makes it possible to reconstitute the gravity gradients to their full power and have them represented in an NWU frame. Here again LSC will be used to produce several new grids equidistant in longitude on parallels at the same distance from the center of the Earth. As an example let us regard the second order radial derivative.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} = \frac{GM}{r^3} \sum_{i=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r} \right)^i \sum_{j=-i}^i (i+1)(i+2) C_{ij} S_{ij}(\bar{\varphi}, \lambda)$$

(see Appendix for the meaning of the different quantities). Consequently a spherical harmonic analysis will determine coefficients multiplied by $(i+1)(i+2)/r^2$ from which we obviously can find the coefficients C_{ij} .

This gravity gradient may be used together with other components in a weighted numerical integration procedure, see Migliaccio et al. (2004, 2005, 2007). The use of FSC has also been investigated, but it resulted in coefficient estimates which were inferior to those obtained by numerical integration. Here it is appropriate to mention that the GOCE orbit inclination leaves two gaps at the poles, with no data. If these gaps are filled in with values computed from an existing spherical harmonic solution, the result will improve.

3.2 Calibration of gravity gradients

As mentioned above the gravity gradients will have values given with the highest precision in the measurement band-width. In order to extract these precise data Fourier analysis is applied in order to obtain data in the band. A similar analysis is made of data computed from a spherical harmonic model, and the values corresponding

to the measurement band-width are removed. The two time series are added, and we have “full” gravity gradients. These values are calibrated as described in Arabelos et al. (2007), Boumann et al. (2004 and 2008). In this calibration process LSC is applied in order to compute precise reference values over 5 selected areas, where the gravity field is smooth. The Fourier analysis is then applied on a time-series here with the enhanced values in the 5 areas and values derived from a spherical harmonic expansion outside the areas. Inside the areas the filtered calibrated values are compared to the filtered “enhanced” values. The comparison is done for each track which crosses the area, and it is checked that the two time-series have the same scale, see Bouman et al. (2008).

3.3 Gross-error detection and frame-transformation

The calibrated gravity gradients must be checked for gross-errors and converted from the instrument reference frame to the NWU frame.

The check for gross-errors may be done by predicting a gradient value from values nearby on the same track and comparing the difference to the error-estimate, see Tscherning (1991). The frame-transformation is simply done by selecting a local window, and then predicting the data in the NWU frame from the data in the instrument frame, see Tscherning (2004).

4. Outlook

The procedures for processing GOCE data by the HPF are “frozen” after having been checked in detail by ESA through simulations. The satellite should have been launched several years ago, and meanwhile computers have become faster and have facilities for multiprocessing (see e.g. Tscherning and Veichert, 2007). If one considers that one of the main goals is the estimation of less than 70000 numbers – coefficients –, then one may ask how much data are really needed, if one could select (cf. Arabelos and Tscherning, 2007) the “best” data from all the data collected during the expected 2 year lifetime of the satellite. A good guess is 10 times the number of coefficients, if one is able to select data which have uncorrelated noise, e.g. due to the fact that they have been measured at times a year or more apart. Also one may use LSC include precise ground data collected at the poles, so that one in the end have a dataset with 1000000 observations. The use of LSC with so many data will be a big but not impossible task.

Appendix: Basic equations (cf. Heiskanen and Moritz, 1967 and Moritz 1980).

The gravity potential W , is the sum of the potential V due to the attraction of the masses and the centrifugal potential. The anomalous potential is the difference between W and the normal potential U . In space quantities related to V are measured, while at the surface of the Earth W is the important quantity. T is however the same everywhere, because the centrifugal part is eliminated.

T may be represented by a series in spherical harmonics

$$T(\bar{\varphi}, \lambda, r) = \frac{GM}{r} \sum_{i=2}^{\infty} \left(\frac{a}{r}\right)^i \sum_{j=-i}^i C_{ij} S_{ij}(\bar{\varphi}, \lambda)$$

where r is the radial distance, λ the longitude, $\bar{\varphi}$ the geocentric latitude, S_{ij} the surface spherical harmonics and GM the product of the mass of the Earth and the gravitational constant and a is a scale-factor generally close to the semi-major axis of the earth's ellipsoid and C_{ij} the spherical harmonic coefficients.

The basic observation equation for LSC is

$$y_i = L_i(T_{LSC}) + e_i + A_i^T X, \text{ where}$$

X are contingent parameters, A_i is a vector connecting parameters and the observations y_i , e_i is the error contribution.

Here the contribution from a contingent datum-transformation and a Earth Gravity Model must have been subtracted.

The estimate of T_{LSC} is obtained by

$$\tilde{T}_{LSC}(P) = \{C_{Pi}\}^T \bar{C}^{-1} \{y - A^T X\}, \text{ where}$$

$$\bar{C} = \{C_{ij} + \sigma_{ij}\}, \text{ and}$$

σ_{ij} is the variance-covariances of the errors.

The estimate of the (M) parameters are obtained by

$$\tilde{X} = \left(A^T \bar{C}^{-1} A + W \right)^{-1} \left(A^T \bar{C}^{-1} y \right)$$

The error-estimates and error-covariances, ec_{kl} are found with:

$$H_k = \{COV(L_k, L_i)\}^T \bar{C}^{-1}, \text{ MxN matrix}$$

$$m_X^2 = \left(A^T \bar{C}^{-1} A + W \right)^{-1}$$

$$\{ec_{kl}\} = \{\sigma_{kl}\} - H_k \{cov(L_j, L_i)\} + H_k A m_X (H_i A)^T$$

Acknowledgement:

Thanks to Prof. F.Migliaccio for suggesting improvements to the manuscript.

This paper was presented at the Colloquium "Scientific Geodesy" on the occasion of the 75th birthday of Helmut Moritz. Berlin Nov. 14, 2008.

References:

- Arabelos, D. and C.C. Tscherning:* On a strategy for the use of GOCE gradiometer data for the development of a geopotential model by LSC. 3rd Int. GOCE user workshop, ESA-ESRIN, 6-8 2006, ESA-SP-627, pp. 69-75, 2007.
- Arabelos, D., R. Forsberg and C.C. Tscherning:* On the a-priori estimation of error-covariance functions. A feasibility study. Geoph. J. Int., doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03460.x. 2007.
- Arabelos, D. and C.C. Tscherning:* Error-covariances of the estimates of spherical harmonic coefficients computed by LSC, using second-order radial derivative functionals associated with realistic GOCE orbits. J.Geodesy, DOI 10.1007/s00190-008-0250-0, 2008.
- Arabelos, D., C.C. Tscherning and M. Veicherts:* External calibration of GOCE SGG data with terrestrial gravity data: A simulation study. IAG Proceedings 130, pp. 337-344, Springer Verlag, 2007.
- Bouman, J., R. Koop, R. Haagmans, J. Mueller, N. Sneuw, C.C. Tscherning and P. Visser:* Calibration and Validation of GOCE Gravity Gradients. Proceedings IAG Symp. Vol. 128, pp. 265-270, Springer Verlag 2004.
- Bouman, J., S. Rispens, T. Gruber, R. Koop, E. Schrama, P. Visser, C.C. Tscherning and M. Veicherts:* Pre-processing of gravity gradients at the GOCE High-level J.Geodesy, doi:/10.1007/s00190-008-0279-9, 2008.
- Colombo, O.:* Optimal estimation from data regularly sampled on a sphere with applications in geodesy. Reports of the Dep. of Geodetic Science, No. 291, The Ohio State University, Columbus, 1979.
- Heiskanen, W.A. and H. Moritz:* Physical Geodesy. W.H. Freeman & Co, San Francisco, 1967.
- Heitz, S. and C.C. Tscherning:* Comparison of two Methods of Astro-Gravimetric Geoid Determination based on Least Squares Prediction and Collocation. Tellus, Vol. XXIV, No. 3, pp. 271-276, 1972.
- Howe, E., L. Stenseng and C.C. Tscherning:* Analysis of one month of CHAMP state vector and accelerometer data for the recovery of the gravity potential. Advances in Geoscience, (2003), 1, p. 1-4, 2003.
- Johannesen, J.A., G. Balmino, C. Le Provost, R. Rummel, R. Sabadini, H. Suenkel, C.C. Tscherning, P. Visser, P. Woodworth, C.H. Huges, P. LeGrand, N. Sneeuw, F. Perosanz, M. Aguirre-Martinez, H. Rebhan and M. Drinkwater:* The European Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer Mission: Impact on Geophysics, Surveys of Geophysics, Vol. 24, no. 4, pp. 339-386, 2003.
- Krup, T.:* A Contribution to the Mathematical Foundation of Physical Geodesy. Meddelelse no. 44, Geodætisk Institut, København 1969.
- Migliaccio, F., M. Reguzzoni, F. Sansó and C.C. Tscherning:* The Performance of the space-wise approach to GOCE data analysis, when statistical homogenization is applied. Newton's Bulletin, No. 2, Published by BGI and IdGS, 2005.
- Migliaccio, F., M. Reguzzoni, F. Sanso and C.C. Tscherning:* An enhanced space-wise simulation for GOCE data

Andere vermessen genau.
Wir punktgenau. In Echtzeit.

47° 34' Nord
Ost 13° 53'

EPOSA integriert als Einziger beide Satellitensysteme GPS und GLONASS. Die Folge: hochgenaue Positionsdaten, schnellste Ergebnisse in Echtzeit und beste räumliche Abdeckung – selbst bei schwierigen Bedingungen! Exakte Infos auf www.eposa.at

EPOSA
ECHTZEIT POSITIONIERUNG AUSTRIA

reduction. Proceedings GOCE04, Frascati, March 2004, ESA SP-569, 2004.

Migliaccio, F., M. Reguzzoni, F. Sanso, N. Tselles, C.C. Tscherning and M. Veicherts: The latest test of the space-wise approach for GOCE data analysis. Proc. 3rd Int. GOCE User Workshop, ESA-ESRIN, 6-8 Nov. 2006, ESA SP-627, pp. 241-248, 2007.

Moritz, H.: Schwerevorhersage und Ausgleichsrechnung. Z. f. Vermessungswesen, 90 Jg., pp. 181-184, 1965.

Moritz, H.: Advanced Least-Squares Methods. Reports of the Department of Geodetic Science No. 175, The Ohio State University, Columbus 1972.

Moritz, H.: Stepwise and Sequential Collocation. Reports of the Department of Geodetic Science, No. 203, The Ohio State University, 1973.

Moritz, H.: Advanced Physical Geodesy. H. Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1980.

Sansó, F. and C.C. Tscherning: Fast Spherical Collocation – Theory and Examples. J. of Geodesy, Vol. 77, pp. 101-112, DOI 10.1007/s00190-002-0310-5, 2003.

Tscherning, C.C.: A FORTRAN IV Program for the Determination of the Anomalous Potential Using Stepwise Least Squares Collocation. Reports of the Department of Geodetic Science No. 212, The Ohio State University, Columbus, Ohio, 1974.

Tscherning, C.C.: The use of optimal estimation for gross-error detection in databases of spatially correlated data. Bulletin d'Information, no. 68, pp.79-89, Bureau Gravimétrique International, 1991.

Tscherning, C.C.: Testing frame transformation, gridding and filtering of GOCE gradiometer data by Least-Squares Collocation using simulated data. IAG Proceedings VOL. 128, pp. 277-282, Springer Verlag, 2004.

Tscherning, C.C. and M. Veicherts: Optimization of Gradient prediction. GOCE-TN-HPF-GS-0214, 2007.

Contact

Professor C.C. Tscherning, Niels Bohr Institute, University of Copenhagen, Juliane Maries Vej 30, Copenhagen Ø, Denmark.

E-mail: cct@gfy.ku.dk

Verleihung des Karl Rinner Preises 2008

Zur Förderung von hervorragenden Leistungen von jungen österreichischen Wissenschaftlern/Innen verleiht die Österreichische Geodätische Kommission (ÖGK) jährlich den Karl Rinner Preis. Beurteilungskriterium für die Verleihung ist die herausragende Qualität einer Präsentation an einer internationalen Tagung oder einer Publikation in einer internationalen Zeitschrift im Fachgebiet Geodäsie.

Auf Grund der eingelangten Vorschläge zur Verleihung des Förderpreises der ÖGK für junge Wissenschaftler aus dem Bereich Geodäsie wurde von der Kommission

Dr. Helmut Woschitz als Preisträger für das Jahr 2008 ausgewählt.



ÖGK-Präsident Prof. Harald Schuh überreicht die Karl Rinner Preis Urkunde an Dr. Helmut Woschitz (li.)

Festrede anlässlich der Verleihung des Karl Rinner Preises am 4. November, 2009 an Herrn Dr. Helmut Woschitz

Sehr geehrte Festversammlung, sehr geehrte Gäste,

herzlich willkommen zur Karl Rinner Preisverleihung der Österreichischen Geodätischen Kommission (ÖGK) für das Jahr 2008. Diese öffentliche, gemeinsam mit der OVG ausgerichtete Veranstaltung, besteht aus der Preisverleihung, gefolgt vom Vortrag des Preisträgers. Es ist eine besondere Freude, hier an der TU Wien den Preis Herrn Dr. Helmut Woschitz, den ich Ihnen später näher vorstellen werde, zu überreichen. Vorher gibt es aber – wie schon üblich – noch einige Erläuterungen zum Karl Rinner Preis.

