

VGI

Österreichische Zeitschrift für VERMESSUNG & GEOINFORMATION

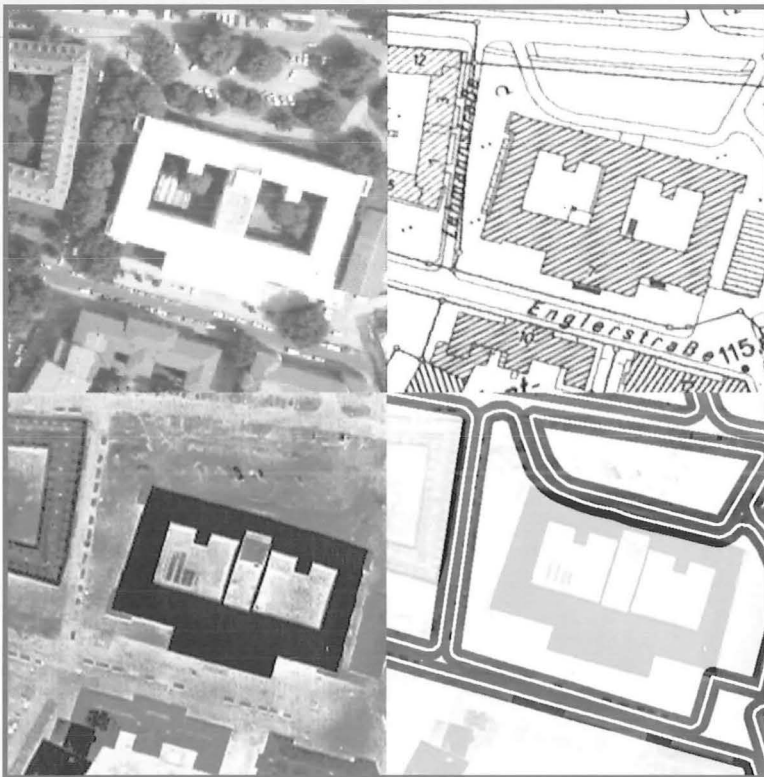
90. Jahrgang 2002

Heft 3+4/2002

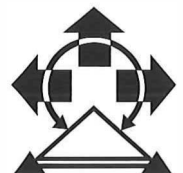
Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation und der Österreichischen Geodätischen Kommission

A-1025 Wien, Schiffamtsgasse 1-3

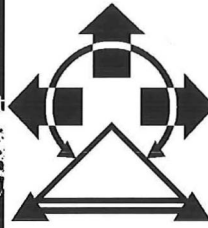
Postgebühr bar bezahlt



Detektion von Fahrzeugen in Videosequenzen
Automatic differentiation of linear features
Realisierung moderner 3D - Referenzsysteme
Höhen- und Gefällelinien aus Wavelet-Koeffizienten
Der Trennkreis und seine numerische Berechnung
Erforschung mittelalterlicher städtischer Kelleranlagen
Der Beitrag Österreichs an UNIGRACE



o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Günter Chesi



Vermessung und Geoinformation

HR Dipl.-Ing. Wolfgang Niedermayr

Semesterprogramm Sommer 2003

Donnerstag,
20. März 2003, 18¹⁵ Uhr "Neue Entwicklungen in der optischen Fernerkundung"

Univ.-Prof. Dr. Werner SCHNEIDER
Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation
Universität für Bodenkultur Wien

Donnerstag,
24. April 2003, 18¹⁵ Uhr "Ortungstechniken in der KFZ-Navigation"

Univ. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang MÖHLENBRINK
Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen,
Universität Stuttgart

Donnerstag,
15. Mai 2003, 18¹⁵ Uhr "Vom Ortsnamen zur Koordinate"

Gazetteer services als Systembaustein

Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Josef STROBL,
Institut für Geographie und angewandte Geoinformatik,
Universität Salzburg

Donnerstag,
12. Juni 2003, 18¹⁵ Uhr "rmDATA – alles aus einer Hand"

Von der Datenerfassung bis zur Geoinformation mit Beispielen aus
der Praxis

ab 15 Uhr

Info-Nachmittag: Softwarerepräsentation im Seminarraum des Instituts

Dipl.-Ing. Robert STIRLING
RM-Data, Oberwart

Alle Vorträge finden am Institut für Geodäsie, Hörsaal 7. Stock, Technikerstraße 13,
6020 Innsbruck, statt.

VGI

Österreichische Zeitschrift für VERMESSUNG & GEOINFORMATION

90. Jahrgang 2002
ISSN 0029-9650

Heft 3 + 4/2002

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Reinhard Gissing
Stellvertreter: Dipl.-Ing. Wolfgang Gold
Dipl.-Ing. Stefan Klotz
A-1025 Wien, Schiffamtsgasse 1-3

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

INHALT

	Seite
<i>U. Stilla, E. Michaelsen:</i> Detektion von Fahrzeugen in Videosequenzen von luftgetragenen thermischen Kameras	79
<i>S.J. Wallace, M.J. Hatcher, R.G. Ley, G. Priestnall, R.D. Morton:</i> Automatic differentiation of linear features extracted from remotely sensed imagery	87
<i>N. Höggerl, R. Weber, P. Pesec, G. Stangl, E. Fragner:</i> Realisierung moderner 3-D Referenzsysteme für Wissenschaft und Praxis	92
<i>G. Beyer, M. Richter:</i> Konstruktion von Höhen- und Gefälleanlinien aus Waveletkoeffizienten	109
<i>J. Fabiankowitsch, G. Wagner:</i> Erforschung mittelalterlicher städtischer Kelleranlagen im Waldviertel	119
<i>H. Späth:</i> Der Trennkreis und seine numerische Berechnung	126
<i>D. Ruess:</i> Der Beitrag Österreichs an UNIGRACE – Unification of Gravity Systems of Central and Eastern European Countries	129

R. Kalliany, F. Leberl:

**„ISPRS-Commission III Symposium Photogrammetric Computer Vision“
PCV'02, Graz, 9.–13. September 2002**

140

Dissertationen und Diplomarbeiten

145

Recht und Gesetz

152

Veranstaltungskalender

160

Buchbesprechungen

161

Persönliches

162

Impressum

164

Titelbild: Collage von Abbildungen aus dem Hauptartikel „U. Stilla, E. Michaelsen: Detektion von Fahrzeugen in Videosequenzen von luftgetragenen thermischen Kameras“

Steigende Portokosten !

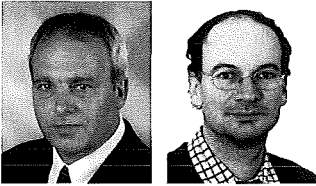
Hoher Manipulationsaufwand !

Lang dauernde Postwege !

Helfen Sie uns Geld und Zeit zu sparen !

Das OVG-Team möchten Sie gerne über Termine, Veranstaltungen und Neuigkeiten per email informieren. Senden Sie einfach Ihren Namen und Ihre email-Adresse an

office@ovg.at



Detektion von Fahrzeugen in Videosequenzen von luftgetragenen thermischen Kameras

Uwe Stilla und Eckart Michaelsen, Ettlingen

Kurzfassung

In diesem Beitrag wird eine Methode zur Bewertung der Fahrzeugaktivität in dichten urbanen Gebieten beschrieben, die auf der Auswertung von Bildsequenzen luftgetragener Infrarotkameras basiert. Bei einer Auflösung von ungefähr einem Meter erscheinen Fahrzeuge als längliche Flecken. Sie werden durch einen Spot-Detektor extrahiert. In urbanen Gebieten haben viele andere Objekte die gleiche Eigenschaft. Zur Unterscheidung der Fahrzeuge von anderen Objekten werden Informationen über Straßen aus digitalen Karten und IR-Bildern fusioniert. Weiterhin wird Kontextwissen durch eine Gruppierung von Fahrzeugen in Reihen entlang der Straßenränder ausgewertet. Die verwendeten generischen Produktionen zur Gruppierung werden wiederum durch die Verwendung von Karten gestützt. Hinweise von überlappenden Bereichen der Bilder der IR-Sequenz werden in der Szene akkumuliert.

Abstract

In this contribution we describe a method to assess the activity of vehicles in dense build-up areas. The analysis is based on airborne image sequences from an infrared camera. At the resolution of approximately one meter vehicles appear as elongated spots. They are extracted by a spot detector. In urban areas many additional other objects have the same property. To discriminate vehicles from these objects we fuse information about streets from digital maps and IR-images. Additionally, context knowledge is exploited by grouping of vehicles into rows along the margins of the roads. The generic productions for grouping are supported by using map knowledge as context again. Evidence from overlapping areas of frames of the IR-sequence is accumulated in the scene.

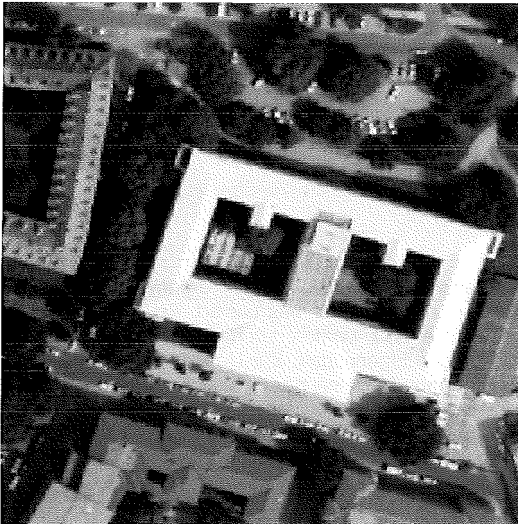
1. Einleitung

Im städtischen Bereich gibt es eine Vielzahl von Verkehrsteilnehmern, wie z.B. PKWs, LKWs, Busse, Straßenbahnen, S-Bahnen, Radfahrer oder Fußgänger. Bei der Überwachung, Planung und Steuerung des Verkehrs kommt der Erfassung der aktuellen Verkehrssituation eine zentrale Bedeutung zu. Die Erfassung von Fahrzeugen durch stationäre induktive Einrichtungen oder optische Systeme (Videokameras) ermöglicht eine lokale Bewertung der Verkehrssituation. Die automatische Auswertung von Videosequenzen zur Verfolgung bewegter Fahrzeuge und Analyse komplexer Verkehrsszenen ist schon seit längerer Zeit Gegenstand der Forschung, siehe z.B. [1], [2], [3]. Luftgetragene Kamerasysteme haben gegenüber stationären Einrichtungen den Vorteil, dass eine flächen- deckende bzw. streckende Beurteilung der Verkehrssituation möglich ist. Weiterhin können detaillierte Aussagen über Fahrzeugmengen in beliebigen Stadtteilen oder Straßen durch Überfliegen getroffen werden.

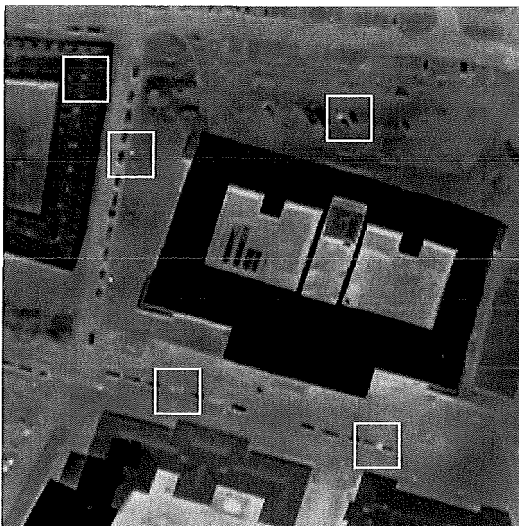
Die Aktivität von Fahrzeugen, d.h. ihr Betriebszustand, kann nicht alleine durch ihre Bewegung beschrieben werden. Aktive Fahrzeuge lassen sich in bewegte und unbewegte Fahrzeuge ein-

teilen. Unbewegte Fahrzeuge können aktiv sein, wenn sie z.B. vor einer Ampel warten oder in einem Stau stehen. Diese Situation ist typisch für die Hauptverkehrszeiten in Großstädten. Ebenso kann es für eine Verkehrsplanung hilfreich sein, Fahrzeuge zu unterscheiden, die nur für eine kurze Zeit halten, z.B. zum Ein- und Ausladen, im drive-through Service oder zum kurzen Einkauf – von solchen Fahrzeugen, die für Stunden oder Tage geparkt sind. Ein wichtiges Merkmal zur Unterscheidung des Betriebszustandes stellt die Temperatur dar. Die Temperatur von Objekten kann mit Infrarot(IR)-Sensoren aufgenommen werden [4].

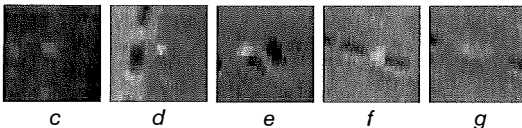
Bei einer Auflösung von ungefähr einem Meter erscheinen Fahrzeuge als längliche Flecken in IR-Bildern. In urbanen Gebieten haben viele andere Objekte die gleiche Eigenschaft. Zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten versucht man in wissensbasierten Ansätzen zur Bildanalyse häufig Kontext zwischen Objekten auszuwerten. Beispielsweise wird man Fahrzeuge in der Regel auf Straßen oder Parkplätzen erwarten. Dieser Kontext wird von einigen Autoren verwendet, um detektierte Fahrzeuge als Hinweis für die Suche nach Parkplätzen [5] oder [6] zu nutzen. In diesem Beitrag wird in umgekehrter Weise die Information über Parkplätze und Straßen ge-



a



b



c

d

e

f

g

Abb. 1: a) Luftbildausschnitt eines urbanen Bereichs. b) Beispiel für ein thermisches Infrarotbild des gleichen Szenenausschnittes (Bilder wurden nicht zur gleichen Tageszeit und Jahreszeit aufgenommen). Die parkenden Fahrzeuge erscheinen als dunkle Flecken, die fast äquidistant in Reihen entlang der Fahrbahn angeordnet sind. c) Schornstein, d) Strassenbeleuchtung, e)–f) parkende Fahrzeuge, ein warmes Fahrzeug (kürzlich angekommen), g) warmer Fleck eines kürzlich weggefahrenen Fahrzeugs.

nutzt, um die Suche nach Fahrzeugen zu unterstützen. Die Lage von Parkplätzen und Straßen kann man aus digitalen Karten bzw. Geoinformationssystemen (GIS) entnehmen.

Für die Analyse von IR-Sequenzen, die in Schrägsicht aufgenommen sind, wie z.B. für die Gebäudeerkennung [7] ist eine 3D GIS Datenbasis notwendig. In dichten urbanen Gebieten werden aufgrund der Verdeckung durch Gebäude Fahrzeuge nur in einer nahezu vertikalen Ansicht (Nadirsicht) erkennbar sein. Da das betrachtete Testgebiet flach ist und Straßen und Parkplätze meist eben angelegt sind, reichen konventionelle 2D-Beschreibungen in Form von großmaßstäbigen digitalen Karten aus. Während in vorangegangenen Arbeiten [8], [7] die geometrischen Aspekte der Objekte im Vordergrund standen, liegt der Schwerpunkt in diesem Beitrag auf der Auswertung der radiometrischen Information.

Einen Ausschnitt aus einem Bild der betrachteten IR-Sequenzen zeigt Abb. 1b. Es zeigt ein typisches Beispiel für ein thermisches Bild eines urbanen Bereiches mit niedriger Aktivität in der Szene. Während einige Gebäude und Fahrzeuge guten Kontrast zum Hintergrund besitzen, haben die Straßen keine klaren Grenzen in diesem Bildmaterial. Zum Vergleich ist der gleiche Szenenausschnitt im Luftbild (Aufnahme nicht zeitgleich) in Abb. 1a dargestellt. Kleinere warme Objekte wie der aktive Schornstein (Abb. 1c) oder die aktive Straßenbeleuchtung (Abb. 1d) erscheinen als helle Flecken. Passive stationäre Fahrzeuge erscheinen als dunkle unbewegte Flecken. Sie werden gewöhnlicherweise entlang des Straßenrandes oder auf Parkplätzen auftreten und sind in Reihen gruppiert. Aktive Fahrzeuge werden als bewegte oder unbewegte helle Flecken auf der Straße erscheinen. Ein unbewegter heller Fleck innerhalb einer Reihe von unbewegten dunklen Flecken kann als Fahrzeug interpretiert werden, das noch warm ist und vor kurzer Zeit aktiv war (Abb. 1e und 1f). Ein heller Fleck auf dem Straßenbelag oder Parkplatzbelag gibt einen Hinweis, dass dort vor kurzer Zeit ein Fahrzeug stand, das entfernt wurde. (Abb. 1g). Reihen von hellen Flecken auf der Straße sind möglicherweise Fahrzeuge, die vor einer Kreuzung, einer Ampel oder in einem Stau warten. Ein Maß für die Aktivität von Fahrzeugen in der Szene könnte man durch den Prozentsatz von hellen zu dunklen Fahrzeugen oder von hellen zu allen Fahrzeugen angeben.

2. Bildauswertung

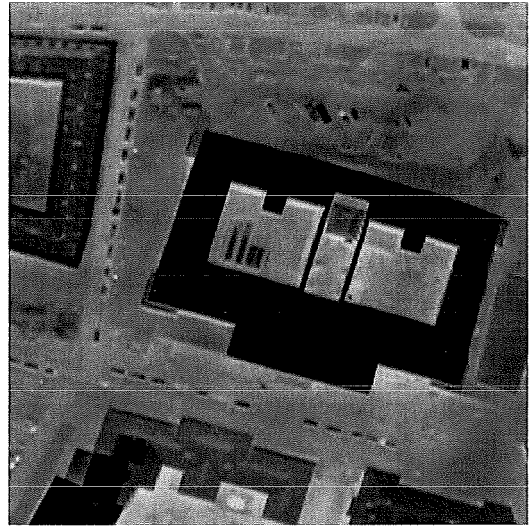
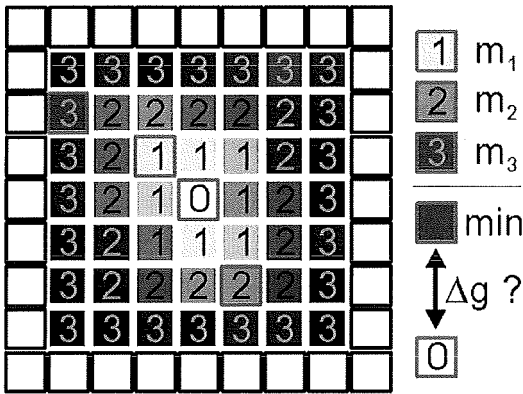
Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Schritte der Bildauswertung dargestellt. In Ab-

schnitt 2.1 wird zunächst der Operator beschrieben, der kleine Flecken detektiert. Abschnitt 2.2 erläutert die Bildung von Fahrzeughinweisen durch Zusammenfassung (Clustering) von Pixeln zu Spots. Die Verwendung von Karteninformation zur Maskierung von plausiblen Fahrzeughinweisen ist in Abschnitt 2.3 beschrieben. In Abschnitt 2.4 wird auf den Gruppierungsprozess eingegangen, der Kontext auswertet und eine weitere Reduktion von Störungen bewirkt. In Abschnitt 2.5 schlagen wir vor, die Redundanz in der Überlappungsregion der Bilder einer Sequenz auszunutzen und die Clusterung und

Gruppierung statt im Bild- im Szenenkoordina- tensystem auszuführen.

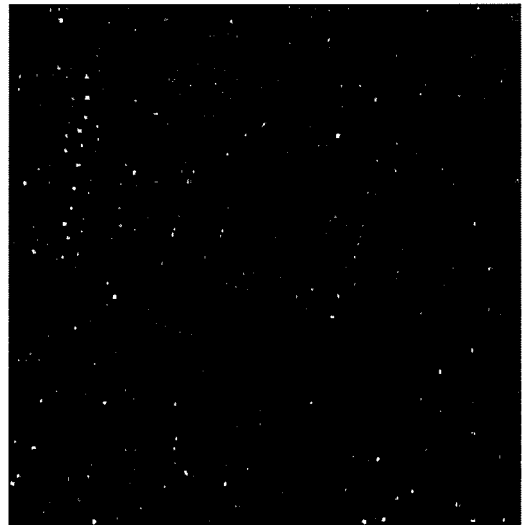
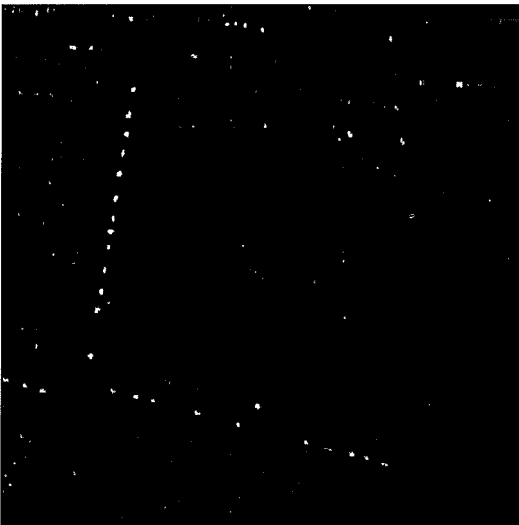
2.1 Detektion von auffälligen Flecken

Um Hinweise auf Fahrzeuge zu gewinnen, wird auf dem IR-Bild ein Spot-Detektor [9] angewendet. Beim Spot-Detektor wird auf quadratförmigen Randkonturen (siehe Abb. 2a) im Abstand d zu dem Zentralpixel $p = (x, y)$, also den Pixeln $p(x + i, y + j)$ mit $\text{Max}(|i|, |j|) = d$, jeweils der maximale Grauwert m_d bestimmt.



a

b



c

d

Abb. 2: Spot-Detektor und Anwendung auf ein IR-Bild. a) Pixelpositionen im Abstand $d = 1$, $d = 2$, $d = 3$, b) IR-Bild, c) Ergebnis der Detektion von kalten Flecken, d) Ergebnis der Detektion von warmen Flecken.

Der Abstand variiert von $d = 1$ zu einem Maximum, der als Parameter des Operators angegeben wird. Von allen Maxima m_d , wird der minimale Wert mit dem zentralen Grauwert verglichen. Wenn der zentrale Grauwert signifikant höher ist, dann gibt es einen Hinweis für einen warmen Spot an dieser Position. In diesem Fall liefert der Operator die Differenz Δg als Ausgabe für die Position $p = (x, y)$. Andernfalls ist die Ausgabe null. Die Operation wird für alle Punkte des Bildes durchgeführt. Da der Operator im wesentlichen auf Vergleichsoperationen basiert, kann er laufzeiteffizient implementiert werden. Kalte Flecken können in ähnlicher Weise durch entsprechende Invertierung des Operators oder Invertierung des Bildes gefunden werden. Abbildung 2c–d zeigen jeweils das Ergebnis der Operation.

2.2 Zusammenfassung von Bildpunkten zu Spots

Der Spot-Detektor spricht bei länglichen Objekten, wie Fahrzeugen, an mehreren Positionen an (Abb. 3b). Pixel, die nach der Spot-Detektion ungleich null sind, werden in der nachfolgenden symbolischen Auswertung bearbeitet. Der erste Schritt ist dabei die Zusammenfassung benachbarter Bildelemente passender Temperatur (kalt oder warm) zu Spots. Neben der Temperatur erhalten die Spots als Attribute die Position, Orien-

tierung, Masse und Exzentrizität. In Abb. 3c–d sind vier Beispiele für Spots dargestellt.

Abb. 3c zeigt einen kalten Spot (schwarz), der von einem Fahrzeug stammt, und einem warmen Spot (weiß), der von der warmen Straßenfläche stammt. Von diesem Platz wurde ein Fahrzeug vor kurzer Zeit wegbewegt. Die Kreuze zeigen die Position, Orientierung und Exzentrizität der Spots. Die Masse des kalten Spots ist etwa um eine Größenordnung größer als die Masse des warmen Spots. Während dies Beispiele für zu berücksichtigende Spots sind, sieht man in Abb. 3d Beispiele für Spots mit ähnlichen oder auffälligen Attributwerten, die nicht auf Fahrzeuge oder auf Effekte, die von Fahrzeugen stammen, hinweisen. Diese stammen beispielsweise von Strukturen des Daches, wie im oberen linken Bereich von Abb. 1b zu sehen ist. Der kalte Spot ist zwar sehr exzentrisch, hat aber nur eine kleine Masse, vergleichbar mit dem warmen Spot in Abb. 3c. Der warme Spot hat zwar eine große Masse, aber eine geringe Exzentrizität, so dass die berechnete Orientierung keine Bedeutung hat. Unter allen Spots im Bild stellen die, die zu Fahrzeugen gehören (wie in Abb. 3c) die Minderheit dar, während Hintergrundstörungen wie in Abb. 3d die Mehrheit darstellen. Dieser Umstand legt es nahe, zusätzliche Informationen aus Karten zu verwenden, um die Suche auf Straßenränder und Parkplätze zu konzentrieren.

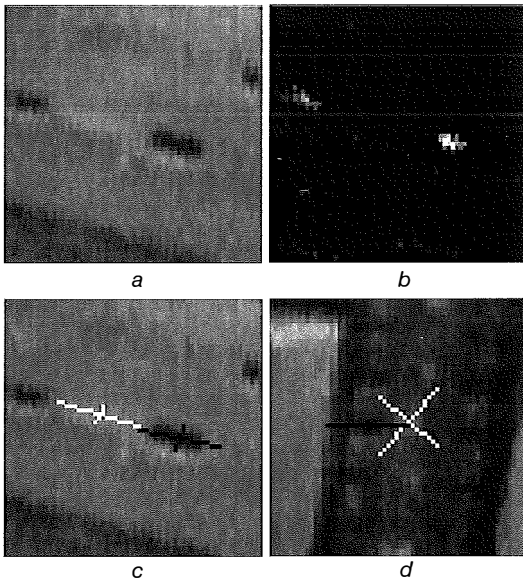


Abb. 3: Beispiele für Cluster und Spots. a) IR-Bildausschnitt, b) Ergebnis der Detektion von kalten Flecken, c) Beispiele: starker kalter und schwacher warmer Spot auf der Straße, d) Beispiele: kalter und warmer Spot auf dem Dach

2.3 Zusätzliche Karteninformation

Großmaßstäbige Karten wie beispielsweise die Deutsche Grundkarte 1:5000 (DGK5) bieten sich als zusätzliche Wissensquellen für die Bildanalyse an (Abb. 4a). In digitaler Form (Vektorgraphik) liegen die Kartenblattebenen bzw. die Kartenobjekte getrennt nach Klassen (z.B. „Straße“ oder „Parkplatz“) vor. Bei der Ebene „Straßen“ werden ausgehend von den Konturen (Straßenrand) Erwartungsbereiche für parkende Fahrzeuge auf und neben der Straße definiert. Abb. 4b zeigt solch eine Kartenebene „Straße“, die in weißen Linien dem Bild überlagert wurde. Die aus der Karte abgeleiteten Erwartungsbereiche sind in dunklen Grauwerten gezeigt, während die Bereiche, in denen keine Fahrzeuge erwartet werden, heller dargestellt sind.

Um die Registrierung von Karte und Bild vorzunehmen, muss die Aufnahmesituation berücksichtigt werden. Im vorliegenden Fall wurde für die Kamera eine quadratische Verzeichnung mit einem Parameter berücksichtigt. Es wurde angenommen, dass die Szene flach ist und eine Homographie mit acht Parametern benutzt werden kann.

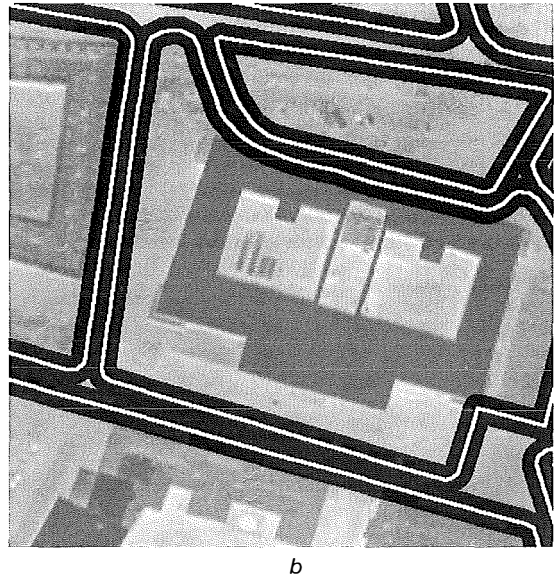
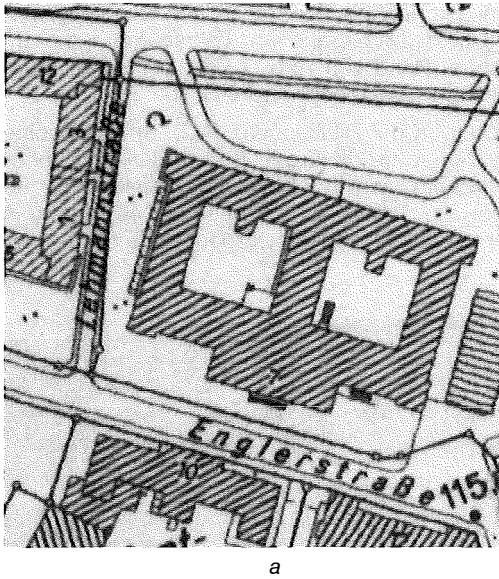


Abb. 4: a) Kartenausschnitt DGK5 (c) LVM Baden-Württemberg, Aussenstelle Karlsruhe, b) aus der digitalen Karte abgeleitet Erwartungsbereiche mit unterlegtem IR-Bild

2.4 Gruppierung von Spots in Reihen

Fahrzeuge werden häufig in Gruppen hintereinander, nebeneinander oder schräg versetzt nebeneinander abgestellt. Dies kann durch bauliche Maßnahmen oder Markierungen von Parkplätzen bedingt sein; findet aber auch auf freien unmarkierten Plätzen intuitiv statt. Auf Straßen ohne Parkmarkierung findet man Fahrzeuge häufig in gleichen Abständen hintereinander in Reihe entlang des Straßenrandes abgestellt. Dieses

Kriterium erlaubt es, sie von anderen spotförmigen Objekten zu unterscheiden. Die Gruppierung von solchen Spots in Reihen unterschiedlicher Länge ist eine generische Operation. Abb. 5a zeigt einen Ausschnitt von einem IR-Bild, das eine Fahrzeugreihe enthält.

Alle detektierten warmen und kalten Spots sind in Abb. 5b dargestellt. Spots, die tatsächlich von Fahrzeugen stammen, stellen nur eine Teilmenge dar. Abb. 5c zeigt solche Spots, die ausreichend nahe an einem Straßenrand liegen. Die Gruppierung beginnt nur von solchen Spots, die eine bestimmte Mindestmasse besitzen. Die Gruppierungsrichtung wird beschränkt durch die Richtung der Straßenränder, d.h. dass Karteninformation in den Gruppierungsprozess einfließt. Es werden nur solche Spots in die Gruppe aufgenommen, die in das Modell der geraden und äquidistanten Reihung passen.

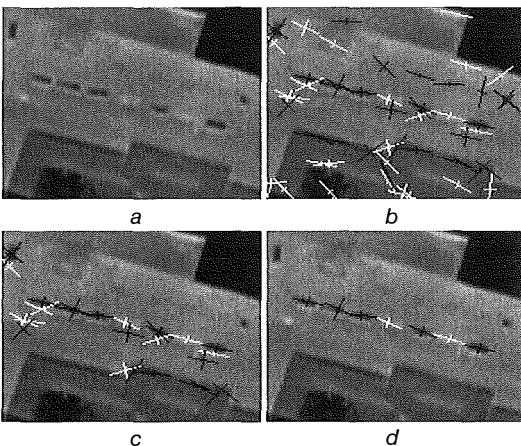


Abb. 5: Nutzen der Gruppierung. a) Ausschnitt von einem IR-Bild, b) alle gefundenen Spots, c) durch Erwartungsbereiche bestätigte Spots, d) verbleibende Spots nach der Gruppierung.

Es bestehen verschiedene Alternativen der Gruppierung, z.B. wenn zwei Spots dicht nebeneinander an einer Position liegen, die mit dem Modell konsistent ist. (siehe Abb. 5c, rechter Bestandteil der Reihe). Unter den Alternativen wird die Gruppe mit der besten Bewertung ausgewählt, die sich aus der Anzahl der Spots, der Gesamtmasse, der Regelmäßigkeit im Abstand und in der Geradlinigkeit und Konsistenz in der Ausrichtung ergibt. Abb. 5d zeigt die beste Gruppe mit sieben Spots.

2.5 Verarbeitung von Bildsequenzen

Verglichen mit Standard-Luftbildmaterial ist die Bildgröße der hier verwendeten IR-Bilder eher klein (Standard Videoformat). Eine angemessene Bodenauflösung impliziert, dass man mit einem Bild (Frame) nur einen kleinen Ausschnitt der Szene erfassen kann. Um einen größeren Bereich der Szene zu überwachen, muss eine Sequenz von Bildern aufgenommen werden.

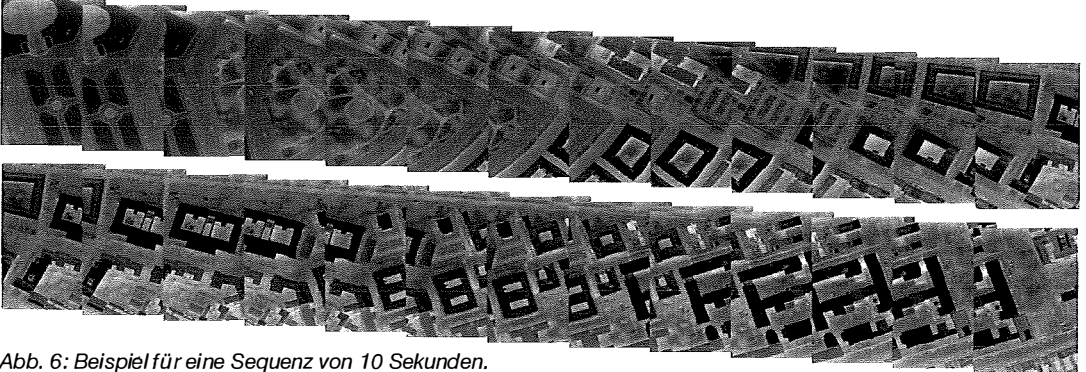


Abb. 6: Beispiel für eine Sequenz von 10 Sekunden. Es ist nur jedes zehnte Bild der Sequenz (250 Bilder) dargestellt.

Die Analyse sollte dabei nicht unabhängig in den Bildern erfolgen. Vielmehr schlagen wir vor, Spots des Bildes mit ausreichender Masse in ein festes Ortkoordinatensystem der Szene zu projizieren und die Clusterung der Spots in der Szene auszuführen. Die Verwendung der Karteninformation und die Gruppierung wird dann in der Szene ausgeführt statt im einzelnen Bild. Große Strukturen, wie z.B. sehr lange Reihen von Fahrzeugen, die nicht in ein einzelnes Bild passen, können so analysiert werden. Weiterhin können Parameter und Toleranzen angemessener in Maßen der Szene (z.B. Meter) statt in Maßen des Bildes (Pixel) angegeben werden. Für Kameras mit nicht-projektiver Verzerrung sind gerade Linien in der Szene nicht notwendigerweise gerade Linien im Bild. Dies führt bei Verwendung des Pixelkoordinatensystems zu zusätzlichen Problemen bei ausgedehnter Gruppierung, wie der Reihenbildung.

Bildsequenzen erlauben eine Mehrfachmessung der Attribute eines Spots. Mittelung der Masse, Orientierung und Exzentrizität reduziert das Rauschen. Zeitliche Bildsequenzen erlauben die Bestimmung der Geschwindigkeit als zusätzliches Attribut eines Spots.

3. Ergebnisse

Die Abb. 7 zeigt ein Bild der Sequenz, das einen Szenenausschnitt zeigt, der sich weiter links

von dem in Abb. 1 dargestellten Bereich befindet. Dieselbe Gruppe von Fahrzeugen kann am rechten Rand von Abb. 7 und am linken Rand von Abb. 1 gesehen werden.

Der von der Bildsequenz (Abb. 6) abgedeckte Bereich sowie die Ergebnisse für einen Szenenausschnitt sind in Abb. 8 dargestellt. Abb. 8b zeigt alle Spots, die von ungefähr 40 Bildern in der Szene akkumuliert wurden. Kalte Spots sind

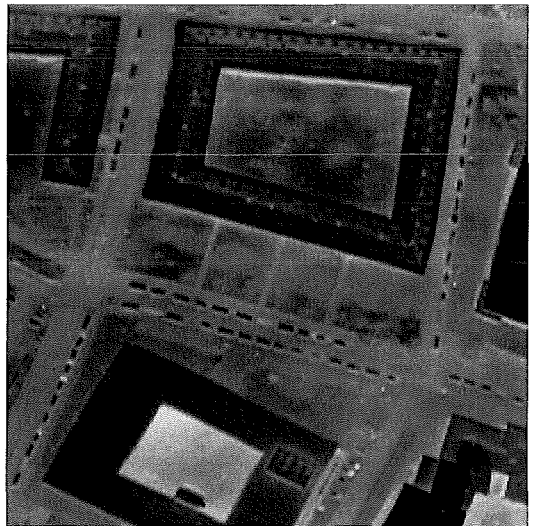
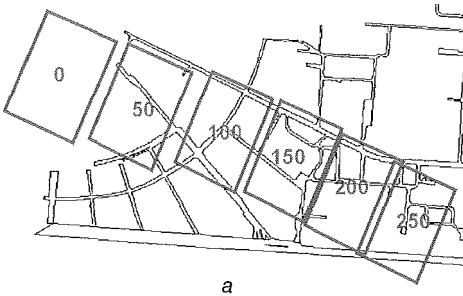


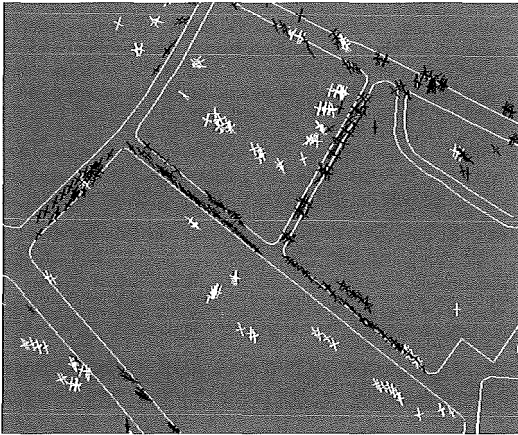
Abb. 7: Ausschnitt eines IR-Bildes aus der gleichen Sequenz. Das Bild zeigt einen Szenenausschnitt links von dem in Abb. 1 dargestellten Szenenausschnitt.

schwarz und warme Spots weiß gekennzeichnet. Die oben erwähnte Gruppe erscheint im oberen mittleren Teil. Viele der warmen Spots stammen von Strukturen des Daches. Der Anteil der warmen Spots im Verhältnis zu allen Spots beträgt 34%.