Die ÖGK ist froh darüber, daß wir viele hervorragende geodätische Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in Österreich haben. Wir haben daher entschieden, einen Preis zu vergeben – und zwar jährlich und immer nur an einen besonders herausragenden, jungen, in Österreich lebenden Wissenschaftler oder Wissenschaftlerin. Nachdem die Österreichische Geodätische Kommission für alle wissenschaftlichen Bereiche zuständig ist, die unter das weite Dach der „Geodäsie“ fallen, sich also in Forschung und Entwicklung, in Messung und Verwaltung mit räumlichen Daten beschäftigen, haben wir nach einem entsprechenden Namen gesucht. Dabei kamen wir sofort auf Professor Karl Rinner, Präsident der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung (ÖKIE) von 1980-1987. Alle diejenigen, die Professor Rinner noch kannten, werden bestätigen, daß man ihn als „universellen Geodäten“ bezeichnen konnte. Er war wirkliches Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, hat ungefähr 200 Publikationen geschrieben und auf den verschiedensten Gebieten der Geodäsie Lehrbücher verfasst; insbesondere denke ich dabei an die Fortführung des berühmten Werkes Jordan/Eggert/Kneissl „Handbuch der Geodäsie“, das z.B. ich als Student noch häufig verwendet habe. Rinner kann zweifellos als ein „Universalgenie“ der Geodäsie bezeichnet werden. Daher ist die Österreichische Geodätische Kommission besonders stolz darauf, den Namen Karl Rinner für den Preis verwenden zu dürfen.

Mit dem Karl Rinner Preis 2008 wird diese Auszeichnung zum 6. Mal vergeben. Besonders erfreulich ist es, daß alle bisherigen fünf Preisträger seit der Preisverleihung schon um einiges auf der geodätischen Karriereleiter nach oben gestiegen sind. Ein Beispiel dafür ist der Karl Rinner Preisträger 2005, Herr Dr. Andreas Wieser, der im März 2009 die Professur „Ingenieur-geodäsie“ an der TU Wien angetreten hat. Zwei andere Träger des Karl Rinner Preises, nämlich Herr Dr. Franz Rottensteiner (Preisträger 2003) und Herr Dr. Johannes Böhm (Preisträger 2004) haben sich inzwischen erfolgreich habilitiert.

Nachdem ich Ihnen Karl Rinner vorgestellt oder wieder ins Gedächtnis gerufen habe, soll nun der Karl Rinner Preisträger des Jahres 2008 vorgestellt werden: Es ist Herr Dr. Helmut Woschitz vom Institut für Ingenieur-geodäsie und Messsysteme der TU Graz. Dr. Woschitz besitzt

großes Talent für die Konzeption und Entwicklung von geodätisch relevanter Hardware und Software und für den Bau von daraus bestehenden Messsystemen. Er hat im Rahmen seiner Dissertation den bereits existierenden Vertikal-komparator für die Kalibrierung von digitalen Nivelliersystemen untersucht, umgebaut und zum international anerkannten besten Vertikalkomparator entwickelt. Nachbauten dieses Systems sind an der Universität in Stanford und an der Universität Oslo entstanden. Für beide Systeme hat Dr. Woschitz die Konzepte entworfen. Dr. Woschitz war auch die treibende Kraft bei der Kalibrierung von kommerziellen Neigungsmessern. Die experimentelle Arbeit im Labor wurde schon vor längerer Zeit erfolgreich abgeschlossen.

Zur Zeit leitet Dr. Woschitz ein Bridge Projekt von der FFG zur Entwicklung eines Messsystems für die Messung der Kräfte im Eisenbahnoberbau. Dabei werden in die elastische Schicht zwischen Gleis und Schwelle faseroptische Verformungssensoren eingebaut. Das Projekt wird gemeinsam mit der Firma Getzner (Bludenz) bearbeitet und es fanden inzwischen zahlreiche experimentelle Versuche auf einer ÖBB Strecke statt. Die enormen Datenmengen wurden bereits weitgehend ausgewertet.

Dr. Woschitz hat seine Fähigkeiten auch in das Projekt „Gefahrenbewertung von tiefreichenden Massenbewegungen“ von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften eingebracht. Dabei sollen die lokalen Verformungen eines Rutschhanges mit eingebetteten Sensoren gemessen werden. Diese sind faseroptische Sensoren vom Typ SOFO, mit denen sowohl statische als auch dynamische (1 kHz, 1 nm Auflösung) Messungen der internen Verformungen gemessen werden können. Es wurden drei unabhängige Sensoren zu einer großen Strain-Rosette ausgebaut. Dr. Woschitz hat über diese Arbeiten an der FIG Tagung „13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis“

in Lissabon im Mai 2008 den ausgezeichneten Vortrag „Monitoring a deep-seated mass movement using a large strain rosette“ gehalten. Beim Symposium waren ungefähr 160 internationale Experten auf dem Gebiet der Deformationsmessung anwesend, die Herr Dr. Woschitz von dem innovativen Ansatz seiner Entwicklung überzeugen konnte. Die dazugehörige Arbeit wurde publiziert und soll hiermit durch den Karl Rinner Preis ausgezeichnet werden.

Auf Grund des hervorragenden Vortrages auf dem FIG Symposium, der Veröffentlichung und der absoluten Novität des faseroptischen Messsystems einer eingebetteten großen Strain-Rosette wird Herr Dr. Helmut Woschitz als besonders begabter, junger österreichischer Wissenschaftler mit dem Karl Rinner Preis 2008 ausgezeichnet. Ich habe nun die große Freude, Herrn Dr. Woschitz die Urkunde des Karl Rinner Preises 2008 zu überreichen. Herzliche Gratulation!

Lieber Herr Dr. Woschitz, dieser Preis – als höchste Auszeichnung, die ein junger Wissenschaftler in der Geodäsie in Österreich erhalten kann – soll nicht nur eine Anerkennung für das bisher geleistete sein, sondern insbesondere auch als Ansporn dienen, sich weiter mit höchstmöglichem Einsatz den vielen interessanten Herausforderungen der Ingenieurgeodäsie zu stellen und die auftretenden Probleme phantasiereich zu lösen.

Das war der offizielle Teil; für den monetären Teil hat die ÖGK einen Sponsor gefunden, den ich Ihnen nun vorstellen möchte: Es ist die Bundessektion Ingenieurkonsulenten der Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten, die durch DI Polly, dem früheren Präsidenten der Sektion der Vermessungsingenieure vertreten wird. Ich möchte Herrn DI Polly ersuchen, den Preis persönlich zu übergeben.

Harald Schuh
Präsident der ÖGK



Entwicklung einer langarmigen faseroptischen Strain-Rosette zum Monitoring eines Rutschhanges

Helmut Woschitz, Graz

Kurzfassung

Sensoren faseroptischer Messsysteme können direkt in Objekte eingebettet werden und liefern Informationen über das Verhalten aus dem Inneren des Objektes. Für eine Anwendung zum Monitoring eines Rutschhanges wurde eine langarmige Strain-Rosette entwickelt. Herausforderungen dabei waren die zur Untersuchung des Rutschverhaltens notwendige hohe Präzision der verwendeten interferometrischen SOFO-Systeme ($2\ \mu\text{m}$ für statische Messungen und $10\ \text{nm}$ für dynamische Messungen bei $1\ \text{kHz}$) und die dadurch bedingte mangelnde Möglichkeit, durchgreifende Kontrollmessungen im Feld durchzuführen. Herkömmliche geodätische Messsysteme sind dafür zu ungenau (etwa Faktor 10). Bei der Einbettung der Sensoren in den Rutschhang war aber auch die repräsentative Verankerung der Sensoren mit dem Erdmaterial kritisch. Ziel der Untersuchung ist es, mit statischen und dynamischen Messungen Informationen über das lokale Verformungsverhalten zu erhalten, die bei der Erforschung der Ursache der tiefreichenden Massenbewegung von großer Bedeutung sind. In dieser Arbeit wird insbesondere auf die Entwicklung und den Test der Strain-Rosette eingegangen und die hohe Leistungsfähigkeit der Rosette anhand von Experimenten gezeigt.

Schlüsselwörter: Verformungsmessung eines Rutschhanges, langarmige eingebettete Strain-Rosette, SOFO Sensoren

Abstract

Fiber optic sensors may easily be embedded into a structure and thus give information about internal deformations of the object. For the investigation of a deep-seated mass movement a large embedded strain rosette was developed. The sensors used are long gauge ($5\ \text{m}$) fibre optical interferometers of SOFO type and allow the precise measurement of relative length changes. The high precision of the SOFO Systems ($2\ \mu\text{m}$ for long-term static measurements and $10\ \text{nm}$ for dynamic measurements with $1\ \text{kHz}$) was a real challenge in the development, as independent field-checks cannot be performed. Geodetic standard equipment gives precisions that are smaller by a factor of about 10. Thus laboratory testing becomes crucial. When embedding the sensors, their representative attachment to the ground material becomes very critical. It is the goal to use the strain rosette for investigating the local deformation behaviour of the sliding area, and consequently to derive deeper knowledge about the mechanism of the deep-seated mass movement. Static measurements for the long-term monitoring as well as dynamic measurements for the investigation of possible strain waves will be performed. This paper describes the development of the large strain rosette, its realisation by embedding it in the landslide area and shows the high capability (e.g. detecting strain waves with $1\ \text{nm}$ amplitudes) of the system using dedicated experiments

Keywords: Monitoring a mass movement, embedded long gauge strain-rosette, SOFO sensors

1. Einleitung

In dicht besiedelten alpinen Bereichen haben Hangrutschungen oft große wirtschaftliche und soziale Auswirkungen. Ihre Vorhersage ist daher von größter Bedeutung. Zur Untersuchung der tiefreichenden Massenbewegung Gradenbach wurde am Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme der TU Graz ein GPS Monitoring System entwickelt [1], mit dem die Rutschung seit 1999 untersucht wird. Die GPS Messungen zeigten eine blockförmige Bewegung mit einer starken Beschleunigung der Rutschmasse und einer darauf folgenden Verlangsamung (Abschnitt 2). Die Ursachen für die Beschleunigung und die plötzliche Verlangsamung sind unbekannt, könnten aber mit kleinräumigen und spontanen Prozessen im Hangmaterial in Zusammenhang stehen. Für die Messungen kleinräumiger

Verformungen wurde ein neues Messsystem entwickelt. Die Strain-Rosette besteht aus drei $5\ \text{m}$ langen Sensoren, die in den Hang eingebettet werden. Die faseroptischen Sensoren und Messsysteme werden in den Abschnitten 3 und 4 vorgestellt. Das Konzept der Strain-Rosette und deren Entwicklung werden in Abschnitt 5 präsentiert und ihre Leistungsfähigkeit wird in Abschnitt 6 anhand eines Experiments gezeigt.

2. Rutschhang Gradenbach

Die tiefreichende Massenbewegung Gradenbach befindet sich am Ausgang des Gradenbachtals in das Mölltal in Kärnten, siehe Abb.1. Sie stellt in erster Linie eine Bedrohung für das Dorf Putschall dar. Die Höhenausdehnung der Rutschung beträgt etwa $1000\ \text{m}$ und der gesamte Hang rutscht auf einer Breite von $600\ \text{m}$

bis 1000 m. Das Volumen der stark zerklüfteten Rutschmasse beträgt etwa $120 \times 10^6 \text{ m}^3$. In den letzten Jahren traten Bewegungsraten von bis zu 0.6 m/Jahr auf. Die Rutschung wird seit langem von verschiedenen Gruppen untersucht und alle bekannten Untersuchungen wurden in [2] zusammengefasst, wo auch die Kinematik der Rutschung Gradenbach interpretiert wurde. Aktuell wird die Rutschung im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes von der TU Wien (Prof. E. Brückl) und der TU Graz (Prof. F.K. Brunner) näher untersucht. Dafür wurde ein GPS Monitoring System entwickelt, das aus sechs GPS Stationen besteht [1]. Vier Monitoringstationen (MA, MB, MC und MD) befinden sich im aktiven Rutschgebiet, zwei Referenzstationen (Ref. 1 und Ref. 2) wurden im unbewegten, stabilen Fels vermarktet, siehe Abb. 1.



Abb. 1: Tiefreichende Massenbewegung Gradenbach mit Rutschbereich (rot) und GPS Stationen Ref. 1, Ref. 2, MA, MB, MC und MD

Abb. 2 zeigt exemplarisch die Zeitreihen der rutschungsbedingten Höhenänderungen der vier Monitoringstationen seit Beginn der GPS Messungen (1999), wobei jeweils 48 h Mittelwerte aufgetragen wurden.

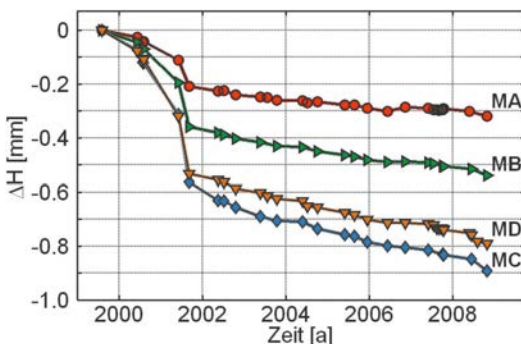


Abb. 2: Zeitreihe der mit GPS bestimmten Höhenänderungen ΔH

In den ersten Jahren der GPS Messungen konnte eine Beschleunigung der Rutschung beobachtet werden. Obwohl die gemessene Beschleunigung jener von bekannten katastrophalen Hangrutschungen ähnelt, verlangsamte sich glücklicherweise die Bewegung wieder. Die Gründe für dieses Phänomen sind unbekannt, wären aber für die Vorhersage des Verhaltens des Hanges und für das Risikomanagement von enormer Bedeutung.

Aus den mikroseismischen Untersuchungen der letzten Jahre (TU Wien) ist bekannt, dass am Hang Mikroerdbeben auftreten, die in Zusammenhang mit der tiefreichenden Massenbewegung des Gradenbach-Rutschhanges stehen. Deren Häufigkeit variiert im Jahresverlauf, wobei ein Mikrobeben (Dauer im Sekundenbereich) nur alle ein bis zwei Wochen auftritt.

Der Zusammenhang zwischen den Mikrobeben und der Massenbewegung ist noch unzureichend erforscht. Daher wurde das Konzept einer eingebetteten Strain-Rosette mit dem Ziel entwickelt, durch die sehr präzisen Messungen der lokalen Verformungssituation Hinweise auf die Geomechanik dieses Phänomens zu erhalten [3]. Neben statischen Messungen über längere Zeiträume (Monate bis Jahre) zur Erfassung des lokalen Verformungsfeldes sind daher auch hochfrequente Messungen (Tage bis Wochen) zur Untersuchung von möglichen Strainwellen notwendig. Zur Abschätzung der Genauigkeitsanforderungen an das Messsystem wurden die mit GPS erfassten Bewegungen benutzt. Diese sind in Tab. 1 für die beiden etwa 700 m voneinander entfernten Monitoringpunkte MA und MB angegeben, da zwischen diesen beiden Punkten der Einbau der Strain-Rosette möglich ist.

	Bewegung MB [mm]	Relativbewegung MB – MA [mm]
Langsame Perioden	72	-8
Beschleunigte Perioden	472	-92

Tab. 1: Jährliche Bewegung zweier GPS Monitoringpunkte

In [2] wurde gezeigt, dass die Bewegungsraten an unterschiedlichen Punkten am Rutschhang sehr ähnlich sind. Da keine weiteren Informationen vorliegen, wurde für die Abschätzung lineares Verformungsverhalten zwischen MA und MB angenommen, womit die Relativbewegung in den langsamen Perioden lediglich

-11 µm/m pro Jahr beträgt. Weiters wird dafür angenommen, dass die jährliche Gesamtbewegung durch etwa 20 Mikrobeben hervorgerufen wird, und jedes Beben den gleichen Beitrag zur Verschiebung liefert. Somit ergibt sich ein Verschiebungsbetrag von lediglich $\epsilon = 0.5 \mu\text{m/m}$ pro Beben.

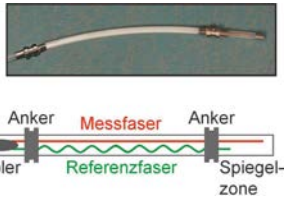
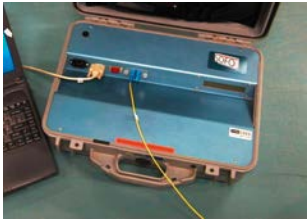

Aus diesen Überlegungen wird klar, dass geodätische Standardmessverfahren für diese Aufgabe nicht geeignet sind und ein hochgenaues Messsystem notwendig ist, um die lokalen Verformungen erfassen zu können. Weiters sollte dieses System zumindest über einen Tag stabil bleiben und keine Driften aufweisen, um die Lücke zwischen GPS (Beeinflussung durch Multipath) und Seismometer (Ableitung der Bewegung durch Integration nur über wenige Minuten möglich) schließen zu können. Damit könnte es möglich werden, schon im Entstehungsstadium einer gefährdenden Rutschung durch die Erfassung kleinster Veränderungen des Bewegungsprofils zuverlässige Warnungen zu geben.

3. Faseroptische Messsysteme vom Typ SOFO

Die Entwicklung von Glasfaser Sensoren (FOS) ist eng mit der rasanten Entwicklung der Telekommunikationsindustrie der letzten Jahrzehnte verbunden (Glasfasernetzwerke). Mittlerweile

gibt es zahlreiche sehr weit entwickelte Messsysteme, die kommerziell erhältlich sind und in manchen Anwendungsbereichen wegen ihrer Vorteile gegenüber klassischen Sensoren (z.B. elektromagnetische Immunität, geringe Größe, ...) nicht mehr wegzudenken sind. Diese Entwicklung wurde von Prof. F.K. Brunner seit langem verfolgt und ab 2001 als neues Forschungsthema für die Ingenieurgeodäsie aufgegriffen. Besonders interessant ist neben den hohen Messpräzisionen, dass sich FOS leicht in Objekte einbetten lassen und damit Messwerte aus dem Inneren eines z.B. Bauwerks liefern können. Damit lässt sich das ingenieurgeodätische Betätigungsfeld erweitern, da die für genaue Messungen oft bestehende Begrenzung durch eine Oberfläche (z.B. Erdoberfläche, Tunnelwand) überwunden werden kann [4], und sich damit neue Aufgabengebiete erschließen lassen.

Am Institut haben wir gute Erfahrungen mit dem SOFO System der Fa. Smartec (Roctest) gemacht [5]. Die SOFO Sensoren sind ein Beispiel für langarmige interferometrische FOS und erlauben die Bestimmung der Längenänderungen zwischen zwei Ankerpunkten mit sehr hoher Präzision. Zwei unterschiedliche Messeinheiten können mit denselben Sensoren verwendet werden: (a) das absolut messende SOFO-Static (2 µm Präzision) für Langzeitbeobachtungen und (b) das SOFO-Dynamic (<10 nm Auflösung

SOFO Sensor	SOFO-Static	SOFO-Dynamic
		
Sensorklänge: 0.25 – 10 m	Statische Anwendungen	Dynamische Anwendungen
Durchmesser: 8 mm	Absolute Messungen	Relative Messungen
Anschlusslänge: 1 –100 m	Messdauer: 6 s	Messfrequenz: 1 kHz
Messbereich: Dehnung: +1.5 % Schrumpfung: -0.5 %	Messbereich: 50 mm	Messbereich: ±5 mm
Linearität: 0.2 %	Präzision: 2 µm	Auflösung: <0.01 µm
	Drift: keine	Drift: <0.5 µm/d
	Sensorkanzahl: 1 (mit einem Multiplexer: 20)	Sensorkanzahl: max. 8

Tab. 2: SOFO Systeme und deren wichtigste Spezifikationen (Herstellerangaben)

bei 1 kHz) für dynamische Untersuchungen. Die Funktionsweise der beiden Systeme wurde bereits kurz in [6] zusammengefasst und kann für das SOFO-Static im Detail in [7] nachgelesen werden, und für das SOFO-Dynamic in [8]. In [9] wurden wesentliche Grundlagen für die Entwicklung dieser auf Weißlichtinterferometrie basierenden Systeme geschaffen. Die wichtigsten Spezifikationen der beiden SOFO Systeme sind in Tab. 2 zusammengefasst.

Der große Vorteil des SOFO Systems ist, dass die Präzision de facto unabhängig von der Sensorlänge ist. Insbesondere für Messungen im zerklüfteten Untergrund bzw. Lockermaterial einer Rutschung ist dies ein gewaltiger Vorteil, da dort größere Sensorlängen notwendig sind, um repräsentative Verformungswerte zu erhalten. Wird beispielsweise ein 5 m langer Sensor benutzt, so lässt sich die Verformung mit dem SOFO-Static mit einer Präzision von $s_e = 0.4 \mu\text{m/m}$ (Einzelmessung) erfassen. Durch Mehrfachmessungen, sollte es daher möglich sein, die möglichen Mikrobeben-induzierten Bewegungen ($\epsilon \approx 0.5 \mu\text{m/m}$) signifikant erfassen zu können.

4. Test der FO Sensorik

4.1 Präambel

Aufgrund der hohen Präzision der faseroptischen (FO) Systeme ist es im Feld kaum möglich, unabhängige in-situ Messungen zur durchgreifenden Kontrolle der Resultate einer eingebetteten Strain-Rosette durchzuführen. Geodätische Standardmethoden sind in der Regel an die Oberfläche gebunden und haben entweder eine zu geringe Präzision, oder sind von der Messfrequenz her beschränkt. Beispielsweise ist in einem kleinräumigen terrestrischen Präzisionsnetz (z.B. $200 \times 200 \text{ m}^2$) mit kalibrierter Totalstation und geeigneter Erfassung der atmosphärischen Bedingungen kaum eine höhere Präzision als $5 - 10 \mu\text{m/m}$ für relative Punktverschiebungen erreichbar, und die mit GPS erreichbare Präzision kann trotz größerer Basis über kurze Zeiträume infolge Multipatheffekten um einiges schlechter sein. Daher sind sowohl unabhängige Untersuchungen der verwendeten FO Messsysteme sowie die Überprüfung ihrer Funktionalität im Feld von zentraler Bedeutung. Beispiele dafür werden in den folgenden Abschnitten gebracht.

4.2 Überprüfung des SOFO-Static im Feld

In [10] wurde gezeigt, dass das SOFO-Static infolge der thermischen Ausdehnung der im Gerät integrierten Messspindel eine Temperaturabhängigkeit von $\Delta L \cdot 10 \text{ ppm/K}$ aufweist, wobei ΔL

der Längenunterschied zwischen Mess- und Referenzfaser ist. Diese führt über den gesamten Arbeitsbereich des Systems ($-20^\circ\text{C} < T < 60^\circ\text{C}$, Verformungen kleiner 50 mm) zu Abweichungen bis zu $40 \mu\text{m}$. Aber auch die SOFO Sensoren weisen eine Rest-Temperaturabhängigkeit von etwa $L \cdot 0.5 \text{ ppm/K}$ auf [11], wobei L die durch die beiden Ankerpunkte definierte Länge des Sensors ist. Bei längeren Sensoren und größeren auf diese wirkenden Temperaturunterschiede können die Abweichungen durchaus größer sein als beim zuvor genannten Effekt. Für höchste Genauigkeitsansprüche sind daher die Messwerte bezüglich der Temperatur zu korrigieren.

Die Präzision und Stabilität des SOFO-Static können im Feld durch Messung eines Referenzsensors bestimmt werden. Dabei handelt es sich um einen etwa 20 cm langen, transportablen Sensor, bei dem sowohl Mess- als auch Referenzfaser lose in einem Schutzschlauch liegen. Der Sensor besitzt keine Anker und ist damit resistent gegen eine von außen aufgetragene Dehnung. Damit bleibt der Längenunterschied ΔL zwischen den beiden Fasern über die Zeit konstant und dieser kann als Referenzwert benutzt werden.

In Abb. 3 sind solche Kontrollmessungen von etwa 150 Epochen dargestellt, die in den letzten 6 Jahren bei unterschiedlichsten klimatischen Bedingungen (Messlabor, im Feld beim Prototyp der Strain-Rosette und am Rutschhang) durchgeführt wurden. Der verwendete Referenzsensor hat einen Faserlängenunterschied von $\Delta L = 12.736 \text{ mm}$, um den die Messwerte streuen. Gezeigt sind jeweils die 16 Einzelmesswerte sowie der Mittelwert pro Epoche (temperaturkorrigiert). Für jede Epoche wurde die Präzision der Einzelmessung bestimmt und diese liegt zwischen $0.4 \mu\text{m}$ und $1.5 \mu\text{m}$ und ist damit im Bereich der Herstellerangabe ($2 \mu\text{m}$). Die gute Langzeitstabilität des Systems ist anhand der geringen Variation der Mittelwerte ($\pm 2 \mu\text{m}$) zu erkennen.

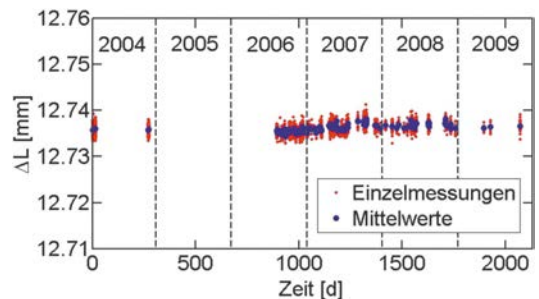


Abb. 3: Stabilität des SOFO-Static über die Zeit

4.3 Untersuchung des SOFO-Dynamic

Über Untersuchungen der SOFO-Dynamic Gerätes liegen kaum Veröffentlichungen vor. Daher wurden im Messlabor mehrere Testeinrichtungen aufgebaut, um selbst Erfahrungswerte zu sammeln und verschiedene Untersuchungen durchführen zu können. Als interessantes Beispiel wird hier eine Untersuchung zur Linearität gezeigt. In Abb. 4 ist der verwendete Aufbau dargestellt, mit dem ein SOFO Sensor kontrolliert gedehnt werden kann. Diese Bewegung wurde sowohl mit dem SOFO-Dynamic als auch einem Laserinterferometer erfasst. Ein 5 m langer SOFO Sensor wurde auf den Schienen des 30 m langen Horizontalkomparators befestigt. Ein Anker ist fix, der zweite auf einem manuellen Verschiebeapparat montiert. Beim Aufbau wurde das Abbe'sche Komparatorprinzip streng eingehalten und, um größere Cosinus-Fehler zu vermeiden, wurde der Sensor gegenüber dem Laserstrahl des Interferometers entsprechend ausgerichtet (Restfehler < 0.1 µm). Zur Überprüfung der Stabilität des fix montierten Ankers während der Dehnung des Sensors wurden zwei unabhängig gelagerte Heidenhain Messtaster (0.1 µm Auflösung) verwendet.