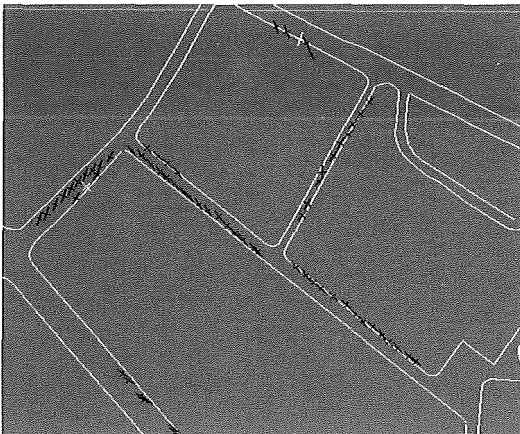
Unter Ausnutzung der vorher beschriebenen Beschränkungen verbleiben nur noch Spots, die



a



b



c

Abb. 8: a) Abdeckung der Szene durch die Bildsequenz. b) Szenenausschnitt mit kalten und warmen Spots (vergl. Abb. 5). Es sind sowohl Spots von Fahrzeugen wie auch Spots auf Dächern enthalten. c) Ergebnis der Gruppierung entlang der Straßenränder (vergl. Abb. 5d). Alle Spots stammen von Fahrzeugen. Nur zwei Spots sind warm. Die Fahrzeugaktivität wird als niedrig eingeschätzt.

von Fahrzeugen stammen (Abb. 8c). Alle Spots vom Dach und einige Spots von der Straße verschwinden. Der Anteil der warmen Spots im Verhältnis zu allen Spots beträgt 3%.

4. Diskussion

Kritisch für den Erfolg eines solchen Systems ist die angepasste Wahl der Parameter. Ein Beispiel für einen kritischen Parameter ist die Breite der Erwartungsbereiche entlang der Straßenränder. Diese sollten in Hinblick auf die maximalen Fehler der Registrierung (Geokodierung) und außerdem in Hinblick auf den Abstand vom Straßenrand gewählt werden, in dem typischerweise Fahrzeuge auftreten. Wählt man ihn zu klein, wird eine große Zahl von Fahrzeugen nicht detektiert. Wählt man ihn zu großzügig, werden Spots auf den Dächern mit Fahrzeugen verwechselt.

Betrachtet man die ersten Ergebnisse, so sieht man, dass nicht alle Fahrzeuge gefunden wurden. Die Parametereinstellung wurde so gewählt um möglichst Fehlzuweisungen (Fehlalarme) zu vermeiden (z.B. wurden nur Gruppen akzeptiert, die wenigstens vier Fahrzeuge besitzen). Will man die Gesamtzahl der Fahrzeuge möglichst genau schätzen, müsste man die Parametereinstellungen optimieren. Für die grobe Schätzung des Verhältnisses von aktiven zu passiven Fahrzeugen wurde dies hier nicht durchgeführt.

Die Gruppe der Fahrzeuge am rechten Rand der Straße in der unteren linken Region von Abb. 7 führt zu einem verteilten Cluster von Spots in der Szene (Abb. 8b, links). Es führt zu zwei Gruppen von Fahrzeugen auf beiden Seiten der Straße (Abb. 8c, links). Wir führen diesen Fehler auf die Ungenauigkeit bei der Bestimmung der externen Orientierung der Kamera zurück. Da für die verwendete IR-Bildsequenz GPS- und INS-Daten nicht zur Verfügung standen, wurden die Orientierungsdaten auf jedem zehnten Bild (Frame) manuell bestimmt und die Daten für die dazwischenliegenden Bilder interpoliert. Die Aufzeichnung der Orientierungsdaten mit entsprechender Genauigkeit könnte solche Fehler vermeiden.

Die perzeptuelle Gruppierung und die Ausnutzung von zusätzlichen Wissensquellen wie Karten können die automatische Interpretation von hochauflösenden thermischen Bildsequenzen in Nadersicht unterstützen. Dadurch wird es möglich, auch in urbanen Bereichen mit komplexen Strukturen Fahrzeuge von anderen Objekten zu unterscheiden und ihre Aktivität zu bestimmen.

Dabei hat die Auswertung in der „Szene“ im Gegensatz zur Auswertung im „Bild“ Vorteile, wie z.B. die Akkumulierung von Hinweisen mehrerer Bilder.

Der Testdatensatz zeigt eine Szene mit eher niedriger Aktivität. Um Aussagen zu treffen, wie die Methode auf Szenen mit hoher Aktivität arbeitet, müssen weitere Daten verarbeitet werden, wie z.B. Szenen, die Hauptstraßen mit hohem Verkehr enthalten, und Szenen mit Parkplätzen von Einkaufszentren während der Öffnungszeiten. In Szenen mit bewegten Fahrzeugen ist das Verfolgen der Fahrzeuge und die Bestimmung ihrer Geschwindigkeit ein weiteres wichtiges zur Unterscheidung beitragendes Attribut. Aktive Fahrzeuge werden sich vorzugsweise auf Straßen mit einer Geschwindigkeit bewegen, für die vernünftige Grenzen gegeben sind. So können warme Spots mit einer bestimmten Masse und einer den Regeln entsprechenden Geschwindigkeit als aktive Fahrzeuge gezählt werden; sogar auch dann, wenn sie nicht Teil einer Reihe sind.

Literatur

- [1] *Dreschler L, Nagel HH*, 1982. Volumetric model and trajectory of a moving car derived from monocular TV frame sequence of a street scene. *CGIP*, 20, 199–228.
- [2] *Haag M, Nagel HH*, 1999. Combination of edge element and optical flow estimates for 3D-model based vehicle tracking in traffic image sequences. *IJCV*, 35:3, 295–319.

- [3] *Partinevelos P, Agouris P, Stefanidis A*, 2000. Modelling movement relations in dynamic urban scenes. *International archives of photogrammetry and remote sensing*, vol. 33, part B4, 818–825.
- [4] *Wolffe WL, Zissis GJ* (1985) *The infrared handbook*. Infrared Information Analysis (IRIA) Center, Environmental Research Inst. of Michigan
- [5] *Quint F*, 1996. Recognition of structured objects in monocular aerial images using context information. In: Leberl F, Kalliany R, Gruber M (eds) *Mapping buildings, roads and other man-made structures from images*. IAPR TC-7 workshop in Graz, Oldenburg, Wien, 213–228.
- [6] *Hinz S, Baumgartner A*, 2001. Vehicle detection in aerial images using generic features, grouping and context. In: Radig, B., Florczyk S., *Pattern recognition, DAGM 2001*, LNCS 2191, Springer, Berlin, 45–52.
- [7] *Stilla U, Soergel U, Jaeger K*, 2000. Generation of 3D-city models and their utilization in image sequences. *International archives of photogrammetry and remote sensing*, vol. 33, part B2, 518–524.
- [8] *Stilla U*, 1995. Map-aided structural analysis of aerial images. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 50(4): 3–10
- [9] *Kohnle A, Neuwirth W, Schuberth W, Stein K, Höhn DH, Gabler R, Hofmann L, Euing W*, 1993. Evaluation of essential design criteria for IRST systems. *76/SPIE Vol.2020 Infrared technology XIX*.

Anschrift der Autoren:

Dr.-Ing. Uwe Stilla, Dr. Eckart Michaelson: FGAN-FOM Research Institute for Optronics and Pattern Recognition, Gutleuthausstr. 1, D-76275 Ettlingen, Germany. <mailto:usti@fom.fgan.de>

Automatic differentiation of linear features extracted from remotely sensed imagery

S.J. Wallace, M.J. Hatcher and R.G. Ley, Hampshire; G. Priestnall, Nottingham; R.D. Morton, Cambridge

Abstract

An approach to automated feature extraction is presented which uses an object-oriented geodata model as the framework to store contextual knowledge and to use this both to control feature extraction routines and to automatically differentiate between linear feature classes (roads, railways, rivers etc.). The problem of geographic extraction has proved complex and ideally requires the incorporation of contextual clues similar to those used by human interpreters of imagery. The paper describes a proof of principle system developed under UK Ministry of Defence Corporate Research funding. The geodata model comprises a class hierarchy representing the features under study and their likely relationships. Each class of object within this model contains criteria that need to be satisfied in order to strengthen the belief that an instance of that object type has been recognised. The system described has at its core a spatially enabled object oriented database. This enables the extraction of linears to be divorced from the classification process which gives the system the flexibility to build up evidence of class membership from a variety of sources. In this way linears can be tagged with initial probabilities of class membership and refined following further processing, such as network building stages, where classification conflicts are identified and resolved to provide more probable class memberships.

1. Introduction

1.1 Background

Although linear features are recognisable by humans in the majority of medium to high resolution remotely sensed imagery, the task of algorithmically discriminating between the linear features observable in imagery is complex and calls for an approach based upon objects rather than pixels. The properties of objects and their placement within the wider scene may be considered in order to utilise some of the contextual knowledge used by humans. This paper presents an approach to managing the complexity of this recognition problem, which involves the development of a flexible and extensible system set within a spatial object-oriented database environment.

The Automatic Linear Feature Identification and Extraction (ALFIE) project is led by QinetiQ (formerly the UK Defence Evaluation and Research Agency), and involves the School of Geography at the University of Nottingham, and Laser-Scan Limited. It is funded under the UK Ministry of Defence Corporate Research Programme. The project is driven by the need to rapidly populate military Synthetic Natural Environment (SNE) databases. Standard military datasets are typically used to provide the bulk of the data for a SNE database. However, such datasets may not be available for the specific area of interest, they require augmentation and filtering, and may be based on out-of-date mapping.

The requirement therefore exists to generate tailored, up-to-date geospatial data in a cost effective manner. The strategy presented also has direct implications for operational automated map production and revision systems.

1.2 Aims

The prime requirement of the research is the investigation and design of a methodology which supports rapid database generation for any part of the world. Timeliness and universality are fundamental considerations. The aim is to investigate the development of a fully automated extraction process which is capable of extracting more than one type of linear feature. The output of the research is a prototype system which aims to ingest a variety of remotely sensed imagery, extract all (as yet unknown) linear features, and automatically assign each linear object to the appropriate object class (in this case railways, rivers, and different classes of road). As part of the process, the aim is to capture some of the contextual knowledge used by humans to characterise each linear object and enable the discrimination between each object class.

1.3 Related work

In disciplines where the object or pattern under investigation has quite a predictable shape, size and type, then reliable total automation can be achieved. However, the problems of developing transferable rules for automated object ex-

traction to geographical features have been recognised for many years (McKeown et al, 1985). Due to geographical objects being so variable, attempts to extract them in a totally automated fashion have been largely unsuccessful unless restrictions are placed upon the source image type or the characteristics of the target object.

Semi-automated approaches often involve the manual identification and seeding of a certain type of object, the geometry of which is then extracted (e.g. Vosselman and de Knecht, 1995). An alternative approach is to reduce the search space for objects by using existing map data to guide the extraction process (Bordes et al, 1997). Such approaches must address issues of cartographic generalisation and in particular the degree to which positional information can be relied upon (Abramovich & Krupnik, 2000). Attempts to increase the level of automation may utilise some of the contextual information which humans effortlessly employ when interpreting an image. The placement of an object within the wider scene and its inter-relationships with other objects at a range of scales would constitute general contextual knowledge (Priestnall and Wallace, 2000). When putting these broad concepts into practice more specific mechanisms for representing contextual clues are described. Contextual regions and local rule-based 'sketches' (Baumgartner et al, 1997) represent different levels of spatial context. Containment within broad land use regions influences the type of object patterns observed, and at the local level certain rules can describe commonly observed inter-relationships between objects of different types. Local relationships between roads and linear groupings of buildings are presented by Stilla and Michaelson (1997). In addition to knowledge contained within one scene, collateral evidence from other imagery can be used (Tonjes and Growe, 1998).

2. Methodology

2.1 Overview

The attributes of a feature may vary depending on the region of interest. For example, the nature of a road may differ for rural and urban areas (called context regions). For this reason ALFIE has the ability to treat these areas separately. ALFIE aims to use context by deriving a number of attributes associated with a linear object within different context regions. Object orientation (O-O) is fundamental in the approach taken. Extracted linear features are maintained as objects within Laser-Scan Ltd's O-O spatial data-

base. By defining suitable methods it becomes possible to interrogate primitive linear objects for contextual information that can be used in their classification. 'Value methods' dynamically extract attributes from both source image and extracted linear primitives. As this information is derived on the fly by the method, rather than being stored as a static attribute, the information can be guaranteed to be up-to-date, honouring automatically any changes made to the database. A total of eighteen methods were devised with five proving particularly successful at differentiating between feature classes. These are: width; variation in width; sinuosity; dominant spectral value; and variation in spectral value.

A full description of the ALFIE processes can be found in Priestnall and Wallace (2000), Wallace et al (2001), and Priestnall et al (2003, in preparation). The salient features of the process are described here to provide the context for the results reported. ALFIE uses a toolkit of extraction algorithms to cater for the variation in image types and resolutions used. For a fully automated system the most appropriate algorithm has to be automatically selected for the given input image. A control strategy is therefore required which initiates and tracks each stage of the extraction and classification process. The research is addressing these issues in a modular fashion in an attempt to provide a flexible framework which facilitates the incorporation of new algorithms and provides the capability to extend the system to extract features other than linears.

2.2 Process flow

Table 1 details the processing undertaken during each stage of the processing under the control of a control interface.

Operation	Control Module
Selection of imagery	Preparation
Choice of algorithm	
Selection of parameters	
Pre-processing of imagery	Pre-processing
Derive contextual information	Collateral Extraction
Extraction of linear primitives	Linear Extraction
Classification/identification of extracted linears	Classification
Construction of topology	
Network building	
Validation	Validation
Final editing	<i>Manual</i>

Table 1. Operations undertaken by each control module

In essence, the control strategy selects the most appropriate algorithm for the given input image. The results of the extraction are populated to the O-O database as 'unclassified'. The value methods are run to derive the contextual information for each linear and the unclassified lines attributed with the results. A Cluster-Weighted Model (CWM) classifier is used to determine the initial probabilities of class membership. The output from the CWM is a straightforward probability table, which has as many columns as there are discrete valued dimensions. These discrete dimensions correspond to the database methods determined to be significant discriminators. The CWM is trained using a manually created truth dataset representing a typical set of features where class membership is known. Following classification the linear features are populated to the relevant feature class. At this stage the lines are still fragmented and therefore a network building stage is initiated with the aim of creating a topologically correct network for each feature class. Junctions are determined either with comparison to existing coarse resolution mapping (e.g. VMap) or by pattern matching techniques. Corridors are built between these junctions taking into account the classification of extracted lines between the junctions and the underlying image characteristics.

3. Results

3.1 Extraction of linear primitives

Table 2 provides details of metrics derived for the initial linear feature extraction phase. Results are provided which compare fully automatic extractions made for both urban and rural context regions with reference datasets for an area around Worcester, UK. Figure 1 shows an example extraction for a subset area showing a major dual carriageway junction within the urban area. The urban reference dataset for this area is given in Figure 2 with the area of extraction shown in the top right of the figure. (Note: minor roads are not indicated in the Figure 2 for clarity but were included in the metrics). The metrics quoted are for extractions made by the selected algorithm (which may be different) for both rural and urban areas operating on a Russian KVR image with GSD ~2m. The metrics are those used by Harvey (1997) as a means of quantifying extraction results.

At this stage in the processing no filtering of the extraction result has been made and therefore a significant number of false positives are



Figure 1. Example initial extraction result

likely. Further refinement occurs after this stage. The extraction is characterised by fragmented lines although the major features such as the junction slip, roads and the railway running north-south have largely been delineated. A significant number of false positives in the form of short linears can be seen and these typically represent building edges. In Table 2 the percentage complete figure is a measure of the reference model that is covered by the extraction result. The percentage correct is the inverse. The rank distance is a normalised distance measure between the extraction and reference data, ranging from 0 to 100, while the branching factor indicates the degree to which the extraction „over extracts“. With a perfect result this factor would

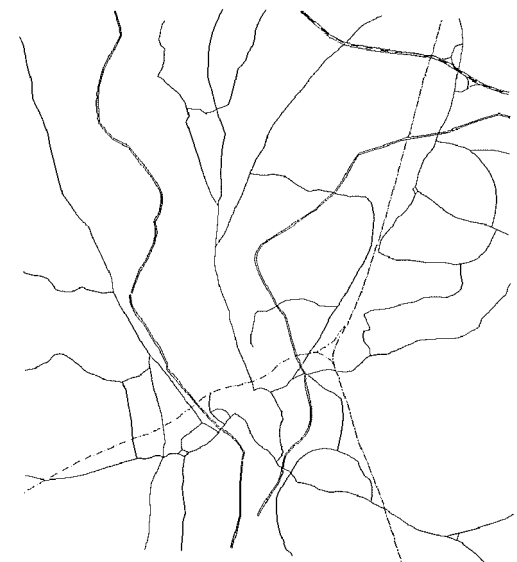


Figure 2. Reference dataset for the urban area.

be 0 while a factor of 1 indicates that for every correctly extracted line a false line has also been extracted. Therefore the higher the number the greater the number of false extractions.

Intersecting the extractions with the reference datasets show that 72% of linears in the rural areas have been extracted while this figure falls to 37% for the urban areas.

	% Complete	% Correct	Rank Distance	Branching Factor
Rural	52.72	9.77	37.91	9.24
Urban	30.88	8.75	22.69	10.43

Table 2. Initial extraction metrics

This reduction is due mainly to the increased complexity of the scene in the urban areas with a significant proportion of the lines extracted representing building edges rather than the linear network features of interest. The figures in Table 2 quantify what is evident in the extraction – that a significant number of false positives, (or “noise”) have been extracted. It is these false positives that lead to the smaller percentage correct figures. Clearly the requirement exists to reduce the “noise” in the extractions. This is achieved through the generation and analysis of context information and these pieces of evidence are used to generate initial assessments of the feature class into which each line falls.

3.2 Classification

Table 3 details the result of the classifier in determining the most probable feature class for each true positive extracted line (combined for both urban and rural areas) when compared to the reference datasets. It can be seen that dual carriageways have a high correct classification percentage. Although spectrally similar to other roads, with which there is some misclassification, the key discriminant here is width. Differentiating between single carriageway roads and railways has proved more problematic. These tend to be spectrally similar and of similar width. If fine resolution imagery is available, texture

can provide some degree of discrimination since road surfaces tend to be more homogeneous than the elements comprising a railway feature.

Rivers are the most straightforward to classify since water is more spectrally distinct than the elements comprising other linear features. Thus a water mask is created from a multi-spectral image as part of the collateral extraction phase. This can then be intersected with the extraction result to provide high classification probabilities for the intersecting features.

3.3 Network building

The ideal output from the ALFIE system is a complete network of linear features, topologically correct, and correctly classified. Clearly a number of intermediate outputs can be generated from the ALFIE system which facilitates manual correction or completion as appropriate. Space precludes a full description of the results but Figure 3 shows the final output to the system

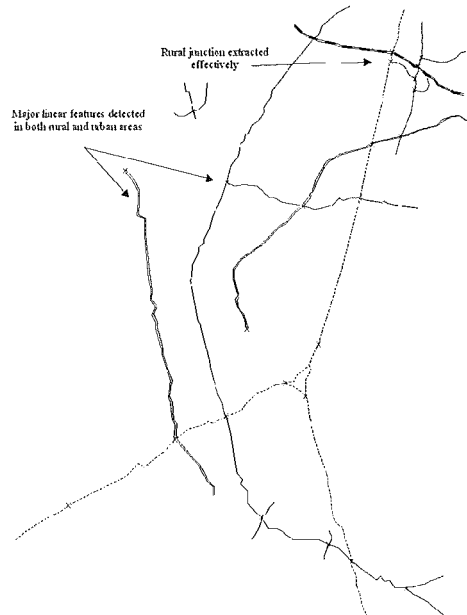


Figure 3. ALFIE system final output

	Road – Dual Carriageway	Road – Single Carriageway	Railways	Rivers
Road – Dual Carriageway	80%	0%	0%	0%
Road – Single Carriageway	15%	56%	31%	0%
Railways	5%	31%	68%	3%
Rivers	0%	12%	1%	97%

Table 3. Classification confusion matrix

for the urban test area. This represents all those features that were (1) correctly extracted, (2) correctly classified, and (3) topologically correct following the completion of the network between identified junctions.

Prior to the network building stage, analysis with the reference datasets show that the lines extracted correctly represented 18% and 16% of the overall network for the rural and urban areas respectively. Following the network building stage to join extracted lines of the same feature class, these percentages increased to 70% and 21% respectively. Comparison with the reference dataset in Figure 2 shows that the dual carriageway in the top right corner has been particularly well delineated and the railways have been classified correctly following refinement of the classification probabilities during the network building stage. Geometric inaccuracies are apparent particularly where the railway passes through a station where a number of parallel tracks exist. The river feature running north-east to south-west has also been successfully delineated although the second river channel running mainly north-south shows gross geometric inaccuracies due to an error in the network building stage. Where the network building has been possible, major single carriageway roads have also been delineated successfully. A more rigorous network building algorithm should improve on the overall connectivity since many of the roads not evident in the final result were successfully extracted.

4. Conclusions

A framework for automated linear feature extraction has been presented. The aim has been to automatically extract lines of different linear feature classes. To investigate this, a number of elements have had to be included within the prototype system. This has required less emphasis on the extraction algorithms per se and more on the overall methodology of automating the extraction and classification process. The framework is modular providing a flexible system and ensuring that improved algorithms can be incorporated as and when required. A control strategy has helped to manage the complexity of the problem and has allowed contextual information to be incorporated in various ways throughout the process flow. The adoption of an object-oriented geospatial database has facilitated complex discriminating characteristics of objects to be dynamically extracted. This enables the extraction

process to be divorced from the classification stages, allowing evidence of feature class membership to be gathered from a number of image sources.

Follow on work is already underway to incorporate 3D information into the process flow. This not only allows 3D objects to be extracted but also allows another critical piece of evidence to be used as part of the classification process.

References

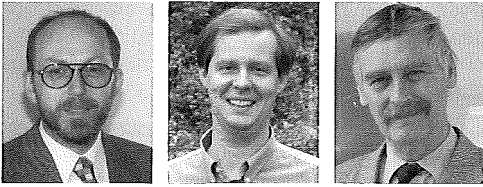
- [1] *Abramovich, T., and Krupnik, A.*, 2000. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Amsterdam, Vol XXXIII, Part B3. pp. 17–23.
- [2] *Baumgartner, A., Eckstein, W., Meyer, H., Heipke, C. & Ebner, H.* 1997. Context-Supported Road Extraction. In: *Gruen, A., Baltasvias, E.P. and Henricsson, O.* (eds) *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II)*. Birkhauser Verlag, Basel, pp. 299–308.
- [3] *Bordes, G., Giraudon, G., Jamet, O.*, 1997. Road Modelling based on a cartographic database for aerial image interpretation. In: *Semantic Modelling for acquisition of topographic information from images and maps* (Förstner, W. and Plümer, eds.), Birkhauser, Verlag, Basel, pp. 123–139.
- [4] *Harvey, W.*, 1997. CMU Road extraction test results. (Slides presented at Terrain Week '97 in San Antonio, Texas). <http://www.maps.cs.cmu.edu/rcvw/terrainweek97/roads/tw97-roadeval.ROOT.html> (accessed 20 July 2002).
- [5] *McKeown, D., Harvey, W., and McDermott, J.*, 1985. Rule-based interpretation of aerial images *IEEE Transactions on Pattern and Machine Intelligence*, PAMI-7 (5) pp. 570–585.
- [6] *Priestnall, G.*, et al. A framework for automated extraction and classification of linear networks. In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Special Edition on Automatic Feature Extraction, April 2003. (In preparation).
- [7] *Priestnall, G., and Wallace, S.* 2000. Semi-automated linear feature extraction using a knowledge rich object data model. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Amsterdam, Vol. XXXIII, Part B3/2, pp. 740–747.
- [8] *Stilla, U., and Michaelsen, E.*, 1997. Semantic modelling of man-made objects by production nets. In: *Gruen, A., Baltasvias, E.P. and Henricsson, O.* (eds) *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II)*. Birkhauser Verlag, Basel, pp. 43–52.
- [9] *Tonjes, R., and Growe, S.* 1998. Knowledge Based Road Extraction from Multisensor Imagery. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 32, part 3/1, pp. 387–393.
- [10] *Vosselman, G. and de Knecht, J.* 1995. Road tracing by profile matching and Kalman filtering. In: *Automatic Extraction of Man-Made objects from Aerial and Space Images*, Birkhauser Verlag, pp. 265–274.

Address of the authors:

S.J.Wallace, M.J.Hatcher, R.G.Ley: QinetiQ, Space Department, Cody Technology Park, Farnborough, Hampshire, GU14 0LX UK. mailto: (sjwallace, mjhatcher, rgley)@QinetiQ.com

G. Priestnall: School of Geography, University of Nottingham, University Park, Nottingham, NG7 2RD UK. mailto: gary.priestnall@nottingham.ac.uk

R. D. Morton: Laser-Scan Ltd., Cambridge Science Park, Milton Road, Cambridge, CB4 4FY UK. mailto: danielm@lsl.co.uk



Realisierung moderner 3-D Referenzsysteme für Wissenschaft und Praxis

Norbert Höggerl, Robert Weber, Peter Pesec, Günter Stangl und Elisabeth Fragner

Zusammenfassung

Seit dem Einzug moderner Satellitenmessverfahren wie GPS oder GLONASS in weite Bereiche von Navigation und Vermessung war es erforderlich, 3-D Referenzsysteme hierarchisch abgestuft zu definieren und zu realisieren. Gleichzeitig mit der Definition des weltweiten ITRS wurde auch das ETRS definiert, welches für den europäischen Kontinent gültig ist. Realisierungen dieser beiden 3-D Systeme liegen seit 1989 bzw. seit 1990 vor. In den 90-er Jahren wurden durch zahlreiche nationale EUREF-Kampagnen, hochgenaue 3-D Netze mit Punktabständen von 50 – 300 km geschaffen. Derzeit findet der Übergang auf permanent arbeitende GPS-Referenzstationen statt, die künftig als 3-D Koordinatenrahmen zur Anbindung geodätischer Messungen dienen sollen. Die Kenntnis der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Referenzsystemen und deren Realisierungen ist nicht nur für wissenschaftliche Arbeiten wichtig, sondern in einem immer enger zusammenwachsenden Europa auch für viele technischen Arbeiten von Bedeutung.

Abstract

The advent of modern satellite measuring techniques for navigation and surveying purposes has made it necessary to define and realize 3-D reference systems. Almost at the same time two different systems – a global one called ITRS and ETRS, which is only valid on the European continent were defined. For ITRS a first realisation has been available since 1989 and for ETRS since 1990. During the nineties of the last century, numerous national densification measurements were carried out by the help of GPS. These so-called EUREF-campaigns provided the bases for precise 3-D networks with point distances between 50 and 300 km.

At the moment there is a tremendous growth of active GPS-reference stations in Europe, which will serve as basis for the reference frame. Consequently detailed knowledge of the correlation between the different reference systems and their realisations is gaining in importance – not only for scientific but also for technical purposes, especially in the light of a united Europe.

1. Einleitung

Vor nahezu 2 Jahrzehnten erfolgte in den USA die erste zivile Anwendung von GPS (Global Positioning System) für Vermessungszwecke. In Österreich wurden 1985 die ersten GPS Auftragsmessungen mit dem System Macrometer durchgeführt. Obwohl die damalige Ausrüstung nahezu einen VW-Bus füllte und die Ergebnisse erst nach 2 Monaten zur Verfügung standen, waren doch alle an diesen Messungen Beteiligten von der Leistungsfähigkeit dieses neuen Messsystems beeindruckt.

Erfolgte in den ersten Jahren der zivilen Anwendung von GPS der Einsatz hauptsächlich an Universitäten und in der Landesvermessung, ist in der Gegenwart der Einsatz so vielfältig, dass auch eine nur annähernd vollständige Aufzählung nicht möglich ist. Die vorhergesagte Miniaturisierung bei den GPS-Empfängern ist eingetreten; es gibt GPS-Platinen, die sich in Uhren oder auch Handys befinden. Künftig wird einem Gerätenutzer oft gar nicht mehr bewusst sein, dass eine GPS-Platine in seinem Gerät vorhanden ist (z.B. komplexe Alarmsysteme).

Nicht nur die Miniaturisierung war ein Erfolg des letzten Jahrzehnts, sondern auch die Steigerung der Genauigkeit hat für alle Arten der Anwendungen zu beachtlichen Ergebnissen geführt. Diese Genauigkeitssteigerung ergab sich sowohl für die Positionierung mit Einzelgeräten (stand alone), als auch für differentielle GPS-Messungen. Folgende Maßnahmen und Weiterentwicklungen bewirkten diese Genauigkeitssteigerungen:

- Abschaltung von S/A (selective availability = künstlich Bahn- und Uhrverschlechterung) durch die US-amerikanischen Behörden,
- Satellitensegment (Steigerung der Genauigkeit der Bahndaten),
- Messgeräte (verbesserte Filtertechnologien, Antennenkalibrierungen),
- Auswertesoftware.

Dadurch ergibt sich für stand alone Messungen eine Genauigkeit von $\pm(5-15)$ m; für differentielle Messungen liegt die Genauigkeit zwischen 10^{-6} und 10^{-8} (abhängig vom Abstand der Messpunkte).

Neben der Miniaturisierung der Messausrüstung und der Steigerung der Messgenauigkeit

gab es auch noch im Bereich der differentiellen Online-Messsysteme (DGPS, RTK, PDGPS...) beachtliche Fortschritte. Kontinentale DGPS-Systeme mit Genauigkeiten von ± 1 m sind in Europa und den USA vorhanden. Flächendeckende RTK-Systeme mit Genauigkeiten von besser als $\pm 0,1$ m sind in Europa für einige Länder bereits realisiert (Deutschland, Schweiz, Dänemark,...) und für andere Länder im Aufbau (Großbritannien, Schweden, Österreich...).

Durch die vielseitigen Möglichkeiten GPS einzusetzen, nehmen jedoch auch die Wünsche und die Anforderungen, die sich aus künftigen Aufgabenstellungen ergeben, weiter zu: Geodynamische Untersuchungen von lokaler bis weltweiter Ausdehnung, Untersuchung von Meeresspiegelveränderungen im mm-Bereich, Monitoring von Gefahrenzonen (Hangrutschungen, Felsstürze, Erdbebenzonen,...) möglichst mit Online-Resultaten.

Alle angeführten Anwendungen erfordern eine weitere Steigerung des technischen Potenzials von GPS (Raumsegment: C/A Code auf L2, neue Frequenz; Hard- und Software auf Nutzerseite) und in der Datenmodellierung sowie in manchen Bereichen auch die Einbeziehung weiterer Messsensoren (hochpräzise Schweremessgeräte, Inertialplattformen,...).

2. Referenzsysteme

Abgesehen von den dem Messverfahren zu-rechenbaren Fehleranteilen (Messrauschen, ionosphärische und troposphärische Refraktion, Satellitenbahnfehler, etc.), ist die oben angesprochene Genauigkeit einer mittels GPS bestimmten Position natürlich immer in Relation zur Qualität des zugrundeliegenden Koordinatenrahmens zu betrachten. Während die Definition des Koordinatensystems ‚einfach‘ durch die Angabe seines Ursprunges, der Orientierung seiner Achsen (zur Epoche T_0 und deren zeitliche Entwicklung) und des Maßstabsfaktors gelingt, benötigen wir zur Anbindung unserer Messungen an dieses System einen sogenannten Koordinatenrahmen. Der Koordinatenrahmen ist die Realisierung unseres Koordinatensystems, also im Prinzip eine Liste koordinativ bekannter und in der Natur auffindbarer oder wiederherstellbarer Punkte. Um die zeitliche Entwicklung eines Koordinatenrahmens zu beschreiben, muss diese Liste zusätzlich mit einer Geltungsepoche der Koordinaten versehen sein und allfällige Bewegungsvektoren pro Zeiteinheit (z. B. Geschwindigkeiten/Jahr) ausweisen. Damit erlaubt

erst der Rahmen dem Nutzer den Zugriff auf das System. Er ist aber nicht nur an Punkte der Erdoberfläche gebunden, auch eine Liste mit kartesischen Satellitenpositionen und Zeitmarken realisiert ein Koordinatensystem. Es kann somit zu jedem Referenzsystem eine Reihe von Realisierungen verschiedener Güte geben, wobei die wechselseitige Steigerung der Qualität einerseits des Messverfahrens und andererseits des Koordinatenrahmens, in dem die Messungen durchgeführt und beschrieben werden, durchaus als iterativer Prozess zu verstehen ist.

Jedermann bekannt ist wohl das WGS84 (World Geodetic System 1984), ein vom amerikanischen *Department of Defense* veröffentlichtes globales terrestrisches (mit der Erde mitrotierendes) Bezugssystem, das im wesentlichen durch die Koordinaten weniger Referenzstationen und durch die Bahndaten der GPS-Satelliten realisiert wird. Anfänglich bediente man sich einiger noch mit dem Dopplersystem bestimmter Bodenstationskoordinaten geringer Güte. Später folgten dann bessere Realisierungen des WGS84 (G730 und G873), die bereits auf mit GPS bestimmten Referenzstationskoordinaten beruhen. Wir können heute sagen, dass die neuen WGS-Realisierungen mit dem ITRF im 10-cm Bereich übereinstimmen und WGS84 damit als Referenzrahmen für alle gängigen Navigationsaufgaben ausreichend ist.

2.1 International Terrestrial Reference System (ITRS)

Den Anforderungen der präzisen geodätischen Vermessung in großräumigen oder gar globalen Netzen ist das WGS84 jedoch nicht gewachsen. Basislinien, und damit auch die Stationskoordinaten ihrer Endpunkte, werden heute über mehrere tausend Kilometer mit Sub-Zentimetergenauigkeit bestimmt. Für diese Zwecke wurde das International Terrestrial Reference System (ITRS) im Jahre 1989 unter Zugrundelegung der folgenden Eigenschaften definiert:

a) Das ITRS ist ein mit der Erde mitrotierendes System. Sein Ursprung liegt im Schwerpunkt des Erdkörpers (inkludiert die feste Erde, die Ozeane und die Atmosphäre).

b) Die Längeneinheit ist der SI-Meter. Diese Definition ist konsistent mit der Verwendung der TCG, der terrestrischen geozentrischen Koordinatenzeit, zur Beschreibung von erdnahen Vorgängen (z.B. der Satellitenbewegung) im lokalen geozentrischen Rahmen.

c) Die Polachse weist im Rahmen einer Genauigkeit von $\pm 0.03''$ in Richtung des Conven-

tional International Origin (CIO). Der CIO entspricht dem Schnittpunkt eines Vektors ausgehend vom Erdschwerpunkt in Richtung zum Celestial Ephemeris Pole (Himmelspol) mit der Erdkruste, gemittelt über die Jahre 1900–1905. Die XZ-Ebene des ITRS beinhaltet den mittleren Meridian von Greenwich.

d) Die Bewegungen der tektonischen Platten (und damit der darauf befindlichen Stationen) würde bei Festhalten der Stationskoordinaten eine zeitliche Änderung der Achsenrichtung des Systems relativ zum Inertialsystem bewirken. Dies verlangt nach zusätzlichen Bedingungen, z.B. der sogenannten *no-net-rotation condition*. Diese Bedingung lässt global gesehen keine gemeinsame Rotation der Stationen um eine der Koordinatenachsen zu. Mit anderen Worten: Es werden die allen Punkten gemeinsamen, horizontalen tektonischen Bewegungen per Definition durch eine Gegenbewegung der Systemachsen (eigentlich eine Änderung der Erdrotationsparameter xy-Pol und LOD) kompensiert. Das tektonische Modell NNR-NUVEL1A beinhaltet die Restbewegungen.

Geht es nun um die Umsetzung, so wird das ITRS durch eine Liste von Stationskoordinaten und Geschwindigkeiten realisiert und mit ITRFxx bezeichnet. Diese Koordinaten werden nicht nur mittels GPS sondern mit Hilfe aller modernen Raumtechniken wie VLBI, GPS, SLR, und DORIS bestimmt. Die modernste Realisierung ist der Rahmen ITRF2000, ein Datensatz von weit über 500 kartesischen Positionen von Beobachtungsstationen zur Referenzepeche 1997.0 und den zugehörigen konstanten jährlichen horizontalen Geschwindigkeiten. Während sich diese Stationszahl bei Zugrundelegung strenger Genauigkeitskriterien deutlich verringert (siehe Abbildung 1) wurden zur Datumsdefinition letztendlich sogar nur rund 50 nicht an Plattengrenzen liegende Stationen verwendet, die zudem über einen zumindest 3-jährigen Beobachtungszeitraum verfügen, und deren Geschwindigkeitsvektoren besser als +/-3mm/Jahr genau bekannt sind. In diesem Zusammenhang ist es auch interessant zu erwähnen, dass der Maßstab des ITRF2000 aus einem gewichteten Mittel aller VLBI und SLR Lösungen hervorgeht und die Lage des Koordinatenursprungs alleine den SLR-Lösungen entnommen wurde. Die zeitliche Entwicklung des ITRF-Rahmens ist eng an wenige ausgesuchte Bewegungsvektoren des NNR-NUVEL1A Plattenbewegungsmodells gebunden (*no-net-rotation*). Der große Beitrag von GPS liegt damit derzeit in der Verdichtung und nicht in der Definition des ITRF. Zu stark varii-

rende Maßstabsfaktoren der globalen GPS-Lösungen (im Bereich weniger ppb $\equiv 10^{-9}$) verhindern dies derzeit. Die absolute Kalibrierung sowohl der bodengestützten GPS-Empfängerantennen als auch der Satellitenantennen werden demnächst Abhilfe schaffen. Für Spezialisten sei noch erwähnt, dass ITRF Koordinaten weitgehend keine durch die Gezeiten hervorgerufene Verschiebungen enthalten. Die Koordinaten sind im Prinzip auch vom Einfluss der permanenten Tide befreit, allerdings unter Verwendung der nominellen Love-Zahl von 0.60 und nicht der säkularen Love-Zahl 1.94. Dies steht nicht im Einklang mit der geltenden IAG Resolution, ein Umstand, der schon zu heftigen Diskussionen und Mißverständnissen geführt hat.