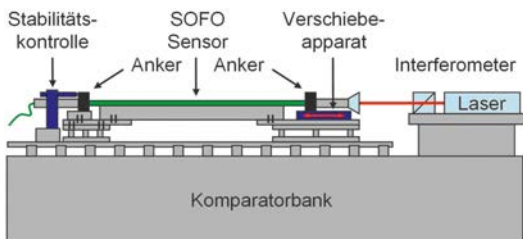


Abb. 4: Schematische Darstellung der Testeinrichtung zur Überprüfung der Linearität

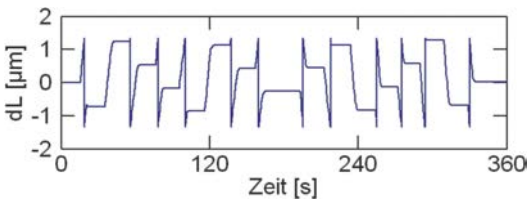


Abb. 5: Zeitreihe der SOFO-Dynamic Rohdaten bei der Linearitätsüberprüfung

In der Folge werden die Daten eines Versuchs gezeigt, bei dem der SOFO Sensor in 0.5 mm Schritten um 10 mm gedehnt (Hinmessung) und wieder entlastet (Rückmessung) wurde. Der maximal mögliche Messbereich (ca. 36 mm – 46 mm) wurde vorab empirisch festgelegt und ist einerseits durch die Vorspannung des SOFO Sensors, andererseits durch das bei größte-

ren Dehnungen schlechter werdende Signal/Rauschverhältnis des SOFO-Dynamic begrenzt. Abb. 5 zeigt die mit dem SOFO-Dynamic erfassenden Bewegungen. Sofort fallen die Unstetigkeitsstellen auf, die durch sprunghafte Änderung der Messwerte von etwa +1.3 mm auf –1.3 mm entstehen.

Die Ursache für diesen bis dato unbekanntem Effekt liegt im eingeschränkten Wertebereich der SOFO-Dynamic Rohdaten (n). Zur Verspeicherung von n wird der Datentyp Long Integer (32 bit) verwendet und die gemessenen Phasen müssen gemäß Glg. (1)

$$dL = \frac{n \cdot 2\pi}{2^{20} \cdot 9.6} \tag{1}$$

in relative Längenänderungen dL umgewandelt werden. Damit ergeben sich für die Grenzen des Wertebereichs von n die festgestellten dL von ca. ±1.3 mm. Eine Korrektur der Sprünge ist nach der Detektion der Sprungstellen aber leicht möglich.

Aufgrund thermischer Inhomogenitäten im SOFO-Dynamic sind die erfassten Daten zu meist driftbehaftet. Beispielsweise traten während der in Abb. 5 gezeigten Messung im Labor (Dauer ca. 4 Minuten) Driften von knapp 0.1 µm auf, die deutlich über der Präzision der Messung liegen ($s_{dL} \approx 6$ nm bei $f_s = 1$ kHz). Über längere Zeiträume und insbesondere bei sich ändernden Umgebungsbedingungen können aber durchaus größere Drieffekte auftreten. So wurden bei einer Messung im Feld über 14 Tage (mit Änderung der Außentemperatur um bis zu 20°C) Gesamtdriften von bis zu 0.2 mm festgestellt. Da aber auf allen Kanälen sehr ähnliche Drieffekte auftreten, können sie durch Subtraktion der Daten eines Referenzsensors ($dL = \text{const.}$) stark reduziert werden. Bei der 14-tägigen Messung konnten dadurch die Driften auf etwa 10 µm gesenkt werden. Für den Einsatz der Strain-Rosette sind die Driften aber insofern problematisch, dass sie üblicherweise einen langsamen Verlauf haben und daher nur schwer von kleinsten Bewegungen unterschieden werden können. Das SOFO-Dynamic kann daher das langzeitstabile SOFO-Static nicht ersetzen.

Nach der Driftkorrektur der Labordaten ist nun der Vergleich der mit dem SOFO-Dynamic (dL) und dem Interferometer (ΔL_{SOILL}) bestimmten Verschiebungen möglich. Dabei wurde für die SOFO-Dynamic Messwerte ein Maßstabsfaktor von 0.72 % festgestellt, der zwar groß, im messtechnischen Bereich aber nicht ungewöhnlich ist, und bei vielen Anwendungen mit sehr kleinen

Bewegungen kaum praktische Bedeutung hat. Die verbliebenen Restabweichungen gegenüber dem Interferometer sind in Abb. 6 dargestellt, wobei zwei aufeinander folgende Messungen (blau und grün) gezeigt werden.

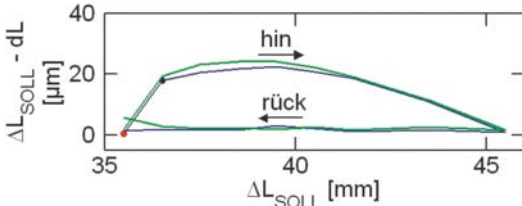


Abb. 6: Restabweichungen von SOFO-Dynamic Daten (maßstabskorrigiert) gegenüber dem Interferometer bei aufgebracht 10 mm Dehnung

Deutlich ist eine Hysterese mit Abweichungen von knapp $25 \mu\text{m}$ zu erkennen, die gut reproduzierbar ist. Solche Effekte wurden auch schon für das SOFO-Static gezeigt [10], und könnten auf das Verhalten des SOFO Sensors (z.B. visko-elastisches Verhalten des Schutzschlauchs, Verbindungsstelle Glasfaser – Anker, Kriechen der Beschichtung der Glasfaser) zurückzuführen sein. Der Hersteller gibt für den SOFO Sensor eine Linearität von 0.2 % des gemessenen Verformungsbetrags an [11], die nur geringfügig kleiner ist als die in Abb. 6 gezeigten Abweichungen.

Inwieweit die diskutierten Effekte für die eingebetteten Sensoren am Rutschhang mit den vergleichsweise kleinen Bewegungen relevant sind und ob daher entsprechende Korrekturen anzubringen sind, werden weitere Untersuchungen zeigen, die mit einer automatisierten und erweiterten Prüfanlage geplant sind. Diese steht nach intensiven Planungsarbeiten kurz vor der Fertigstellung.

5. Eingebettete langarmige Strain-Rosette

5.1 Präambel

Für die Messungen von Dehnungen im kompakten Fels sind mehrere Techniken bekannt [12]. Aber insbesondere bei geringer Größe der Sensoren versagen diese, wenn das Material zerklüftet ist, was in Rutschungszonen zumeist der Fall ist. Die Punkte zwischen denen die Verformung gemessen wird müssen daher weiter voneinander separiert werden, weshalb große Sensorlängen notwendig sind.

An einem für die Rutschung repräsentativen Einbauort sollte die Hauptdehnungsrichtung φ mit der Bewegungsrichtung des Hanges über-

einstimmen. Bei lokalen Störungen, hervorgerufen z.B. durch eine sekundäre Rutschung, kann φ aber auch stark davon abweichen. Daher ist es sinnvoll, φ mit dem Messsystem mitzubestimmen und die erfassten Dehnungen auf die Hauptdehnungsrichtung zu reduzieren. Dies ist mit einer Strain-Rosette möglich, die durch drei in einer Ebene in verschiedene Richtungen angeordneten Sensoren realisiert werden kann. Obwohl Strain-Rosetten seit langem bekannt sind, können Standard Strain-Rosetten aber nicht zur Erfassung der Verformungen am Rutschhang verwendet werden, hauptsächlich wegen ihrer geringen Größe (wenige Zentimeter).

In Abschnitt 3 wurde abgeschätzt, dass lokale Verformungen mit dem SOFO-Static ($2 \mu\text{m}$ Präzision) mit einer Präzision von $s_\varepsilon = 0.4 \mu\text{m}/\text{m}$ bestimmt können, wenn 5 m lange SOFO Sensoren für die Strain-Rosette verwendet werden. Die Hauptdehnungsrichtung φ kann mit den in der experimentellen Spannungsanalyse gebräuchlichen Beziehungen berechnet werden. Die Präzision mit der φ bestimmbar ist, hängt auch von den auftretenden Verformungen ab. Mit den in Abschnitt 2 abgeschätzten Werten (sehr geringe Dehnung in Hauptdehnungsrichtung $\varepsilon_1 = 10 \mu\text{m}/\text{m}$) lässt sich die Hauptdehnungsrichtung mit einer Präzision von $s_\varphi = 1.8^\circ$ bestimmen [3].

5.2 Bau eines Prototyps

Für die Einbettung von SOFO Sensoren in Lockermaterial (Erdreich, zerklüfteter Fels) lagen keinerlei Berichte oder sonstige Erfahrungswerte vor. Daher sollte mit einem Prototyp überprüft werden, ob eine langarmige faseroptische Strain-Rosette überhaupt realisierbar ist. Insbesondere war zu klären, ob die Glasfasersensoren unbeschädigt ins Erdreich integriert und repräsentativ mit diesem verbunden werden können (Verankerung) und ob die beiden SOFO Systeme unter den Einsatzbedingungen im Feld die erwartete Leistung liefern.

Der Bau eines Prototyps der Strain-Rosette erfolgte in unbewegtem Gebiet am Gelände der TU Graz, um bei der Erprobung des Systems frei von rutschungsinduzierten Effekten zu sein. Der Prototyp bestand aus drei SOFO Sensoren, die zueinander einen Orientierungsunterschied von 120° aufwiesen und einen gemeinsamen Zentralpunkt hatten. Die Länge der Sensoren wurde mit 5 m gewählt, da damit die notwendige Präzision (siehe Abschnitte 2 und 3) erreicht werden kann und sich der Aufwand der Grabungen noch in Grenzen hält. Die Verbindung der Ankerpunk-

te der SOFO Sensoren mit dem Bodenmaterial wurde mit einer Variante von Soilfrac ausgeführt, das hierfür besonders geeignet erscheint, aber sich als doch recht aufwändig in der Realisierung erwies.

Intensive Untersuchungen mit dem Prototyp bestätigen die hohe Leistungsfähigkeit der faseroptischen Sensorik und wurden in [3] präsentiert. Anhand der gesammelten Erfahrungen wurde das Konzept für die Strain-Rosette am Rutschhang adaptiert, insbesondere auch im Hinblick auf die schlechteren Rahmenbedingungen am Rutschhang (1600 m Seehöhe, fehlende Infrastruktur, keine oder eingeschränkte Zufahrtsmöglichkeiten, Störung durch Weidevieh).

5.3 Konzept für die Strain-Rosette Gradenbach

Die Lage der Strain-Rosette wurde nach mehreren Begehungen und Tests im Nahbereich der GPS Station MB festgesetzt, da hier der Untergrund geeignete Eigenschaften für den Einbau aufwies und die rutschungsbedingten Verschiebungen für die vorangegangenen Jahre vorlagen. Der Einbau erfolgte im Mai 2007, wobei die meisten Arbeiten manuell durchgeführt wurden, um eine Störung des Felsmaterials soweit als möglich zu vermeiden. Lediglich die Künetten wurden maschinell ausgehoben. Abb. 7 zeigt eine Prinzipskizze der Rosette mit den drei gegeneinander um 120° verdrehten, jeweils 5 m langen Sensoren. Die Sensoren wurden in drei getrennten Künetten hangparallel (ca. 10° Hangneigung) eingebaut und liegen mit geringen Abweichungen (<1 cm) in derselben Ebene. Gemäß den mit dem Prototyp der Strain-Rosette gewonnenen Erfahrungen wurde kein Zentralpunkt, sondern drei unabhängige Extensometer realisiert [6].

Die Orientierung der Rosette erfolgte derart, dass Sensor S1 parallel zur Bewegungsrichtung der GPS Station MB liegt, wodurch die bestmögliche Erfassung der bewegungsinduzierten Deformationen erreicht werden sollte. Die Tiefe der Sensoren unter der Oberfläche wurde so gewählt, dass sie möglichst unter der Frostgrenze liegen, um einerseits frostbedingte Effekte, andererseits den Verlust eines Sensors durch mögliche Eisbildung im Sensor und einen dadurch bedingten Faserbruch zu vermeiden. Verbindung zur Oberfläche wurde keine vorgesehen, um Störungen durch die Bewirtschaftung der Alm zu vermeiden. In Abb. 8 ist die Lage der Strain-Rosette während deren Bau zu sehen.

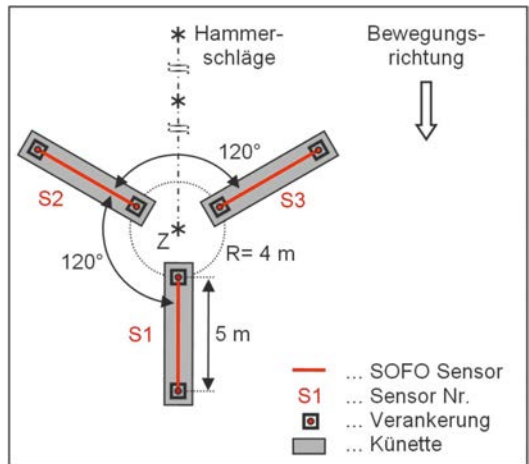


Abb. 7: Schematische Darstellung der Strain-Rosette



Abb. 8: Ansicht der Einbaustelle der Strain-Rosette in der Nähe des GPS Punktes MB

Abb. 9 zeigt schematisch die gewählte Verankerung für die SOFO Sensoren. An den beiden Enden jeder Künette wurden ca. 0.5 m tiefe Löcher mit einem Durchmesser von etwa 30 cm ausgehoben, armiert und später mit Beton verfüllt. Zur Stabilisierung einer kleinen Betonsäule wurden zusätzlich mehrere Armierungseisen in das lockere Felsmaterial getrieben. Am oberen Ende der Säule wurde eine Ankerplatte einbetoniert, und an diese spielfreie Adapter zur Montage der SOFO Sensoren befestigt.

Abb. 10 zeigt eine Künette mit faseroptischem Sensor während des Einbaus. Die Sensoren wurden beim Einbau um etwa 3 mm vorgespannt,

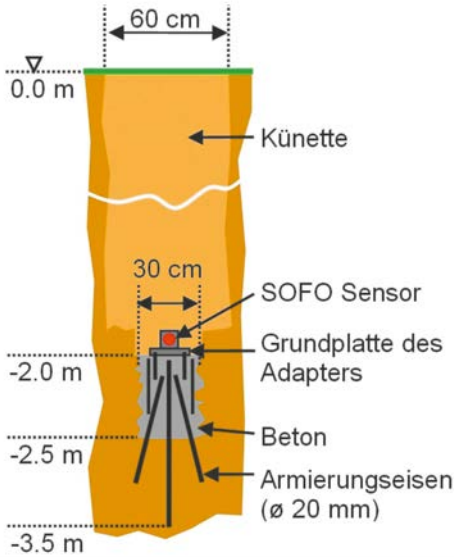


Abb. 9: Verankerungskonzept für die Sensoren der Strain-Rosette

um auch negative Deformationen unverfälscht messen zu können. Vor dem Zuschütten der Künetten wurden diese in Sand eingekoffert und zusätzlich gegen Wasser und Steinschlag geschützt.

Neben den SOFO Sensoren wurden ein Bodenfeuchtesensor und je ein Temperatursensor zur Messung der Boden- sowie der Lufttemperatur eingebaut, um die Messdaten der SOFO Sensoren entsprechend korrigieren zu können, und um diverse Abhängigkeiten untersuchen zu können. Zum Schutz des Instrumentariums wurde im Nahbereich der Strain-Rosette eine kleine Hütte errichtet.

Im Bereich um die Strain-Rosette wurde ein terrestrisches Präzisionsnetz bestehend aus 10 oberflächlich stabilisierten Punkten (verteilt auf ca. $250 \times 200 \text{ m}^2$) Information über das Deformationsverhalten zu erhalten. Die so abgeleiteten Daten können aber nur zur Verifikation dienen, da die erreichbare Präzision ($\sigma_\epsilon \approx 4 \mu\text{m/m}$) im Vergleich zur Strain-Rosette um etwa den Faktor 10 geringer ist.

Zusätzlich zu den faseroptischen Messungen wird zur Einbindung der Strain-Rosette in das GPS Netz auf deren Zentralpunkt Z eine weitere GPS Monitoring Station aufgebaut. Im Nahbereich der Rosette wurde auch ein Seismometer (TU-Wien) installiert, um die verschiedenen Systeme miteinander verbinden zu können.



Abb. 10: Faseroptischer Sensor beim Einbau

6. Test der Strain-Rosette Gradenbach

Die Verankerung der SOFO Sensoren mit dem Untergrund ist ein kritisches Element der Strain-Rosette. Daher sollte die Leistungsfähigkeit der Strain-Rosette zur Detektion von Strainwellen und die Reproduzierbarkeit der Signale anhand eines Experimentes mit künstlicher Anregung getestet werden.

Die Anregung erfolgte mittels Hammerschlägen auf den Boden (Schlagplatte), wie auch bei der Hammerschlagseismik. Die dadurch generierten Strainvariationen wurden mit dem SOFO-Dynamic (1 kHz Abtastfrequenz) erfasst. Aus Vorversuchen war bekannt, dass die Signale sehr klein sind ($< 1 \mu\text{m}$) und sich bei größeren Distanzen kaum mehr vom Rauschen abheben. Daher wurden mit einem 5 kg Hammer an jedem Anregungspunkt 16 aufeinander folgende Hammerschläge durchgeführt, um durch Überlagerung der Signale der Einzelschläge das Summensignal trotz geringem Signal-Rauschabstand sichtbar machen zu können. Während der an einem Anregungspunkt ca. 50 s dauernden Messung traten Driften von etwa 20 nm auf. Da der Referenzsensor bei diesem Experiment zur Synchronisation verwendet wurde, wurden die Driften vor der Weiterverarbeitung der Daten mittels Hochpass-Filterung (Grenzfrequenz 1 Hz) eliminiert. Beim Experiment erfolgte die Anregung an insgesamt 53 Positionen entlang dreier Linien (in Verlängerung zu den drei SOFO Sensoren).

Abb. 11 zeigt die Signale der überlagerten Einzelschläge und das daraus abgeleitete mittlere Signal für eine zum Zentrum der Rosette sehr nahe Distanz (5 m) und die größte beim Experiment realisierte (155 m). Beide Anregungspunkte lagen hangaufwärts in Verlängerung des Sensors S1, siehe Abb. 7. Für die Überlagerung der Signale der Einzelschläge wurden die aufgezeichneten Zeitpunkte der Anregung verwendet. Gezeigt werden wie zuvor die Relativbewegungen dL der beiden Anker, gemessen mit Sensor S1. Die Signale der beiden anderen Sensoren weisen ähnlich große Amplituden auf, geometriebedingt treten jedoch auch unterschiedliche Frequenzen auf.

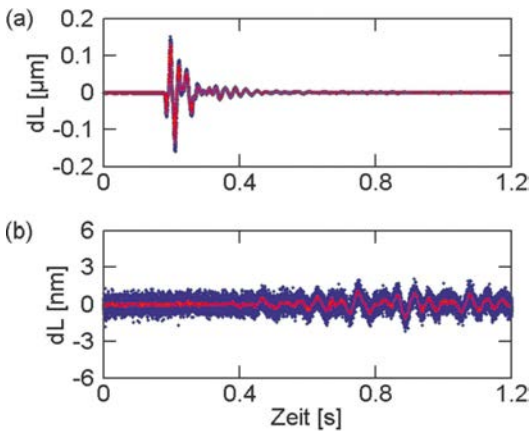


Abb. 11: Bei Sensor S1 auftretende Signale von 16 Hammerschlägen (blau) und deren Mittel (rot), (a) bei einer Distanz von 5 m und (b) bei 155 m

Bei der kurzen Distanz (5 m) sind die Signale deutlich sichtbar (ca. $0.14 \mu\text{m}$ Amplituden), wogegen sie (ca. 1 nm Amplituden) sich bei der großen Distanz (155 m) aufgrund der Energieabsorption im Untergrund kaum mehr vom Rauschen ($s_{dL} = 0.4 \text{ nm}$) abheben. Wie zu erwarten, reduziert sich durch die Mittelung der Signale der zufällige Rauschanteil (Verringerung der robusten Standardabweichung von 0.4 nm auf 0.1 nm), wodurch insbesondere bei der größeren Entfernung die anregungsinduzierten Signale erst deutlich sichtbar werden.

Anhand eines weiteren Beispiels soll die Reproduzierbarkeit der Signale gezeigt werden. In Abb. 12a, sind die Summensignale von drei an derselben Position (Entfernung 50 m) durchgeführten Versuchen dargestellt. Bei jedem Versuch erfolgte die Anregung wiederum mit je 16 Hammerschlägen, wobei alle drei Versuche in einem Zeitraum von 10 Minuten ausgeführt wurden. Zur deutlicheren Darstellung wurden die

drei Summensignale gegeneinander verschoben. Visuell sind kaum Unterschiede festzustellen, weswegen in Abb. 12b die Abweichungen gegenüber dem Gesamtmittel dargestellt wurden (wiederum gegeneinander verschoben dargestellt). Die maximale Abweichung beträgt 0.7 nm und liegt damit weit unter der vom Hersteller doch eher restriktiv angegebenen Auflösung.

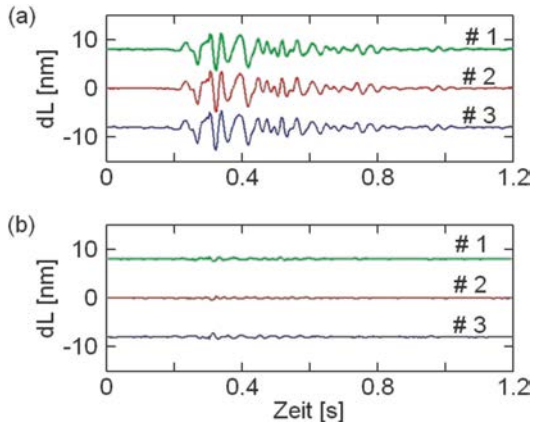


Abb. 12: (a) Bei Sensor S1 auftretende Summensignale dreier aufeinander folgender Hammerschlagversuche in 50 m Entfernung mit je 16 Einzelschlägen und (b) Abweichungen der drei Summensignale von ihrem Mittel

Die hohe Reproduzierbarkeit des Signals bei verschiedenen Anregungen zeigt auch, dass die Verbindung der Anker mit dem Untergrund sehr gut ist und die in sie gesetzten Erwartungen voll erfüllen kann. Die durch die Hammerschläge verursachten Signale haben extrem kleine Amplituden, und die zwischen 700 nm (Anregungspunkt direkt bei der Strain-Rosette) und etwa 1 nm (bei 155 m Entfernung) liegen. Die hohe Sensitivität des SOFO-Dynamic und der Strain-Rosette macht die Erfassung dieser kleinen Signale erst möglich.

7. Resümee

Auf Basis von faseroptischen SOFO Sensoren wurde eine langarmige Strain-Rosette entwickelt und es konnte gezeigt werden, dass diese die für die Untersuchung der Rutschung Gradenbach notwendige hohe Präzision aufweist. Die eingesetzten faseroptischen Systeme lassen sich im Feld aber gerade wegen ihrer hohen Präzision kaum unabhängig überprüfen, weshalb Systemuntersuchungen im Messlabor von zentraler Bedeutung sind. Dafür wurden im Labor bereits einige Prüfeinrichtungen für faseroptische Dehnungssensoren entwickelt und verschiedenste

Untersuchungen durchgeführt. Basierend auf diesen Resultaten wurde eine Kalibrieranlage für die Bestimmung statischer Kennwerte konzipiert, die kurz vor ihrer Fertigstellung ist. Mit dieser und einer weiteren Anlage zur Bestimmung dynamischer Kenngrößen, die sich zurzeit in Entwicklung befindet, werden künftig weitere für die Rutschung relevante sensortechnische Aspekte untersucht werden.

Das SOFO-Static wurde bereits über einen längeren Zeitraum am Gradenbach eingesetzt. Von August 2007 bis November 2008 traten an der Strain-Rosette Verformungen von etwa 0.2 mm auf, siehe [6]. Alleine im Juni 2008 traten Bewegungen von etwa 0.13 mm auf, die ein geändertes Rutschverhalten des Hanges zeigen. Unabhängige Messungen zeigten für diesen Zeitraum eine Verdoppelung der Geschwindigkeit. Eine Änderung des Bewegungsmusters ist mit der Strain-Rosette also tatsächlich nachweisbar.

In [3] konnte anhand der Untersuchungen mit dem Prototyp der Strain-Rosette gezeigt werden, dass aus den mit den SOFO Sensoren bestimmten Dehnungen die Hauptdehnungsrichtungen ableitbar sind. Daher wurde zur Erweiterung des vorhandenen SOFO-Static (Einkanalgerät) ein faseroptischer Multiplexer angeschafft, mit dem nun seit 2009 auch am Rutschhang alle drei Sensoren kontinuierlich beobachtet werden können.