Die ITRFxx Koordinatenrahmen werden von einer Sektion des International Earth Rotation Service (IERS) laufend auf den aktuellen Stand gebracht und veröffentlicht. Die Buchstaben ,xx'=88,89,90,91,92,93,94,96,97,2000 stehen für das Jahr der neuesten noch in die Berechnung eingeflossenen Messdaten und dürfen damit nicht mit der Epoche des Koordinatensatzes verwechselt werden. Die jeweils aktuelle Koordinate \vec{X} einer ITRF-Station zur Messepoche t kann mittels der Beziehung

$$\vec{X}(t) = \vec{X}_0(t_0) + \vec{V}_0(t - t_0) + \sum_i \Delta\vec{X}_i(t)$$

errechnet werden. Im Falle des ITRF2000 steht t_0 für die Ausgangsepoche 1997.0 und \vec{X}_0 , \vec{V}_0 , für die Position und Geschwindigkeit zur Ausgangsepoche. Die unter dem Summenzeichen angeführten Verschiebungen $\Delta\vec{X}_i$ beinhalten vorrangig periodische Gezeitenkorrekturen, aber auch nichtperiodische Effekte wie die Wirkung der permanenten Tide oder allfällige nicht-lineare Punktbewegungen (lokale Krustenbewegungen). Für die Auswertung regionaler Netze können wir die Verschiebungen $\Delta\vec{X}_i$ für alle unsere Punkte als gleich groß ansetzen und vorerst vernachlässigen. Die Koordinatentransformation in die Epoche der Messung ist allerdings nicht nur für sehr großräumige Netze, in denen die Geschwindigkeitsdifferenzen der ITRF-Stationen eine Rolle spielen, nötig, sondern auch für die Berechnung regionaler Netze. Der Grund liegt in den präzisen Satellitenephemeriden, die jeweils zur aktuellen Epoche t vorliegen. Eine Nichtberücksichtigung der Zeitdifferenz zur Ausgangsepoche 1997.0 würde also bei der Annahme einer Bewegung von rund 2.5cm/Jahr der Stationen der eurasischen Platte bis zum fiktiven Termin $t=2003.0$ meiner GPS-Kampagne schon systematische Differenzen zwischen den Koordinaten der Bodenstationen und der Satelliten von rund 15cm hervorrufen. Verwendet man ältere

ITRS-Realisationen mit zusätzlich schlechter bestimmten Geschwindigkeitsvektoren, dann kann diese Systematik noch deutlich höhere Ausmaße annehmen. Auf die Problematik der Umrechnung in die aktuelle Messepoche wird noch in Kapitel 4 genauer eingegangen.

marken verschiedener Techniken an kombinierten Stationen manchmal nicht ausreichend. So können zwar Punkte über Kontinente hinweg auf wenige Millimeter genau bestimmt werden, die letzten 20 Meter zur Nachbarreferenzmarke bedeuten aber eine nicht unbedeutende Hürde.

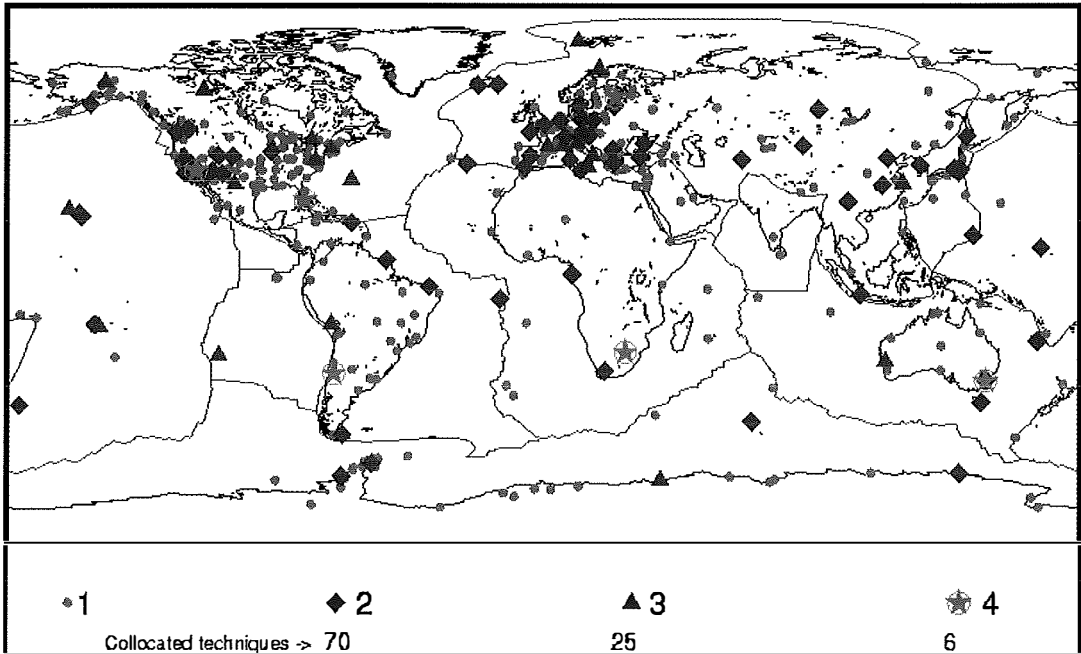


Abbildung 1: ITRF - Stationsverteilung

Die Abbildung 1 zeigt einerseits die Lage der ITRF2000 Stationen und gleichzeitig alle Stationen deren Koordinaten gleichzeitig von mehreren Raumtechniken bestimmt werden (collocated techniques). Diese Stationen sind von höchster Bedeutung, da sie erlauben systematische Fehler in der Modellierung, die jeder Technik innewohnen, aufzudecken. Es ist leicht einzusehen, dass der von verschiedenen Techniken bestimmte Bewegungsvektor einer derartigen Station im Idealfall wohl in Größe und Richtung übereinstimmen muss. Viele dieser Bewegungsvektoren, speziell von Punkten an den Plattengrenzen, zeigen heute die Grenzen des geologisch-geophysikalischen NUVEL-1A Modells auf. Es liegen somit durch die Raumtechniken heute erstmals global Bewegungsvektoren vor, die einerseits auf eine starke Fragmentierung der großen Kontinentalplatten und zudem als *Momentaufnahme* auf (erwartbare) Defizite in den gängigen Plattenbewegungsmodellen hinweisen. Unglücklicherweise ist die Qualität der lokalen Vermessung zur Bestimmung von Koordinatenunterschieden zwischen den Referenz-

Eine künftige verbesserte Version des ITRF-Koordinatenrahmens, die aus heutiger Sicht allerdings nicht vor 2004/2005 zu erwarten ist, wird sich diesem Problem verstärkt annehmen müssen.

2.1.1 International GPS Service (IGS)

Im Juni dieses Jahres feierte der IGS sein 10-jähriges Jubiläum. Die ersten Überlegungen zur Schaffung eines GPS-Bahnservices tauchten allerdings schon 1989 auf und bereits im August 1991, anlässlich der 20. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) in Wien, wurde die *Erprobung eines Dienstes zur Unterstützung von geodätischen und geophysikalischen Forschungsarbeiten durch permanente Bereitstellung der aus GPS Beobachtungen abgeleiteten Resultate beschlossen*. Der Probebetrieb startete am 21. Juni 1992, und exakt eine Woche später lagen die ersten präzisen IGS-Satellitenbahnen, abgeleitet aus Beobachtungen eines mehr oder minder globalen, 25 Stationen umfassenden Netzes vor.

Dieser Probetrieb lief übrigens an Stelle der geplanten 4 Monate bis in den Dezember 1993 und wurde am 1.1.1994 wegen permanenten Erfolges in einen offiziellen Dienst der Internationalen Geodätischen Assoziation (IAG) umgewandelt.

Der IGS wird von einem aus ca. 20 Personen bestehenden *Governing Board* geleitet. Er stützt sich heute auf über 100 assoziierte Organisationen und auf ein weltweit rund 300 Stationen umfassendes Beobachtungsnetz. Die Messdaten werden einem genau definierten Transferplan folgend meist via Internet an das nächste lokale oder globale Datenzentrum geliefert. Die globalen Datenzentren (Crustal Dynamics Data Information System (USA), Institut Geographique National (Frankreich), Scripps Institution of Oceanography (USA)) erfüllen neben Transfer- auch Datenarchivierungsaufgaben und halten eine breite Palette an Messdaten und Produkten für einen

dernten präzisen Satellitenbahnen hinaus [1]. Bevor die Ergebnisse der Analysezentren die Bezeichnung ‚IGS‘ bekommen, werden sie noch einem Kombinationsprozess und einer Qualitätskontrolle unterzogen. Diese Tätigkeit obliegt dem IGS-Analysekoordinator, der nicht nur für die tägliche Bereitstellung aller IGS-Produkte sondern auch für Weiterentwicklungen in der Datenmodellierung innerhalb des IGS verantwortlich zeichnet [2]. Die untenstehende Tabelle informiert über die derzeit angebotenen offiziellen IGS-Produkte und deren Genauigkeit. Daneben entwickelt IGS innerhalb von Studiengruppen und in meist 2-jährigen Pilot-Projekten noch weitere von den Satellitenmessungen abgeleitete Datensätze. Hier wäre als Beispiel ein Netz von präzisen Bodenstationsuhren (unter dem Begriff *Uhr* ist die Abweichung der Stationsempfängeruhr oder Satellitenuhr von GPS-Zeit zu verstehen) zur Zeitübertragung mittels GPS zu nennen.

Bezeichnung	Genauigkeit*	Verzögerung*	Frequenz	Datenintervall
Satellitenbahnen, Satellitenuhren/ GPS				
Broadcast	~260 cm/~7 ns	Echtzeit	täglich	
Ultra -Rapid	~25 cm/~5 ns	Echtzeit	12-stündlich	15 min
Rapid	5 cm/0.2 ns	17 Stunden	täglich	15 min/5 min
Final	<5 cm/0.1 ns	~13 Tage	wöchentlich	15 min/5 min
Satellitenbahnen / GLONASS [3]				
Final	30 cm	~4 Wochen	wöchentlich	15 min
Geozentrische Stationskoordinaten (ITRF)				
Final Lage/Höhe Positionen	3mm/6 mm	12 Tage	wöchentlich	Wöchentlich
Final Lage/Höhe Geschwindigkeiten	2mm/3 mm/Jahr	12 Tage	wöchentlich	Wöchentlich
Erdrotationsparameter				
Rapid Polbeweg. Tageslänge (LOD)	2 mas/0.030 ms	17 Stunden	täglich	Täglich
Final Polbeweg. Tageslänge (LOD)	0.1 mas/0.020 ms	~13 Tage	wöchentlich	Täglich
Atmosphäre				
Final Trop. Laufzeitverzögerung	4 mm	<4 Wochen	wöchentlich	2 Stunden
Ionosphärische Laufzeitverzögerung (TEC-Raster) in Entwicklung				
* unter Genauigkeit wird der mittlere Fehler einer kartesischen Koordinatenkomponente verstanden; unter Verzögerung wird die Zeitdifferenz zwischen der letzten noch in Berechnung eingeflossenen Messepoche und der Ausgabezeit des Produktes am Datencenter verstanden.				

Tabelle 1: Produkte des IGS und deren Kennzahlen

Zeitraum von mehreren Jahren meist on-line bereit. Sie sind Anlaufstelle sowohl für Nutzer als auch für die innerhalb des IGS für die Datenmodellierung verantwortlichen 8 Analysezentren. Diese Analysezentren berechnen in verschiedenen Zeitfenstern (Ultra-Rapid/Echtzeit; Rapid/nach 17 Stunden, Final/nach 14 Tagen) primär Satellitenbahnen, Satelliten- und Empfängeruhren, Stationskoordinaten und Erdrotationsparameter. Die Bandbreite der angebotenen Produkte geht heute somit weit über die 1992 gefor-

Eine weitere wichtige Funktion innerhalb des IGS kommt dem am JPL (Jet Propulsion Laboratory) angesiedelten *Central Bureau* als Organisationsstelle für die IGS-Komponenten und als Kommunikationsstelle für alle Nutzeranfragen zu. Zur höheren Akzeptanz durch die Nutzer versucht IGS natürlich alle seine Produkte in international anerkannten Standardformaten anzubieten bzw. diese Standardformate auch weiterzuentwickeln. Derzeit können faktisch alle gängigen GPS-Auswerteprogramme Messdaten über

das RINEX-Format austauschen bzw. präzise Satellitenephemeriden mittels SP3-Format einlesen. IGS hat wesentlich zur Entwicklung von RINEX und SP3 beigetragen und wird das auch in Zukunft tun. So kann das Standard-RINEX Format heute bereits Messdaten verschiedenster Satellitensysteme (GPS, GLONASS, LEOs, künftig auch GALILEO) verwalten und die neue Version des SP3-Formates (SP3c, öffentlich ab Anfang 2003) beinhaltet Genauigkeitsangaben der Ephemeriden zu jeder angegebenen Epoche und erlaubt die Unterscheidung von auf Messdaten beruhenden Satellitenpositionen und extrapolierten Ephemeriden.

Nicht zuletzt darf durchaus auch auf die österreichischen Beiträge zum IGS hingewiesen werden. Fiel die Beschlussfassung zum Probebetrieb noch durch ein wenig Zufall gerade an der Wiener IUGG Tagung 1991, so gehörte dem ersten Stationsnetz bereits das Observatorium am Lustbühel in Graz an. Die Grazer Station liefert ununterbrochen bis zum heutigen Tag GPS Messdaten an den IGS und zeichnet sich zudem durch die ebenfalls betriebene Laserstation als Station mit kombinierten Techniken aus. Doch davon mehr in Abschnitt 3.1. Seit Jänner 2001 hat IGS einen weiteren entscheidenden österreichischen Bezug. Für eine Periode von ca. 2 Jahren befindet sich der Sitz des IGS- Analysekoordinators an der Abteilung für Höhere Geodäsie der TU-Wien. Diese Funktion ist zwar einerseits mit der täglichen Sorge um die zeitgerechte Abgabe möglichst hochwertiger Produkte gepaart, erlaubt aber auch das Setzen entscheidender Impulse für kommende Entwicklungen innerhalb des IGS. Nähere Informationen über den IGS können über die IGS Central Bureau Homepage <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/> eingeholt werden.

Innerhalb der IAG wird in den kommenden Jahren dem IGS, wie auch den Diensten der anderen Weltraumverfahren (IVS¹), ILRS²) und den Schwerefelddiensten ein noch stärkeres Gewicht zukommen. Die Neustrukturierung der IAG soll im Herbst 2003 in Kraft treten. Sie sieht eine starke Vertretung der Dienste in den Entscheidungsgremien und eine direkte Anbindung an die 4 neuen Kommissionen innerhalb der IAG vor.

2.2 European Terrestrial Reference System (ETRS)

Durch die Plattentektonik ergeben sich bei Verwendung von ITRS für große Teile des euro-

päischen Kontinents jährliche Koordinatenänderungen bis zu 2,5 cm. Da diese Änderungen für viele Anwendungen nicht tragbar sind, war es daher erforderlich, ein für den europäischen Kontinent gültiges Referenzsystem zu definieren und zu realisieren. Für diese Zwecke wurde auf der IUGG (Internationale Union für Geodäsie und Geophysik) Generalversammlung 1987 in Vancouver, die EUREF Subkommission geschaffen. Diese Subkommission ist derzeit bei der IAG (Internationale Assoziation für Geodäsie), Kommission X - globale und regionale Netzwerke angesiedelt und schloss bei ihrer Gründung an die Arbeiten von RETrig (verantwortlich für das European Datum - ED, zuletzt ED87) an. Als Aufgabe für die EUREF Subkommission wurde die Entwicklung eines neuen europäischen 3-D Bezugssystems und dessen entsprechende Realisierung vorgegeben. Die Realisierung des Bezugssystems sollte folgenden Anforderungen entsprechen:

Geozentrischer Bezugsrahmen für hochgenaue geodätisch-geodynamische Projekte auf der Europäischen Platte, hochgenauer Bezugsrahmen nahe dem WGS84 gelegen, für alle Anwendungen in Geodäsie und Navigation in Europa, europaweiter Bezugsrahmen für supranationale kartographische Daten.

Aus diesen Vorgaben ergeben sich 3 unterschiedliche Gebiete von Anwendungen: Wissenschaftliche für Geodäsie und Geodynamik, technische für die nationalen Vermessungsverwaltungen, praktische für Positionierung und Navigation.

Auf dem EUREF Symposium in Florenz, 1990, wurde folgende Resolution angenommen, mit der das ETRS definiert wurde:

...EUREF empfiehlt als ETRS jenes System anzunehmen, welches mit ITRS zur Epoche 1989.0 ident und fix mit dem stabilen Teil der Eurasischen Platte verbunden ist. Dieses System wird als ETRS89 bezeichnet. Als Folge dieser Definition rotiert ETRS89 mit dem stabilen Teil von Europa, und die Beziehungen zwischen den Punkten auf diesem stabilen Teil der Eurasischen Platte bleiben unverändert [4].

2.2.1 European Reference Frame (EUREF)

Die erste Realisierung von ETRS89 erfolgte im Frühjahr 1989, wobei ein Subset von SLR und VLBI Stationen aus ITRF89 verwendet wurde. Für eine stufenweise weitere Verdichtung wur-

1) International VLBI Service

2) International Laser Service

den GPS-Kampagnen organisiert, deren Ziel es war hochgenaue geodätische Referenzpunkte zu schaffen. Die ersten Verdichtungsmessungen erfolgten bereits 1989, wobei 92 Stationen inkludiert wurden, davon etwa ein Dutzend GPS-Permanentstationen. Diese erste Verdichtung von ETRS89 hatte eine Genauigkeit von $\pm 4,3$ cm in der Lage und $\pm 6,2$ cm in der Höhe. Im Vergleich zu dem vorher verwendeten ED87 eine wesentliche 3D-Verbesserung. Für viele internationale Aufgabenstellungen war diese Genauigkeit ausreichend; d.h. die ETRF89 Koordinatensätze wurden sehr bald für praktische Anwendungen verwendet [5].

Für das am Beginn der 90-er Jahre immer stärker zum Einsatz kommende GPS-Messverfahren war es erforderlich, dichtere GPS Grundnetze zu schaffen um hochgenaue Anbindepunkte im Sinne einer hierarchischen Netzstruktur zur Verfügung stellen zu können. Es wurden daher in den Jahren 1990 bis 1999 24 GPS-Kampagnen mit 146 Punkten von der Technischen Arbeitsgruppe (TWG) der EUREF-Subkommission begutachtet und als den Regeln entsprechend akzeptiert. Im Sinne von Qualitätskriterien wurde auch eine Klassifikation durch die TWG für die begutachteten Stationen eingeführt:

- CLASS A (± 1 cm, unabhängig von der Epoche) - nur für Permanentstationen erreichbar,
- CLASS B (± 1 cm, für eine 1 spezielle Epoche) – für GPS-Kampagnen ab 1993,
- CLASS C (± 5 cm, für eine 1 spezielle Epoche) – für GPS-Kampagnen von 1989 bis 1992.

In Österreich wurde dieser Schritt der Verdichtung von ETRF89 mit Messungen aus den Jahren 1994 und 1995 getan. Die Ergebnisse wurden auch international als EUREF-A94/95 Lösung bestätigt [6]. Diese immer noch gültige EUREF-A Lösung aus 1996 besteht aus 11 Punkten, von denen es sich bei 3 Stationen um GPS-Permanentstationen handelt, und die restlichen 8 Stationen GPS-Epochenstationen darstellen. Eine weitere Verdichtung von EUREF-A94/95 auf nationaler Ebene erfolgte durch die GPS-Netze AGREF - Austrian Geodynamic Reference Frame [7] und durch AREF - Austrian Reference Frame [8].

Bei den derzeit stattfindenden Arbeiten zur Erstellung von nationalen EUREF-Netzen geht die Tendenz in Richtung einer Verbesserung der bestehenden Netze, jedoch kaum in Richtung einer Verdichtung. Dichtere Netze werden nicht mehr

als Bestandteil von EUREF akzeptiert, da es pro Land eine zahlenmäßige Beschränkung gibt.

Im Laufe der Jahre zeigte es sich, dass das Konzept der unveränderlichen Koordinaten nicht zu realisieren war. Für Anwender, die eine Genauigkeit von besser als 5 cm benötigen, sind die Veränderungen der Koordinaten der ersten Realisierung von ETRS (1989) gegenüber den neuesten Realisierungen von ETRS nicht vernachlässigbar. Zusammengefasst beeinflussen folgende Parameter die Realisierung von ETRF:

- GPS-Konstellation (wesentliche Verbesserung nach 1989)
- Lagerung und Orientierung der Realisierung ITRF und damit ETRF
- Verbesserung der Modellierungen der Satellitenbahnen, Troposphäre und Ionosphäre
- Qualitätssteigerung der GPS-Empfänger und verbesserte Antennenmodelle
- Verdichtung des Netzes und Erhöhung der Anzahl der Referenzstationen
- Fehler in Referenzstationen
- Eigenbewegungen von Teilen der Eurasischen Platte
- Fehler im Rotationsmodell der Eurasischen Platte

Alle diese Einflüsse bewirken, dass seit 1989 die Genauigkeit der Realisierung von ETRS gestiegen ist sowie, dass auch systematische Veränderungen stattgefunden haben. Deshalb sind die verschiedenen ETRFyy nicht ident und die Koordinaten der eingerechneten Punkte ebenfalls nicht ident. Ein Punkt, der in mehreren Kampagnen gemessen wurde, muss möglicherweise im Laufe der Jahre neue Koordinaten bekommen. Derzeit sind die Toleranzen mit 2–3 cm in der Lage und 4–5 cm in der Höhe relativ hoch und liegen weit über der Messgenauigkeit. Die allgemeinen Veränderungen werden durch Transformationsformeln beschrieben, die auf die berechneten Koordinaten anzuwenden sind (siehe 4.1.2). Trotz der heute wesentlich genaueren Bestimmungsmöglichkeiten für 3-D Koordinaten wird grundsätzlich an den Ergebnissen von ETRF89 festgehalten.

2.2.2 EUREF Permanent Network (EPN)

Die Notwendigkeit eine ständig verfügbare Realisierung von ETRS89 zu besitzen, führte 1995 unter der Leitung der EUREF-Subkommission zur Ausbildung des EPN. Zu diesem wurde ein Großteil der damals bestehenden GPS-Per-

1) EUREF-Subkommission: Derzeit innerhalb der Sektion I der Kommission X (globale und regionale Netze) der IAG (International Association of Geodesy)

manentstationen verknüpft. Der Sinn der Zusammenfassung der GPS-Permanentstationen besteht in homogener Koordinatenbestimmung, Gewährleistung von Qualitätsstandards, frühestmöglicher Fehlererkennung.

Derzeit sind mehr als 30 Institutionen mit über 140 GPS-Referenzstationen am EPN beteiligt, was die hohe Akzeptanz belegt. Der Andrang war und ist so groß, dass eine Zulassungsbeschränkung erlassen werden musste. Derzeit werden nur neue Stationen zugelassen, wenn innerhalb von 300 km keine zugelassene Station existiert. D. h., dass nur für wenige Staaten (Griechenland, Großbritannien, Russland, Weißrussland, Nordafrika, Vorderer Orient) eine weitere

Verdichtung möglich ist. Alle anderen Bewerber müssen für Spezialprojekte interessante GPS-Stationen einbringen und dafür zusätzliche Verpflichtungen eingehen. Derzeit sind folgende Spezialprojekte aus dem Bereich EPN und IGS definiert:

- *Troposphere Parameter Estimation* (Schätzung des Wasserdampfgehaltes der Troposphäre für schnelle Wettervorhersage und langfristige Klimatologie),
- *EPN time series monitoring* (Bestimmung der Veränderungen der Koordinaten, Trennung in periodische, systematische und sonstige Einflüsse),
- *zusätzliche Messsensoren* wie z.B. Laser, Gezeitenstation, VLBI, (in Zukunft auch Galileo).

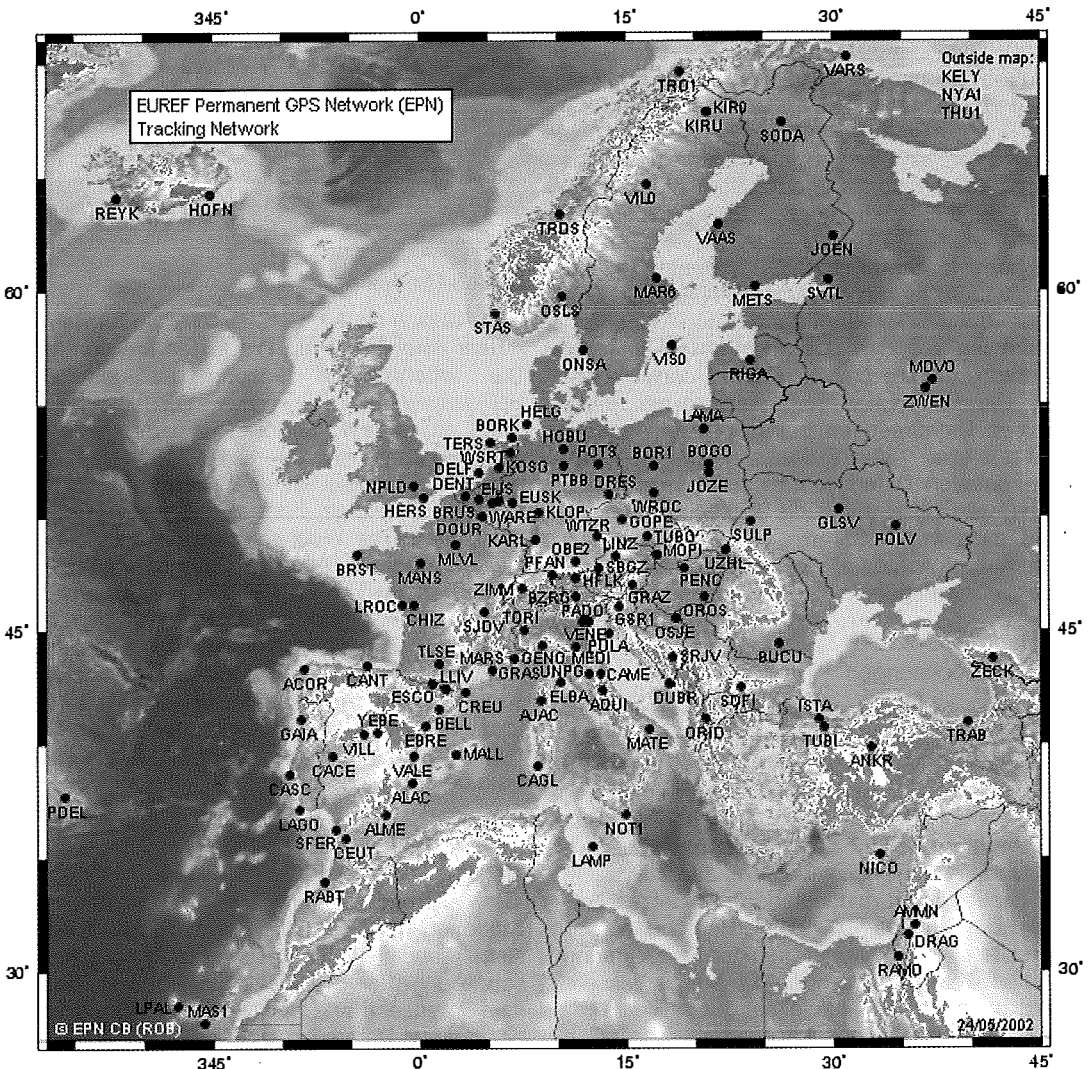


Abbildung 2: EPN Stationsverteilung

Neben dem Kriterium einer homogenen Stationsverteilung müssen die am EPN beteiligten Stationen auch hinsichtlich Stationsaufbau, Stationsausrüstung, Datenlieferung, Dokumentation von Veränderungen, genau definierte Vorgaben erfüllen.

2.2.2.1 Datenlieferung

Von allen Stationen wird erwartet, dass sie zumindest täglich GPS-Messdaten in der geforderten Qualität (Zweifrequenzmessungen, Intervall 30 Sekunden) liefern und bei Teilnahme an Spezialprojekten zusätzlich die geforderten Bedingungen erfüllen. Die Daten werden an 7 lokale Datenzentren geliefert (u.a. Observatorium Lustbühl Graz - OLG). Diese lokalen Datenzentren liefern die Daten nach formaler Kontrolle an das zentrale Datenzentrum des BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) in Frankfurt/Main (ftp-server igs.ifag.de). Die Daten liegen im üblichen Format RINEX (Receiver Independent Exchange) vor, sind wegen ihrer Größe allerdings doppelt komprimiert. Die doppelte Kompression bewirkt eine Reduktion der täglichen Daten von ca. 2MB auf 0,3MB und spart daher Massenspeicherplatz. Statt mit 102GB kommt man jährlich mit 15GB für das gesamte EPN aus. Der Benutzer, der seine benötigten Daten ohne Beschränkung von den Datenzentren herunter laden kann, reduziert seine Kosten damit ebenfalls. Die Wichtigkeit und Komplexität diese enormen Datenmengen permanent und zeitgerecht aus allen Teilen Europas zu sammeln und dem zentralen Datenzentrum zur Verfügung zu stellen, wird auch durch die Tatsache unterstrichen, dass vom EPN ein eigener „data flow coordinator“ aufgestellt wurde, um diese Aufgabe zu bewältigen.

2.2.2.2 Berechnungen

Die Berechnungen werden von 15 lokalen Rechenzentren ausgeführt, darunter auch das Rechenzentrum OLG, welches von ÖAW und BEV gemeinsam betrieben wird. Diese Rechenzentren berechnen jeweils Teilnetze, wobei für eine Berechnung jeweils 7 aufeinanderfolgende 24 h Messungen verwendet werden. Jede einzelne EPN Station ist in mindestens 3 Teilnetzen enthalten. Durch diese redundante Berechnung soll einerseits die Anzahl unentdeckter Fehler gering gehalten werden und andererseits eine bessere Abschätzung der Genauigkeit durch Vergleich der Teillösungen ermöglicht werden. Zusätzlich werden zwei verschiedene Softwarepakete zur Auswertung verwendet (Bernese Software

Package, GIPSY), um dadurch softwarespezifische Eigenheiten zu reduzieren [9].

Die Lösungen der Teilnetze werden danach zu einem gesamten EPN-Netz vereinigt. Zur Bestimmung von ETRS89 Koordinaten werden aus der Fülle der derzeit ca. 140 Stationen, 12 besonders zuverlässige und gut verteilte Stationen ausgewählt, die auch im ITRF enthalten sind. Die Koordinaten dieser 12 ITRF Stationen (u.a. auch GRAZ) werden aus dem letztgültigen ITRF (dzt. ITRF2000) übernommen und festgehalten. Änderungen in den Stationskoordinaten werden in einer begleitenden Netzdiagnose registriert, analysiert, und dem Stationsbetreiber mitgeteilt.

Wie unter 2.2.1 angeführt, handelt es sich bei den Koordinatenänderungen nicht nur um lokale Effekte, sondern auch um Veränderungen, die sich aus Verbesserungen des gesamten Systems ergeben. Diese Veränderungen sind gut dokumentiert, womit ältere Bestimmungen von ETRF durch eine Transformation in die derzeit beste überführt werden können. Die Veränderungen sind je nach Alter in der Größenordnung von 20 bis 5 mm und werden immer geringer.

2.2.2.3 Produkte

Zusätzlich zu den GPS-Daten sind für den Benutzer eine Reihe von Produkten frei verfügbar. Die wöchentliche Lösung ist als Datei EURwww7.SNX (www = GPS-Woche von 1980 an gezählt, Sonntag-Samstag) verfügbar und wird durch eine Übersicht EURwww7.SUM ergänzt. Die Datei ist im SINEX (Solution Independent Exchange)-Format angegeben und klar strukturiert. Die Wochenlösung enthält die offiziellen Koordinaten der Permanentstationen, derzeit im System ITRF2000 zur aktuellen Epoche. Zusätzlich sind für Interessierte Diagramme über die zeitlichen Variationen der Koordinaten jeder Station verfügbar, die auf den Wochenlösungen basieren. Ausführliche Informationen und Zugriff zu den Produkten und Verzweigungen sind unter der Adresse <http://www.epncb.oma.be> erhältlich.

2.2.2.4 Beitrag Österreichs

In Österreich befinden sich derzeit fünf EPN-Stationen (GRAZ, HFLK, LINZ, PFAN, SBGZ – siehe Tabelle 3), die auch am Projekt für die schnelle Wettervorhersage beteiligt sind. Das lokale Datenzentrum OLG (ftp-server olggps.oeaw.ac.at) bietet Daten von 16 EPN-Stationen an. Zusätzlich werden die RINEX-Dateien des BKG gespiegelt, um bei dessen Ausfall als Datenzen-

trum einspringen zu können. Das Auswertezentrum OLG verwertet wöchentlich ca. 40 EPN-Stationen zwischen Nordkap und Israel zu einer von 15 Teillösungen. Aufbauend auf EPN-Stationen werden wöchentliche Lösungen für die Untersuchung tektonischer Bewegungen in Mitteleuropa – Projekt CERGOP (Zwischen Ostsee und Mittelmeer) – und für das Ostmittelmeer (Balkan, Anatolien, Kaukasus, Vorderer Orient) erzeugt [10].

Weiters wird der unter Punkt 2.2.2.1 angeführte „data flow coordinator“ derzeit von Österreich gestellt (BEV).

3. GPS Referenzstationen in Österreich

3.1 Fundamentalstation Graz Lustbühel

Seit nunmehr 35 Jahren werden am Observatorium Graz Lustbühel Satellitenmessungen durchgeführt, erst über optische Methoden, später über Dopplermessungen (1975–1984). 1979 begann der Aufbau der Laserstation, welche im Herbst 1982 in Betrieb genommen wurde und auf Anhieb das Prädikat „beste europäische Station“ in Anspruch nehmen konnte. Ständige Innovationen konnten diesen Standard nicht nur erhalten sondern sogar erweitern. Graz verfügt derzeit über eine der genauesten Laserstationen weltweit und setzt Maßstäbe für technologische Weiterentwicklungen.

Im Anschluss an die Macrometer Messungen wurde 1986 der erste GPS-Empfänger Österreichs (TI-4100) angekauft und für Messkampagnen in Mitteleuropa sowie auch für die EUREF-Urmessungen 1989 eingesetzt. 1991 wurde die erste österreichische GPS-Station nach aufwendigen Bemühungen zur Automatisierung des Messablaufes in Betrieb genommen. Seit Juni 1992 beteiligt sich Lustbühel mit Permanentmessungen (neuer Empfänger Minirogue) an IGS (Pilotbetrieb bis Ende 1993), 1996 wurde der Empfänger durch einen Turborogue und 2001 durch einen Ashtech -µZ ersetzt. Seit 1998 werden auch GLONASS-Daten (Ashtech-Z18) zur Verfügung gestellt. Regelmäßig durchgeführte Absolutschweremessungen ergänzen das Programm der österreichischen Fundamentalstation, welche als ein Referenzpunkt für nationale GPS-Netze dient.

3.2 GPS-Referenzstationen zur Kontrolle des österreichischen Bezugsrahmens (GPS Grundnetz)

Ab Mitte der 90-er Jahre wurde in Österreich mit dem Aufbau weiterer GPS-Referenzstationen begonnen: 1994 Hafelekar, 1995 Patscherkofel, 1996 Wien und 1997 Pfänder. Die Auswahl des Gebietes für den Aufbau dieser Stationen erfolgte am Beginn nach unterschiedlichen Motiven wie lokale Geodynamik, Teilnahme an internationalen Projekten (IDNDR - International De-

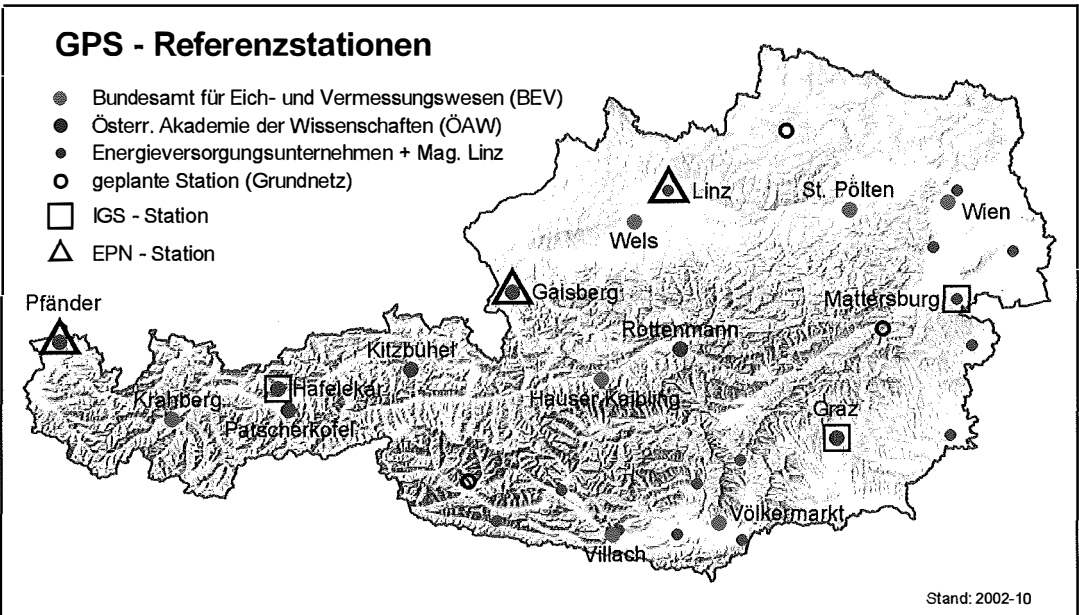


Abbildung 3: GPS-Referenzstationen in Österreich

cade for Natural Disaster Reduction),... Um im Bereich der übergeordneten GPS-Referenzstationen keinen Wildwuchs entstehen zu lassen, wurde 1997 ein Konzept erstellt, welches vorsah, dass das BEV und die ÖAW den Aufbau von GPS-Referenzstationen aufeinander abstimmen. Nach diesem Konzept sollte kein Punkt in Österreich weiter als 100 km von einer GPS-Referenzstation entfernt sein und gleichzeitig sollten alle wichtigen tektonischen Zonen erfasst werden. Um diese Vorgaben einhalten zu können, sind 17 – 18 Stationen erforderlich. Von diesen Stationen sind zur Zeit (September 2002) 14 Stationen in Betrieb. Weitere 3 Stationen werden bis Ende 2003 verfügbar sein. Die primäre Zielsetzung dieser Stationen ist die Überwachung der Stabilität des Bezugsrahmens. An ausgewählten Punkten der Erdoberfläche erfolgt eine permanente Kontrolle ob großräumige Veränderungen auftreten. International werden diese Messungen als „Class A“ Standard qualifiziert, was eine reproduzierbare Genauigkeit in der 3D-Position von besser als ± 1 cm bedeutet. Die Daten dieser Stationen stehen neben der o.a. Aufgabe der Systemüberwachung aber auch für andere internationale und nationale Aufgaben zur Verfügung (siehe Punkt 3.2.2).