Die hohe Sensitivität der Strain-Rosette in Verbindung mit dem SOFO-Dynamic ermöglicht die Erfassung von extrem kleinen Bewegungsamplituden (1 nm). Allerdings weist das SOFO-Dynamic Driften auf, die mehrere μm pro Tag betragen können. Bisher konnte mit der Strain-Rosette noch kein einem Mikrobeben zuordenbares Signal erfasst werden und es ist noch nicht klar, ob die mit den Seismometern erfassbaren Signale der Mikroerdbeben mit der Strain-Rosette überhaupt erfassbar sind, insbesondere da die Systeme zueinander unterschiedlich ausgerichtet (vertikal bzw. näherungsweise horizontal) sind. Die hohe Sensitivität des Systems bedingt aber auch, dass viele Störsignale erfasst werden. Ein Beispiel dafür wurde in [13] gezeigt, wo eine sich abseits der Strain-Rosette bewegend Person Signalamplituden von etwa 10 nm verursacht hat. Mit den Daten der Strain-Rosette alleine ist es daher derzeit nicht möglich, Signale, die durch Mikrobeben hervorgerufen werden, von Störsignalen zu unterscheiden, insbesondere da deren Signalstrukturen (Strain-Rosette) noch vollkommen unbekannt sind. Daher erfolgt die Klassifikation der Signale und Identifikation jener Signale, die durch die Hangrutschung

hervorgerufen werden im Rahmen dieses Forschungsprojektes durch das Seismometerfeld der TU Wien.

Erschwerend kommt hinzu, dass Mikrobeben am Hang selten auftreten und deshalb eine Portion Glück notwendig ist, um bei einer mehrwöchigen Messkampagne zumindest ein Mikrobeben erfassen zu können. Bei den bisherigen Untersuchungen konnte das Signal eines lokalen Erdbebens mit Epizentrum in Serbien erfasst werden, siehe [13].

Danksagung

Diese gezeigten Arbeiten wurden im Rahmen eines von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften geförderten Forschungsprojektes durchgeführt, welches einen österreichischen Beitrag zu ISDR darstellt. Dabei wird die tiefreichende Massenbewegung Gradenbach mit GPS und Strainmessungen (TU Graz, Prof. Dr. F.K. Brunner) sowie mit mikroseismischen Messungen (TU Wien, Prof. Dr. E. Brückl) untersucht. DI H. Hausmann (TU Wien) hat beim Hammerschlagexperiment mitgewirkt. Besonderer Dank gilt allen Projektmitarbeitern (DI G. Gassner, DI R. Klostius, Mag. F. Zobl, DI D. Gander), die die vielen GPS Messkampagnen durchgeführt haben, und den Kollegen am Institut, die beim Bau der Strain-Rosette (Ing. R. Lummerstorfer, Ing. R. Presl, DI K. Macheiner) geholfen haben und die Testmessungen unterstützten. Der Österreichischen Geodätischen Kommission danke ich für die Zuerkennung des Karl-Rinner Preises und die damit verbundene Anerkennung meiner Arbeiten.

Referenzen

- [1] Brunner FK, Zobl F, Gassner G (2003): On the Capability of GPS for Landslide Monitoring. *Felsbau* 21: 51-54
- [2] Brückl E, Brunner FK, Kraus K (2006): Kinematics of a deep-seated landslide derived from photogrammetric, GPS and geophysical data. *Engineering Geology* 88: 149-159
- [3] Brunner FK, Woschitz H, Macheiner K (2007): Monitoring of deep-seated mass movements. 3rd Int. Conf. on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHMII-3), Nov. 13-16, 2007, Vancouver, Canada
- [4] Brunner FK (2009): Faseroptische Sensorik: Ein Thema für die Ingenieurgeodäsie? *Öst. Z. f. Vermessung und Geoinformation* 97: 335-342
- [5] Lienhart W (2007): Analysis of Inhomogeneous Structural Monitoring Data. Serie "Engineering Geodesy – TU Graz", Shaker Verlag
- [6] Brunner FK, Woschitz H (2009): Langarmige eingebettete Strain-Rosette zum Monitoring eines Rutschhanges. 24. Christian Veder Kolloquium „Stabilisierung von Rutschhängen, Böschungen und Einschnitten“, Mittl. Gruppe Geotechnik, TU Graz, 35: 263-278
- [7] Inaudi D, Elamari A, Pflug L, Gisin N, Breguet J, Vurpillot S (1994): Low-coherence deformation sensors for the monitoring of civil-engineering structures. *Sensors and Actuators A* 44: 125-130
- [8] Inaudi D, Glisic B, Posenato D (2004): High-speed demodulation of long-gauge fibre optic strain sensors for dynamic structural monitoring. In *Boller C, Staszews-*

- ki WJ (eds.) 'Structural Health Monitoring 2004, Proc. 2nd Europ. Workshop on Structural Health Monitoring', München, DEStech publ., 485-491
- [9] Koch A, Ulrich R (1991): Fiber-optic displacement sensor with 0.02 μm resolution by white-light interferometry. *Sensors and Actuators A*, 25-27: 201-207
- [10] Lienhart W (2005): Experimental Investigation of the Performance of the SOFO Measurement System. In Fu-Kuo Chang (ed.) 'Structural Health Monitoring 2005, Proc. 5th Int. Workshop on Structural Health Monitoring', Stanford, USA: 1131-1138
- [11] Inaudi D (2004): Testing performance and reliability of fiber optic sensing system for long-term monitoring. Proc. 2nd European Workshop on Optical Fibre Sensors, Santander, Spain, 9-11 June 2004
- [12] Amadei B, Stephansson O (1997): Rock stress and its measurement. Chapman & Hall, London
- [13] Woschitz H, Brunner FK (2008): Monitoring a deep-seated mass movement using a large strain rosette. 13th Int. Symp. on Deformation Measurement and Analysis, May 12-15, 2008, Lisbon, Portugal

Anschrift des Autors

Dr. Helmut Woschitz, Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz
E-Mail: helmut.woschitz@tugraz.at

Dissertationen, Diplom- und Magisterarbeiten

Georeferenzierung des Franziszeischen Katasters im Rahmen des GIS-Steiermark

Piskaty Barbara

Diplomarbeit: Institut für Geoinformation, Technische Universität Graz, 2009

Betreuer: Ass.-Prof. Dr. Konrad Rautz

Diese Arbeit widmet sich der Erstellung eines Ablaufs für die Georeferenzierung des Franziszeischen Katasters. Nach der Durchführung dieser Schritte soll es möglich sein, den digital entzerrten Kataster in das geographische Informationssystem (GIS) des Landes Steiermark einzufügen. Zur Erstellung dieser Schritte dienen vier Testgebiete. Ziel ist es, anhand dieses Ablaufs sämtliche Teilblätter zu einer Gesamtkarte zusammenzufügen und anschließend in das Koordinatensystem UTM 33N zu transformieren. Dies macht es möglich reale Distanzen zu messen, so wie sie in der Natur vorliegen. Der Franziszeische Kataster wurde in den Jahren 1817 bis 1861 für die österreichisch-ungarische Monarchie aufgenommen und hatte das Ziel, eine gerechte Grundsteuerberechnung zu ermöglichen. Dieser Kataster beinhaltet ca. 8.600 Teilblätter für das Bundesland Steiermark und wurde bereits vom Steiermärkischen Landesarchiv digitalisiert.

Visualisierung von Geoinformation für Anwendungen im Katastrophenschutz

Müller Christian

Diplomarbeit: Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie, Technische Universität Graz, 2009

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt

Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung des Web 2.0 basierten Visualisierungsprogramms ASSIST GeoView, mit integriertem WebGIS und einem System zur Übertragung von Nachrichten zwischen Server und Client. Die Grundlage liefert das Projekt ASSIST (Alpine Safety, Security & Informational Service and Technologies), welches sich mit dem Aufbau eines Informations- und Sicherheitssystems im Bereich der Risikovorhersage und des Katastrophenschutzes in alpinen Regionen beschäftigt hat. Die im Zusammenhang mit dieser Arbeit verwendeten Demonstrationsdaten wurden von Joanneum Research zur Verfügung gestellt und beziehen sich auf den Westen von Tirol. Neben der Darstellung der raumbezogenen Daten steht die Lösung von Schnittstellenproblemen zwischen dem UMN-Mapserver und anderen Visualisierungsprogrammen im Vordergrund. In diesem Zusammenhang wird die Verwendung von OGC-konformen Standards, wie WMS und WFS, aber auch GeoRSS und KML, in Kombination mit einer PostgreSQL bzw. PostGIS-Datenbank, untersucht. Das Exportieren dieser Daten wird für die Anwendungen Google Maps, Google Earth, Bing Maps und OpenLayers demonstriert.

Mosaik von Kamerun Wolken- und Wolkenschattendetektion und Radiometrische Kalibrierung

Maier Andrea

Diplomarbeit: Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie, Technische Universität Graz, 2009

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Mathias Schardt

Die Diplomarbeit befasst sich mit der Datenvorverarbeitung für ein Waldmonitoring-System, welches von der European Space Agency (ESA) im Rahmen des REDD-Programms (Reducing Emissions from Deforestation and Degradation) in Auftrag gegeben wurde. Aufgabenstellung des Projektes ist die Erfassung sämtlicher abgeholzter und degradierter Waldgebiete Kameruns zwischen den Jahren 1990 und 2000 sowie 2000 und 2005. Als Datengrundlage stehen Landsat und Disaster Monitoring Constellation (DMC) Daten zur Verfügung. Die vorliegende Arbeit ist in zwei Arbeitsschritte gegliedert, die Detektion von Wolken und Wolkenschatten einerseits und die relative radiometrische Kalibrierung andererseits. Für die Erstellung von Wolkenmasken wurde ein Spectral Separation Index (SSI) herangezogen, der als Inputparameter das grüne und nah infrarote Band einbezieht. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Wolken, abgesehen von einigen besiedelten Flächen, sehr gut von der Landbedeckung Kameruns spektral trennen lassen, ist diese Methode zur Wolkendetektion ausreichend. Weit schwieriger ist es hingegen, Wolkenschatten spektral zu erkennen, da Gewässer und Hänge in Schattenlage ähnlich reflektieren. Aus diesem Grund wurde eine Methode entwickelt, welche spektral und geometrisch abgeleitete Schattenmasken kombiniert. Erstere besteht aus einer leicht abgeänderten Version desselben SSI, der bereits zur Detektion von Wolken verwendet wurde. Für letztere sind neben Sonnenstand und digitalem Geländemodell (DGM) die Wolkenhöhen notwendig, die aus einem Korrelationsverfahren mit der Geländehöhe approximiert wurden. Der große Vorteil dieses Ansatzes zur Detektion von Wolkenschatten ist, dass die Zahl der fälschlicherweise als Wolkenschatten detektierten Pixel stark vermindert wird. Basierend auf einen Datensatz mit ausmaskierten Wolken und Wolkenschatten wurden nun verschiedene Methoden zur radiometrischen Kalibrierung getestet, welche sich in drei Hauptgruppen (1) statistische Methoden, (2) Histogram Matching (HM) und (3) Regression untergliedern lassen. Eine Evaluierung der Ergebnisse aufgrund von Jeffries-Matusita (JM) Distanzen hat ergeben, dass für den verwendeten Datensatz HM und lineare Regression die besten Ergebnisse liefern.

Attitude determination using a GPS multi antenna array

Landfahrer Katrin

Diplomarbeit: Institut für Navigation und Satellitengeodäsie, Technische Universität Graz, 2009

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

Attitude parameters enable the determination of an objects alignment with respect to the coordinate frame. The common attitude determination systems are based on INS (Inertial Navigation System) measurements. Since INS systems are still very expensive, the number of users is limited. Therefore another opportunity for the attitude determination is the use of GNSS measurements. The attitude determination with GNSS (Global Navigation Satellite System) can be applied in different operational areas, like ships, planes, cars or unmanned vehicles. This master thesis is based on the project GRAVIS, realized by the Institute of Navigation and Satellite Geodesy at Graz University of Technology. The aim of the project is the gravity determination using INS and GNSS measurements. For this application the attitude and acceleration parameters based on GNSS data are used to support the strap down procedure. The attitude can be derived on the one hand by using a GNSS antenna array and on the other hand by using an INS. Both systems are mounted on a platform, which can be used for different applications. My thesis deals with the attitude determination based on GNSS measurements. In this case four antennas are used to define a multi antenna array. An attitude computation can be performed with three antennas. After presenting the principles of GNSS positioning methods, this thesis focuses on the attitude determination using GNSS measurements. In a first step the mathematical background is discussed. Afterwards an error propagation of the GNSS attitude determination and the calibration procedure of the platform is presented. Within several practical tests, beside the actual attitude determination, also analyses regarding proper update rates are discussed. The results of the field tests are evaluated and compared to actual INS measurements. The attitude computation algorithm and further the solution of the attitude computation based on GNSS data represent the main content of this master thesis.

GIS-gestützte Analyse in der Immobilienbewertung

Pöchinger Manuel

Diplomarbeit: Institut für Geoinformation, Technische Universität Graz, 2010

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Norbert Bartelme

Die Entwicklung von Grundstückspreisen und das aktuelle Preisniveau sind in der Immobilienbranche, in Bereichen der Wirtschaft, des Rechts, der Verwaltung, aber auch für private Bauherren von zentraler Bedeutung. In Österreich herrscht im Gegensatz zu anderen Ländern am Immobilienmarkt jedoch immer noch sehr wenig Transparenz. Während für viele Bereiche des täglichen Lebens laufend Indizes der preislichen Entwicklung veröffentlicht werden, fehlt diese Information am Grundstücksmarkt zur Gänze. Denn der von der Statistik Austria veröffentlichte, nationale Verbraucherpreisindex, ein wichtiger Inflationsmaßstab, berücksichtigt die Kosten für Grundstücke genau so wenig wie der Baukosten- oder der Baupreisindex. Für die Bewertung von Liegenschaften benötigen Immobiliensachverständige unbedingt verlässliche Informationen über die Preisentwicklung und das Preisniveau. Für den einzelnen Immobilienexperten ist die Ermittlung eines Preisindex aber sehr aufwändig und teuer, weil dazu eine mehrjährige Kaufpreissammlung notwendig ist. Genau hier setzt diese Masterarbeit an. Auf Basis der Immobiliendatenbank immo netZT, die eine solche Kaufpreissammlung darstellt, wird die Entwicklung der Grundstückspreise in der Steiermark im Zeitraum von 1995 bis 2008 untersucht. immo netZT ist ein kostenpflichtiges, öffentlich zugängliches Service vom ZT-Datenforum in Graz. Der große, seit 1995 lückenlose, umfangreiche Geo-Datenbestand eignet sich hervorragend für Analysen der Preisentwicklung am Grundstücksmarkt. Es wird hiermit eine Anwendung in MS Access geschaffen, welche die preisliche Information aus der Immobiliendatenbank nützt, Ausreißer erkennt, eine Regressionsanalyse ausführt und dem Benutzer eine Zusammenstellung aller wichtigen Daten zur Entwicklung der Grundstückspreise und dem Preisniveau für eine bestimmte Region liefert. Landesweite Übersichten in Form von Berichten und GIS-gestützte Analysen anhand thematischer Karten lassen einen Rückschluss auf Preisverhältnisse und Entwicklungen am steirischen Grundstücksmarkt zu.

Mitteilungen

Ehrenmitgliedschaft der OVG für Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.iur. Christoph Twaroch

In ihrer 44. Hauptversammlung vom 8. Oktober 2009 hat die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation beschlossen, Herrn Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.iur. Christoph Twaroch zum Ehrenmitglied zu ernennen. Am 3. März 2010 wurde im Anschluss an den von Dr. Twaroch gehaltenen Vortrag „Wesen und Wert der Grenze“ an der TU Wien der feierliche Rahmen nachgeholt. Vizepräsident Baurat DI Manfred Eckharter würdigte in seiner Laudatio die Verdienste des neuen Ehrenmitglieds. Anschließend überreichte der Präsident der OVG, DI Gert Steinkellner, die Urkunde über die Ehrenmitgliedschaft und ein Präsent.

Mit der Ernennung zum Ehrenmitglied der OVG wird gewürdigt, dass Dr. Twaroch über einen Zeitraum von mehr als drei Jahrzehnten in der Vereinszeitschrift VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation durch Publikation von Interpretationen, Erläuterungen und Berichten zur einschlägigen Rechtsmaterie den Kolleginnen und Kollegen in Wissenschaft, öffentlichem Dienst und im freien Beruf wertvolle Hilfestellungen gegeben hat und damit die Rechtssicherheit bei der Ausübung des Berufes gefördert hat.

Im Rahmen der Veranstaltung bedankte sich der Präsident der OVG auch bei Dipl.-Ing. Susanne Fuhrmann und Dipl.-Ing. Dieter Wenter mit einem Präsent. Dipl.-Ing. Fuhrmann betreute die Fachmessen des IUGG-Kongresses 1991 und des ISPRS-Kongresses 1996 sowie mit einer Ausnahme alle Fachmessen der Österreichischen Geodätentage im Zeitraum 1994 bis 2009. Dipl.-Ing. Wenter richtete den 8. Österreichischen Geodätentag in Wels aus und war 12 Jahre lang im Vorstand der OVG aktiv, bevor er mit Ende der letzten Funktionsperiode aus dem Vorstand ausschied.

Karl Haussteiner



OVG Vizepräsident Eckharter, OVG Präsident Steinkellner und OVG Sekretär Haussteiner bei der Übergabe der Urkunde an Dr. Christoph Twaroch



OVG Präsident Steinkellner bedankt sich bei Dipl.-Ing. Dieter Wenter



Ausstellungseröffnung beim 18. ISPRS Kongress, 9.-19. Juli 1996 in Wien, Austria Center

Dipl.-Ing. Susanne Fuhrmann sowie BM Dr. Farnleitner, Kongressdirektor Prof. Dr. Karl Kraus, ISPRS Präsident Dr. Shunji Murai, OVG Präsident Dipl.-Ing. August Hochwartner

Verleihung von Goldenen Ingenieurdiplomen an Mitglieder der OVG

Am 10. Dezember 2009 wurden im Festsaal der Technischen Universität Wien vom Rektor der Technischen Universität Wien, O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Skalicky Goldene Ingenieur- und Doktordiplome verliehen. Die Fakultät für Mathematik und Geoinformation war zahlenmäßig am stärksten vertreten. Gleich an sieben Kollegen wurde das Goldene Ingenieurdiplom verliehen. Unter den Geehrten befanden sich (im Bild v.l.n.r.): Präsident i.R. Dipl.-Ing. Friedrich Hrbek (Ehrenpräsident der OVG), Hofrat i.R. Dipl.-Ing. Friedrich Blaschitz (Ehrenmitglied der OVG) und die Kollegen Hofrat Dipl.-Ing. Erich Korschineck, Hofrat Dipl.-Ing. Helmut Barth, Dipl.-Ing. Horst Schuhmann, Hofrat Dipl.-Ing. Karl Haas, und wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. Josef Wirth. Die OVG gratuliert herzlich zu dieser Auszeichnung.



Tagungsberichte

Das war Schladming – Ein Stimmungsbericht aus Sicht der Organisatoren des OGT 2009

„Wir schauen auf unsere Erde“

Unter diesem Motto fand vom 6.-8. Oktober 2009 der 10. Österreichische Geodätentag in Schladming statt.

Die Entscheidung, **Schladming** als Tagungsort zu wählen, stellte sich als Volltreffer heraus. Ein herrliches Bergpanorama mit noch herrlicherem Wetter entschädigte alle Besucher, die teilweise eine längere Anreise auf sich nehmen mussten. Vor allem die Dachsteintauernhalle bot beste Voraussetzungen, einen Kongress der wirklich kleinen Schritte zu veranstalten. Diese für die Fachmesse bestens nutzbare Halle mit zentralem Cafe unterstrich eindrucksvoll die „familiäre“ Atmosphäre eines Österreichischen Geodätentages. So trafen sich mehr als tausend Teilnehmer zu den verschiedenen Veranstaltungen, an die wir uns gerne zurückerinnern.

Schon der „Aufwärmtag“, der **Studententag**, brachte überraschend starken Besuch und einen gemütlichen Abend mit vielen Absolventen im Stadtsaal Schladming.

Die **Eröffnung der Fachmesse** am Dienstag mit anschließendem Buffet (dankenswerter Weise vom BEV gesponsert) stellte dann das erste Highlight dar, ist doch die Fachmesse eine wesentliche Säule jeden Geodätentages. Fast 50 Aussteller zeigten in der großzügig angelegten Fachmesse ihre Produkte und Entwicklungen und lockten damit die Besucher an.



Eröffnung der Fachmesse durch Dipl.-Ing. Susanne Fuhrmann

Ganz in neuem Gewande lief die **Eröffnungsveranstaltung** ab. Schon der Zeitpunkt, 18 Uhr am Abend, war ein Paradigmenwechsel. Auch das musikalische Rahmenprogramm der „Covergirls“, sowohl musikalisch als auch wortwörtlich eine Augenweide, war „anders“. Insbesondere aber der Festvortrag von Prof. Levermann vom Potsdam Institut für Klimafolgenforschung war natürlich ganz im Sinne unseres Mottos ausgewählt und hat alle Zuhörer in seinen Bann gerissen. Prof. Levermann stellte eindringlich und in deutlichen Bildern und Grafiken das Klimaproblem unserer Erde dar.



Festvortrag von Prof. Dr. Anders Levermann



OVG Präsident Dipl.-Ing. Gert Steinkellner, Rektor Univ.-Prof. Dr. Hans Sünkel und Kongressdirektor Dipl.-Ing. Gunther Rabl

Der unmittelbar anschließende „**Galaabend**“ im Kongresshotel Royer war dann der gesellschaftliche und kulinarische Höhepunkt des ersten Tages. Humor in Reinkultur, perfekt dargeboten von Klaus Eckel, leitete diesen Abend ein. Der nochmalige Auftritt der „Covergirls“ war dann der krönende musikalische Abschluss, ehe schließlich „Einzelgespräche“ in den verschiedenen „Ruhezonen“ und Bars die Nacht einiger Teilnehmer wesentlich verkürzten.

Eine ganz andere Art der Abendgestaltung brachte die erstmals veranstaltete **Standparty** im Rahmen der Fachmesse am Mittwoch Abend. Musik und Unterhaltung pur hielt die Besucher bis in die frühen Morgenstunden in der Dachsteintauernhalle. Viele Firmen hielten Schmankerln und Getränke bereit und so mancher Aussteller war relativ bald damit konfrontiert, irgendwoher Nachschub zu bekommen. Ein Lecker-

bissen ganz besondere Art war aber der Soloauftritt unseres „Rockprofessors“ Thomas Wunderlich aus München, der in beeindruckender Manier mehr als eine Stunde lang die Gäste mit einem Rockmedley der Spitzenklasse unterhielt.



Soloauftritt von Prof. Dr.-Ing. Thomas Wunderlich

Neben diesen wichtigen gesellschaftlichen Höhepunkten, auf die kein Geodätentag verzichten kann, bildete natürlich das **Vortragsprogramm** den Kern unseres Geodätentages und stand daher ganz besonders im Mittelpunkt. Das wissenschaftliche Programm des Geodätentages in Schladming war sehr ehrgeizig und hatte getreu dem Motto „Wir schauen auf unsere Erde“ zwei Schwerpunkte, einerseits das Thema Fernerkundung und andererseits die Klimaproblematik.

Es begann bereits am Dienstag Nachmittag hochkarätig. Die Themen spannten sich von der Satellitenvermessung bis zum Klimawandel. Schwerefeldmodellierung, Monitoring von Treibhausgasen und Medizinisches Visual Computing vervollständigten schließlich das Programm des ersten Tages. Am Mittwoch Vormittag tagte die Österreichische Geodätische Kommission (ÖGK) und bereicherte mit einem breit gefächerten Themenbereich das wissenschaftliche Vortragsprogramm. Am Nachmittag beherrschte dann Ingenieurgeodäsie, Fernerkundung, die digitale Luftbildkamera und das Internet das Vortragsprogramm.



Prof. Dr.-Ing. Günter W. Hein



Univ.-Prof. Dr. Helga Krump-Kolb



Univ.-Prof. Dr. Franz Leberl

Auch der Donnerstag stand nichts nach und stellte die Gletschervermessung und Forstinventur mittels LIDAR in den Mittelpunkt. Das dichte Vortragsprogramm wurde schließlich mit einer Podiumsdiskussion zum Thema Eigentumssicherung abgeschlossen.

Damit aber noch nicht genug. Der erstmals bei einem Geodätentag angebotene „**Praktikertag**“ am Freitag übertraf alle Erwartungen, nicht nur hinsichtlich der Inhalte der Beiträge, sondern insbesondere auch hinsichtlich Teilnehmerzahl. Daher mussten kurzfristig die Seminarräume im Hotel Royer gewechselt werden, um dem Teilnehmeransturm gerecht zu werden. „GPS-In Theorie und Praxis“ und parallel dazu „Kataster- in Recht und Praxis“ mit jeweils mehreren Referenten aus der Praxis lockten über 200 Teilnehmer an und lieferten den Mitarbeitern privater Büros und öffentlicher Stellen wertvolle Informationen über die praxisorientierte Anwendung. Der Erfolg dieses Tages im Anschluss an den Geodätentag ruft geradezu nach Fortsetzung.

Am Vorabend dieses Praktikertages und als Abschluss des Geodätentages wurde allen Teilnehmern noch die Möglichkeit eines Hüttenabends auf der Planai angeboten. Auf der Schafalm fand das **Almfest** statt. Auch dieses Angebot wurde eifrig genutzt. An die 300 Gäste gondelten auf die Planai zur Schafalm und ließen in geselliger Runde den 10. OGT in Schladming ausklingen.



Moderator der Podiumsdiskussion Präsident Dipl.-Ing. August Hochwartner (BEV) und Sektionschef Dr. Wolfgang Fellner (BMJ)



Besuch des Silberbergwerks



Podiumsdiskussion mit MR Dr. Oswald Kessler (ZMR), Dipl.-Ing. Wernher Hoffmann (BEV) und OSenR Dipl.-Ing. Johann Mittheisz (Magistrat Wien)



Praktikertag

Exkursionen

Die Erfahrungen der letzten Geodätentage zeigte, dass hier weniger mehr ist und es wurde daher die Konsequenz gezogen, nur wenige und zeitlich nach Möglichkeit nicht die Vorträge konkurrenzierende Exkursionen anzubieten. Dies gelang nur zum Teil. Ca. 60 Teilnehmer am Rahmenprogramm und doch über 100 Teilnehmer an den Fachexkursionen nahmen schließlich an den wenigen aber interessanten „Ausflügen“ teil.