3.2.1 Stationsaufbau

Die GPS-Referenzstationen von BEV und ÖAW sind weitgehend einheitlich aufgebaut:

- Antennensteher auf Betonfundament aus einem verzinkten Metallrohr als Träger der Radomkuppel,
- Radomkuppel (Konstruktion GRAZ),
- Stahlstange im Rohr als Antennenträger im Fels verankert (nur bei Stationen im anstehenden Fels),
- 2-Frequenz GPS-Empfänger mit Dornier Margolin Choke Ring Antenne,
- PC mit Referenzstationssoftware,
- USV zur Überbrückung von Stromausfällen (2–30 h),
- 1–2 ISDN-Basisanschlüsse (je 2x64 kbit) als Wählleitungen,
- Schutzeinrichtungen gegen Blitzschlag und Überspannungen.

3.2.2 Datentransfer/Datenspeicherung/Datenabgabe

Der Transfer von komprimierten RINEX Daten ist in zwei Teile gesplittet:

- Regelmäßiger Datentransfer für nationale und für internationale Aufgaben (System- und Kontrollberechnungen),
- Datenabfrage für Kundenanfragen.

Der Datentransfer erfolgt in komprimierten 1h-Paketen (Datenintervall 30 sec für übergeordnete Arbeiten wie Kontrollrechnungen). Das Datenintervall für Kundenanfragen variiert zwischen 1 sec und 30 sec. Neben GPS Messdaten werden auch für wissenschaftliche Untersuchungen von ausgewählten Messstationen Zustandsgrößen der Atmosphäre ermittelt und weitergeleitet (Temperatur, Druck, Feuchte).

Die Speicherung der Daten im RINEX-Format erfolgt langfristig auf Datenträgern (MO, CD, DVD). Derzeit ist nur eine auf 30 sec ausgedünnte Speicherung der Daten vorgesehen, Daten im Sekundentakt werden nach einigen Monaten gelöscht. Die 1 sec Daten sind zumindest für die letzten 100 Tage online verfügbar. Die Daten sind auf ihre formale Verwendbarkeit geprüft.

1 sec RINEX-Daten für die letzten 100 Tage können von folgenden Adressen bezogen werden. BEV: kundenservice@bev.gv.at, ÖAW: Bestellung: <http://gps.iwf.oeaw.ac.at/rinex.htm>, Abholung: <ftp://olggps.oeaw.ac.at/pub/service/daten>.

30-sec RINEX Daten der letzten 1–2 Jahre können online unter <ftp://geols01.iwf.oeaw.ac.at> oder <http://gps.iwf.oeaw.ac.at> (-> Data Center->pub/savedata) für alle o.a. Stationen abgerufen werden.

3.2.3 Kontrollarbeiten

Die Kontrolle der einzelnen GPS-Referenzstationen wird teilautomatisiert von den jeweiligen Zentralen (BEV: Wien, ÖAW: Graz) durchgeführt. Diese Kontrolle umfasst die laufend aufgezeichneten Daten in Hinblick auf Vollständigkeit und Qualität. Mittels RAS-Dienst (Remote Access Service – Fernwartungstool) wird die Pflege und Wartung der Stationen ausgeführt. Für diese Arbeiten stehen die o.a. Wählleitungen zur Verfügung.

Neben der unmittelbaren Kontrolle der aufgezeichneten Daten sowie der Funktionsfähigkeit der Stationssoftware, wird auch routinemäßig die Stabilität der Stationen kontrolliert.

Die Auswertung der Beobachtungen erfolgt ca. zwei Wochen nach Abschluss der GPS-Woche im Wochenrhythmus. Dazu wird ein Netz aus den o.a. 14 Stationen gebildet und als freies Netz ausgeglichen. Der Systembezug zu ITRF ist durch die Koordinaten der IGS-Station GRAZ und durch die Verwendung der präzisen IGS-orbits gegeben. Die Wiederholgenauigkeit der semi-automatischen Auswertung mit der Berner Software (derzeit Version 4.2, Bernese Processing Engine BPE) liegt derzeit bei einigen Millimetern in der Lage, in der Höhe zwischen 5 und 10 mm. Änderungen in der Lage von mehr als

10 mm und in der Höhe von mehr als 20 mm werden manuell auf Fehlerquellen untersucht. Mindestens einmal jährlich wird die Zeitreihe der Stationen auf saisonale und längerfristige Veränderungen untersucht. Eine signifikante Eigenbewegung ließ sich bisher nur bei der Station Hafelekar feststellen, deren Ursache untersucht wird. Die saisonale Bewegung in Nord-Süd-Richtung beträgt maximal ± 10 mm. Manche abrupten Höhenänderungen können auf ungenügende Modellierung bei extremen Wetterbedingungen (Starke Fronten, ausgedehnte Inversionslagen) hindeuten.

Die o. a. Qualität des GPS-Grundnetzes liegt somit etwas über dem internationalen Standard, vor allem wegen der geringen Ausdehnung des Netzes, der Lage in mittleren Breiten und der Kürze der Stationsentfernungen. Der internationale Bezug ist durch die Anbindung an die IGS Station GRAZ gegeben.

Neben diesen unmittelbaren Kontrollarbeiten ist auch die Führung entsprechender Logsheets für

jede GPS-Referenzstation ein wichtiger Bestandteil in der Betreuung der Stationen. Jede Veränderung in der Stationsausrüstung ist genau aufzuzeichnen, um eventuelle Änderungen in den Stationskoordinaten zuordnen zu können (z. B. Antennenwechsel, Antennenkabelwechsel,...).

3.2.4 Einsatzbereiche der GPS-Referenzstationsdaten

BEV: Die aufgezeichneten RINEX-Daten werden weitgehend für interne Anwendungen eingesetzt, u.a. für:

- Grundlagenvermessungen: Erneuerung des Festpunktfeldes,
- Photogrammetrie: Bestimmung des Aufnahmezentrums der Photokamera,
- Digitales Landschaftsmodell: Bestimmung von Verkehrswegen

Im Jahr 2001 wurden ca. 2,2 GB an Messdaten für die internen Anwendungen bereitgestellt.

ÖAW: 1-sec Daten für Befliegungen (ca. 10 GB)

Ort	Wien	Villach	St. Pölten	Hauser Kaibl	Völkermarkt	Kraiberg	Wels
CODE	WIEN	VLCH	STPO	HKBL	VLKM	KRBG	WELS
DOMES No.	11035S001	11036S001	11041S001	11039S001	11040S001	11043S001	
Gerät	LEICA SR520	Trimble 4000	Trimble 4000	LeicaSR9500	LeicaSR9500	LeicaSR520	LeicaSR520
Antenne	LEIAT504	TRM29659.0	TRM29659.0	LEIAT504	LEIAT504	LEIAT504	LEIAT504
seit	1996	1998	1999	2000	2001	2001	2001
φ	48° 13' 08"	46° 36' 25"	48° 12' 11"	47° 22' 38"	46° 39' 41"	47° 08' 46"	48° 09' 30"
λ	16° 22' 23"	13° 51' 02"	15° 37' 59"	13° 46' 17"	14° 37' 34"	10° 37' 36"	14° 01' 15"
h (ell.)	244	342	342	1919	527	2258	390

Tabelle 2: GPS-Referenzstationen des BEV (φ , λ , h: ITRF)

Ort	Graz-1	Graz-2	Hafelekar	Patscherkofel
CODE	GRAZ	GRAB	HFLK	PATK
DOMES No.	11001M002	11001M004	11006S003	11029S001
Gerät	Ashtech UZ-12	Ashtech Z18	Trimble 4000SSI	Trimble 4000SSI
Antenne	ASH701945C_M	ASH701073.1	TRM29659.0	TRM29659.0
seit	1992	1998	1994	1995
φ	47° 04' 01"	47° 04' 01"	47° 18' 46"	47° 12' 29"
λ	15° 29' 36"	15° 29' 36"	11° 23' 10"	11° 27' 37"
h (ell.)	538	538	2384	2299

Ort	Pfänder	Salzburg	Rottenmann	Kitzbühel
CODE	PFAN	SBGZ	RTMN	KTZB
DOMES No.	11005S002	11031S001	11037S001	11038S001
Gerät	Trimble 4000SSI	Trimble 4000SSI	ASHTECH Z18	ASHTECH UZ-12
Antenne	TRM29659.0	TRM29659.0	ASH701073.1	ASH701945C_M
seit	1997	1998	1999	2002
φ	47° 30' 55"	47° 48' 12"	47° 31' 29"	47° 25' 10"
λ	09° 47' 05"	13° 06' 38"	14° 20' 36"	12° 21' 37"
h (ell.)	1090	1324	715	1802

Tabelle 3: GPS-Referenzstationen der ÖAW (φ , λ , h: ITRF)

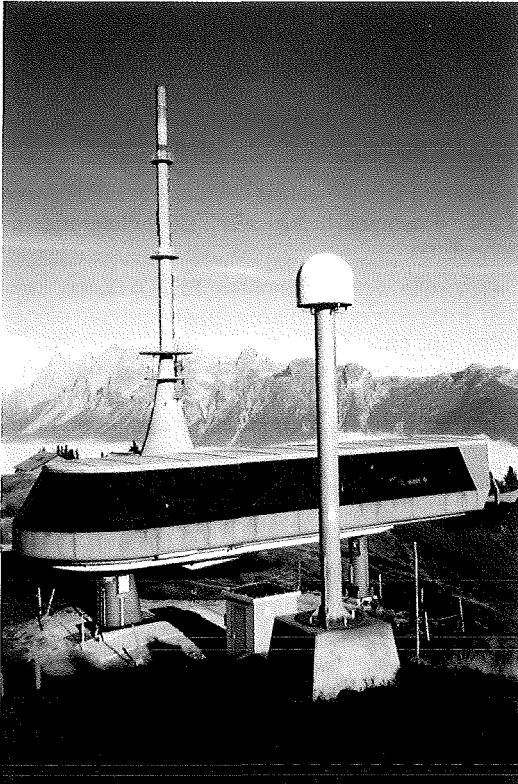


Abbildung 4: GPS-Referenzstation Hauser Kaibling

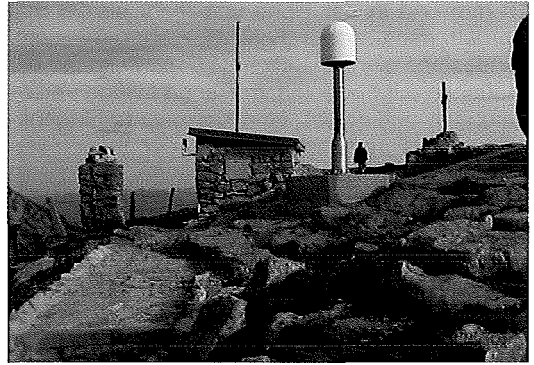


Abbildung 5: GPS-Referenzstation Hafelekar

3.3 Regionale Referenzstationsnetze in Österreich

Während sich die Aufgaben der Realisierung des ETRS und der Überwachung tektonisch aktiver Zonen mit einer Anzahl von 18 über Österreich verteilten GPS-Referenzstationen gut erfüllen lässt, ist diese Zahl für die Anbindung geodätischer Netze mittels kurzzeit-statischer (rapid-static) Messungen oder für die Punktbestimmung in Echtzeit noch nicht ausreichend. Zur Basislinienauswertung für kurzzeit-statische Messungen über Distanzen von bis zu 15km ist eine geeignete Verdichtung des ETRF -Rahmens in diesen Abstandsbereich vorzusehen, für die

Ort	Mattersburg	Neusiedl	Oberpullend.	Güssing	Linz	Wien/Leop.	Baden
CODE	MTBG	NEUS	OBBER	GUES	LINZ	LEOP	BADE
DOMES No.	11030M001				11033S001		
Gerät	JPS Legacy	JPS Legacy	JPS Legacy	JPS Legacy	LeicaSR9500	JPS Legacy	JPS Legacy
Antenne	JPSREGANT	JPSREGANT	JPSREGANT	JPSREGANT	LEIAT504	JPSREGANT	JPSREGANT
seit	1997	1997	1997	1997	2001	2002	2002
φ	47° 44' 16"	47° 57' 38"	47° 30' 22"	47° 04' 27"	48° 18' 35"	48° 16' 19"	48° 00' 03"
λ	16° 24' 15"	16° 50' 12"	16° 30' 28"	16° 19' 09"	14° 16' 59"	16° 25' 11"	16° 14' 51"
h (ell.)	294	224	308	282	337	223	283

Tabelle 4: GPS-Referenzstationen des Mag. Linz, BEWAG, Wienstrom (φ , λ , h: ITRF)

Ort	Bleiburg	Klagenfurt	Koetschach	Landskron	St.Leonhard	Lieserhofen	Treibach
CODE	BLEI	KLAG	KOET	LANK	LEON	LIES	TREI
DOMES No.							
Gerät	JPS Legacy	JPS Legacy	JPS Legacy	JPS Legacy	JPS Legacy	JPS Legacy	JPS Legacy
Antenne	JPSREGANT	JPSREGANT	JPSREGANT	JPSREGANT	JPSREGANT	JPSREGANT	JPSREGANT
seit	2000	2000	2001	2000	2000	2001	2001
φ	46° 35' 23"	46° 36' 25"	46° 40' 27"	46° 37' 51"	46° 58' 15"	46° 49' 48"	46° 51' 39"
λ	14° 47' 38"	14° 19' 10"	13° 00' 34"	13° 53' 34"	14° 47' 09"	13° 28' 36"	14° 27' 50"
h (ell.)	538	500	756	581	527	689	671

Tabelle 5: GPS-Referenzstationen der KELAG (φ , λ , h: ITRF)

Echtzeitpositionierung wäre ein dichtes Referenzstationsnetz mit Stationsabständen von 40–60 km optimal. Aus diesem Grund wurde der AGREF/AREF Rahmen bereits in einigen Bundesländern durch das BEV, Landesvermessungsbehörden und Vermessungsbefugte passend verdichtet. Im Bereich der Referenzstationen gab es eine ähnliche Entwicklung. In chronologischer Folge ihrer Errichtung gibt es heute aktive GPS/GLONASS Referenzstationsnetze im Burgenland (4 Stationen; Betreiber BEWAG; seit 1998), in Kärnten (8 Stationen; Betreiber KELAG; seit 2000) und auch im Bereich Wien (2 Stationen; Betreiber Wienstrom; ab Ende 2002). Zusätzlich ist eine GPS-Referenzstation im Magistrat Linz seit dem Vorjahr in Betrieb.

Da sich dieser Artikel vorrangig mit der Anlage und Verteilung der Stationen sowie mit deren Daten-Verfügbarkeit für die Postprocessing Auswertung beschäftigt, werden wir im Folgenden das Kapitel Echtzeitanwendungen ausklammern. Die Tabellen 4 und 5 geben eine Zusammenstellung der Lage und der Ausrüstung der jeweiligen Station. Alle Stationen sind mit geodätischen 2-Frequenzempfängern und den zugehörigen GPS-Antennen ausgestattet. Messdaten dieser Stationen werden ebenfalls laufend in Hinblick auf Vollständigkeit und Qualität in Wien und Graz geprüft. Die Daten stehen auf Anfrage mit einer Verzögerung von 1–2 Tagen (abhängig von der Station) im komprimierten RINEX Format am Server der Abteilung Höhere Geodäsie der TU-Wien oder am Datencenter des Observatoriums Lustbühl (Stationen MTBG, GUES, LINZ, KOET) zur Verfügung.

4. Systemübergänge

4.1 Zielsetzungen – internationale Vorgaben

Das Arbeiten mit GPS brachte eine Vielfalt neuer Systembezeichnungen mit sich, die nicht immer ganz leicht auseinander zu halten sind: WGS84, ITRFyy (z. B.: die neueste Version ITRF2000), ETRFyy. Zu beachten sind auch noch die Epochen auf die sich diese Systeme beziehen. Nicht für alle Arbeiten ist die Kenntnis der Definition und der Unterschiede dieser Begriffe erforderlich. Um jedoch Messungen mit GPS und die daraus abgeleiteten 3D-Koordinaten konsistent in Datenbanken zu speichern, ist die Kenntnis dieser Systeme und der Zusammenhänge zwischen den Systemen Voraussetzung für einwandfreies Arbeiten. Wichtig ist nicht

immer im gleichen System mit den gleichen Ausgangspunkten zu arbeiten, wichtig ist zu wissen, in welchem System die Ergebnisse anfallen und auf welche Epoche sie sich beziehen. Ziel sollte jedoch die Speicherung der Ergebnisse in einem einheitlichen Koordinatensystem für eine einzige Epoche sein. Damit ist dann die Möglichkeit gegeben, bei Bedarf auch in andere 3-D Koordinatensysteme umzurechnen.

Am „Spatial Reference Workshop“ in Marne-la-Vallée, November 1999, an dem wichtige europäischen Vertreter von EUROSTAT, EUROCONTROL, Open GIS Consortium, EUREFF, CERCO (heute Eurogeographics) und ISO&CEN teilnahmen, wurden u. a. folgende Empfehlungen an die Europäische Kommission abgegeben:

- Adaptierung von ETRS89 als geodätisches Datum für die Georeferenzierung im Bereich der EU,
- Angabe von Positionen in geografischen Koordinaten,
- Verwendung von EUVN¹ und UELN² für die Definition von Höhen unter Berücksichtigung von Schwerewerten,
- Verwendung von einheitlichen Kartenprojektionen, abhängig vom Kartenmasstab (transversale Mercator-, Lambertsche konische- und Lambertsche azimutale Projektion).

D. h., dass für internationale Projekte die oben angeführten Vorgaben eingeführt werden sollen. Besonders im GIS Bereich oder für länderübergreifende Kartendarstellungen (z. B. administrative Grenzen der EU-Staaten) werden diese Bezugssysteme und Kartenprojektionen bereits verwendet. In Österreich werden mit den Arbeiten zur Homogenisierung (Neurechnung) des Lagefestpunktfeldes ebenfalls die Voraussetzungen für den homogenen Übergang in das ETRS89 geschaffen und damit ETRS89 als österreichisches Zielsystem vorgegeben.

4.1.1 ITRF

Für großräumige Vermessungen, die auch eine hohe Genauigkeit ergeben sollen, sind die von IGS produzierten präzisen Satellitenbahnen (precise ephemerides) zu verwenden. Für die Auswertung ist es auch erforderlich einen oder mehrere Referenzpunkte mit gegebenen ITRF2000 Koordinaten mit einzubeziehen. In der letzten Realisierung ITRF2000 sind in Österreich die Koordinaten von GRAZ, HFLK, PFAN und SBGZ angegeben. In der Umgebung von Österreich liegen

1) EUVN: European Vertical reference Network

2) UELN: United European Levelling Network

die Stationen ZIMM (Zimmerwald/CH), WTZR (Wetzell/D), PENC (Penc/H) und GOPE (Pecny/CZ) mit ITRF2000 Koordinaten.

Die ITRF2000 Koordinaten beziehen sich auf die Epoche 1997.0. Diese Koordinaten müssen mit den Stationsgeschwindigkeiten auf die aktuelle Messepoche umgerechnet werden. Die Stationen PFAN (Bregenz/Pfänder) und SBGZ (Salzburg/Gaisberg) weisen allerdings in der ITRF2000 Lösung eine geringere Genauigkeit auf als die anderen angeführten Punkte (Koordinatensprung durch defekte Antenne für PFAN; zu kurze Beobachtungszeit für SBGZ), daher ist deren Verwendung kritisch zu beurteilen.

$$\begin{pmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X(t_0) \\ Y(t_0) \\ Z(t_0) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} \cdot (t - t_0)$$

$X(t), Y(t), Z(t)$... ITRF2000 Koordinaten zur aktuellen Epoche t ,

$X(t_0), Y(t_0), Z(t_0)$... ITRF2000 Koordinaten zur Epoche 1997.0

t ... aktuelle Epoche, z.B. 2003.0

t_0 ... Epoche von ITRF2000, 1997.0

v_x, v_y, v_z ... Stationsgeschwindigkeiten im ITRF2000

Koordinaten und Geschwindigkeiten sind im Internet unter <http://lareg.ign.fr/ITRF/ITRF2000> zu finden. Die auf diese Art berechneten Koordinaten beziehen sich auf ITRF2000 zur Epoche t und können in jedes anderes System zu jeder Epoche umgerechnet werden.

4.1.2 ETRF89

Der Übergang von ITRF2000 zu ETRF89 wird durch eine Helmert-Transformation mit zeitlich abhängigen Parametern beschrieben [11]:

$$\begin{pmatrix} X_E(t) \\ Y_E(t) \\ Z_E(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & -dR_3/dt & dR_2/dt \\ dR_3/dt & 0 & -dR_1/dt \\ -dR_2/dt & dR_1/dt & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X(t) \\ Y(t) \\ Z(t) \end{pmatrix} \cdot \Delta t$$

$X_E(t)=X_E(89), Y_E(t)=Y_E(89), Z_E(t)=Z_E(89)$: Gültig für Österreich, da Österreich homogen mit der Eurasischen Platte mitrotiert (siehe unten).

$X_E(t), Y_E(t), Z_E(t)$... Koordinaten in ETRF89 zur Epoche t

$X(t), Y(t), Z(t)$... Koordinaten in ITRF2000 zur Epoche t
 $X_E(89), Y_E(89), Z_E(89)$... Koordinaten in ETRF89 zur Epoche 1989.0

T_1, T_2, T_3 ... Verschiebungskomponenten zwischen ETRF89 und ITRF2000

$dR_1/dt, dR_2/dt, dR_3/dt$... Rotationskomponenten zwischen ETRF89 und ITRF2000/Jahr

$\Delta t = t - 1989.0$... Zeitdifferenz zwischen aktueller Epoche und Epoche von ETRF89

Die Verschiebungskomponenten bestehen wiederum aus einem globalen konstanten und einem von der Schwerpunktdifferenz abhängigen Anteil und sind für die einzelnen ITRF verschieden. Im Fall der Transformation zwischen ITRF2000 und ITRF89 bzw. ETRF89 betragen die Werte ($T_1: 54, T_2: 51, T_3: -48$) mm mit einem mittleren Fehler von jeweils ± 4 mm.

Die Rotationskomponenten kompensieren die Rotation der gesamten Eurasischen Platte und sind in ITRF2000 bereits auf die Erfahrungswerte aus GPS und nicht mehr auf Modelle der Plattentektonik bezogen [12]. Die jährliche Differenz zwischen ITRF2000 und ITRF89 beträgt $(0.081, 0.490, -0.792)10^{-3}$ arcs. Die ganze Transformation wird noch etwas komplizierter, wenn sich das ganze Netz oder Teile davon nicht auf dem starren Teil der Eurasischen Platte befinden, es sind dann noch zusätzlich die Bewegungen in ETRF89 anzubringen. Allerdings liegt der zentral-europäische Bereich mit Österreich im starren Bereich, sodass keine weiteren Berechnungen erforderlich sind. Die geringen tektonischen Aktivitäten in Österreich zeigen auch die GPS-Messungen der letzten 10 Jahre auf, die bisher keinerlei signifikante Veränderungen an den GPS-Referenzstationen erkennen lassen.

Damit nicht jedes noch so kleine Netz, das an Permanentstationen anschließt, mühselig auf diesem Wege in ETRF89 transformiert werden muss, werden die Koordinaten der österreichischen GPS-Referenzstationen künftig auf ETRF89 umgestellt werden.

4.1.3 WGS84

Wird mit den Broadcast-Ephemeriden, die direkt von den GPS-Satelliten ausgestrahlt wer-

den, gerechnet, dann sind die Ergebnisse im System WGS84. Über die Genauigkeit von WGS84 wurde bereits unter Punkt 2 berichtet. Da die ausgestrahlten Broadcast-Ephemeriden für die Satellitenbahnen nur eine Genauigkeit von $\pm (2-3)$ m aufweisen (siehe Tabelle 1), ist damit für die absolute Koordinatenbestimmung auch keine höhere Genauigkeit möglich. D. h. aber, es spielt hier die Systemfrage keine Rolle, da in diesem Genauigkeitsbereich WGS84, ITRF und ETRF ident gesetzt werden können.

Sollte jedoch bei differentieller Messung an einen 3-D Referenzpunkt mit bekannten Koordinaten angeschlossen werden, kann mit den Broadcast-Ephemeriden eine Genauigkeit bis etwa 10^{-6}

erreicht werden. Die so erzielten Ergebnisse sind dann im Bezugssystem des Ausgangspunktes gegeben und zusätzlich mit den Fehlern des Ausgangspunktes behaftet.

4.2 Beziehung von ITRF, ETRF zu den österreichischen Lage- und Höhengebrauchssystemen

Die o. a. internationalen Bezugssysteme ITRS und ETRS sowie deren Realisierungen ITRF und ETRF und darauf aufbauend die nationalen Verdichtungsnetze AGREF und AREF liefern Koordinatenangaben X, Y und Z in einem 3-D System. Die 3-D Koordinaten sind rein geometrisch definiert und stehen in keinem Bezug zum tatsächlich existierenden Schwerefeld. Der Vorteil dieser 3-D Koordinaten ist, dass sie aus einem System hierarchisch aufgebauter GPS-Netze abgeleitet sind und daher homogen sind und eine hohe innere und äußere Genauigkeit aufweisen ($< \pm 1$ cm). Die im Anschluss an diese Bezugspunkte abgeleiteten Koordinaten eignen sich daher sehr gut für internationale Arbeiten und auch für internationalen Datenaustausch.

Sollen 3-D Koordinaten im System ITRS oder ETRS in Koordinaten nationaler Bezugssysteme, wie z. B. dem österreichischen Gebrauchssystem des Militärgeographischen Institutes (MGI), umgerechnet werden, sind einige Regeln zu beachten. Das österreichische Gebrauchssystem des MGI weist aufgrund seiner Entstehungsgeschichte Deformationen in der Lage von $\pm (1-2)$ m österreichweit auf. D. h. mit einem einzigen Satz von Transformationsparametern ist es nur möglich, Koordinaten von ITRF/ETRF ins MGI oder umgekehrt mit einer Genauigkeit von $\pm (1-2)$ m umzurechnen. Zur Erzielung einer höheren Genauigkeit ist es derzeit erforderlich lokale Transformationsparameter durch Messungen auf Identpunkten zu erheben. Die übergeordneten Transformationsparameter sind aufgrund der unter 4.1 angeführten internationalen Vorgaben für die europäischen Länder gesammelt und über Internet abrufbar: <http://crs.ifag.de>.

Komplexer werden die Verhältnisse dann, wenn aus GPS-Messungen Meereshöhen abgeleitet werden sollen. Die unmittelbar verfügbaren Höhen, die bei GPS-Messungen anfallen, sind ellipsoidische Höhen (H_{ell}). Diese stehen jedoch in keinem Zusammenhang mit dem Erdschwerefeld. Für viele praktische Anwendungen, vor allem Wasserbauten, sind jedoch Höhen zu verwenden, die das Erdschwerefeld berücksichtigen. D. h. neben exakt definierten Meereshöhen (orthometrische Höhen H_{orth}), die sich auf das

Geoid beziehen, ist auch noch der Abstand Geoid – Ellipsoid, das ist die Geoidundulation N, zu berücksichtigen. Es gilt die einfache Formel

$$H_{\text{ell}} = H_{\text{orth}} + N$$

Um das in GPS Messungen enthaltene hohe Genauigkeitspotential auch für Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem österreichischen Lage- und Höhenfestpunktfeld stehen, wirtschaftlich nutzen zu können, laufen seit einigen Jahren Arbeiten im BEV, die zu einer wesentlichen Verbesserung dieser Grundlagennetze führen werden. Es handelt sich dabei um die 3 Projekte

- Homogenisierung des österreichischen Festpunktfeldes [13],
- Erstellung eines neuen Höhensystems [14], [15] und
- Geoid 2000 (in Kooperation mit TU Graz) [16].

Näher auf diese Projekte einzugehen, würde den Rahmen dieses Beitrages weit übersteigen. Nach erfolgreichem Abschluss dieser Projekte wird es u. a. möglich sein, österreichweit mit einem einzigen Parametersatz vom homogenisierten Festpunktfeld nach ITRF oder ETRF mit einer Genauigkeit von ± 10 cm umzurechnen (oder umgekehrt), bei Anschluss an GPS-Referenzstationen unter Verwendung der „Homogenisierungsvektoren“ direkt die Ergebnisse im Gebrauchssystem zu erhalten, Umrechnung von ellipsoidischen „GPS-Höhen“ in physikalisch definierte Meereshöhen mit einer Genauigkeit von $\pm (1-3)$ cm auf 100 km durchzuführen.

5. Ausblick

Referenzsysteme und die eingebundenen GPS-Permanentstationen sind nicht für schnelle Veränderungen geeignet, was das Design betrifft. In erster Linie werden Stabilität, Wohldefiniertheit und gute Dokumentation der Änderungen verlangt. Die Produkte, die sie liefern können, reichen allerdings von Information innerhalb einer Sekunde bis zu Informationen, die voraussichtlich Dezennien umfassen werden.

Wissenschaft und Forschung verlangen nach einer Steigerung der Genauigkeit in den Bereich von 10^{-9} . Dieses Ziel scheint erreichbar, wenn man an die Modernisierungsbemühungen bei GPS (zusätzliche 3. Frequenz) und den Aufbau von GALILEO denkt. Ebenso werden die anderen Raummethoden wie VLBI und SLR ständig weiterverbessert und zusätzliche neue Satellitenmissionen, wie z. B. GOCE, CHAMP, zur Erdschwerefeldbestimmung gestartet. Wichtig bei der Weiterentwicklung bestehender Messverfahren

ren, sowie bei der Einführung neuer, ist die Konsistenz zwischen allen Systemen herzustellen. Darüber hinaus wird es auch einiger Anstrengung bedürfen, Messdaten, Programme zur Berechnung von gewünschten Ergebnissen über viele Jahrzehnte hinweg verfügbar zu halten, um sie für Forschungsaufgaben wie z. B. in der Klimatologie, bereitstellen zu können.

In der praktischen Anwendung von Satellitenmethoden zur Positionierung werden immer stärker automatisierte Online-Systeme zum Einsatz kommen. D. h. permanent arbeitende GPS-Referenzstationen werden künftig nicht nur national (wie z. B. SAPOS in Deutschland oder SWIPOS in der Schweiz) zu DGPS-Diensten zusammengefasst, sondern auch über die Ländergrenzen hinweg flächendeckend cm-genaue Vermessungen ermöglichen. Als Zielvorstellung für die nächsten 5–10 Jahre wird dabei die Bestimmung von Positionen mit cm-Genauigkeit über ganze Kontinente hinweg in Echtzeit sein, mit einem Aufwand, der nicht viel über dem eines Telefongesprächs liegen sollte. Hierbei wird der Aufbau von GALILEO nicht unbedingt die Genauigkeit steigern, aber einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Redundanz und der Zuverlässigkeit solcher Systeme liefern. Weiters könnte es durch den Einsatz des Internets für die Datenübertragung auch zu einer beachtlichen Reduktion dieses Kostenteiles kommen.

Um die Kostenvorteile, die sich aus der Nutzung von Satellitenmessverfahren ergeben, voll nutzen zu können, ist die Modernisierung der bestehenden nationalen Festpunktfelder jedoch eine vordringliche Arbeit. Denn nur klar definierte Beziehungen im cm-Bereich, zwischen den bestehenden Festpunktfeldern und den modernen 3-D Referenzsystemen erlauben es, das volle Potenzial dieser Messmethoden auszuschöpfen.

Literatur

- [1] IGS Annual Report 2000, IGS Central Bureau (2001), Jet Propulsion Laboratory, Pasadena.
- [2] Weber, R., Springer, T.A.: 2000 Analysis Coordinator Report, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena.
- [3] Weber, R., Springer, T.A.: The International GLONASS Experiment: Products, Progress and Prospects. *Journal of Geodesy*, 2001, Vol. 75, Nr. 11, pp. 559–568.
- [4] Adam, J. et. al.: Status of the European Reference Frame EUREF. Presented at the IAG Scientific Assembly, Budapest, 2001.
- [5] Gurtner, W., Fankhauser, S., Ehrnsperger, W., Wende, W., Friedhoff, H., Habrich, H., Botton, S.: EUREF-89 GPS Campaign – Results of the Processing by the „Berne Group“ – Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF) held in Berne 4 – 6 March 1992, Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Astronomisch-Geodätische Arbeiten Nr. 52, München 1992, S. 146–169.

- [6] Pesec, P.: Austrian Geodynamic Reference Frame – AGREF Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for the European Reference Frame (EUREF) held in Ankara, 22 – 25 May 1996. Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften Astronomisch-Geodätische Arbeiten Nr. 57, München 1996, S. 51–58.
- [7] Pesec, P., Sünkel, H., Erker, E., Imrek, E., Stangl, G.: Das österreichische Geodynamische Bezugssystem AGREF. Realisierung und Ergebnisse. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Graz, 1997.
- [8] Ahrer, H., Döller, H.: AREF-1 – Das GPS-Grundnetz von Österreich als Basis der modernen telematischen Geodäsie. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Heft 2/97, Wien, 1997.
- [9] Kaniuth, K., Voelksen, C.: Comparison of the Bernese and GIPSY Software Systems Using EUREF Data. Report on the Symposium of the IAG Subcommittee for Europ (EUREF), held in Ponta Delgada, 2002. Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main (in Druck).
- [10] Pany, T., Pesec, P., Stangl, G.: Network Monitoring at the OLG Analysis Centre, Current Status and Intended Developments. Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 23, EUREF Publication No. 10, Frankfurt/M. 2002, S. 125–129.
- [11] Boucher, C., Altamimi, Z., 2001: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS-campaign, zu finden <http://lareng.ensg.ign.fr/EUREF/memo.pdf> (12-04-2001).
- [12] Boucher, C., Altamimi, Z.: The ITRS and ETRS89 Relationship: New Results from ITRF2000 Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 23, EUREF Publication No. 10, Frankfurt/M. 2002, S. 49–52.
- [13] Erker, E.: Die Homogenisierung des österreichischen Festpunktfeldes im internationalen Rahmen. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Heft 2/97, Wien, 1997.
- [14] Höggerl, N.: Die Ausgleichung des Österreichischen Präzisionsnivelementnetzes. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 74. Jg. Heft 4, Wien 1987.
- [15] Ruess, D.: Schwere und Höhe im alpinen Bereich. Fachvorträge d. 7. Geodätischen Woche in Oberegurgl 1993; Univ. Innsbruck, Inst. f. Geodäsie, Institutsmittteilungen Heft 15, S. 44–58, Innsbruck 1993.
- [16] Kührtreiber, N.: Improved Gravimetric Geoid AGG97 of Austria, Geodesy on the Move, Proceedings of the IAG Scientific Assembly, Rio de Janeiro 1997, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1998, pp. 306–311.

Anschrift der AutorInnen:

Dipl. Ing. Norbert Höggerl, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung Grundlagen, A-1025 Wien, Schiffamtsgasse 1–3, norbert.hoeggerl@bev.gv.at
 a. o. Prof. Dr. Robert Weber, Technische Universität Wien, Institut für Geodäsie und Geophysik, Gußhausstrasse 27–29, A-1040 Wien, email: rweber@luna.tuwien.ac.at
 Dr. Peter Pesec, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Weltraumforschung, Abteilung Satellitengeodäsie, Schmiedlstrasse 6, A-8042 Graz, email: peter.pesec@oew.ac.at
 Mag. Dipl. Ing. Günter Stangl, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Aussenstelle Graz, Schmiedlstrasse 6, A-8042 Graz, email: guenter.stangl@oew.ac.at
 Dipl. Ing. Elisabeth Fragner, Technische Universität Wien, Institut für Geodäsie und Geophysik, Gußhausstrasse 27–29, A-1040 Wien, email: efragner@luna.tuwien.ac.at



Konstruktion von Höhen- und Gefällelinien aus Waveletkoeffizienten

Gert Beyer, Dresden und Michael Richter, Düsseldorf

Herrn Prof. Dr. H. Stachel zum 60. Geburtstag gewidmet

Zusammenfassung

Die Wavelettransformation hat sich als zweckmäßiges Werkzeug für viele Aufgaben der Signalanalyse, im Besonderen auch für Aufgaben im Geobereich erwiesen. In diesem Artikel wird gezeigt, daß auf der Basis einer wavelettransformierten Höhenmatrix wichtige Folgeprodukte wie Höhen- und Gefällelinien abgeleitet werden können, ohne in den Originalbereich zurücktransformieren zu müssen. Dabei spielen die Approximations- und die Lokalisierungseigenschaft der Wavelettransformation eine wesentliche Rolle.

Abstract

The wavelet transformation became evident as a suitable tool for many problems of signal processing, especially too for problems in geo-field. In this paper is shown, that on the foundation of a wavelet transformed high-matrix essential following products like contour and slope lines can be derivated without applying inverse transformation into the original domain. Hereby the approximation and localisation property become more and more important.

1. Einleitung

In den letzten Jahren erweckte die Wavelettransformation (WT) starkes Interesse in den Geowissenschaften, insbesondere in der Geoinformatik, wie die Zunahme an Publikationen zu diesem Thema zeigt. Die Wavelettransformation ermöglicht unter anderem die Geländeanalyse auf der Basis der (eventuell komprimiert) in Form von Waveletkoeffizienten (WK) gespeicherten Daten, da die Waveletkoeffizienten wesentliche Signaleigenschaften des Geländes repräsentieren.

Für viele Anwendungen im Geo-Bereich sind Höhenlinien, Geländeneigung und Gefällelinien wichtige Größen (z.B. Verkehrswegeplanung, Abflußgebiete, Hochwasservorhersage, erosions- oder lawinengefährdete Hänge usw.); mitunter wird auch die Krümmung benötigt [1].

Die Ableitung von Höhen- und Gefällelinien wird durch eine spezielle Eigenschaft der Wavelettransformation, die Approximationseigenschaft, möglich. Die Wavelettransformierte eines Signals, multipliziert mit einem skalenabhängigen Faktor, approximiert die n -te Ableitung des Signals durch Grenzübergang des Skalenparameters $a \rightarrow 0$, sofern das benutzte Wavelet von n -ter Ordnung ist [6]. Die für die kontinuierliche WT nachgewiesene Approximationseigenschaft läßt sich auch für die diskrete WT zeigen [3]. Sie ist damit auch auf diskret gegebene Daten, wie sie in der Geoinformatik vorwiegend vorkommen, anwendbar.

Bekannte Beziehungen der Differentialgeometrie, über die aus den Ableitungen die nötigen

geometrischen Größen ermittelt werden können, ermöglichen die Generierung von Höhen- und Gefällelinien aus den WK.

In dieser Arbeit werden diesbezügliche Algorithmen auf der Basis der diskreten WT vorgestellt. Die bereits gespeicherten Waveletkoeffizienten werden dabei als vorhandene Primärdaten angesehen.

2. Wavelettransformation

Die Wavelettransformation ist wie die Fouriertransformation eine Integraltransformation, die ein Signal im Zeit- bzw. Ortsbereich in einen Bildbereich (hier: Waveletbereich) transformiert, in dem das Signal bezüglich einer geeigneten Funktionsbasis beschrieben wird, wodurch bestimmte Eigenschaften des Signals sichtbar gemacht werden können.

Auf eine Darstellung der Theorie der Wavelettransformation wird an dieser Stelle bewußt verzichtet. Dazu gibt es eine Reihe vorzüglicher Monographien und Artikel ([4], [6], [8]). Für das hier vorgestellte Verfahren zur Erzeugung von Höhen- und Gefällelinien soll lediglich auf die zu Grunde gelegte Datenstruktur eingegangen werden.

Die diskrete Wavelettransformation läßt sich zweckmäßig mit Hilfe der Matrizenrechnung beschreiben. Eine diskrete Signalfunktion mit n Werten kann als Vektor $f = [f_1 \ f_2 \ \dots \ f_n]^T$ aufgefaßt werden. Ein Wavelet ist dann ebenfalls eine diskrete Funktion $[0 \ \dots \ 0 \ v_1 \ v_2 \ \dots \ v_s \ 0 \ \dots \ 0]^T$ mit n

Werten, von denen jedoch nur s Werte verschieden von Null sind. Im folgenden soll nur der auf den sogenannten Support s beschränkte Teilvektor als Waveletvektor $\underline{v} = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_s]^T$ bezeichnet werden.

Die Waveletkoeffizienten w_i entstehen als Skalarprodukte

$$w_i = \underline{f}_i^s \cdot \underline{v} \text{ mit } \underline{f}_i^s = [f_i \ f_{i+1} \ \dots \ f_{i+s-1}]^T,$$

wobei das Wavelet gewissermaßen zyklisch über das Signal „geschoben“ wird.

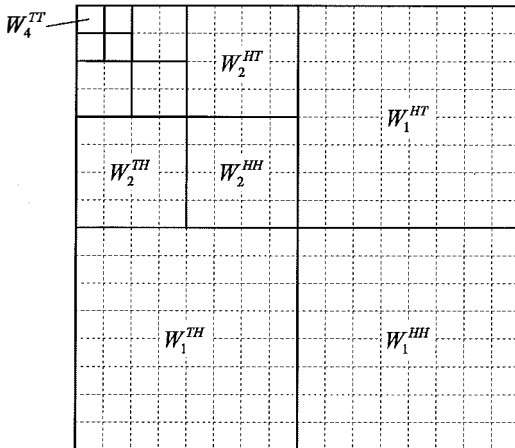


Abb. 1: Datenstruktur der WK bei der zweidimensionalen FWT.

Die diskrete Wavelettransformation bildet das Signal in Waveletkoeffizienten unterschiedlicher Skalen ab. Bei der sogenannten Schnellen Wavelettransformation (FWT, Fast Wavelet Transformation) wird durch immer stärkeres Ausdünnen der Skalen von fein zu grob die Redundanz beseitigt und die Signalmatrix (bei der zweidimensionalen WT) in eine WK-Matrix der gleichen Dimension abgebildet. Die bei der zweidimensionalen WT benutzten Tensorproduktwavelets entstehen aus den vier möglichen Paarungen aus Wavelet v^h (Hochpaß) und Skalierungsfunktion v^t (Tiefpaß) der eindimensionalen Wavelettransformation. Die vier zweidimensionalen Wavelets, $HH = v^h v^{hT}$, $HT = v^h v^{tT}$, $TH = v^t v^{hT}$ und $TT = v^t v^{tT}$ liefern dann in jeder Skale i vier Teilmatrizen W_i^{HH} , W_i^{HT} , W_i^{TH} und W_i^{TT} ($i = 1, \dots, k$), von denen jeweils die Matrix W_i^{TT} wie das Ausgangssignal weiter transformiert wird. Die entstehende Datenstruktur ist in Abb. 1 zu sehen.

Für die Analyse der Geländemodelle im Waveletbereich ist die Approximationseigenschaft im unmittelbaren Zusammenhang mit der Lokalisierungseigenschaft von Bedeutung. Die Waveletkoeffizienten sind bei einem Wavelet n -ter Ord-

nung proportional zur n -ten Ableitung der transformierten Funktion. Neben der Bestimmung des Proportionalitätsfaktors ist auch die genaue Lokalisierung für die Analyse wichtig. Es zeigt sich, daß durch den endlichen Support bei den meist asymmetrischen Wavelets die Indizierung der Waveletkoeffizienten nicht unmittelbar als Maß für die Lokalisierung geeignet ist (vgl. [2], [5]). Unter Berücksichtigung der dort beschriebenen Korrekturgrößen kann man aus der Matrix der WK unmittelbar die Matrizen der partiellen Ableitungen entnehmen.

3. Differentialgeometrische Beziehungen

Zur Ermittlung der Höhen- und Gefällelinien benötigt man ihre Richtung in den Punkten des vorliegenden Höhenmodells.

Ist die Geländefläche F (Relief) durch eine Funktion $z = f(x, y)$ gegeben, so lassen sich aus den partiellen Ableitungen nach x und y die genannten differentialgeometrischen Eigenschaften des Geländes, wie Neigung, Krümmung und Richtung der Höhenlinien bestimmen. Aus den ersten partiellen Ableitungen z_x und z_y ergeben sich unmittelbar die Tangenteinheitsvektoren \underline{t}_x und \underline{t}_y in x - und y -Richtung zu

$$\underline{t}_x = \frac{1}{\sqrt{1+z_x^2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ z_x \end{bmatrix}, \quad \underline{t}_y = \frac{1}{\sqrt{1+z_y^2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ z_y \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Der Flächennormaleneinheitsvektor ergibt sich über das Kreuzprodukt zu

$$\underline{n}_F = \frac{1}{\sqrt{1+z_x^2+z_y^2}} \begin{bmatrix} -z_x \\ -z_y \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Daraus lassen sich schließlich der Tangenteinheitsvektor \underline{v}_g an die Gefällelinie g und der Richtungseinheitsvektor \underline{t}_h der Höhenlinie h bestimmen:

$$\underline{v}_g = \frac{1}{\sqrt{(1+z_x^2+z_y^2)(z_x^2+z_y^2)}} \begin{bmatrix} -z_x \\ -z_y \\ -z_x^2 - z_y^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\underline{t}_h = \underline{v}_g \times \underline{n}_F = \frac{1}{\sqrt{z_x^2+z_y^2}} \begin{bmatrix} -z_y \\ z_x \\ 0 \end{bmatrix}$$

4. Algorithmen

Im Abschnitt 2 wurde der Zusammenhang zwischen der Wavelettransformierten der Höhenmatrix eines Geländemodells und den partiellen Ableitungen der durch die Höhenmatrix definierten

diskreten Flächenfunktion genannt, und im Abschnitt 3 wurden die Beziehungen angegeben, mit denen aus den partiellen Ableitungen einer Flächenfunktion die differentialgeometrischen Größen eines Geländemodells, die für die Ermittlung der Höhen- und Gefällelinien benötigt werden, bestimmt werden können.

Wie können nun aus der Wavelettransformierten, die unter bestimmten Voraussetzungen als Vektorfeld der Gradienten aufgefaßt werden kann, die Höhen- und Gefällelinien abgeleitet werden?

In diesem Abschnitt werden Algorithmen vorgestellt, die diese Aufgabe lösen. Die über den Rahmen dieser Publikation hinausgehenden Details sind in [7] dokumentiert.

4.1 Interpolation der Waveletkoeffizienten

Da die Polygonpunkte der zu konstruierenden Höhen- und Gefällelinien auf beliebige Koordinaten fallen können, die Waveletkoeffizienten jedoch nur auf einem Gitternetz vorliegen, müssen die Tangentenrichtungen eines beliebigen Punktes aus den vorhandenen Werten interpoliert werden. Als sinnvolles Verfahren dafür erweist sich die bilineare Interpolation aus den Waveletkoeffizienten der vier benachbarten Gitterpunkte. Eine Interpolation höherer Ordnung ergäbe zwar einen glatteren Verlauf der Tangentenrichtungen an den Gitterlinien (keine Unstetigkeitsstelle in der ersten Ableitung), würde aber am Rand des Bearbeitungsgebietes zu größeren Streifen führen, in denen keine Interpolation der Waveletkoeffizienten möglich wäre. Ist das Bearbeitungsgebiet nur Teil des erfaßten Gesamtgebietes (z. B. durch Zerlegung des erfaßten Gebietes in Bearbeitungsgebiete), so läßt sich dieses Problem teilweise durch Überlappung benachbarter Bearbeitungsgebiete beheben.

Die Interpolation der beiden benötigten Koeffizienten $HT(x,y)$ und $TH(x,y)$ erfolgt getrennt aus den Werten der zugehörigen Matrizen. Für einen beliebigen Punkt $\underline{x} = [x \ y]^T$ erhalten wir $HT(x, y)$ dann nach

$$HT(x,y) = \frac{y_E - y}{\Delta y} \left(\frac{x_E - x}{\Delta x} HT(x_A, y_A) + \frac{x - x_A}{\Delta x} HT(x_E, y_A) \right) + \frac{y - y_A}{\Delta y} \left(\frac{x_E - x}{\Delta x} HT(x_A, y_E) + \frac{x - x_A}{\Delta x} HT(x_E, y_E) \right) \quad (4)$$

wobei x_A, x_E und y_A, y_E die Anfangs- und Endkoordinaten des Gittersegments mit den Gitterweiten Δx und Δy sind, in dem der allgemeine Punkt

$P(x, y)$ liegt. Die Berechnung des Waveletkoeffizienten $TH(x, y)$ erfolgt analog.

4.2 Höhenlinien

Ausgehend von einem Startpunkt x_n , dessen Lage und Höhe bekannt sein muß, kann die Höhenlinie mit Hilfe der Richtungsvektoren \underline{t}_h sukzessive jeweils in Tangentenrichtung verfolgt werden. Dabei sind notwendige Zwischenwerte, die zu Punkten gehören, die keine Gitterpunkte sind, gemäß (4) zu interpolieren. Die Punktfolge, die iterativ nach

$$\underline{x}_{n+1} = \underline{x}_n + s \cdot \underline{t}_h \quad (5)$$

berechnet werden kann, wird erwartungsgemäß, insbesondere bei gleichbleibender Orientierung der Krümmung, von der tatsächlichen Höhenlinie abdriften. Dieser Effekt ist in Abb. 2, in der eine Höhenlinie eines halbkugelförmigen Geländes wiedergegeben ist, deutlich zu sehen.

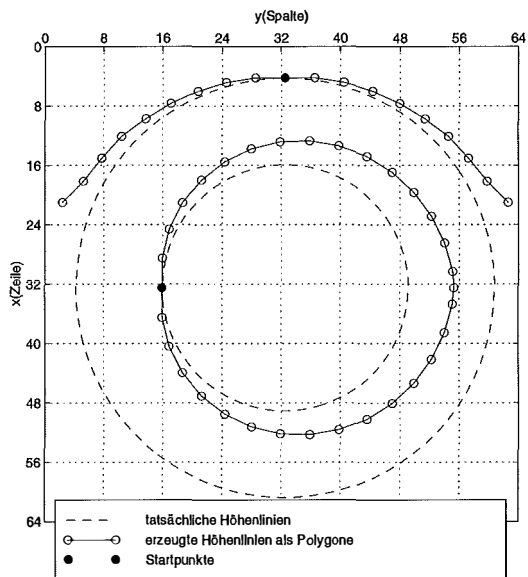


Abb. 2: Abdriften des Verfolgungsalgorithmus ohne Modifikation.

Um dieses Abdriften zu kompensieren, wurde der Algorithmus geeignet modifiziert. Dazu wird nach einem einfachen Prinzip indirekt die Krümmung der Höhenlinie berücksichtigt. Der Grundgedanke geht von den folgenden Voraussetzungen aus:

- Die Krümmung der Höhenlinien zwischen den Polygonpunkten ist konstant.
- Die Niveaulinien sind in der Umgebung der Polygonpunkte parallel.

gorithmus erwartungsgemäße Abdriften gedämpft wird, was jedoch in Abhängigkeit von der gewählten Schrittweite zu einem Pendeln der berechneten Gefällelinie führen kann. Im Beispiel des Testdatensatzes eines gekrümmten Tals (Abb. 5) ist dieser Effekt deutlich sichtbar (Abb. 6).

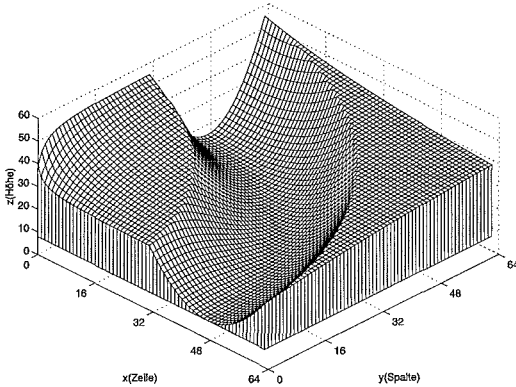


Abb. 5: Gekrümmtes Tal als Testdatensatz.

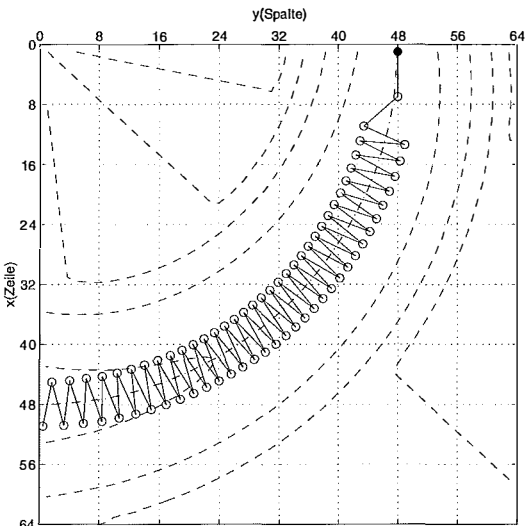


Abb. 6: Gefällelinie ohne Modifikation.

Dieses Pendeln läßt sich nur verringern, wenn es gelingt, die einzelnen Polygonpunkte näher an die tatsächliche Gefällelinie heranzuschieben. Zu diesem Zweck soll der Standardalgorithmus auf ähnliche Weise modifiziert werden wie das bei den Höhenlinien geschehen ist. Die erste Verbesserung, im folgenden Modifikation A genannt, ist stark an die weiter vorn beschriebene Modifikation I des Höhenlinienalgorithmus angelehnt. Die dortigen Bezeichnungen werden des-

halb übernommen, d.h. der aktuelle Polygonpunkt der Gefällelinie ist P, der zu berechnende ist Q usw.

Für diese Modifizierung müssen wieder einige Einschränkungen getroffen werden, die als Voraussetzungen für die folgenden Ableitungen dienen:

- Die Krümmung der Gefällelinien zwischen den Polygonpunkten ist konstant.
- Die Höhenlinien verlaufen in der Umgebung der Gefällelinie geradlinig.
- Die Neigungsrichtungen in P und Q' unterscheiden sich um weniger als 90° ($|\gamma| < \frac{\pi}{2}$).

Da die Höhenlinien die Gefällelinien senkrecht schneiden, könnte man die zweite Bedingung auch so formulieren: Die Gefällelinien in der Nähe der Polygonpunkte müssen parallel sein. Wir erhalten dann genau die Voraussetzungen der weiter vorn beschriebenen Modifikation für die Höhenlinien. Ersetzen wir die Höhenlinienkreise H und H' aus Abb. 3 in Gedanken durch Gefällelinien, erhalten wir eine adäquate Darstellung für die Modifikation A. Die Formeln (6) bis (8) können wir deshalb ohne nochmalige Herleitung übernehmen. Einzig die Tangentenrichtungen der Höhenlinien müssen durch die Neigungsrichtungen ersetzt werden.

Wird am Modell des gekrümmten Tals die gleiche Gefällelinie wie in Abb. 6 mit Modifikation A berechnet, so kommt das Ergebnis der tatsächlichen Gefällelinie schon wesentlich näher, obwohl Bedingung zwei (geradlinige Höhenlinien) nicht erfüllt ist (Abb. 7).

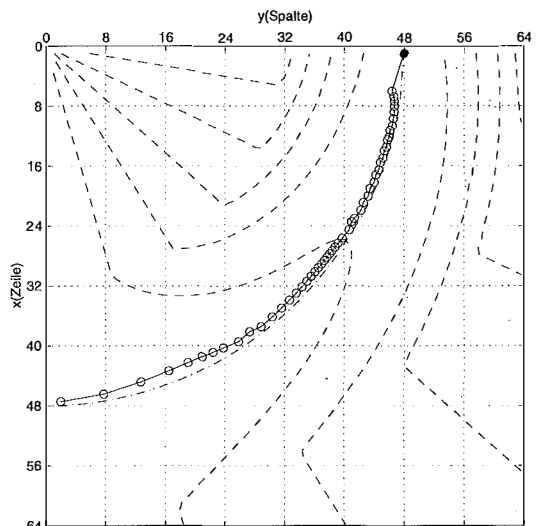


Abb. 7: Gefällelinie nach Modifikation A.

Trotz der akzeptablen Ergebnisse an den Testdatensätzen hat Modifikation A einige Mängel. So wird angenommen, daß die Höhenlinien in der Nähe der Polygonpunkte geradlinig verlaufen. Dies ist für eine typische Gefällelinie, die in einem Tal verläuft, absolut unzutreffend. Dementsprechend ist auch nicht zu erwarten, daß die Neigungsrichtungen in Q und Q', wie angenommen, parallel sind. Vielmehr tendieren sie dazu, talabwärts zu konvergieren, wie auch in Abb. 8 angedeutet ist.

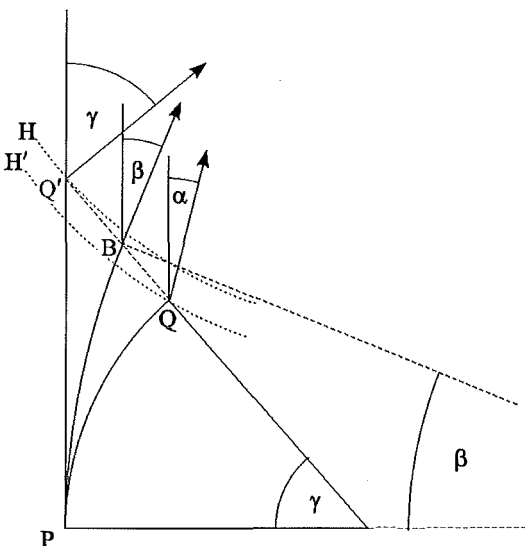


Abb. 8: Geometrische Beziehungen, die für Modifikation B ausgenutzt werden.

Die tatsächliche Neigungsrichtung α im Punkt Q weicht demnach im Allgemeinen von der Richtung γ der Tangente an den Gefällebogen ab. Das hätte eine abrupte Richtungsänderung der erzeugten Gefällelinie an dieser Stelle zur Folge. Da ein solcher Knickpunkt in der Gefällelinie untypisch wäre, soll in Modifikation B der Punkt B auf der Gerade QQ' gesucht werden, in dem der Gefällebogen PB genau in die Neigungsrichtung β übergeht. Dazu gehen wir davon aus, daß sich die Neigungsrichtung auf der Strecke Q'Q (und über Q hinaus) linear verändert. Aus den gegebenen geometrischen Zusammenhängen läßt sich analog zur Modifikation A die Länge der Strecke Q'B und damit der verbesserte neue Gefällepunkt B bestimmen.

Mit dieser weiteren Modifikation des Algorithmus konnte ein wesentlicher Qualitätssprung bei der Berechnung der Gefälleinien erreicht werden. Das Beispiel des gekrümmten Tals zeigt das deutlich (Abb. 9).

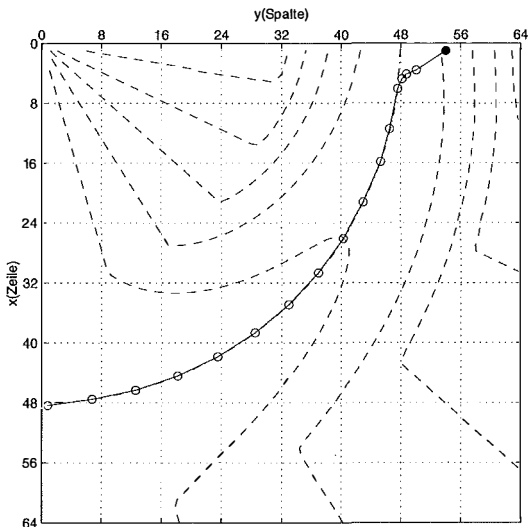


Abb. 9: Gefällelinie nach Modifikation B.

Die Konvergenz im Talbereich hat weiterhin zur Folge, daß im Rahmen der möglichen Genauigkeit mehrere Gefällelinien in eine gemeinsame Gefällelinie münden. Deshalb wird während der Berechnung immer geprüft, ob es einen Schnittpunkt mit einer bereits berechneten Gefällelinie gibt. Existiert ein Schnittpunkt, wird die aktuelle Gefällelinie dort abgeschnitten und beendet.

5. Anwendung auf Geländemodelle

Die entwickelten Algorithmen wurden bisher nur an Modellen regelmäßiger geometrischer Objekte getestet, welche bestimmte Bedingungen erfüllen, die bei der Herleitung der Verfahren vorausgesetzt wurden. Auf diese Weise konnte die Richtigkeit der Herleitung und Implementierung geprüft werden. Da die gestellten Voraussetzungen an realen Höhenmodellen im Allgemeinen nicht gelten, ist bei der Anwendung der Algorithmen mit Fehlern der erzeugten Höhen- und Gefälleinien zu rechnen.

Anhand eines realen Datensatzes soll die Qualität der entwickelten Algorithmen getestet werden. Als Testdatensatz dient ein Höhenmodell des Gebietes der Schnealpe etwa 70 km südwestlich von Wien. Dieser Datensatz wurde uns freundlicherweise vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien zur Verfügung gestellt. Der Datensatz enthält 414 mal 413 Höhenpunkte auf einem regulären Gitter mit 25 m Rasterweite. Ein bedeutender Teil dieses Gebietes wird von einem Hochplateau bei etwa

1800 m Höhe eingenommen, das bis zum Rand des Datensatzes auf zirka 800 m abfällt. Da das Gesamtgebiet für den Test zu umfangreich war, wurde ein Ausschnitt mit 64 mal 64 Werten ausgewählt, der im Ausgangsdatsatz die Indizes (263;33) bis (326;96) hat. Es handelt sich dabei um einen Berggipfel von unregelmäßiger Form, der ausgewählt wurde, um möglichst lange, geschlossene Höhenlinien untersuchen zu können. An solchen Niveaulinien ist aufgrund der bevorzugten Krümmungsrichtung mit besonders starkem Abdriften zu rechnen.

Zur Verifizierung der erzeugten Höhenlinien werden möglichst fehlerfreie Vergleichisolines benötigt. Da die Implementierung der Algorithmen in MATLAB erfolgte, sollen aus praktischen Gründen mit dem MATLAB-Befehl *contour* generierte Niveaulinien als Referenz verwendet werden. Die zugehörige Dokumentation enthält leider keine Details über das zugrundeliegende Verfahren. Dennoch scheint es durchaus legitim, die MATLAB-Höhenlinien als Referenzniveaulinien zu verwenden.

Als Startpunkte für die Höhenlinienalgorithmen werden jeweils die mittleren Punkte der MATLAB-Höhenlinienpolygone genutzt. Für Höhenlinien, die das Bearbeitungsgebiet verlassen, wird so sichergestellt, daß der Startpunkt nicht auf dem Randstreifen liegt, auf dem keine Berechnung der Tangentenrichtung möglich ist. Bei geschlossenen Niveaulinien ist diese Wahl willkürlich.

Der Standardalgorithmus für die Höhenlinien liefert das Ergebnis in Abb. 10.

Das Ergebnis nach Anwendung der Modifikationen I und II ist in Abb. 11 zu sehen. Wie bereits in Abschnitt 4 erwähnt, sind kaum Unterschiede in der Qualität zu erkennen.

Ein erster visueller Vergleich für die Schrittweite $s = 1$ zeigt, daß die Ergebnisse der modifizierten Algorithmen über weite Strecken nahezu deckungsgleich mit den MATLAB-Höhenlinien sind. Die Niveaulinien des Standardalgorithmus weichen hingegen deutlich von diesen ab. Auch für andere Schrittweiten konnte das signifikant

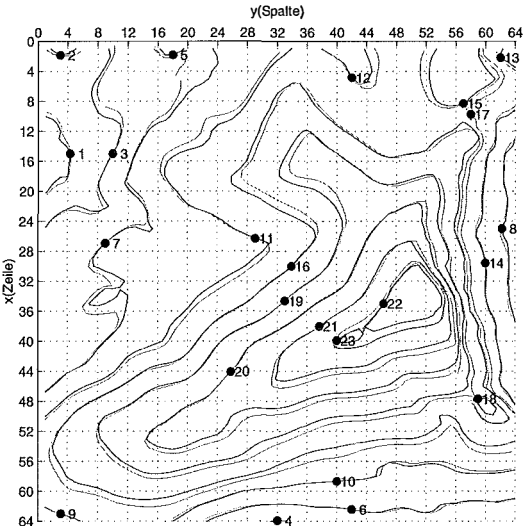


Abb. 10: Höhenlinienbild (rot) des Datensatzes Schneepalpe nach dem Standardalgorithmus. Die Referenzhöhenlinien sind schwarz hinterlegt.

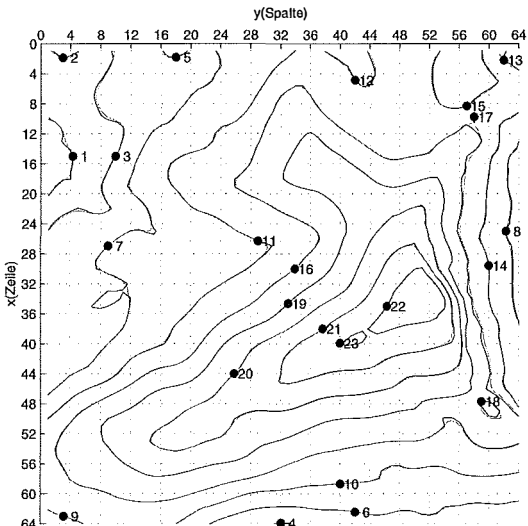
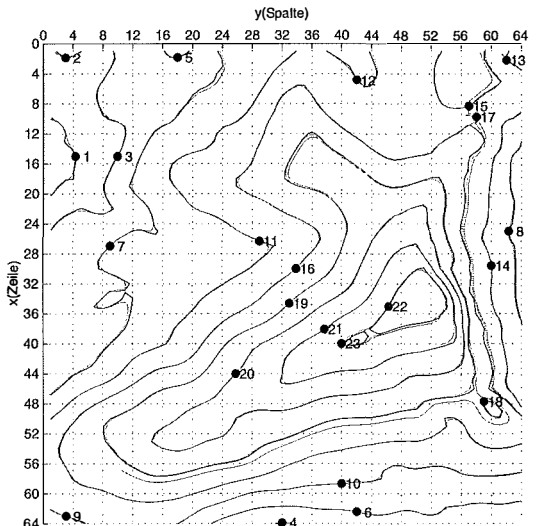


Abb. 11: Höhenlinienbild (rot) des Datensatzes Schneepalpe nach Modifikation I (links) und nach Modifikation II (rechts). Die Referenzhöhenlinien sind schwarz hinterlegt.



stärkere Abdriften des Standardverfahrens gegenüber Modifikation I und II festgestellt werden. Ein Unterschied zwischen den beiden verbesserten Algorithmen ist hingegen kaum auszumachen.

Um den Vergleich der Algorithmen auch quantitativ durchführen zu können, wurde von allen berechneten Punkten der Abstand von der Referenzhöhenlinie bestimmt. Der Mittelwert aller dieser Abstände läßt eine gewisse quantitative Aussage über die Qualität der Algorithmen zu. Für unterschiedliche Schrittweiten sind diese mittleren Abweichungen in Abb. 12 dargestellt. Deutlich ist die bereits optisch in den Abb. 10 und 11 wahrzunehmende Verbesserung der Qualität

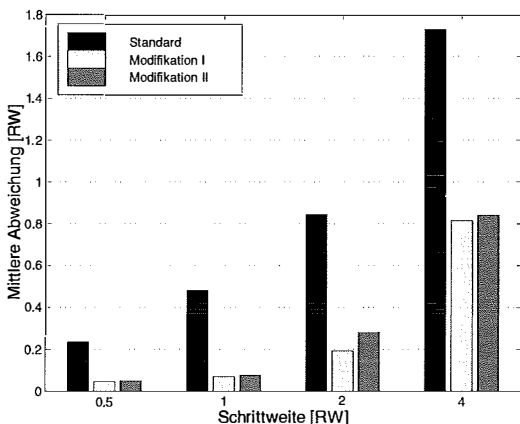


Abb. 12: Vergleich der Abweichungen von der Referenzhöhenlinie.

durch die Modifikationen I und II zu sehen. Auch ist zu erkennen, daß die Modifikation II keine weitere Verbesserung bringt.

Ebenso sollen die Gefällelinialgorithmen am Höhenmodell eines realen Testgebietes verglichen werden. Dazu wurde wiederum ein 64 mal 64 Rasterpunkte großer Ausschnitt des weiter vorn beschriebenen Testdatensatzes „Schneealpe“ genutzt. Das Teilgebiet hat in den Ausgangsdaten die Indizes (317,330) bis (380,393) und wurde so ausgewählt, daß sowohl schmale, tief eingeschnittene Täler als auch flachere Bereiche enthalten sind. Dieser Geländeausschnitt soll im folgenden mit Testdatensatz 2 bezeichnet werden.

Die vier ausgewählten Startpunkte für die Gefällelinien (numeriert mit eins bis vier) verteilen sich gleichmäßig über das Testgebiet.

Leider stehen für die Analyse der Gefällelinien keine unabhängig von den entwickelten Algorithmen erzeugten Referenzgefällelinien zur Verfügung. Der Verlauf der Gefällelinien ist daher nur anhand von Höhenlinien verifizierbar, welche die Gefällelinien senkrecht schneiden sollten. Da ein optischer Vergleich der Ergebnisse unter diesen Umständen schwierig ist (Abb. 13), soll eine indirekte Methode zur Beurteilung der Qualität dieser Gefällelinien verwendet werden, die im folgenden erläutert wird.

In beiden modifizierten Algorithmen wird zunächst eine Verkürzung der Schrittweite vorgenommen, wenn sich die Neigungsrichtungen im aktuellen Punkt und in der ersten Näherung für

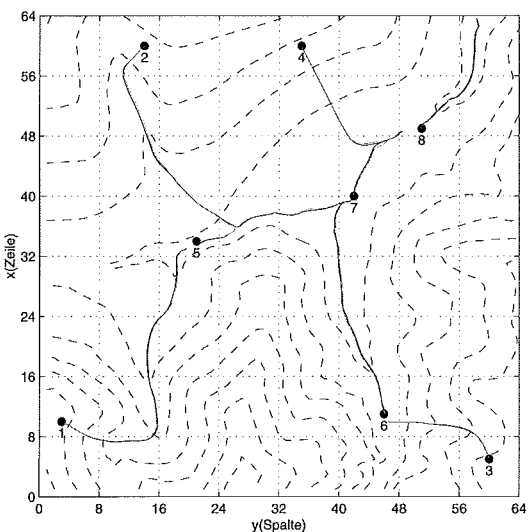
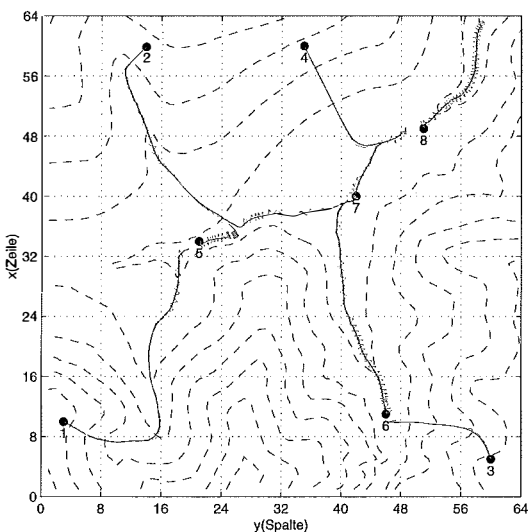


Abb. 13: Links: Gefällelinien des Datensatzes Schneealpe ohne Modifikation (rot). Die Modifikation B ist schwarz hinterlegt. Rechts: Gefällelinien nach Modifikation A (rot) und Modifikation B (schwarz).

den nächsten Polygonpunkt Q' um mehr als 90° unterscheiden. Es gibt zwei Hauptgründe für eine derart starke Änderung der Neigungsrichtung. Zum einen kann die Gefällelinie tatsächlich eine sehr starke Richtungsänderung erfahren, was für beide Algorithmen in gleichem Maße zu Schrittweitenverkürzungen führen würde. Die zweite mögliche Ursache ist die Lage des aktuellen Punktes P neben der tatsächlichen Gefällelinie. Das führt im Allgemeinen dazu, daß die erste Näherung des folgenden Punktes auf die gegenüberliegende Seite der Talsohle fällt. Dort ist mit einer nahezu entgegengesetzten Neigungsrichtung zu rechnen, was wiederum zur Schrittweitenverkürzung führt. Daher kann davon ausgegangen werden, daß die Polygonpunkte des Algorithmus mit der geringeren durchschnittlichen Schrittweitenverkürzung näher an der tatsächlichen Gefällelinie liegen. Es soll noch einmal betont werden, daß hier nicht von der Veränderung der Schrittweite durch die Punktverschiebungen während der Modifikation die Rede ist, sondern die für beide Verfahren identische vorherige Verkürzung.

Die verkürzten Schrittweiten für die Gefällelinien des Testdatensatzes 2 mit Schrittweite eins sind in Tabelle 1 zu finden. Schon die durch-

Gefällelinie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Modifikation A	0,71	0,54	0,74	0,60	0,17	0,44	0,48	0,36	0,48
Modifikation B	0,77	0,90	0,76	0,97	0,31	0,74	0,55	0,72	0,75
A / B in %	92	60	97	62	55	59	87	50	64

Tab. 1: Durchschnittliche Schrittweite der Gefällelinien eins bis acht für Modifikation A und B vor der eigentlichen Modifikation. Die dritte Zeile gibt die Schrittweite von Modifikation A bezogen auf B in Prozent an.

schnittlichen Werte zeigen eine um etwa 25 % stärkere Verkürzung bei Modifikation A gegenüber Modifikation B. Auch für die einzelnen Gefällelinien ergibt sich mit dem ersten Algorithmus generell eine kleinere mittlere Schrittweite. Nur an den Gefällelinien 1 und 3 fallen die Unterschiede recht klein aus. Das ist auf die starke Neigung dieser Gefällelinien im Vergleich zu den Talhängen zurückzuführen. Die Neigungsrichtungen variieren im näheren Umfeld der Gefällelinie deshalb nur geringfügig, insbesondere weniger als 90°. Eine Verkürzung der Schrittweite würde daher nur bei deutlichen Abweichungen von der Gefällelinie ausgelöst werden, die bei beiden Algorithmen nicht auftreten. Aufgrund der eindeutigen Ergebnisse an den anderen Gefällelinien kann dennoch darauf geschlossen werden, daß Modifikation B die tatsächlichen Gefällelinien besser approximiert als Modifikation A.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich die verbesserten Gefällelinienalgorithmen

auch an realen Höhenmodellen bewährt haben. Modifikation-B erzielt bei kürzerer Programmaufzeit die besseren Ergebnisse und ist deshalb der Modifikation A vorzuziehen. Wenn die Einhaltung der Sollschrittweite für den Anwender von Bedeutung ist, sollte deren Verkürzung durch die Modifikationen bei der Vorgabe der Schrittweite berücksichtigt werden.

6. Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Verfahren zur Ableitung von Höhen- und Gefällelinien aus wavelettransformierten Höhenmodellen vorgestellt. Dabei wurde die Eigenschaft von Waveletkoeffizienten ausgenutzt, unter bestimmten Voraussetzungen die erste Ableitung von Funktionen zu approximieren. Mit den partiellen ersten Ableitungen der Geländeoberfläche liegt indirekt auch die Neigungsrichtung auf einem diskreten Vektorfeld vor. Auf Basis dieser Neigungsrichtungen konnten einfache Verfolgungsalgorithmen für Höhen- und Gefällelinien entwickelt werden.