Organisation

Wie immer war die Vorbereitung des OGT einem Vorbereitungsteam überantwortet, das diesmal nicht zuletzt aus der räumlichen Situation heraus sehr klein gehalten war und auch sehr wenige Vollsitzungen durchführte. Das war nicht ganz unproblematisch, hat aber letztlich doch funktioniert. Entscheidend war, dass das Team Fachmesse hervorragend und effizient gearbeitet hat und dass die kleine Kerntuppe für die Gesamtorganisation gut harmonierte. Die Hauptlast im letzten halben Jahr trug aber die „Programmiertruppe“ die ein perfektes Buchungs- und Abrechnungstool zur Verfügung stellen konnte, das für die nächsten Geodätentage adaptiert und perfektioniert werden wird.

Die Zusammenarbeit mit dem örtlichen Tourismusverband funktionierte bestens. Das Team vor Ort hatte noch bis zu den ersten Anmeldungen im Tagungsbüro alle Hände voll zu tun, die Vorbereitungsarbeiten für den Ansturm der Gäste rechtzeitig abzuschließen, wobei, wie es eben so kommt, die EDV die meisten Probleme verursachte. Speziell im laufenden Buchungsbetrieb ließ uns die Internetanbindung immer wieder im Stich, was für das Nervenkostüm aller eine besondere Belastung war.

Ein besonderes Dankeschön gilt aber unserem Redaktionsteam für unsere Kongresszeitung, das meistens bis spät in die Nacht hinein gewerkt hat und es geschafft hat, täglich frühzeitig die „Tageszeitung“ mit den besten Fotos und den aktuellen Informationen zum Tag herauszugeben. Die Zeitung fand auch reißenden Absatz und für die Donnerstagzeitung musste sogar eine zweite Auflage produziert werden.

Als dann am Freitag Vormittag das Team die letzten Schachteln aus dem Tagungsbüro in die Autos verladet wurde, es unisono klang es super! Und wann beginnen die Arbeiten für den nächsten OGT?

Gunther Rabl und Günther Abart

Buchbesprechungen

Martina Mittelberger:

Flurbereinigung. Bucher Verlag Hohenems 2009, 200 Seiten, Preis: 19,50 €, ISBN 978-3-902679-66-6

1999: Eine spektakuläre Hangrutschung in einem Vorarlberger Dorf sorgt für Aufsehen. Die dramatischen Ereignisse rund um das in seiner Dimension europaweit einzigartige Geschehen bilden das Gerüst dieses Romans. Parallel zur geologischen Dramatik brechen in der Dorfgemeinschaft tiefe Gräben auf, als der heimatische Boden unter den Füßen entgleitet. Die soziologisch-psychologischen und scheinbar unlösbaren juristischen Folgen wachsen neben der Naturgefahr bald zur neuen Bedrohung für die Dorfbewohner an.

Mit dem sachkundigen Blick der Fachfrau beschreibt die Autorin nicht nur die Vorgänge in der Natur, sondern beleuchtet auch die bürokratischen Probleme und rechtlichen Folgen, mit denen die Betroffenen konfrontiert werden. Sie spricht dabei durchaus kritische Themen wie Gefahrenzonenpläne und geologische Gefälligkeitgutachten an.

Obwohl dies auf den ersten Blick nach trockener Materie klingt, verbindet die Autorin die Ereignisse der vergangenen zehn Jahre mit einem fesselnden Spannungsbogen. Die teilweise absurd anmutenden Situationen, die durch die Hangrutschung entstanden sind, unterstreichen den mit Wortwitz und Humor gewürzten Schreibstil. Im Klappentext heißt es dazu:

- Was tun, wenn das Haus des Kaspar auf das Grundstück des Nachbarn wandert?
- Was hat es zu bedeuten, wenn ausgerechnet und einzig das Haus des Störenfrieds unbeschädigt bleibt?
- Welche Erschütterungen erleiden das althergebrachte Gottesbild der Frömmeler oder die Autorität der konkurrierenden Dorfkaiser?
- Und warum sollen Geologen keine gelben Gummistiefel tragen?

Martina Mittelberger ist im Bereich Ingenieurgeodäsie beim Landesvermessungsamt Feldkirch tätig und zugleich Autorin, deren Lyrik und Kurzprosa bereits bei Wettbewerben prämiert wurde. In der Flurbereinigung vereint sich ihr Fachwissen und Sprachtalent zu einem unterhaltsamen „geozoologischen“ Roman.

Martin Seebacher

Dipl.-Ing. Dr. Christoph Twaroch

Kataster und Vermessungsrecht. Neuer wissenschaftlicher Verlag

Von der Ausbildung Geodät und Jurist leitete Dipl.-Ing. Dr. Christoph Twaroch über Jahre die für das Vermessungswesen zuständige Fachabteilung im Wirtschaftsministerium. Er war nicht nur für die Ausarbeitung von einschlägigen Gesetzes- und Verordnungsentwürfen, sondern als „dritte Instanz“ auch für alle Berufungsentscheidungen auf dem Gebiete des Vermessungswesens verantwortlich. Nebenbei lehrt er als Dozent an der Technischen Universität Wien Katasterwesen.

Er ist damit „der“ Experte auf dem Gebiet des Vermessungsrechts in Österreich. Dieses juristische und geodätische Fachwissen spiegelt der Kommentar wider.

Neben dem Vermessungsgesetz und der Vermessungsverordnung sind die wesentlichen Nebengesetze wie Liegenschaftsteilungs-, Bodenschätzungs- und Staatsgrenzgesetz vollständig enthalten und ausführlich kommentiert. Die einschlägigen Bestimmungen des ABGB und des Forstgesetzes runden das Werk ab.

Neben der Vermessungsverordnung findet sich auch die Adressregisterverordnung, diese aber leider ohne Kommentierung.

Der Gesetzes- bzw. Verordnungstext ist fett dargestellt und wird daher klar von den Erläuterungen abgehoben. Den Erläuterungen ist bei jenen Bestimmungen, die eingehender behandelt wurden, eine Übersicht als Inhaltsverzeichnis vorangestellt. Dadurch wird das Arbeiten ebenso wesentlich erleichtert wie durch das ausführliche Stichwortverzeichnis.

Die Kommentierung beinhaltet neben den Erläuternden Bemerkungen zu den einzelnen Regierungsvorlagen und Ausschussberichten, alle wesentlichen Judikate aber auch Vollzugserlässe oder die einschlägige Verwaltungspraxis. Hintergrundinformationen sowohl technischer als auch rechtlicher Art sowie Bezüge zu verwandten Materien runden das Bild ab und erleichtern damit das Verständnis für das Fachgebiet. Beispiele aus der Grundstücksdatenbank wie Auszüge aus dem Grundstücksverzeichnis oder der Koordinatendatenbank sowie der digitalen Katastralmappe machen die Materie auch für Nichttechniker anschaulicher. Für jene, die sich weiter in die Materie vertiefen wollen, bietet die bei jedem Kapitel zitierte weiterführende Literatur eine wesentliche Hilfe.

Den einzigen Wermutstropfen bildet der Umstand, dass der Autor die Erlassung der novellierten Vermessungsverordnung und der Benützungsarten-Nutzungen-Verordnung durch den Bundesminister nicht abwarten wollte. Es wäre sicher von Vorteil gewesen, wenn in diesem Werk bereits die neue Rechtslage auf der Verordnungsebene aufgenommen worden wäre. Dem Vernehmen nach ist aber nach Erlassung dieser Verordnungen eine Ergänzung oder Neuauflage geplant.

Dieses Buch ist sowohl für den Praktiker auf dem Gebiet der Liegenschaftsteilung, in der Vermessungsbehörde aber auch für Rechtsanwälte und Notare ein unentbehrliches Hilfsmittel. Gerade an die Rechtsberufe werden verstärkt Probleme bei Grundstücksgrenzen herangetragen und das Vermessungsrecht stellt oftmals für Rechtsanwälte eine eher unbekannte Materie dar. Dieses Werk könnte gerade auch für diese Berufsgruppe sehr hilfreiche Dienste leisten.

Martin Müller-Fembeck

Veranstungskalender

XXIV FIG international Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity

11.-16.4.2010 Sydney, Australien
www.fig2010.com

3. Internationales Symposium Raumwissen sichtbar machen – Zukunft entwerfen

21.4.2010 Karlsruhe, Deutschland
<http://geo-innovation.stqp.uni-karlsruhe.de/>

16. Deutschsprachige ESRI Anwenderkonferenz

27.-29.4.2010 Darmstadt, Deutschland
<http://esri2010.esri.de>

Core Spatial Databases – Updating, Maintenance and Services – from Theory to Practice ISPRS Workshop

15.5.2010 Haifa, Israel
icwgiv-viii@geo.haifa.ac.il geo.haifa.ac.il/~isprs/HaifaJointWS

CORP 2010 – The Future Of Cities

18.-20.5.2010 Wien, Österreich
www.corp.at

Positionale – Internationale Fachmesse für Satellitenpositionierung, Navigation und Technik

18.-20.5.2010 Stuttgart, Deutschland
www.positionale.de

INTERGEO-East

19.-21.5.2010 Istanbul, Türkei
www.intergeo-east.com

58. Deutscher Kartographentag

8.-10.6.2010 Berlin, Deutschland
www.dgfk.net

1. Wo?-Kongress

16.-17.6.2010 Duisburg, Deutschland
<http://www.navisat.de/wo-kongress.html>

3-Ländertagung: DGPF – OVG – SGPBF

1.-3.7.2010 Wien, Österreich
www.isprs100vienna.org

ISPRS 100 1910 – 2010 Centenary Celebration Vienna

4.7.2010 Wien, Österreich
www.isprs100vienna.org

Symposium: 100 Years ISPRS – Advancing Remote Sensing Science

5.-7.7.2010 Wien, Österreich
www.isprs100vienna.org

AGIT 2010

7.-9.7.2010 Salzburg, Österreich
www.agit.at

GISCIENCE CONFERENCE

14.-17.9.2010 Zürich, Schweiz
www.giscience2010.org

Intergraph-Forum Österreich 2010

23.9.2010 Wien, Österreich
www.intergraph.com/global/de/events/default.aspx

INTERGEO 2010

5.-7.10.2010 Köln, Deutschland
www.intergeo.de

VoGIS Fachforum 2010 – Moderne Kartografie

11.11.2010 Feldkirch, Österreich
<http://www.vorarlberg.at>
(Landesvermessungsamt)

16. Internationale Geodätische Woche

13.-19.2.2011 Obergurgl, Österreich
<http://www.uibk.ac.at/geodaesie/obergurgl.html>

OVG-Vorträge

Sommersemester 2010, ab April

Graz

Technische Universität Graz
Hörsaal AE01, Parterre
8010 Graz, Steyrergasse 30

- Mittwoch, Workshop Hochgebirgsfernerkundung**
28. April 2010, Beiträge werden noch bekannt gegeben
16 Uhr 30
- Mittwoch, Modernisierung des geodätischen Bezugsrahmens**
19. Mai 2010, *Erich IMREK*
17 Uhr 15 Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien
- Mittwoch, Navigation auf dem Acker – koordinatengesteuerte Aussaat von Zuckerrüben**
16. Juni 2010, *Heiner KUHLMANN*
17 Uhr 15 Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation

Innsbruck

Leopold-Franzen Universität Innsbruck
Institut für Geodäsie, HSB 6, Parterre
6020 Innsbruck, Technikerstraße 13

- Donnerstag, Modernisierung des geodätischen Bezugsrahmens**
22. April 2010, *Dipl.-Ing. Erich IMREK*
18 Uhr 15 Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung Grundlagen
Leiter des Referates 3 – Referenzsysteme
- Donnerstag, Eigentum und Grenzen an Gewässern**
20. Mai 2010, *Univ.Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christoph TWAROCH*
18 Uhr 15 Technische Universität Wien, Institut für Geoinformation und Kartographie
- Donnerstag, Ortung im Indoorbereich mit autonomen und infrastrukturgestützten Ansätzen**
17. Juni 2010, *Univ. Prof. Dr.-Ing. Andreas EICHHORN*
18 Uhr 15 TU Darmstadt, Geodätisches Institut, FG Geodätische Messsysteme und Sensorik

Wien

- Mittwoch, Aktuelle Fragen der internationalen Regulierung der Satellitenerdbeobachtung**
21. April 2010, *Prof. Dr. Kai-Uwe SCHROGL, Mag. Matxalen Sánchez ARANZAMENDI*
17 Uhr 15 European Space Policy Institute (ESPI)
Ort: Technische Universität Wien, Hörsaal für Geodäten, 1040 Wien, Gußhausstraße 27-29, 3. Stock
- Mittwoch, Rote Riesen – Weiße Zwerge Eine Führung in die faszinierende Welt der Sterne**
16. Juni 2010, *Florian HERZELE*
21 Uhr 00 Sternwarten – Astronomie Wien
Ort: Kuffner Sternwarte Wien, 1160 Wien, Johann Staud-Straße 10

Neu

AFly
austrian
map

extrem genau

Austrian Map Fly 5.0

Topographische Landkarte extrem genau

- Staatliche Österreichische Karte im Maßstab 1:50 000 mit Weg- und Straßenmarkierungen, 1:200 000 und 1:500 000
- Eigene Routen als Overlay perspektivisch darstellbar **Neu**
- Suche nach Namen und Koordinaten
- Export auf Handys **Neu**
- 2D/3D Darstellung – Flugmodus
- Anzeige der höchsten und niedrigsten Erhebung **Neu**