Die damit erzeugten Höhenlinienpolygone driften, mit zunehmenden Abstand vom Startpunkt,

von den tatsächlichen Höhenlinien ab. Um dies zu vermeiden, wurde dieser Standardalgorithmus zweimal verbessert. In diese Modifikationen flossen vor allem geometrische Überlegungen ein. Desweiteren berücksichtigen die modifizierten Algorithmen eine größere Anzahl von Waveletkoeffizienten in der Umgebung des aktuellen Polygonpunktes. Tests an regelmäßigen geometrischen Objekten mit bekannten Höhenlinien zeigten, daß die entwickelten Verfahren funktionieren und in den Programmen korrekt umgesetzt wurden.

Die mit dem einfachen Verfolgungsalgorithmus erzeugten Gefällelinien driften zwar nicht von den tatsächlichen Gefällelinien ab, pendeln aber im „Zickzack“ um diese herum. Deshalb wurden auch hier zwei Verbesserungen am Standardalgorithmus vorgenommen, die das unterbinden sollen. Die Überlegungen, die diesen Modifikationen zugrunde lagen, waren wiederum geometrischer Natur. Auch die Gefällelinienalgorithmen

wurden an Modellen mit bekannten Gefällelinien erprobt. Die Testergebnisse zeigten, daß die Modifikationen den Verlauf der Gefällelinienpolygone in gewünschter Weise verbessern.

Entgegen den Erwartungen brachte die zweite Modifikation keine weitere meßbare Verbesserung der erzeugten Höhenlinien. Es ist deshalb sinnvoll, nur die mit kürzeren Rechenzeiten verbundene Modifikation I einzusetzen.

Zur Verifizierung der Gefällelinienpolygone standen keine unabhängig erzeugten Referenzgefällelinien zur Verfügung. Es konnte jedoch auf indirekte Weise nachgewiesen werden, daß die Polygonpunkte der zweiten Modifikation (bezeichnet mit Modifikation B) näher an den tatsächlichen Gefällelinien liegen, als die der Modifikation A. Da diese besseren Ergebnisse mit kürzeren Programmlaufzeiten erreicht werden, ist Modifikation B in jedem Falle den anderen Gefällelinienalgorithmen vorzuziehen.

Die Festlegung von Startpunkten für den Höhenlinienalgorithmus erfolgte in dieser Arbeit nur unter Berücksichtigung der Schichthöhe. Angestellte Überlegungen legen jedoch nahe, daß die Einbeziehung weiterer Faktoren die Ergebnisse verbessern könnte. In fortsetzenden Untersuchungen sollte daher versucht werden, Regeln für ein geschicktes Auswählen der Startpunkte aufzustellen. Das schließt auch die Frage ein, wann und wo mehrere Startpunkte pro Höhenlinie festgesetzt werden sollten. Die Option mehrerer Startpunkte müßte dann auch in die Programme implementiert werden.

In die entwickelten Algorithmen fließen bisher nur die Waveletkoeffizienten der untersten Skale ein. Liegen die Koeffizienten der stationären Wavelettransformation vor, ist das ausreichend. Die

Vorteile der Wavelettransformation, wie hohe Datenkompressionsraten und effektive Transformationsalgorithmen kommen aber erst beim Einsatz der schnellen Wavelettransformation zur Geltung. Deren Koeffizienten sind bereits auf der untersten Skale stark ausgedünnt (vgl. Abschnitt 2, Abb. 1). Es wäre interessant zu untersuchen, wie sich das Fehlen dieser Koeffizienten auf die Ergebnisse der Algorithmen auswirkt. Falls erforderlich, könnte versucht werden, diese Datenlücken durch Einbeziehung von Waveletkoeffizienten höherer Skalen oder Interpolationsverfahren zu überbrücken.

Literatur

- [1] *Bethge, F.*: Genauigkeit geometrischer Größen aus Vektordaten, Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr.473, 1994.
- [2] *Beyer, G.*: Terrain Inclination and Curvature from Wavelet Coefficients. Approximation Formulae for the Relief, Journal of Geodesy (in print).
- [3] *Beyer, G.*: Wavelettransformation hybrider Geländemodelle, Habilitationsschrift. Technische Universität Dresden, eingereicht.
- [4] *Blatter, Chr.*: Wavelets – Eine Einführung, Vieweg, 1998.
- [5] *Beyer, G., Meier, S.*: Geländeneigung und -wölbung aus Waveletkoeffizienten. Approximationsformeln für Profile, Zeitschrift für Vermessungswesen, 2001.
- [6] *Louis, A. K., Maas, P., Rieder, A.*: Wavelets, B.G.Teubner, 1994.
- [7] *Richter, M.*: Konstruktion von Gefälle- und Höhenlinien des Reliefs aus Waveletkoeffizienten, Diplomarbeit. Institut für Planetare Geodäsie, TU Dresden, 2001.
- [8] *Wickerhauser, M. V.*: Adapted Wavelet Analysis from Theory to Software, A. K. Peters, Ltd. Wellesley, 1994.

Anschrift der Autoren:

Dr. rer. nat. Gert Beyer: Technische Universität Dresden, Institut für Geometrie, D-01062 Dresden, e-mail: beyer@math.tu-dresden.de.
Dipl.-Ing. Michael Richter: Industriestraße 6, D-40227 Düsseldorf, e-mail: lichtel@gmx.de



Erforschung mittelalterlicher städtischer Kelleranlagen im Waldviertel

Johannes Fabiankowitsch und Gerald Wagner, Wien

gewidmet dem Initiator und Mentor Hans Plach

Zusammenfassung

Die Stadt Waidhofen an der Thaya, im nördlichen Waldviertel gelegen, ist im Besitz von interessanten und sehenswerten Kelleranlagen aus dem Mittelalter.

Ein Grossteil dieser Anlagen ist im Laufe der Zeit von Studenten im Rahmen der Feldübung „Ingenieurgeodäsie“ aufgemessen worden (1983–1994), ihre Messdaten lagen meist nur in analoger Form vor. Die restlichen Keller wurden ingenieurgeodätisch neu vermessen. Nachdem sämtliche Daten in digitaler Form vorlagen, konnten mit Hilfe einer grafischen Auswertung Gittermodelle erzeugt werden. Diese dreidimensionalen Modelle werden mit einer vorhandenen zweidimensionalen oberirdischen Vermessung des Hauptplatzes kombiniert und lagerichtig dargestellt. Des weiteren dienen sie als Grundlage zur Erstellung einer Computeranimation für einen virtuellen Rundgang durch diese Kellerwelt, welche von der Gemeinde Waidhofen in Auftrag gegeben und finanziell unterstützt wurde.

Abstract

Waidhofen at the river Thaya is located in the northern part of Lower Austria and holds one of the most remarkable and interesting cellar systems dating back to the Middle Ages.

The most cellars had been surveyed previously within a field study by students (1983–1994). However, some adjustments in surveying have had to be done. The surveying of parts of the remaining cellar systems was realized by using electronic total station (2002).

The data will be compiled and digitised. By means of graphical data processing three-dimensional cellar models will be produced. Based on these data, the current two-dimensional overground surveying of the market square will be matched with the three-dimensional cellar models and presented according to their correct position. Additional these models are the basis to prepare a computeranimation for a virtual walk through the cellar systems, ordered and partially financed by the local government Waidhofen.

1. Einleitung

In vielen Städten des Waldviertels und teilweise des angrenzenden Weinviertels wurden im Mittelalter weitläufige Kelleranlagen angelegt. Auch die Stadt Waidhofen an der Thaya, im nördlichen Waldviertel gelegen, ist im Besitz von archäologisch interessanten und sehenswerten Kelleranlagen aus dieser Epoche. [1,2,3]

Auf Grund der Initiative des leider viel zu früh verstorbenen Herrn Hofrat Dipl.-Ing. Hans Plach aus Thaya, einem leidenschaftlichen Heimatforscher, wurden mit viel Engagement und Begeisterung in den Jahren 1983 bis 1994 von Studenten der Fachrichtung Vermessungswesen im Zuge der Feldübung Ingenieurgeodäsie die Kelleranlagen unter dem Hauptplatz vermessen. Hans Plachs diesbezügliche Aktivitäten waren durch Einfallsreichtum, Liebe zu seiner engeren Heimat, breit gefächertes und gründliches Wissen (vor allem in den Bereichen Geodäsie, Archäologie und Heimatkunde) und Neugier, eine hohe praktische Begabung, Beharrlichkeit und Ausdauer in der Verfolgung seiner Ziele und sei-

ner sprichwörtlichen Genauigkeit gekennzeichnet. In diesem Sinne möchten die beiden Autoren diesen Artikel dem Mentor und geistigem Vater Hans Plach widmen.

Die Ergebnisse dieser Arbeiten lagen in analoger Form auf Folien im Format A2 (Grund- und Schrägansichten sowie aufgenommene Profile) im Institut für Geodäsie und Geophysik auf.

Zielsetzung

Um die mittelalterliche, sehenswerte Kellerwelt unter dem Hauptplatz der Stadt Waidhofen an der Thaya einer interessierten Öffentlichkeit zu zeigen und diese zu einem virtuellen Rundgang zu animieren, war es notwendig, diese Keller dreidimensional lagerichtig darzustellen und mit einer bereits vorhandenen zweidimensionalen Aufnahme des Hauptplatzes zu verknüpfen.

Die von der Abteilung Ingenieurgeodäsie erarbeiteten Gittermodelle werden in Zusammenarbeit mit einem Ingenieurbüro für die Erstellung einer Computeranimation verwendet.

2. Die Kellerwelt von Waidhofen

Die Stadt Waidhofen wurde ungefähr 30 Meter über dem linken Thayaufer auf einem Terrassen-sporn, bestehend aus Gföhler Gneis, auch Flins genannt, angelegt [4]. Die dreieckige Form des oben genannten Gneissporns hat auf natürliche Weise die Anlage der Stadt vorgegeben (siehe Abbildung 1).

Das Besondere der Kelleranlagen ist nun, dass sie einerseits unter den Häusern entlang der Stadtmauer und vereinzelt auch knapp außerhalb liegen und andererseits auch bis zum Hauptplatz führen. Die mächtigen Gewölbe sind oft zwei Stockwerke tief aus dem Gneis geschlagen worden.

Verschiedene Theorien versuchen den aufwendigen Ausbau dieser Kelleranlagen zu belegen. Die derzeit gängigste Ansicht besagt, dass es Fluchtwege nach außen gewesen sind. Ursprünglich sollen die Kelleranlagen durch Stollen miteinander verbunden gewesen sein. Diese Stollen sind vermutlich in späteren Jahren von ihren Besitzern zugemauert worden.



Abb. 1: Dreiecksanlage Waidhofen an der Thaya, private Luftaufnahme aus einem Heußluftballon [Michl 2002]

Eine andere besagt, dass die Kelleranlagen den Menschen als Vorratslager bei Belagerungen gedient haben, allerdings wahrscheinlich nur in beschränktem Maße infolge Wassereintritts in der feuchten Jahreszeit, wie es auch heute noch der Fall ist. Auf Grund des mächtigen Ausbaues können sie auch als Statussymbol angesehen worden sein und über den möglichen Reichtum der früheren Eigentümer Auskunft gegeben haben.

Möglicherweise sind diese großen Kelleranlagen sukzessive entstanden, da man sich wegen Platzmangels infolge der wachsenden Bevölkerungszahl in den engen mittelalterlichen Städten nur nach oben oder eben nach unten ausbreiten konnte.

3. Bereitstellen der Daten

Die Messdaten sind historisch gewachsen und daher sehr heterogen. Bei der Durchsicht des gesamten Datenbestandes wurde festgestellt, dass zusätzlich noch fünf Kelleranlagen (ON 3, 7, 9, 10 und 15) zu vermessen waren. Im Zuge der Begehung stellte sich dann heraus, dass zwei Eigentümer (ON 10 und 15) trotz Intervention des Bürgermeisters keinen Zutritt zu ihren Kelleranlagen gewährten.

Das Datenmaterial aus den Jahren 1983 bis 1994 lag ursprünglich digital vor, allerdings nur lokal auf den Festplattens der jeweiligen Rechner. Im Zuge der Rechnerbewirtschaftung am Institut ist leider ein Großteil dieser digitalen Daten verloren gegangen. Da es aber noch Koordinatenlisten gab, konnten diese eingescannt werden und somit wieder digital zur Verfügung gestellt werden.

Für die dreidimensionale Erfassung der noch zu vermessenden Keller (ON 3, 7 und 9) wurde das elektronische Tachymeter Leica TCR 1105 verwendet.

Ein besonderes Merkmal der Reihe TCR bildet der koaxiale Distanzmesser mit sichtbarem roten Laser, der zusätzlich zum Standard-Hochleistungs-Koaxial-Distanzmesser integriert ist.

Dadurch ergeben sich gravierende Vorteile:

- auf Grund des sichtbar aufprojizierten roten Laserpunktes sind genaueste Messungen auch bei schlechten Lichtverhältnissen – was natürlich teilweise der Fall war – möglich, da das Ziel nicht durch das Fernrohr anvisiert werden muss, und auch keine Fokussierung notwendig ist
- die Messung erfolgt direkt auf das aufzunehmende Objekt, es sind weder Prismen, Reflexfolien oder Zieltafeln notwendig

- auf verschiedenartige Oberflächen kann bis zu 200 Meter gemessen werden

Eine motorisierte Version (TCRM) hätte ein automatisiertes rasterweises Abfahren von Objekten ermöglicht, die einfache Struktur der Kellerwände und -gewölbe und die dabei anfallenden großen Datenmengen sprachen dagegen.

Laserscanner, welche Objekte automatisch dreidimensional erfassen und deren Messdaten dann anschließend mit Hilfe einer entsprechenden Software zu 3D-Modellen verarbeitet werden können, standen leider nicht zur Verfügung

Im Straßenbereich sind zusätzlich die Stöße und Hauseingänge der betroffenen Hausfronten aufgenommen worden. Dies war notwendig, um den Bezug zwischen den Kellern und dem bereits aufgenommenen Bereich des Hauptplatzes (Vermessungskanzlei Dr. Döllner, Waidhofen) herstellen zu können.

Ergänzungsmessungen für die schon früher aufgenommenen Kelleranlagen konnten auf Grund der entsprechend markierten Stellen in den alten Feldskizzen durchgeführt werden. Dies war notwendig, weil teilweise wesentliche Angaben für die Erstellung der Gittermodelle fehlten.

4. Auswertung

Alle Datenmanipulationen und Berechnungen wurden mit dem Programmsystem rm-GEO ausgeführt, wobei die direkte Schnittstelle zwischen rm-GEO und AutoCAD beziehungsweise rm-MAP von außerordentlicher Bedeutung war. Auch im Hinblick auf die geplante weitere Ausarbeitung der erstellten Gittermodelle zu einer Videoanimation durch ein Architekturbüro erscheint AutoCAD 2000 geeignet, da die Erzeugerfirma von AutoCAD (AutoDesk) auch ein Programm namens 3D-Studio anbietet, welches eine fotorealistische Herstellung von gezeichneten Objekten sowie deren Animation ermöglicht.

Für jeden Keller wurde in rm-GEO eine eigene Geschäftszahl eröffnet, in welche die Koordinaten eingelesen wurden. Anschließend wurde in rm-MAP eine leere Zeichnung erstellt, welche die erforderliche dreidimensionale Darstellung der einzelnen Kelleranlagen ermöglichte. Mit Hilfe der „Übertragung von Messdaten“ konnten die Koordinaten nach rmMAP übertragen werden.

4.1. Erstellung von Gittermodellen

Für die Erstellung der Gittermodelle wurde eine Genauigkeit von 20 cm in Lage und Höhe

festgelegt. Das Konzept zur Ausarbeitung sah nun für jeden Keller folgende Schritte vor, wobei verschiedene Bearbeitungsmethoden in AutoCAD 2000 umgesetzt wurden:

- Komplettansicht der Punktwolke
- Ausblendung der Höhen und isometrische Ansicht
- Hineinzoomen zum aktuellen Bearbeitungsbereich
- Verbindung der Punktsymbole laut Feldskizzen
- Zeichnen von räumlichen Bögen, Verschneidungen und Treppen

Durch Hineinzoomen in die Punktwolke konnte ein Ausschnitt vergrößert und an einem beliebigen Punkt mit der Zeichnung begonnen werden. Laut Feldskizzen wurden mittels 3DPolylinien Punkte räumlich verbunden. Gearbeitet wurde grundsätzlich im übergeordneten Koordinatensystem (=Weltkoordinatensystem), dessen Koordinaten im Gauß-Krüger System definiert waren.

Schwierigkeiten ergaben sich bei den 3D-Bearbeitungen, da das Programm AutoCAD 2000 nur zweidimensional arbeitet. An drei Beispielen, der Erzeugung von räumlichen Bögen, dem räumlichen Schnitt zweier Geraden und der räumlichen Verschneidung von Geraden und Bögen, soll dies gezeigt werden.

Bögen werden durch die Projektion von Anfangs-, Mittel- und Endpunkt in einer Ebene definiert. Diese Ebene verläuft parallel zur XY-Ebene und beinhaltet gleichzeitig auch den räumlichen Anfangspunkt des Bogens (siehe Abb. 2). Zur Lösung dieses Problems war es notwendig, ein lokales Koordinatensystem zu definieren, dessen xy-Ebene durch Anfangs-, Mittel- und Endpunkt des Bogens festgelegt war. Nun konnte der Bogen durch diese drei Punkte gelegt und auch im Raum lagerichtig dargestellt werden (siehe Abb.3)

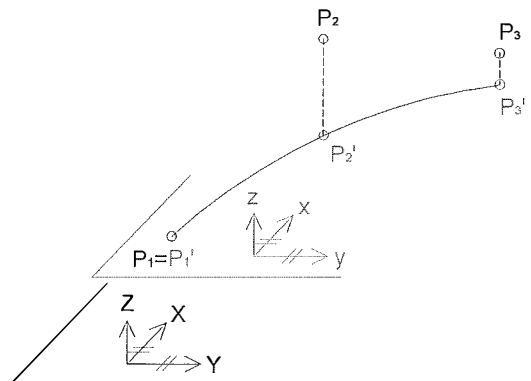


Abb. 2: Bogen in XY-paralleler Ebene

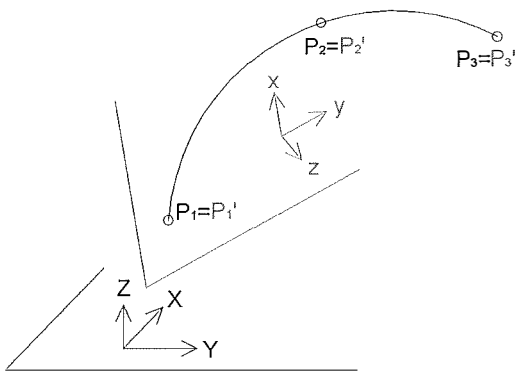


Abb. 3: Bogen in lagerichtig räumlicher Ebene

Eine weitere Schwierigkeit zeigte sich bei der notwendigen Verschneidung von zwei windschiefen Geraden (siehe Abb. 4a bis 4f). Mit der Funktion „Ändern der Länge“ konnte der Endpunkt der Strecke b dynamisch verlängert (4b) werden. Die Funktion „Dehnen“ verlängerte die Strecke a bis zum Punkt S_1 . Dieser Punkt lag senkrecht über dem Schnittpunkt S' der in die xy -Ebene projizierten Strecken a und b (4c). Durch Punkt S_1 wurde nun senkrecht auf die xy -Ebene eine Verbindungslinie zu Strecke b gezogen und so Punkt S_2 erhalten (4d). Strecke b wurde mit der Funktion „Stutzen“ bei S_2 abgeschnitten (4e). Letztendlich wurden die Lagen der Strecken a und b so verändert, dass sie einander in der Mitte der Strecke S_1S_2 trafen. Der gesuchte Schnittpunkt S wird so in einer Näherungslösung gefunden (4f).

Bei allen notwendigen Verschneidungen von zwei windschiefen Geraden betrug der Abstand von S_1 zu S_2 weniger als 5 cm, was bei weitem unter der geforderten Genauigkeit lag.

Ein weiteres Problem ergab sich dadurch, dass Geraden mit räumlichen Bögen verschritten werden mussten (siehe Abb. 5). Die Funktion „Stutzen“ ermöglichte es, die Gerade g auf der Höhe des Bogens abzuschneiden. Dadurch wurde der Durchstoßpunkt D der Geraden g mit der xy -Ebene gefunden. Von Punkt D aus fiel man das Lot auf den Bogen, das Ergebnis war der Schnittpunkt S . Schlussendlich wurde die Lage der Geraden g vom Punkt D nach S verlegt. Diese Lageveränderungen betragen höchstens 4,5 cm.

Nachdem sämtliche Konstruktionspunkte erzeugt waren, wurden die Gittermodelle von allen 26 Kellern erstellt. Abschließende erfolgte eine Kontrolle auf Vollständigkeit und Plausibilität durch Vergleich mit den Feldskizzen. Die Abbildungen 6, 7, 8 und 9 zeigen exemplarisch

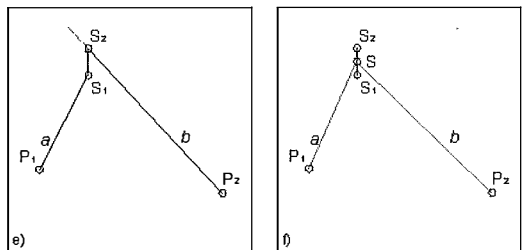
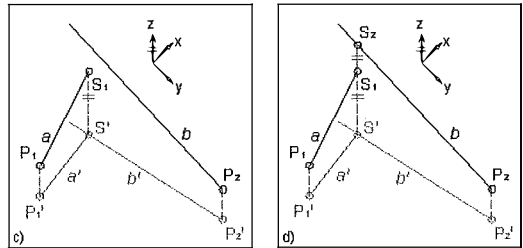
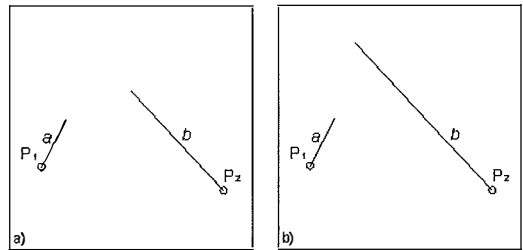


Abb. 4a – 4f: Prinzipskizzen zur Verschneidung zweier windschiefer Geraden

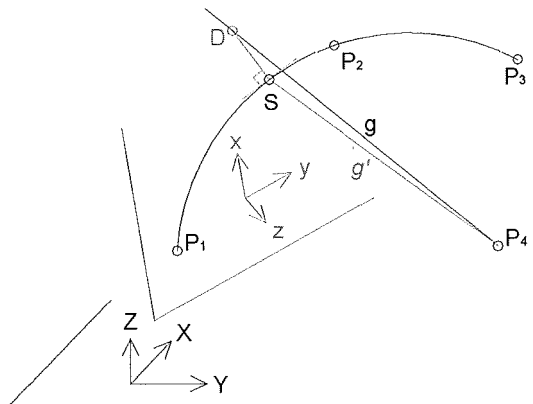


Abb. 5: Verschneidung von Bogen und Gerade

vier Gittermodelle. Diese Modelle wurden deshalb ausgesucht, weil sie aus der Übersicht (siehe Abb. 10) erkennen lassen, dass möglicherweise z.B. ON 5 und 6 bzw. ON 22 und 23 ursprünglich miteinander verbunden waren. Heute bestehen diese Verbindungen nicht

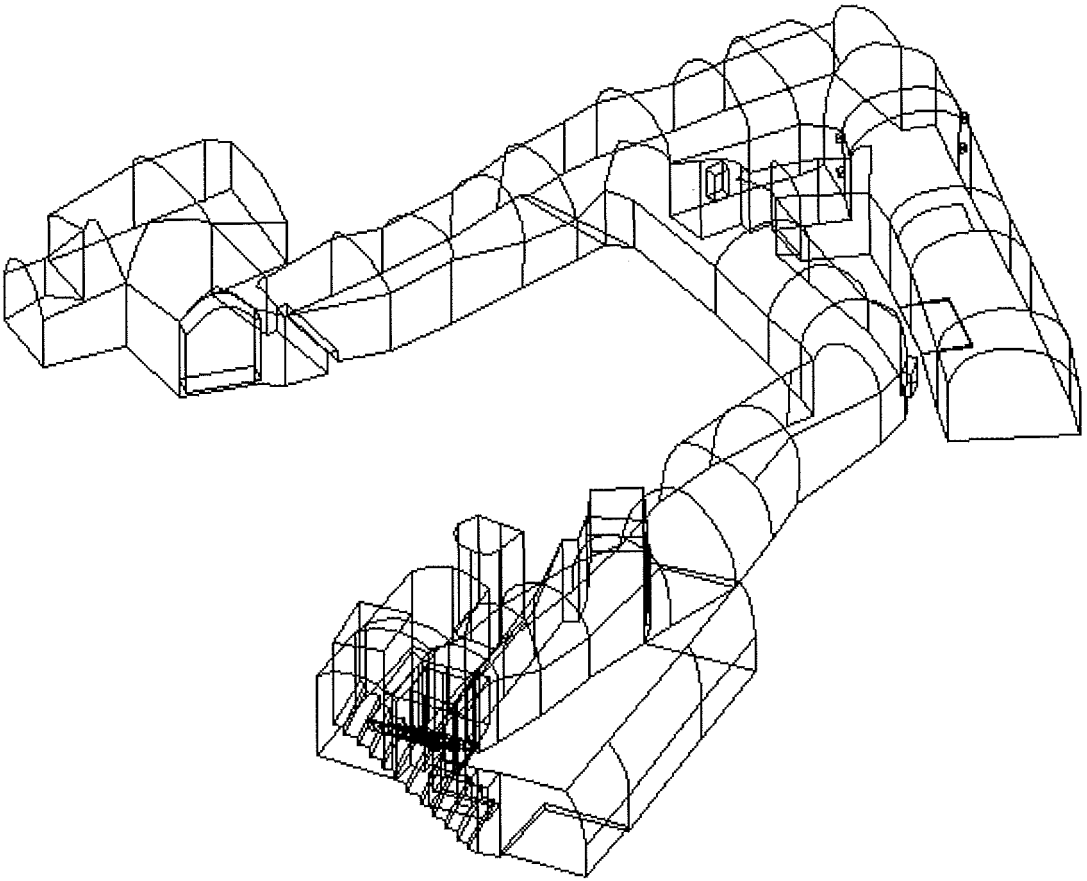


Abb. 6: Keller Hauptplatz ON 5 (Gittermodell)

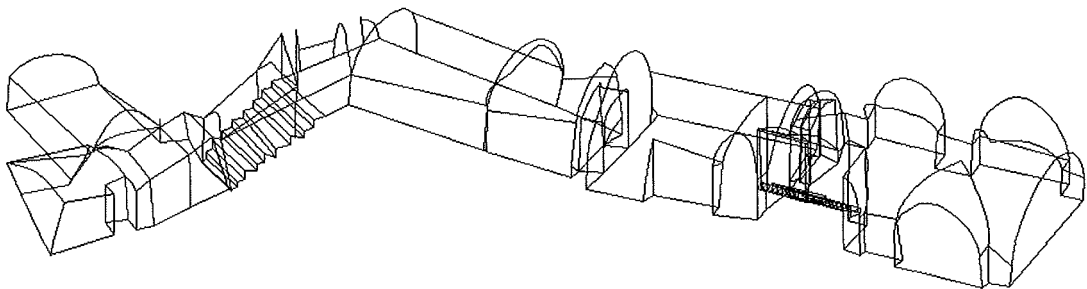


Abb. 7: Keller Hauptplatz ON 6 (Gittermodell)

mehr, an der jeweils vermeintlichen gemeinsamen unterirdischen Hausgrenze sind diese Gänge abgemauert worden. Es stellt sich die Frage, ob diese „selbstdefinierte Grenze“ zwischen zwei Nachbarn einen Bezug zur tatsächlichen Katastergrenze hat. Im Rahmen dieser Arbeit bleiben aber katastertechnische Fragen unberücksichtigt.

5. Zusammenführung Gittermodelle – Aufnahme Hauptplatz

Die Aufnahme des Hauptplatzes wurde vom Vermessungsbüro Dr. Döller aus Waidhofen zur Verfügung gestellt. Diese Auswertung erfolgte in einem anderen CAD-Programm und musste daher für diese Arbeit konvertiert werden.

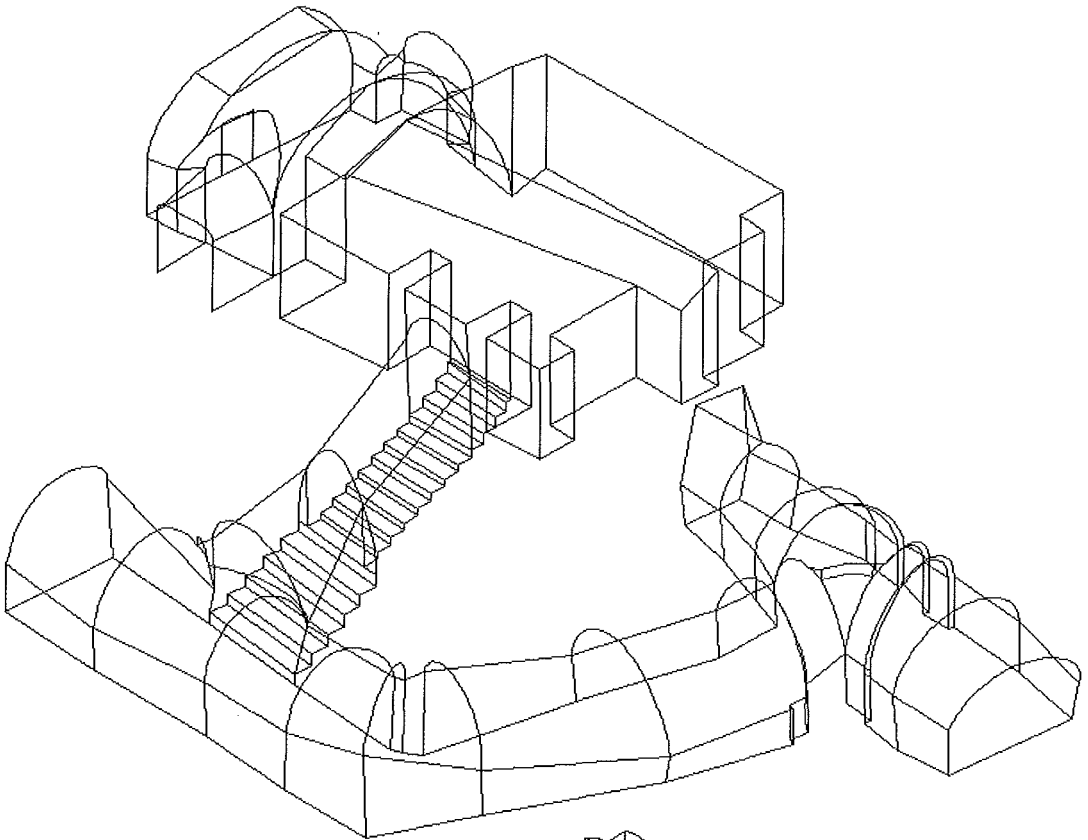


Abb. 8: Keller Hauptplatz ON 22 (Gittermodell)

Bei dieser Konvertierung war die Referenzierung der Linien zu den Punktsymbolen verloren gegangen, was zur Folge hatte, dass zwar die Punkt- und einige Einbausymbole in der richtigen Höhe dargestellt wurden, aber die Linien, Polylinien und Punktnummern zweidimensional auf der Höhe Null lagen.

Unter Verwendung der Funktion „Einfügen von Blöcken“ wurde ein Gittermodell einer Kelleranlage in die geöffnete Hauptplatzzeichnung eingefügt, wobei der Ursprung $XYZ = 0$ gewählt, die Skalierung 1:1 übernommen und der Drehwinkel mit 0° angenommen wurde. Die dreidimensionalen Punktsymbole mussten mit der zweidimensionalen Zeichnung zur Deckung gebracht werden.

Ein Vergleich von ident aufgenommenen Punkten (Hausecken, Eingänge) zeigte, dass die Abweichungen im Durchschnitt bei rund 1,5–2 cm lagen. Eine Verschiebung der für die Keller aufgenommenen Punkte in jene der Aufnahme-punkte des Hauptplatzes war unvermeidlich. Zwangsweise wurde dadurch der gesamte Kel-

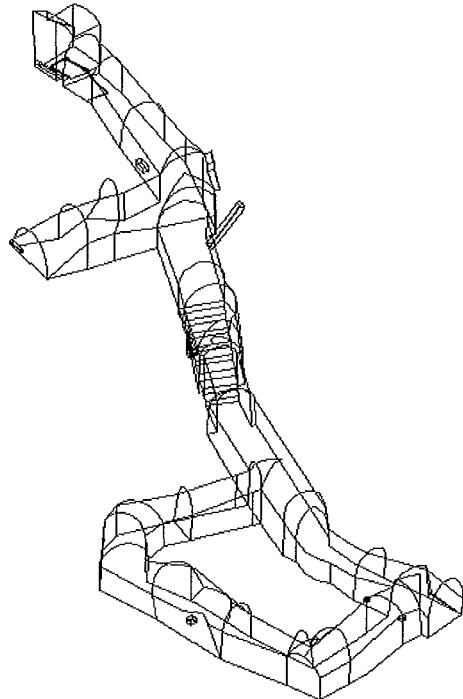


Abb. 9: Keller Hauptplatz ON 23 (Gittermodell)

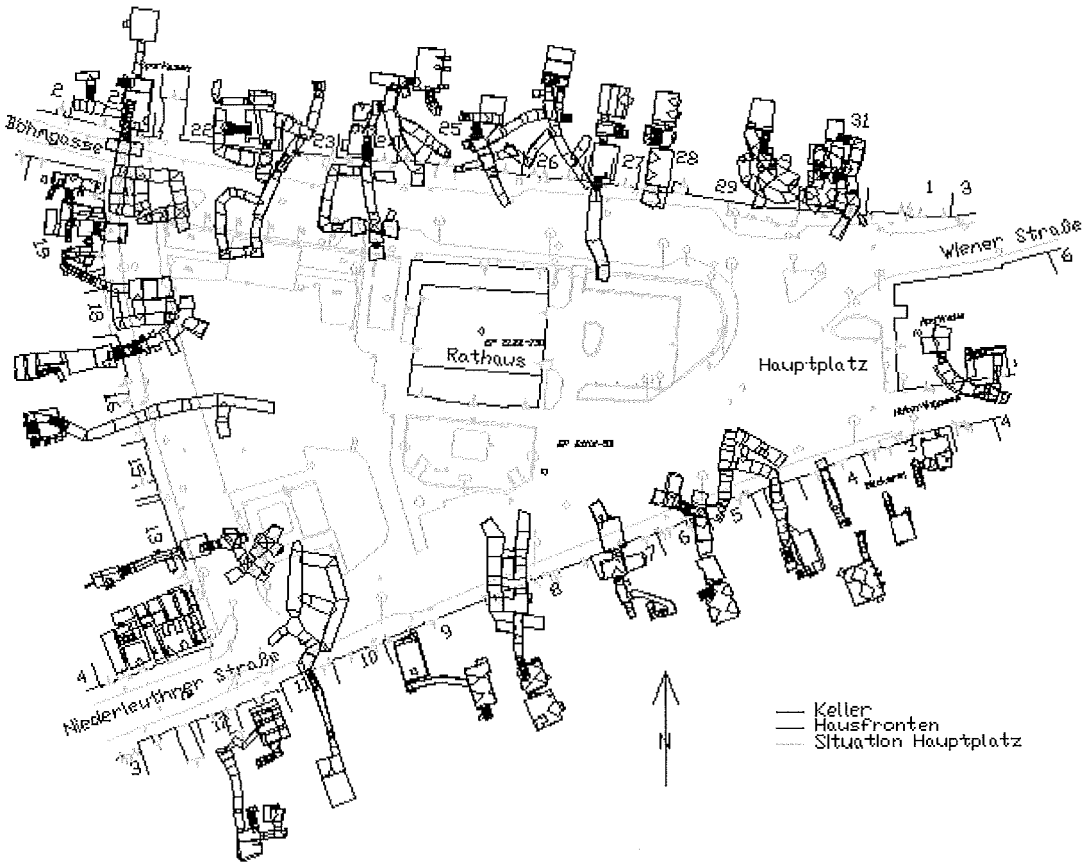


Abb. 10: Kellermodell – Hauptplatz

lerblock um diese Distanz in die Punkte der Hausecken verschoben.

Waren bei den Kellern die zugehörigen Hausfronten auch dreidimensional vorhanden, konnte der gesamte Keller in die Punktsymbole der vom Büro Dr. Döller vermessenen Hausfronten verschoben werden. Waren die Hausfronten der Keller zweidimensional vorhanden, wurde der Keller nur in die zweidimensionalen Hausecken der Zeichnung des Hauptplatzes verschoben. Bei diesen Kellern kam es daher zu keiner Höhenänderung. Die Abbildung 10 zeigt im Grundriss die Zusammenführung der Kellermodelle mit dem Hauptplatz, dabei sind zwei Besonderheiten sehr auffällig:

1. Wie am Ende von Kapitel 4.1. bereits erwähnt, sieht man, dass möglicherweise einige Keller untereinander verbunden waren. Diese Erkenntnis wird für Archäologen von Interesse sein und möglicherweise neue Interpretationen zulassen.

2. Beträchtliche Teile einiger Kelleranlagen liegen auf dem öffentlichen Grund bzw. auch teil-

weise auf dem Nachbargrund. Dies ist nicht nur im üblichen Sinn des Katasters (zweidimensional) erstaunlich und interessant, sondern auch im Hinblick auf die Notwendigkeit eines 3D-Katasters.

6. Schlussbemerkungen

Die anfangs gesetzte Aufgabenstellung, aus historischen und neu erstellten Datenmaterialien digitale dreidimensionale Gittermodelle zu erstellen, konnte durch trickreiche Erfindungsgabe, individuelle Konzepte, viel Überlegungsarbeit und intensive Computertätigkeit gelöst werden. Die umfangreiche Grafik-Software AutoCAD mit ihren hilfreichen Tools ermöglichte im Zusammenspiel mit rm-MAP eine problemlose Ausarbeitung.

Durch die lagerichtige Einbindung der 3D-Modelle der mittelalterlichen Kelleranlagen in die vorhandene 2D-Vermessung des Hauptplatzes wurde die Voraussetzung für eine virtuelle Begehung der unterirdischen Kellerwelt Waidhofens mittels Computeranimation geschaffen.

Solche 3D-Auswertungen und die darauf folgende virtuelle Visualisierung sind wichtig und zukunftsweisend für die Dokumentation und Rekonstruktion von Tunnelanlagen, Höhlen, Kelleranlagen, unterirdischen archäologischen Fundstätten und historischen Plätzen und Gebäuden.

In Zukunft soll dem Institut ein Laserscanner zur Verfügung gestellt werden. Die herkömmliche Aufnahme mittels einer Totalstation wird damit ersetzt durch das Abtasten mit Hilfe eines Laserscanner.

Bei dieser Anwendung ergibt sich der Vorteil, dass bei der 3D-Aufnahme gleichzeitig die Farbe im Aufnahmepunkt gespeichert wird und bei der Auswertung auf die Flächen als zusätzliches Merkmal (Kennzeichnung) gespeichert werden kann.

Für den Geodäten wird dies eine erhebliche Zeitersparnis bei der Auswertung und eventuellen Weiterverarbeitung der 3D-Modelle bedeuten.

Abschließend kann bemerkt werden, dass mit Spannung die neue Homepage der Stadtge-

meinde Waidhofen erwartet wird um schlussendlich die faszinierende Kellerwelt virtuell durchschreiten zu können.

Quellenverzeichnis:

- [1] *Sauer, Helmut*: Waldviertler Heimatbuch, 1977
- [2] *Jeschek, Rainer u. Neuwirt, Dr. Ernst*: 800 Jahre Waidhofen an der Thaya, 1971
- [3] *Neuwirt, Dr. Ernst*: Das Leben in den Städten des Waldviertels im Mittelalter, 1979
- [4] *Steininger, Fritz*: Erdgeschichte des Waldviertels, 1999
www.naturpark.at (Nordwald-News)
www.wko.at (Waidhofen an der Thaya)
www.tiscover.com (TIScover-Waidhofen an der Thaya)
www.ams.or.at (Stadtplan Waidhofen an der Thaya)
www.rmdata.at (Firma rm-DATA)
www.autodesk.com (Firma AutoDesk)
www.abbyy.com (Firma Abbyy)

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. Dr. Johannes Fabiankowski: TU Wien, Institut für Geodäsie und Geophysik, Abteilung Angewandte Geodäsie und Ingenieurgeodäsie, Gusshausstrasse 27–29, A 1040 Wien
 Dipl.Ing. Gerald Wagner: Heiligenstädter Strasse 131–135/3/63, A 1190 Wien



Der Trennkreis und seine numerische Berechnung

Helmut Späth, Oldenburg

Zusammenfassung

Die Bestimmung von Hüllkreis und von Pferchkreis gehört zu den Standardaufgaben in der Koordinatenmesstechnik [1]. Wir behandeln hier die Bestimmung eines Trennkreises. Das ist ein Kreis mit kleinstem Radius, der einerseits eine gegebene Punktemenge enthält und der andererseits eine zweite Punktemenge ausschließt.

1. Problemstellung

Der Hüllkreis für eine in der Ebene gegebene Punktemenge

$$(x_i, y_i), i=1, \dots, m. \tag{1}$$

ist derjenige Kreis mit Mittelpunkt (x, y) und Radius u , der alle gegebenen Punkte enthält und minimalen Radius u hat. Somit ist das zu lösende mathematische Problem

$$u^2 \rightarrow \min$$

s.t. $(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 \leq u^2 \quad (i = 1, \dots, m). \tag{2}$

Die Lösung ist eindeutig [1].

Pferchkreise mit Mittelpunkt (x, y) und Radius w , sind solche, die keinen der gegebenen Punkte enthalten und maximalen Radius w haben. Das Problem ist hier [1]

$$w^2 \rightarrow \max$$

s.t. $(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 \geq w^2 \quad (i = 1, \dots, m). \tag{3}$

Hier kann die Lösung (x, y, w) unbeschränkt sein; sie ist also insbesondere nicht eindeutig.

Die Anwendung der sequentiellen linearen Optimierung auf beide Probleme ist in [3, 4] geschildert und in [5] bezüglich ihrer Wirksamkeit beleuchtet.

Hier behandeln wir das folgende verwandte Problem [2]. Gegeben seien zwei Punktemengen S und T durch

$$S = \{(x_i, y_i), i = 1, \dots, k\},$$

$$T = \{(x_i, y_i), i = k+1, \dots, m\}. \tag{4}$$

Wir suchen einen Kreis mit Mittelpunkt (x, y) und Radius v , der alle Punkte von S und alle von T nicht enthält (jeweils einschließlich Rand)

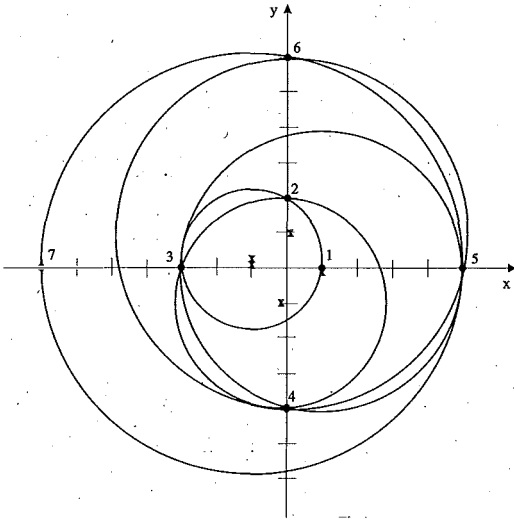


Abb. 1

und kleinsten Radius v hat. Die mathematische Problemstellung für diesen Trennkreis ist

$$\begin{aligned} & v^2 \rightarrow \min \\ \text{s.t. } & (x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 \leq v^2 \quad (i = 1, \dots, k), \\ & (x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 \geq v^2 \quad (i = k+1, \dots, m). \end{aligned} \quad (5)$$

Für $k = m$ erhalten wir das Hüllkreisproblem (2) zurück. Es ist leicht einsehbar, wie die Problemstellung auf eine Trennkugel übertragen werden kann: in den Nebenbedingungen (s.t.) wird ein Term $(z-z_i)^2$ in (5) links hinzugefügt.

2. Ein numerisches Verfahren

Führen wir als neue Unbekannte

$$s = \frac{1}{2} (v^2 - (x^2 + y^2)) \quad (6)$$

ein, so lässt sich (5) als

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} (x^2 + y^2) + s \rightarrow \min \\ \text{s.t. } & -x_i x - y_i y - s \leq -\frac{1}{2} (x_i^2 + y_i^2) \quad (i = 1, \dots, k), \\ & x_i x + y_i y + s \leq \frac{1}{2} (x_i^2 + y_i^2) \quad (i = k+1, \dots, m) \end{aligned} \quad (7)$$

schreiben. Dies ist eine quadratische Zielfunktion mit linearen Nebenbedingungen. Die Variablen x , y und s sind freie Variable, d. h. ohne Vorzeichenbeschränkung.

Geben wir für $t = 0$ einen Startwert $(x^{(0)}, y^{(0)})$ vor (z. B. den Schwerpunkt von (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, k$, aber auch andere beliebige Werte), so lässt sich die Zielfunktion (7) in der t -ten Iteration gemäß

$$\frac{1}{2} (x^{(t)} x + y^{(t)} y) + s \rightarrow \min \quad (9)$$

linearisieren. Das lineare Programm (9) unter den Nebenbedingungen (8) lässt sich – Zulässigkeit

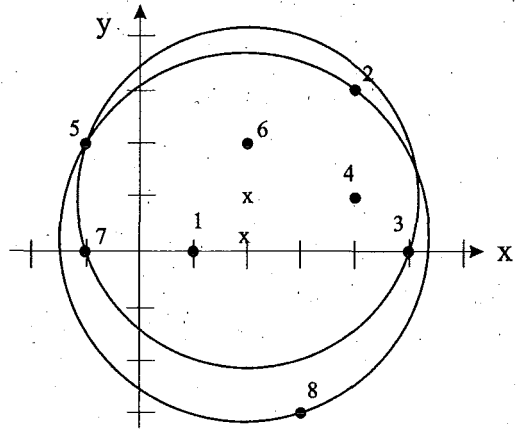


Abb. 2

und Beschränktheit vorausgesetzt – nach (x, y, s) lösen. Dann setzt man $(x^{(t+1)}, y^{(t+1)}) = (x, y)$ und führt die nächste Iteration durch. Dabei muss, um die Standardform, wie sie viele Software-Produkte voraussetzen, nämlich

$$\begin{aligned} & c^T z \rightarrow \max \\ & A z \leq b, z \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

eines linearen Programms zu erreichen, zuvor

$$\begin{aligned} x &= x^+ - x^-, \\ y &= y^+ - y^-, \\ s &= s^+ - s^- \end{aligned} \quad (11)$$

mit $x^+, y^+, s^+, x^-, y^-, s^- \geq 0$ gesetzt werden. Dann ist in (10)

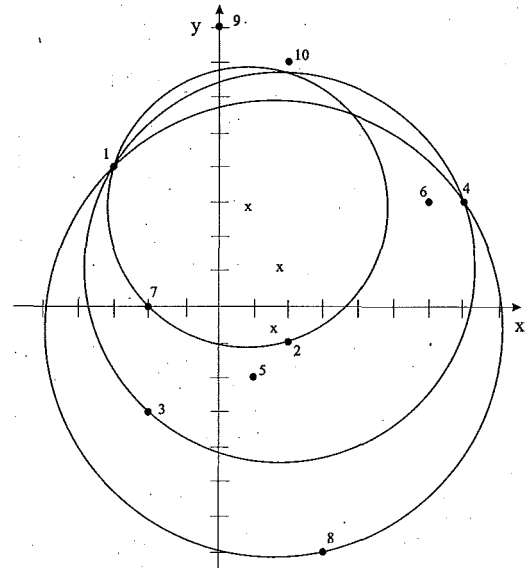


Abb. 3

$$\begin{aligned}
z &= (x^+, x^-, y^+, y^-, s^+, s^-)^T, \\
b_i &= -\frac{1}{2}(x_i^2 + y_i^2), \quad i = 1, \dots, k \\
b_i &= \frac{1}{2}(x_i^2 + y_i^2), \quad i = k+1, \dots, m \\
c &= (-\frac{1}{2}x^{(0)}, +\frac{1}{2}x^{(0)}, -\frac{1}{2}y^{(0)}, +\frac{1}{2}y^{(0)}, -1, 1)^T \\
a_i^T &= (-x_i, x_i, -y_i, y_i, -1, 1), \quad i = 1, \dots, k \\
a_i^T &= (x_i, -x_i, y_i, -y_i, 1, -1), \quad i = k+1, \dots, m
\end{aligned} \tag{12}$$

wobei a_i^T die i -te Zeile von A bedeutet.

Nach den Erklärungen in [5] konvergiert das Verfahren, falls nicht Unzulässigkeit oder Unbeschränktheit der linearen Programme vorliegt, in Abhängigkeit vom Startwert, häufig in einer Iteration; empirisch werden bis zu drei Iterationen benötigt, um Konvergenz zu erreichen. Sehr häufig wird das globale Optimum erreicht, aber die Konvergenz zu einem lokalen Optimum kann nicht ausgeschlossen werden. Benutzt man einen Standard-Algorithmus zur Lösung der linearen Programme, so ist die Implementation des Verfahrens sehr einfach.

3. Numerische Beispiele

In den folgenden drei Beispielen werden die beiden Punktemengen S und T nach (4) jeweils für $k = 2, \dots, m$ benutzt. Stets wurden neben dem Schwerpunkt von S auch andere Startwerte $(x^{(0)}, y^{(0)})$ verwandt und im Falle mehrerer Lösungen für (5) die jeweils beste angegeben. Für bestimmte Werte von k kann das anfängliche lineare Programm natürlich unzulässig oder unbeschränkt sein, was auf keine Lösung hindeutet.

Beispiel 1: Die Koordinaten von $m = 7$ gegebenen Punkten

k	1	2	3	4	5	6	7
x	1	0	-3	0	5	0	-7
y	0	2	0	-4	0	6	0

waren hier so gewählt, dass für $k = 2, \dots, 7$ optimale Trennkreise existieren. Diese und die gegebenen Punkte findet man in Abb. 1. Für $k = 5$ z. B. ist der Kreismittelpunkt $(1, -1.25)$ und der Radius 4.00195.

Beispiel 2: Die $m = 8$ Punkte

k	1	2	3	4	5	6	7	8
x	1	4	5	4	-1	2	-1	3
y	0	3	0	1	2	2	0	-3

sind so gewählt, dass für $k = 2, \dots, 6$ keine Trennkreise möglich sind. Dies wurde auch durch das Verfahren bestätigt. Für $k = 7$ und $k = 8$ (Hüllkreis) sind die Ergebnisse in Abb. 2 zu finden. Für $k = 7$ ist der Mittelpunkt $(2, 1)$ und der Radius 3.16228; für $k = 8$ ist der Mittelpunkt $(1.94828, .25862)$ und der Radius 3.42414.

Beispiel 3: Die $m = 10$ Punkte

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	-3	2	-2	7	1	6	-2	3	0	2
y	4	-1	-3	3	-2	3	0	-7	8	7

sind willkürlich gewählt worden. Die für $k = 2, 7, 8$ gefundenen Trennkreise samt der Punkte finden

Steigende Portokosten !
Hoher Manipulationsaufwand !
Lang dauernde Postwege !

Helfen Sie uns Geld und Zeit zu sparen !

Das OVG-Team möchten Sie gerne über Termine, Veranstaltungen und Neuigkeiten per email informieren. Senden Sie einfach Ihren Namen und Ihre email-Adresse an

office@ovg.at

sich in Abb. 3. Für $k = 3, \dots, 6, 9$ gibt es keine Lösung. Für $k = 10$ wurde bei den benutzten Startwerten der Hüllkreis (mit sehr großem Radius) durch die Punkte mit den Nummern 4, 9 und 10 nicht gefunden.

Literatur

- [1] *Dörflinger, J.*: Approximation durch Kreise: Algorithmen zur Ermittlung der Formabweichung mit Koordinatenmessgeräten, Diplomarbeit in Mathematik, Universität Ulm 1986.
 [2] *O'Rourke, J., Kosaraju, S. R., Meggido, N.*: Computing Circular Separability, *Discrete Comput. Geom.* 1, 105 – 113 (1986).

- [3] *Späth, H.*: Bestimmung von Hüllkreis und -kugel mittels sequentieller linearer Optimierung, AVN 7/1999, 239 – 242.
 [4] *Späth, H.*: Bestimmung von Pferchkreisen und -kugeln mittels sequentieller linearer Optimierung, AVN 10/1999, 343 – 345.
 [5] *Späth, H., Watson, G. A.*: On a sequential linear programming approach to finding the smallest circumscribed, largest inscribed, and minimum zone circle or sphere, *Math. Commun.* 6, 29 – 38 (2001).

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Helmuth Späth, Fachbereich Mathematik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Postfach 2503, D-26111 Oldenburg, Germany. e-mail: spaeth@mathematik.uni-oldenburg.de



Der Beitrag Österreichs an UNIGRACE – Unification of Gravity Systems of Central and Eastern European Countries.

Diethard Ruess, Wien

Zusammenfassung

Das BEV beteiligte sich an dem, von der EU teilfinanzierten Projekt UNIGRACE, (Unification of Gravity Systems of Central and Eastern European Countries) in den Jahren 1998 – 2002. Ziel war es, unter Einsatz mehrerer Absolutgravimeter die verschiedenen historisch gewachsenen Schwerenetze der beteiligten Länder in ein einheitliches System überzuführen. Dieses neue auf modernster Technik aufbauende System dient als Grundlage für weiterführende, grenzüberschreitende Problemstudien in Geodäsie, Geophysik und physikalisch-technischen Anwendungen.

Abstract

The BEV took part at the UNIGRACE project between 1998 and 2002 which was promoted by the EC. The aim was to unify the different grown gravity systems of the participating countries using absolute gravity techniques. This new modern system will be the base of further international and interdisciplinary studies in Geodesy, Geophysics and technical employment.

1. Einleitung

Das Projekt UNIGRACE wurde in den Jahren 1998 - 2002 durchgeführt. Es entstand auf Anregung der Zentraleuropäischen Initiative (CEI) 1995 [1]: In einem Forschungsprogramm sollten Beobachtungen der mittleren Meeresoberflächen und Absolutschweremessungen im Raume Mitteleuropas in Zusammenhang gebracht werden. Es entwickelte sich die Konzeption, Absolutschweremessungen an besonders ausgewählten geodätischen Fundamentalknoten durchzuführen und darüber hinaus Gezeitenpegel der Ostsee, der Adria und des Schwarzen Meeres einzubinden. Es wurden 21 Stationen in 12 Ländern ausgewählt, die eine Traverse von Absolutschweremessungen zwischen Ostsee und Adria mit einer Verbindung zum Schwarzen Meer bilden. Das Projekt wurde von der EC im

Rahmen des INCO-COPERNICUS gefördert und teilfinanziert, mit dem volkswirtschaftlichen Ziel, die Schweresysteme der beteiligten Länder, die sich historisch unterschiedlich entwickelt hatten, zu vereinheitlichen. In Österreich wurde die Beteiligung an UNIGRACE vom BEV wahrgenommen.

2. Ziele des Projektes

Die Schwerkraft ist eine physikalische Größe, die von der geographischen Position (Lage und Höhe) einerseits und von der Zeit andererseits abhängig ist. Bei verschiedenen messtechnischen Problemstellungen wird sie als konstant vorausgesetzt, wie z.B. bei der Festlegung von Standards, die Kräftevergleiche nutzen (Strom, Druck, Masse). Sie beeinflusst ebenso die Defini-

tion von Höhensystemen. Die Schwerkraft spielt eine wichtige Rolle bei der Erforschung der Massenverteilung in der Erdkruste und wird daher zur Exploration von Bodenschätzen verwendet. Aus diesem Grund besitzt die Kenntnis über das Schwerkraftfeld für jedes Land einen hohen ökonomischen Wert. Ebenso hatte die Kenntnis des Schwerkraftfeldes in manchen Ländern große Bedeutung für die militärische Verteidigung. Diese Umstände führten dazu, dass in vielen Staaten Schwerewerte bislang nicht öffentlich zugänglich waren (und z.T. noch sind). Konsequenterweise entstanden dadurch zahlreiche verschiedene Schweresysteme in Europa. Die Unterschiede zwischen den Systemen beeinflussen Kartographie, Vermessung und Navigation genauso wie die Höhensysteme Europas und deren Höhendatum.

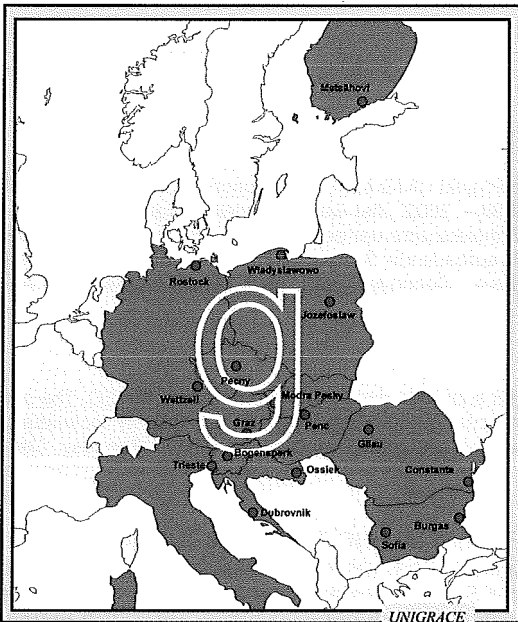


Abb. 1: UNIGRACE: Absolutschwere Stationen

Infolge der politischen Veränderungen in Europa und der daraus folgenden ökonomischen engeren Beziehungen wurden solche, früher geheim gehaltene Daten, z.T. allgemein zugänglich. Es ist daher ein Muss, die Differenzen der Schweresysteme zu analysieren und zu beseitigen. Der optimale Weg dieses Problem zu lösen ist, an ausgesuchten Stationen in Mittel- und Osteuropa Absolutschweremessungen durchzuführen. Die Technologie dafür ist ausgereift und verfügbar. Die gemeinsamen Bemühungen einiger Teams, die solche Messungen ausführen, ermöglichen den Aufbau weiträumiger gravimetri-

scher Netze in relativ kurzer Zeit. Qualifizierte wissenschaftliche Gruppen aus vier EU-Staaten (Deutschland, Finnland, Italien, Österreich) und acht Staaten Zentral- und Osteuropas (Bulgarien, Kroatien, Tschechien, Ungarn, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien) nahmen sich vor, diese Aufgabe zu erfüllen. Als Ergebnis liegt ein vereinheitlichtes Schweresystem in Europa vor, als Grundlage für:

- Messtechnik (Metrologie)
- Kartographie, Vermessung und Navigation
- Höhenbestimmung
- Studien von Änderungen der Meeresspiegel
- Geophysikalische Forschung
- Exploration und Bergbau

Weiters erfolgte durch dieses Projekt ein Austausch an Know-how der Technologien, insbesondere durch den Vergleich verschiedener Messgeräte.

3. Aufgabenstellung

Die Entwicklungen der Laser – Interferometrie, von hochpräzisen Zeitintervallzählern und von transportablen gut stabilisierten Laserstandards, insbesondere jenen an der Absorptionslinie von Jod, ermöglichten es, die Schwerebeschleunigung mithilfe des freien Falles unter speziellen Feldbedingungen mit hoher Genauigkeit im Bereich von $1: 10^{-9}$ zu bestimmen. Vier der in UNIGRACE beteiligten ballistischen Absolutgravimeter nutzen die Beobachtung des freien Falles ([2], [3]), eines beobachtete Wurf und Fall [4]. Geplant war der Aufbau eines Netzes von 17 Stationen in 12 Ländern (Abb. 1), tatsächlich verwirklicht wurden letztlich 20 Stationen (Tab. 1).

Die interkontinentalen Stationen wurden unter Beachtung der geologischen Verhältnisse ausgesucht. Sie bieten die Grundlage für ein einheitliches Schweresystem, dem SI entsprechend.

Pegelstationen an Meeresküsten wurden ins Projekt einbezogen, um einerseits einen Beitrag zur Vereinheitlichung der Höhensysteme zu leisten, andererseits um zukünftig Änderungen der Meeresspiegel und deren Potentialwerte zu untersuchen. Die geographische Verteilung der Stationen erfolgte so, daß jedes teilnehmende Land den vollen Nutzen aus dem Programm ziehen kann. Die Ausstattung der Absolutstationen erfolgte nach internationalen Richtlinien [5].

Die Messungen erfolgten in zwei Serien, je eine 1998/99 und 1999/2000(01). Die zweite Serie diente der Kontrolle der instrumentellen Genauigkeit und der geologischen Stabilität der Stationen. Zwei Stationen (Wetzell, Jozefoslaw)

	Land	Absolutgravimeter		kontinentale Station	Pegelstation
		Typ	Modell		
1	Österreich	FF	JILAg-6	Graz	---
2	Bulgarien	---		Sofia, Plana	Varna
3	Kroatien	---		Osjek	Dubrovnik
4	Tschechien	---		Pecny	---
5	Finnland	FF	JILAg-5	---	Metsähovi
6	Deutschland	FF	FG5-101	Wetzell	Rostock
7	Ungarn	---		Penc	---
8	Italien / F	FF	FG5-206	---	Triest
9	Polen	SWF	ZZG	Jozefoslaw	Krokowa
10	Rumänien	---		Belis, Cluj	Constanta
11	Slowakei	---		Modra Piesky	---
12	Slowenien	---		Lubljana, Gotenica	---

FF	Freier Fall
SWF	Symmetrischer freier Wurf und Fall

Tab. 1: UNIGRACE – Beteiligte Länder, Instrumente und Stationen

dienten als Referenzstationen zum Vergleich aller Geräte während der Kampagne. Jede Absolutstation wurde durch Relativmessungen mit dem jeweiligen nationalen Schweregrundnetz verknüpft. Dadurch lassen sich Datum und Maßstab der Schweregrundnetze abgleichen. Jede Station ist durch ein lokales gravimetrisches Mikronetz abgesichert, um so lokale Veränderungen zu überwachen, die z. B. durch Bodendeformationen oder Änderungen des Grundwasserspiegels verursacht werden.

In jährlichen Konferenzen wurden Planung, Projektfortschritte und Ergebnisse diskutiert und koordiniert.

4. Nutzen des Projekts

Die Erwartung, ein einheitliches Schwere-system mit einer Genauigkeit der Größenordnung $1:10^9$, entsprechend dem derzeit möglichen Technologiestand zu erbringen, wurde weitgehend erfüllt. Daraus lässt sich Nutzen nach verschiedenen Kategorien ziehen:

- Bestimmung der absoluten Schwerewerte in SI Einheiten mit der höchst möglichen Genauigkeit
- Transformation aller bestehenden Schwerewerte Mittel- und Osteuropas in den internationalen Referenzrahmen
- Transformation der Normschwerewerte für präzise Gewichtsbestimmungen und ähnliche instrumentelle Anordnungen wie z.B. für hochgenaue Drucksensoren, um die Prüfmethoden zu verbessern und die Übereinstimmung der Laboratorien der EU und der Länder Mittel- und Osteuropas zu gewährleisten

- Bereitstellung standardisierter Schwerewerte als wichtige Voraussetzung für die gemeinsame Festlegung eines einheitlichen Höhensystems und Geoides in Europa
- Bereitstellung einer einheitlichen europäischen Referenz für die geophysikalische Forschung und Exploration natürlicher Rohstoffreserven
- Errichtung von Eichlinien, die mit allen verfügbaren Relativgravimetern benutzt werden können
- Einführung eines gemeinsamen Schwere – Standards, der als Grundlage für den exakten Vergleich der Meeresspiegelhöhen zwischen Adria, Schwarzem Meer und Ostsee und für Untersuchungen geodätischer und geophysikalischer Einflüsse globaler Änderungen benötigt wird
- Förderung und Festigung der Forschung bzw. Entwicklung des Technologiepotentials in Mittel- und Osteuropa infolge der Kooperation der beteiligten Länder
- Die Definition des Schwere – Standards in der Nähe von Pegelstationen der Ostsee, der Adria und des Schwarzen Meeres bildet eine unverzichtbare Voraussetzung bei der Erforschung von Meeresspiegelschwankungen und deren Ursachen (Treibhauseffekt, globale Änderungen).

5. Interne Anwendung der Ergebnisse

Der unmittelbare Nutzen des Projektes für die beteiligten Institutionen ist:

- Anpassen der Schwere – Datenbanken an das neue Schwere-system

- Kalibrieren der Relativgravimeter, um Schweredaten mit globalen Datenbanken austauschen zu können und so die Berechnung eines globalen Geoides bzw. Erdschwerefeldes zu ermöglichen
- Schaffung von Vergleichsstationen um regionale und lokale Änderungen des Schwerefeldes studieren zu können, wie sie durch seismisch bedingte Krustendeformationen und andere geodynamische Phänomene hervorgerufen werden.

Alle Daten der Referenzstationen werden dem internationalen gravimetrischen Büro (BGI) übermittelt und werden frei zugänglich sein.

6. Finanzierung

Die EU stellte für UNIGRACE einen Finanzierungsrahmen von 300.000,- EUR zur Verfügung. Je nach finanziellem Status der beteiligten Institutionen betragen die Zuwendungen 50% oder 100% der Aufwendungen. Der Projektzeitraum betrug 3 Jahre, in dem die Mittel nach folgendem Schlüssel ausgeschüttet wurden:

1. Jahr 40 %
2. Jahr 25 %
3. Jahr 25 %

Rest 10 % nach Vorliegen des Abschlussberichtes.

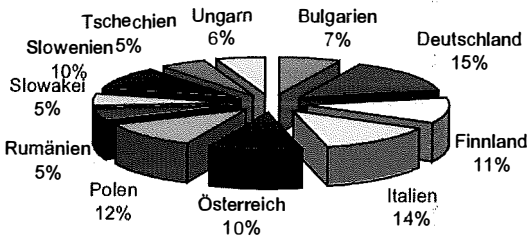


Abb. 2: Finanzierungsschlüssel

7. Messkampagnen

Die ausgesuchten Stationen wurden in zwei Messkampagnen 1998/99 und 2000/2001 von jeweils zwei verschiedenen Absolutgravimeter-teams beobachtet. Zusätzlich wurden die Stationen Jozefoslaw (PL) und Wettzell (D) als Referenz von allen Teams in beiden Kampagnen gemessen. Vor Beginn und nach Abschluss des UNIGRACE Projektes beteiligten sich die Absolutgravimeter-teams am internationalen Absolutgravimeter Vergleich am BIPM in Sévres/Paris (ICAG 1997, 2001) [6], [7].

8. Beteiligung des BEV

8.1 Instrumentierung

a.) Absolutgravimeter

Zum Einsatz kam das Absolutgravimeter JILAg-6, das gemeinschaftlich von mehreren Institutionen aus dem Bereich des Wissenschaftsressorts angeschafft wurde und vom BEV auf Basis des Verwaltungsabkommens „Gravimetrie“ seit 1987 eingesetzt wird.

Das Absolutgravimeter JILAg-6 wurde 1986 von J. Faller, University of Colorado, USA gebaut. Beobachtet wird der freie Fall durch Messung von Zeit und Fallstrecke mit Hilfe eines Laser Interferometers. Upgrades wurden 1994 und 1997 bei Micro-g (T. Niebauer) in Colorado durchgeführt, wobei Komponenten des Nachfolgegerätes FG5 eingebaut wurden [3]. Das ursprüngliche Design der JILA- Type (Abb. 3) wurde beibehalten, die elektronischen Komponenten sind jedoch ident mit denen der FG5 Serie. Seit 1997 kommt auch ein Jod - stabilisierter HeNe Laser von Winters zum Einsatz, der dem internationalen Längennormal im Genauigkeitsbereich von 1:10¹⁰ entspricht.

Gemessen wird Fallweg und Zeit von einer Serie von Fallversuchen, üblicherweise etwa 2100 Drops / 12 Stunden. Bei jedem einzelnen Fall (drop) werden 680 Datenpaare bestimmt. Die Primärauswertung der Beobachtungen erfolgt mit der letzten Version der Auswertesoftware Olivia von Micro-g nach dem Gleichungssystem:

$$x_i = x_0 + v_0 t_i + \frac{g}{2} \cdot t_i^2 + \frac{1}{6} \gamma v_0 t_i^3 + \frac{1}{24} \gamma g t_i^4$$

x_i = Fallweg

t_i = Fallzeit

v_0 = Anfangsgeschwindigkeit

γ = Vertikalgradient der Schwerebeschleunigung

g = Schwerebeschleunigung

x_0 = Auslösepunkt

Als Referenzpunkt der Absolutschweremessung wird die Höhe nach $\frac{1}{3}$ Fallstrecke angegeben, i.e. 84cm über Boden beim JILAg-6.

b.) Relativgravimeter

Das Relativgravimeter LCR-D51 wurde für eine Reihe von Sekundärbeobachtungen eingesetzt:

- Prüfen der Stabilität beim Erkunden der Absolutschwerestation
- Messen des Vertikalgradienten der Absolutschwerestation

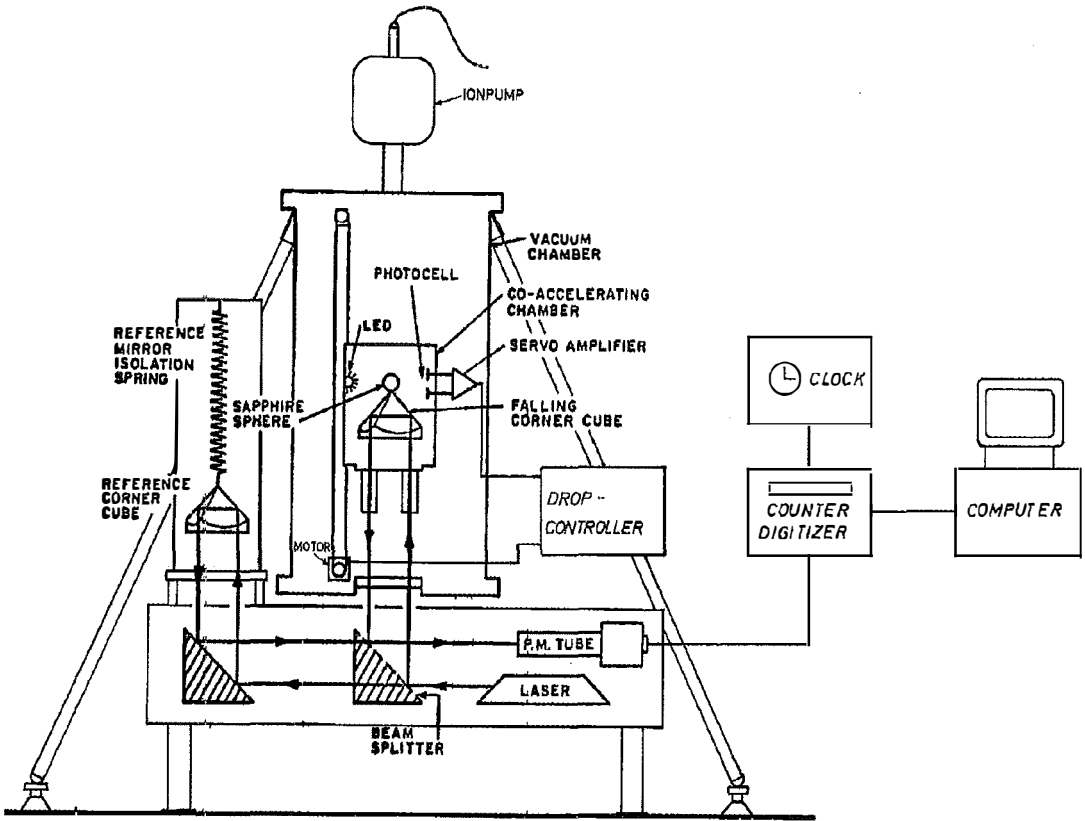


Abb. 3: Schema des JILAg Absolutgravimeters [2]

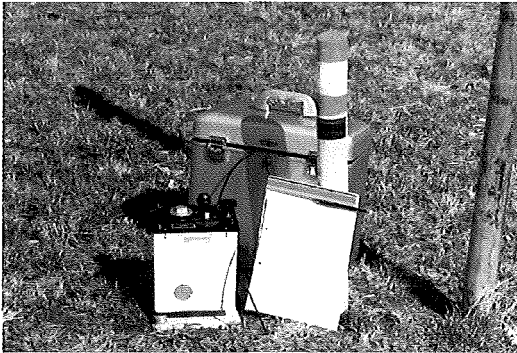


Abb. 4: Relativgravimeter LCR - D

- Übertragen des Schwerewertes von der Absolutreferenz zum Bodenpunkt bzw. zu Punkten des nationalen Schweregrundnetzes.

8.2. Messkampagnen

Die Messungen für UNIGRACE wurden vom BEV in 2 Kampagnen 1998 und 2000 durchgeführt [8], [9], [10]. Hinzuzuzählen sind die interna-

tionalen Vergleichsmessungen in Sévres 1997 und 2001 (Tabelle 2 und Abb. 5) [6], [7].

Land	Station	Kampagne
Österreich	Graz	1998 / 2000
Bulgarien	Sofia	1998
	Plana	1998
	Varna	1998
Italien	Trieste	2000
Slowenien	Bogensperk	2000
Slowakei	Modra	2000
Deutschland	Wetzell	1998/2000
Polen	Jozefoslaw	1998/2000
Frankreich	Sévres	1997/2001

Tab. 2: Mit JILAg-6 beobachtete Stationen

Bulgarien 1998

Bulgarien verfügte zu Beginn der Kampagne nur über ein neues modernes Gravimeter hoher Genauigkeit (La Coste & Romberg) und einen Absolutschwerepunkt in Sofia, der zwischen 1981 und 1986 mit dem russischen Absolutgravimeter GABL bestimmt wurde. Das be-



Abb. 5: Mit JILAg-6 beobachtete UNIGRACE Stationen

stehende bulgarische Schwerenetz wurde mit älteren Quarzfeder – Gravimetern russischer Bauart zwischen 1964 und 1969 gemessen. Eine bestehende Gravimereichlinie, die vom Absolutpunkt in Sofia ausgeht, sollte mit Unterstützung des BEV überprüft und gegebenenfalls mit einer Absolutschweremessung am anderen Ende derart abgesichert werden, dass der Maßstabsfaktor des Relativgravimeters einwandfrei überprüft werden kann. Weiters vorgesehen war eine Absolutschwerestation an der Küste in der Nähe eines Meerespegels.

Die Erkundung wurde im Juli 1998 gemeinsam mit den bulgarischen Kollegen mit dem Relativgravimeter des BEV (LCR-D51) vorgenommen. Mit einem LCR Gravimeter lässt sich die Stabilität einer Station sehr leicht testen, da das Federgravimeter extrem neigungsempfindlich ist und auf Bewegungen einer Person reagiert, falls das Fundament nicht stabil genug ist. Der Test der Inlandstation im Zentrum von Sofia, im Forschungsinstitut für Geodäsie und Photogrammetrie zeigte einen hohen mikroseismische Pegel, der in erster Linie durch den Verkehr verursacht wird und die Schwerebeobachtungen beeinflusst bzw. verfälscht. Die oben angesprochene alte Gravimereichlinie ist nicht mehr verfügbar und somit existierte z.Z. in Bulgarien keine moderne, komfortable Gravimereichstrecke. Komfortabel

bedeutet hier eine Gravimereichstrecke mit etwa 4 Stationen und 200 mGal ($= 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$) Schweredifferenz, deren Punkte rasch und leicht mit einem Auto erreichbar sind und deren Endpunkte ausreichend genau bestimmt wurden. Dieser Umstand und die relativ unruhige Station in Sofia führten dazu, eine andere geeignete Lokalität in der Nähe von Sofia zu suchen. Diese wurde am astronomischen Observatorium in Plana gefunden, das sich in ungefähr 50 Autominuten vom Stadtzentrum Sofia erreichen lässt und extrem ruhig liegt. Hier wurde eine Sekundärstation zu Sofia ausgewählt und zwei Zwischenstationen für Relativmessungen eingerichtet. Eine erste relative Bestimmung dieser neuen Gravimereichlinie wurde mit dem LCR Gravimeter im Zuge der Erkundung durchgeführt.

An der Küste des Schwarzen Meeres war ursprünglich die Pegelstation Herakli für eine UNIGRACE Station vorgesehen. Allerdings war im Gebäude und in der Umgebung kein geeignetes Fundament für Absolutschweremessungen auffindbar und ein Fundamentbau kam nicht in Frage. Die eigentliche Messkampagne wurde für September 1998 fixiert. Bis dahin wurde von den Bulgarischen Kollegen eine alte russische Absolutschwerestation im astronomischen Observatorium „N. Kopernikus“ in Varna nahe der Küste ausfindig gemacht.



Abb. 6: UNIGRACE Stationen in Bulgarien

Der Transport des Absolutgravimeters nach Bulgarien erfolgte mit einem Kleinbus über die Route Wien - Triest, weiter mit der Fähre bis Igomonitza an der nordgriechischen Adriaküste, von dort weiter durch Nordgriechenland über Saloniki zur GR/BG Grenze Promachon / Kulata und weiter nach Sofia. Die direkte Route über Belgrad war 1998 nicht angeraten.

Die Messungen fanden programmgemäß in der Zeit 12. – 26. September an den 3 Stationen Sofia, Plana und Varna statt. Wie oben erwähnt hängt die Qualität der Messergebnisse von der Stabilität und Ruhe der Beobachtungsstation ab. Abb. 7 zeigt einen Vergleich der Messwertstreuungen an den Stationen Plana (stabil, sehr ruhig), Sofia (freistehender Sockel, Unruhe durch Verkehr) und Varna (Sockel in Sediment, Küstennähe, starke Brandung) im Verhältnis 1:20.

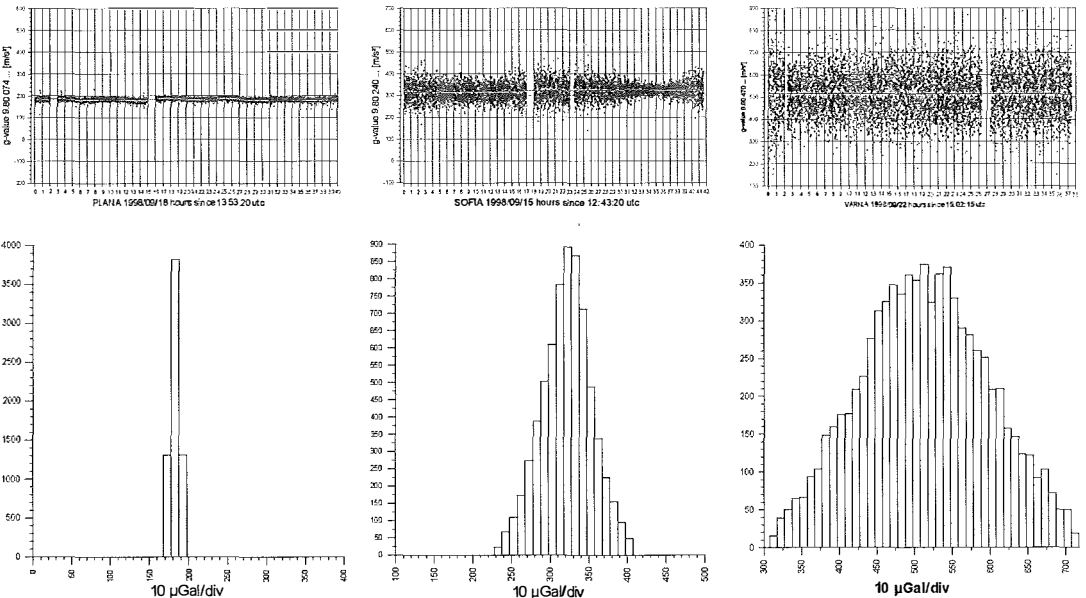


Abb. 7: Messwertstreuungen und Histogramme im Vergleich: Plana, Sofia, Varna

Alle 3 Stationen wurden mit Relativmessungen des Bulgarischen Schwerenetzes verknüpft.

Modra Piesky 2000

Die Slowakische UNIGRACE Station befindet sich in einem Gebäude des Astronomisch – Geophysikalischen Observatoriums Modra Piesky in den Kleinen Karpaten. Erste Absolutschwerebeobachtungen wurden hier bereits 1993 mit dem JILAg-6 getätigt. Die Station ist auf Fels gegründet, abgelegen von Siedlung und Verkehr und normalerweise sehr ruhig. Während der Kampagne im Juni 2000 verursachte jedoch ein Sturm durch die Einwirkung auf den Wald im Bereich der Station relativ hohe Seismizität.

Bogensperk / Slowenien

Die UNIGRACE Station ist auf Fels gegründet in einem Keller der Burg Bogensperk in der Nähe von Litija im Savetal. Die Station hat ein exzellentes Fundament und zeichnet sich durch sehr niedrige Seismizität aus.

Triest / Italien

Die italienische UNIGRACE Station befindet sich im ehemaligen geophysikalischen Institut der Universität Triest, einem aufgelassenen Gebäude in der Nähe des Hafens. Die Beobachtungen wurden zwar durch die Nichtnutzung des Gebäudes nicht gestört, andererseits gab es kei-



Abb. 8: UNIGRACE Station Graz / Lustbühel

nerlei Infrastruktur und die Stromversorgung erfolgte über ein langes Kabel vom Nachbarhaus. Die Messungen erfolgten über ein Wochenende, wodurch die verkehrsbedingte Unruhe niedrig war. Lediglich ein heftiges Gewitter machte es letztlich notwendig die Messungen abzuschließen.

Graz / Österreich

Die Österreichische UNIGRACE Station wurde am Institut für Weltraumforschung in Graz / Lustbühel eingerichtet. Hier ist ein idealer Konnex zu geodätischen Disziplinen gegeben, wie SLR – Satellitenbeobachtungen und eine permanente GPS Referenz (EUREF). Die Station wurde auch an das Präzisionsnivellement angeschlossen und ist eine Fundamentalstation (S0-164-10) des Österreichischen Schwere-Grund-Netzes (ÖSGN). Für die Absolutstation wurde ebenerdig ein Sockel im Gebäudefundament gegründet, wodurch eine gute Stabilität gegeben ist. Der Lustbühel befindet sich am Stadtrand, wodurch die Seismizität der Stadt sich kaum mehr aus-

wirkt. Diese neue Absolutstation ist somit von höherer Qualität als die alte Grazer Station (S0-164-00) im Gebäude der Technischen Universität im Zentrum der Stadt, die erstmalig 1980 vom italienischen Absolutgravimeter IMGC und neuerlich 1987 mit dem JILAg-6 beobachtet wurde.

Die UNIGRACE Station Graz wurde mit dem JILAg-6 1998 und 2000 beobachtet [9], [10]. Als 2. UNIGRACE Team beobachtete die polnische Gruppe mit ihrem selbstentwickelten Absolutgravimeter ZZG den Punkt im Frühjahr 2001.

Die Ergebnisse der JILAg-6 Messungen für UNIGRACE sind in Tab. 3 zusammengefasst.

9. Referenzstationen

Innerhalb des UNIGRACE Projektes wurden die Stationen Jozefoslaw bei Warschau in Polen und Wettzell im Bayrischen Wald als Referenzstationen ausgewählt. Alle Absolutschwere – Teams führten im Zuge der Kampagnen Messungen zum Vergleich durch.

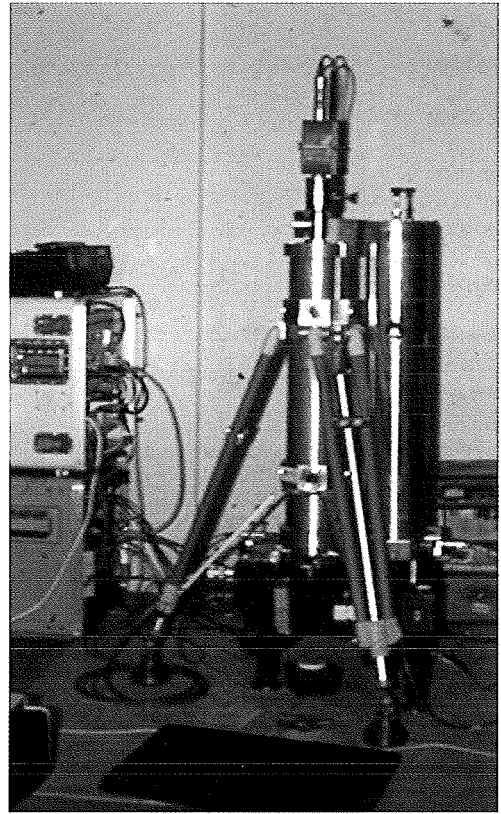
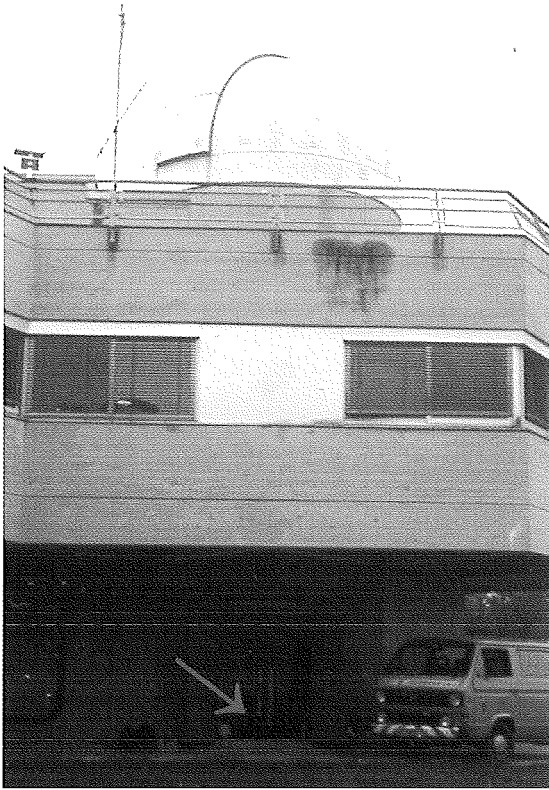


Abb. 9: Station S0-164-10 in Graz

Abb. 10: JILAG-6 in Graz

UNIGRACE JOZEFOSLAW 1 m

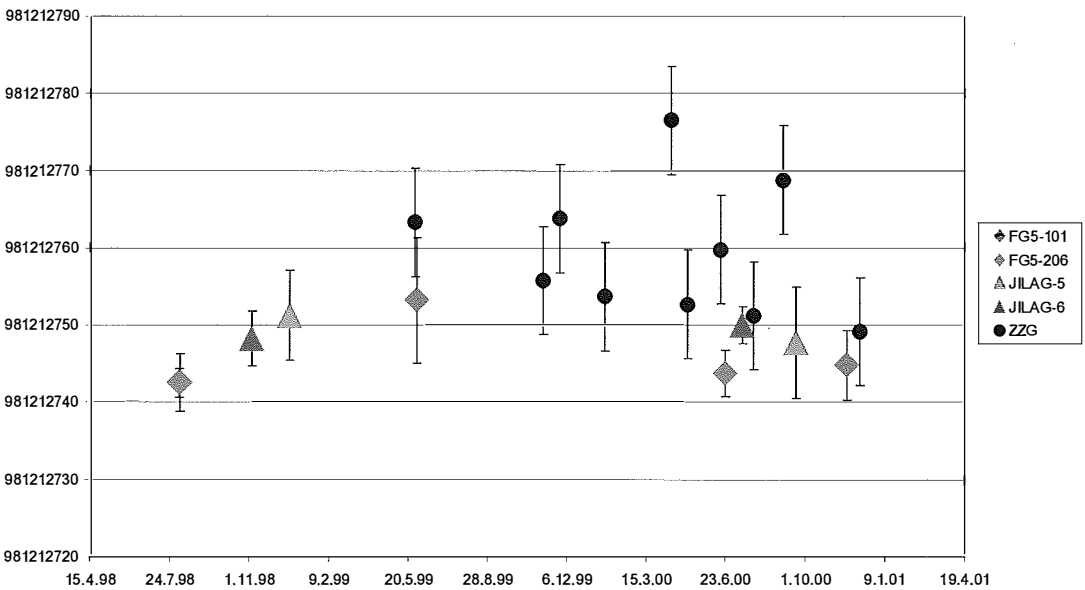


Abb. 11: Referenzmessungen in Jozefoslaw

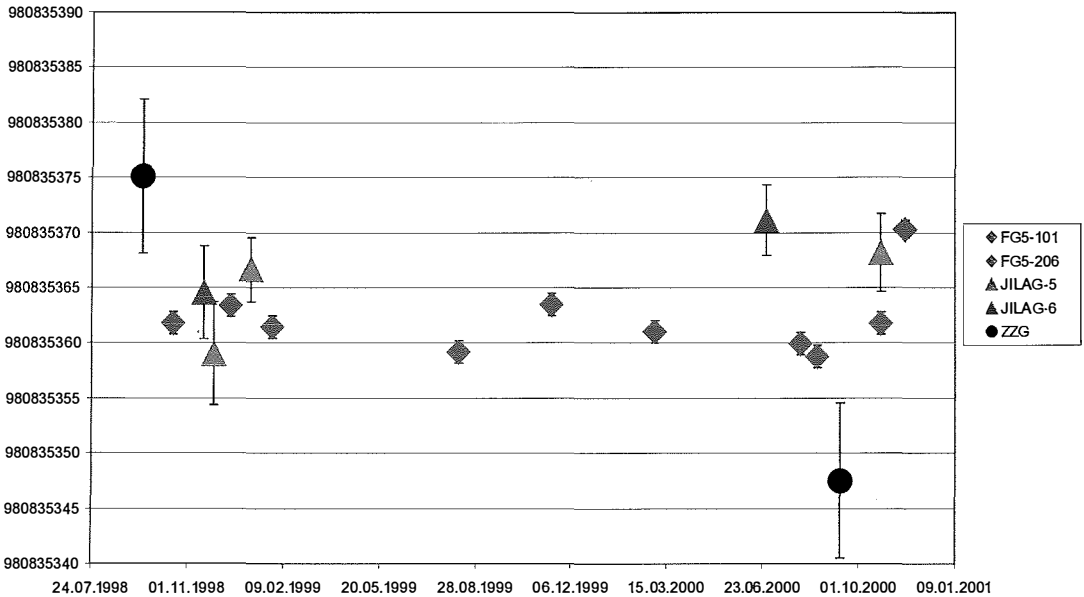


Abb. 12: Referenzmessungen in Wettzell

Die Referenzmessungen zeigen (Abb. 11 und 12), dass in den Ergebnissen durchaus Differenzen von über $30 \mu\text{Gal}$ (300 nm/s^2) auftreten. Auffallend ist die größere Streubreite des polnischen Gerätes ZZG. Ursache dafür könnten technische Probleme gewesen sein. Äußere Ursachen sind im Bereich von Grundwasserspiegelschwankungen zu suchen. Modelle für die Korrektur dafür werden z.B. in Wettzell erprobt und verbessern die Resultate maßgeblich. Voraussetzung dafür sind jedoch entsprechende Pegelmessstellen und ausreichende mathematische Korrekturmodelle. Die Abweichungen der JILAG und FG5 Geräte sind deutlich kleiner und liegen in der Größenordnung von etwa $10 \mu\text{Gal}$ (100 nm/s^2).

10. Internationale Vergleiche

Wie Eingangs erwähnt wurden auch die internationalen Absolutgravimeter Vergleichskampagnen am BIPM in Sévres 1997 und 2001 als Referenz in das Projekt mit einbezogen. Abb. 13 zeigt die Ergebnisse im Vergleich zueinander. Die gesamte Streuung beträgt hier $22 \mu\text{Gal}$.

11. Schlussfolgerung

Das Projekt UNIGRACE wurde erfolgreich abgeschlossen indem die Projektziele erreicht

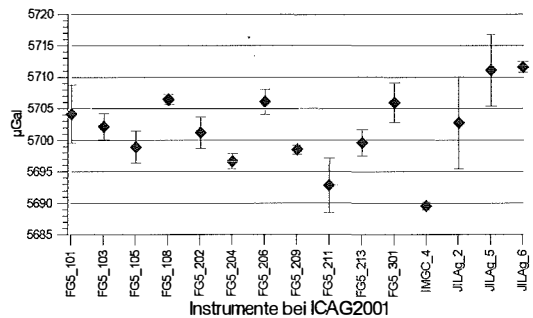


Abb. 13: Internationaler Vergleich in Sévres / Paris

wurden. Durch die intensive Zusammenarbeit wurde einerseits der Abgleich der nationalen Gravimetersysteme ermöglicht und andererseits ein erheblicher Erfahrungsgewinn im Bereich der gravimetrischen Messtechnik für alle Beteiligten erzielt.

Literatur:

- [1] Reinhard E., Richter B., Wilmes H., Barlik M., Szedzinski J.: Absolute Gravity measurements in Central Europe - Sub-Proposal of the Europe Regional Geodynamics Projekt (CERGOP), CEI Section C 'Geodesy', Review Conference, Warsaw, March 24–25, 1995.
- [2] Faller J.: The JILA portable absolute gravity apparatus. BGI – Bull. d'inf. No. 53, 1983.
- [3] Niebauer T., Sasagawa G.S., Faller J.E., Hilt R., Klotz P.: A new generation of absolute gravimeters. Metrologia, Vol. 32, No. 3, 159–180, BIPM, 1995.

Station	Jahr	Dauer [h]	Drops	g-[m/s ²] in 84 cm Höhe	σ (Drops) nm/s ²	σ (Set) nm/s ²	M0 nm/s ²	VG 10 ⁻⁹ s ⁻²	σ (VG) 10 ⁻⁹ s ⁻²
Sofia	1998	40	6761	9.80 240 323 0	31 4	5 6	0 9	3268	57
Plana	1998	38	6435	9.80 074 183 0	5 3	2 8	0 5	3063	32
Varna	1998	36	8030	9.80 470 513 4	83 8	6 9	1 1	3035	26
Bogensperk	2000	46	7350	9.80 593 299 2	5 1	4 0	0 6	2908	37
Modra	2000	61	9107	9.80 815 411 8	10 0	3 4	0 5	3307	34
Trieste	2000	90	9100	9.80 650 279 3	9 6	4 3	0 6	2814	51
Jozefoslaw	1998	21	3520	9.81 212 797 9	35 2	3 5	0 8	3102	29
Jozefoslaw	2000	38	6423	9.81 212 799 7	16 4	2 4	0 4	3103	22
Wetzell	1998	34	5784	9.80 835 428 1	7 9	4 2	0 7	3341	21
Wetzell	2000	38	6650	9.80 835 425 5	6 6	3 2	0 5	3343	15
Graz	1998	66	11103	9.80 698 359 8	21 8	3 1	0 4	3560	31
Graz	2000	76	10434	9.80 698 347 6	6 1	6 0	0 8	3569	25
Sévres A	1997	14	2289	9 80 925 721 1	29 7	2 6	0 7	2015	-
Sévres A	2001	15	2622	9 80 925 714 5	29 4	4 0	1 0	2983	-

Legende	σ (Drops) = Standardabweichung der Drop Ergebnisse σ (Set) = Standardabweichung der Sätze $\pm M0$ = Mittlerer Satzfehler (Set)/ \sqrt{n} (Set) $3268 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-2} = 326,8 \text{ } \mu\text{Gal/m}$ Korrekturen der Polbewegung und der Luftmassenvariationen sind inkludiert VG = Vertikalgradient der Schwere
---------	---

Tab. 3: JILAg-6 Ergebnisse im UNIGRACE Projekt

- [4] Zabek Z.: The ballistic gravimeter of the Institute of Geodesy and Geodetic Astronomy. Reports on Geodesy, IGGA WUT, No 1 (9), 1994.
- [5] Boedecker G., Flury J.: International Gravity Basestation Network, IAGBN - Catalogue of Stations and Observations, IAG - IGC, WG2 'World Gravity Standards', München, 1994.
- [6] Robertsson, L., et.al.: Results from the Fifth International Comparison of Absolute Gravimeters, ICAG'97, 2000; Metrologia 38, pp. 71-78, BIPM 2001.
- [7] Vituskin, L., et.al.: Results of the Sixth International Comparison of Absolute Gravimeters, ICAG-2001. Metrologia 39, nb. 5, 2002.
- [8] Ruess D.: The Austrian contribution to the UNIGRACE project. Proceedings of the 1st UNIGRACE working conference, Frankfurt/Main, Ger., 2-3 Feb. 1998. Reports on Geodesy 2 (32), pp. 27-29, 77-78, Warsaw Univ. of Technology, 1998.
- [9] Ruess D.: Austrian annual progress report 1998 on the UNIGRACE project, 1999. Proceedings of the 2nd UNIGRACE working conference, Warsaw, Poland, 22-23 Feb. 1999. Reports on Geodesy 2 (43), pp. 9-12, Warsaw Univ. of Technology, 1999.
- [10] Ruess D.: Annual Progress Report 1999 on the UNIGRACE Project. Proc. 3rd UNIGRACE working conference in Sofia, BG, April 2000. Reports on Geodesy, No.5 (51), 2000.

Anschrift des Autors

Dr. Diethard Ruess, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung V1-Grundlagen, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien, e-mail: diethard.ruess@bev.gv.at



ISPRS-Commission III Symposium „Photogrammetric Computer Vision“ PCV'02, Graz, 9.–13. September 2002:

Rainer Kalliany und Franz Leberl, Graz

ISPRS / Commission III Symposium

Die Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung ISPRS ist eine Vereinigung mit großer Tradition, die bekanntlich eng mit Österreich verknüpft ist: 1910 wurde sie auf Betreiben von Prof. Dolezal in Wien gegründet und aus jüngerer Zeit ist der 1996 von Prof. Kraus in Wien organisierte große Kongreß noch in bester Erinnerung. ISPRS-Kongresse finden alle 4 Jahre statt und bilden jeweils den Abschluß bzw. Beginn einer vierjährigen Amtsperiode des Council als Führungsgremium sowie der Leiter der 7 Technical Commissions und deren Arbeitsgruppen.

Auf dem letzten Kongress 2000 in Amsterdam wurde u.A. Franz Leberl (TU Graz) zum Präsidenten der Commission III „Theory and Algorithms“ bestellt. Zu den Agenden so einer Funktionsperiode gehört auch die Ausrichtung eines „Mid-Term-Symposiums“. Das Commission III Symposium 2002 fand daher vom 10.–12. September im grazer Kongress statt. Wie der Veranstaltungstitel „Photogrammetric Computer Vision 2002“ PCV'02 besagt, sollte eine Brücke zwischen den „traditionellen“ Disziplinen der Photogrammetrie sowie der in den letzten Jahren in Erscheinung getretenen und stark angewachsenen „Computer Vision“ geschlagen werden. Wie die für ein derartiges Symposium hohe Zahl von über 250 PCV-Teilnehmern aus 48 Nationen gezeigt hat, scheint dieses Ziel erreicht worden zu sein.

Paralell-Tagungen AAPR und EWW

Der interdisziplinäre Anspruch der Veranstaltung wurde durch Kombination mit zwei parallel am selben Ort stattfindenden Konferenzen unterstrichen. Am 10./11. September wurde die Jahrestagung der „österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Mustererkennung“ ÖAGM unter dem Motto „Vision with Non-Traditional Sensors“ und der Kurzbezeichnung AAPR'02 (entsprechend dem englischen „Austrian Association for Pattern Recognition“) abgehalten. Diese Veranstaltung hat traditionellerweise auch Teilnehmer aus den benachbarten Ländern Tschechei, Slowakei, Ungarn und Slowenien, weshalb sie be-

reits seit einigen Jahren auf Englisch abgehalten wird. Diesmal war die Beteiligung mit 70 Wissenschaftlern, die 25 Vorträge hielten und 17 Poster präsentierten, besonders erfreulich.

Die dritte Tagung dieser Woche hingegen war eigens neu ins Leben gerufen worden: Um einschlägig tätigen Wissenschaftlern in Osteuropa, insbesondere jenseits der EU-Beitrittskandidatenländer, Kontakte zum aktuellen Stand der Computer Vision zu eröffnen wurde am 12./13. September die „East-West-Vision“ EWW'02 abgehalten. Durch vom Veranstalter großzügig bereitgestellte Reisekostenzuschüsse und Unterkünften konnten 92 Fachleute aus 25 Staaten in 28 Vorträgen und 39 auf dem Programm stehenden Postern ihre Arbeiten vorstellen. Die behandelten Themen deckten mit „Computer Vision“, „Image Processing“, „New Media and Future Education“, „Virtual Habitat“, „Geometric Modeling“ und „Computer Graphics“ ein breites Spektrum ab. Darüberhinaus standen den EWW-Teilnehmer auch alle Veranstaltungen der beiden anderen Tagungen offen.

Reviewing der Beiträge

Bei der Erstellung des Programmes wurde teilweise von bisherigen Gepflogenheiten bei ISPRS-Symposien abgegangen. Wie bei AAPR schon lange eine übliche Gepflogenheit wurde diesmal auch bei der Auswahl des PCV-Vortragsprogrammes ein „Double Blind Peer Review“-Verfahren angewandt. Das bedeutete, daß fertige Artikel (ohne Angaben zur Autorenschaft) einzureichen waren welche durch zwei anonyme Gutachter beurteilt wurden. Das Niveau der 90 so übermittelten Beiträge war sehr hoch, sodaß 68 davon das Auswahlverfahren erfolgreich passiert haben und daher im 480 Seiten starken Band A der Proceedings abgedruckt wurden. Sie können somit von den Autoren als „Peer Reviewed“ Publikationen – mit entsprechendem hohem Stellenwert – genannt werden. Neben diesem aufwendigen Verfahren bestand für Poster-Präsentationen weiterhin die bei ISPRS-Konferenzen sonst übliche Prozedur der Abstract-Einreichung, welche in einem einfacheren Verfahren beurteilt wurden. Die daraus resultie-

renden Beiträge sind in Band B veröffentlicht, welcher 71 Papers auf 325 Seiten umfaßt. Beide Proceedings-Bände sind als Part 3A bzw. 3B in Volume XXXIV der „international Archives“ der ISPRS erschienen.

Produktion der Tagungsbände

Im Zusammenhang mit den Proceedings sei an dieser Stelle die Entwicklung der letzten Jahre bei der Herstellung von derartigen Publikationen illustriert: Noch vor 6 Jahren beim (naturgemäß wesentlich größeren) ISPRS-Kongress in Wien sind alle Artikel als Papierausdrucke auf dem Postweg zugeschickt worden. Diesmal hingegen wurden (obwohl das herkömmliche Verfahren zugelassen war) von den Autoren die Beiträge ausnahmslos per E-Mail übermittelt. Selbverständlich wurde auch eine CD-Version produziert, wosich der Inhalt der über 800 Seiten umfassenden und 2kg schweren PCV-Proceedings auf 175 MB an PDF-Dateien reduziert.

Die Tagungsbände von AAPR und EWW umfassen je ca. 300 Seiten und sind als Band 160 bzw. 163 in der Publikationsreihe der Österreichischen Computerergesellschaft OCG erschienen. In einem Fall nahm der Produktionsprozess von der rein elektronischen Übermittlung der Daten an die Druckerei bis zur Lieferung von 230 fertigen Bänden bloss 48 Stunden in Anspruch.

Tutorials

Die Symposium-Woche wurde am Montag 9. September mit einer Serie von Tutorials eingeleitet, welche auf dem Inffeld-Campus der TU Graz am Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen abgehalten wurden. Mit insgesamt 87 Teilnehmern erfreuten sich die angebotenen Themen eines regen Zuspruchs: Stephan Heuel und Wolfgang Förstner (Bonn) zeigten ihren Zugang zur komplexen Thematik der „Projective Geometry“, George Vosselman (Delft) und Hans-Gerd Maas (Dresden) behandelten das aktuelle Thema „Airborne Laser Altimetry“ und Konrad Karner mit seinem VRVis-Team (Graz und Wien) stellte mit „Virtual Habitats“ ein teilweise in die Computergraphik hineinreichendes Fachgebiet vor.

Rahmenprogramm

Am Abend trafen sich die meisten der bereits angereisten Teilnehmer bei einem gelungenen Buffet im Schloßberg-Restaurant. Zumindest

diejenigen die weder den Schrägaufzug noch den neuen Lift benutzen konnten bei dieser Gelegenheit einen schönen Ausblick auf die „Weltkulturerbe“-Stadt genießen. Weitere Veranstaltungen des „Social Programs“ waren in der Folge die Empfänge am Dienstag durch den Bürgermeister der Stadt Graz im Rathaus sowie durch die Frau Landeshauptmann am Mittwoch in der grazer Burg, sowie ein weiteres informelles Treffen am Abend des 12.9. im Gösner-Bräu.

Das Wissenschaftliche Programm

Der Hauptteil des ISPRS-Symposiums PCV begann gemeinsam mit der AAPR-Jahrestagung am Dienstag 10. September in den repräsentativen und modern ausgestatteten Räumlichkeiten des im Zentrum gelegenen Graz Congress. Nach der Eröffnung durch John Trinder, den amtierenden Präsidenten der ISPRS, sowie einem Keynote Vortrag lief das weitere Vortragsprogramm für PCV und AAPR parallel ab, wobei die Teilnehmer zwischen beiden Veranstaltungen wechseln konnten.

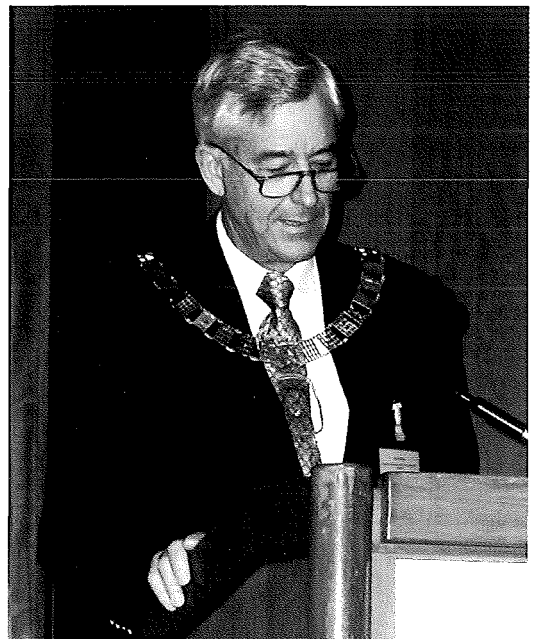


Abb. 1: Prof. John Trinder, amtierender Präsident der ISPRS, eröffnet das ISPRS Commission III Symposium 2002 in Graz

Da – nach einigen Diskussionen im Programmkomitee – das ISPRS-Symposium als „single track“-Konferenz organisiert war, war das dreitägige PCV-Programm auf 10 Sessions mit insgesamt nur 47 Vorträgen konzentriert. Dafür war

es derart möglich tatsächlich alle PCV-Vorträge hören zu können. Dazu kam noch an jedem Nachmittag eine längere Postersession, wo im Verlauf der Woche insgesamt für PCV 110, von AAPR 17 und zur EWW 39 Arbeiten auf dem Programm standen.

Jeder Tag wurde mit einer „Keynote Address“ begonnen. Zur Eröffnung zeigte Luc van Gool (Zürich und Leuven) mit „Shape from Video“ aktuelle Verfahren zur 3D-Erfassung von Objekten aus unkalibrierten aber hoch überbestimmten Video-Szenen bzw. Serien von digitalen Aufnahmen. Am 11.9. sprach Gerd Hirzinger (Oberpfaffenhofen) über Robotik in Industrie und Raumfahrt und am 12.9. Giulio Sandini (Genova) über das Potential von „fovealen“ Sensoren, welche die zentrums-betonte Auflösung der menschlichen Netzhaut nachbilden. Der letzten Tag, welcher ausschließlich der East-West-Vision EWW gewidmet war, wurde durch ein Referat des slowakischen Erziehungs- und Wissenschaftsministers Peter Ponicky eingeleitet.

Die Themen der Arbeitsgruppen

Das PCV-Programm orientierte sich an den durch die 8 Arbeitsgruppen („Work Groups“ WG) der Commission III vorgegebenen Themen.

Mit in der Regel einer „Oral Session“ pro WG sowie im Rahmen der Poster Sessions wurde der Ablauf von den WG-Chairpersonen bzw. deren Stellvertretern geleitet.

WG 1 „*Sensor Pose Estimation*“ (Henrik Haggren/FIN und Ayman Habib/USA) beschäftigt sich mit der grundlegenden Thematik der Bestimmung der inneren und äußeren Orientierung von Aufnahmen. Insbesondere in der Luftbildtechnik gibt es diesbezüglich durch den Einsatz von GPS und Trägheitsnavigation (was den Bedarf an Paßpunkten zumindest drastisch reduziert), sowie die jüngste Generation von digitalen Kameras viele neue methodische Aspekte. Wegen der besonders großen Anzahl an Beiträgen wurden von dieser WG zwei Vortrags-Sessions ausgerichtet.

Auch WG 2 „*Surface Reconstruction from Images as Information Source*“ (Michel Roux/FRA) befaßt sich im Zuge des „klassischen“ Stereo-Matchings ebenfalls mit Zeilenkameras, welche durch entsprechende Positionierung der Sensoren in der Bildebene zugleich senkrecht, nach vor und teilweise auch zurück aufnehmen. Ein weiteres aktuelles Thema ist die effiziente und zuverlässige Modellierung von Oberflächen aus 3D-Punktwolken, die von verschiedenen Sensoren und/oder aus einer Vielzahl von Aufnahmen stammen.



Abb. 2: Eine Session von PCV im großzügig ausgestatteten „Saal Steiermark“ des Graz Congress

Die zweite Arbeitsgruppe mit mehr als einer Session war WG 3 „3-D Reconstruction from Airborne Laserscanner and InSAR Data“ (George Vosselman/NL und Hans-Gerd Maas/GER), wobei die Laserscanner-Beiträge stark in der Mehrzahl waren. Diese neue Klasse von Sensoren erlebt derzeit einen enormen Aufschwung bei Anwendungen in der topographischen Detailaufnahme. Die drei wichtigsten diesbezüglichen Aspekte welche in den Beiträgen behandelt wurden sind die Genauigkeit per se, die Filterung der Daten (zur Unterscheidung zwischen Vegetation und Boden), sowie die Extraktion von 3D-Objekten (insbesondere von Gebäuden).

In WG 4 (Helmut Mayer/GER und James Bethel/USA) „Automated Object Extraction“ wurde ebenfalls die Erfassung und Modellierung von Häusern und Bäumen, vorrangig aus optischen Daten, behandelt. Ein weiteres Hauptthema in dieser Gruppe ist die Extraktion von Straßen und deren Überführung in GIS-kompatible Datenstrukturen, welche dafür auch topologische Informationen beinhalten müssen.

WG 5 „Algorithms for Industrial Vision“ (Carsten Steger/GER) hielt ihre Session gemeinsam mit der Inter-Commission WG III/V „Image Sequences“ (Marc Pollefeys/BEL) ab. Typische Anwendungen in industriellen Produktionsprozessen sind die 2D-Objekterkennung in Echtzeit, der Einsatz von unkalibrierten Kameras, sowie die 3D-Modellierung von Anlagen für die Simulation von Abläufen. Das von der IC-WG behandelte Thema der Aufnahme der Umgebung mit einer bewegten Videokamera sind sowohl in der Robotik als auch für die Computergraphik von großer Bedeutung.

Für das Thema von WG 6 (Olaf Hellwich/GER, Beata Csatho/USA) „Multi-Source Vision“ ist auch der mehrdeutige Begriff „Fusion“ gebräuchlich. Hier wurden sowohl die Kombination von verschiedenen Aufnahmen eines Sensors, wie auch von Daten unterschiedlicher Herkunft behandelt. Die Herangehensweisen sind sehr verschieden und reichen von Verbesserungen bei klassischen Methoden (wie z.B. der multispektralen Klassifikation), bis zum Versuch einer allgemeinen mathematischen Modellierung – und somit potentiellen Lösung – des Problemkomplexes.

„Modeling Large Scale Urban Environments“ wird teilweise auch außerhalb der speziell diesem Thema gewidmeten WG 7 (Dave McKeown/USA, vertreten durch Michel Roux/FRA) behandelt. Umgekehrt wurden in den Vorträgen und Postern dieser WG auch Probleme anderer Arbeitsgruppen (wie die Bestimmung

von Aufnahmeorten, die Fusion verschiedener Aufnahmen und die 3D-Modellierung von Objekten) behandelt, die ebenso zur komplexen Aufgabe der Erstellung von dreidimensionalen Stadtmodellen gehören.

In WG 8 (Nicolas Paparoditis/FRA) welche „Reliability and Performance of Algorithms“ zum Thema hat rückt neben dem „typisch photogrammetrischen“ Anspruch hoher geometrischer Genauigkeit mit dem vermehrten Einsatz automatischer Methoden, immer mehr auch die Frage der semantischen Genauigkeit von Resultaten (z.B. in der Objekterkennung) in den Vordergrund. Eine bemerkenswerte Initiative dieser Arbeitsgruppe, die im Rahmen von PCV angekündigt wurde, ist die Erstellung eines frei verfügbaren Datensatzes zum Testen, Vergleichen und Beurteilen von Algorithmen und ihren Resultaten.

Zukunft der ISPRS

In einer eigenen Session wurde im Plenum die Zukunft der ISPRS im allgemeinen, sowie der zumindest dem Namen nach „theorie-orientierten“ Commission III diskutiert. In seinem einleitenden Statement wies Franz Leberl auf die Unterschiede zwischen traditioneller Photogrammetrie und ihrer eher linearen Entwicklung gegenüber den in den letzten Jahren enorm angewachsenen Disziplinen der Computerwissenschaften hin. Ein weiteres Spannungsfeld in dem sich die ISPRS bewegt liegt zwischen Anspruch und Gepflogenheiten akademischer Institutionen einerseits, sowie den Erwartungen und Anforderungen von Anwendern des öffentlichen Sektors oder in der Wirtschaft andererseits.

Franz Leberl ortet daher einen dringenden Bedarf nach einer Reform der bestehenden Strukturen, damit ISPRS nicht im Zuge der aktuellen stürmischen Entwicklung ins Hintertreffen gerät. Die im Zuge der Diskussion geäußerten Meinungen waren zwar kaum wirklich kontroversiell, aber boten stark divergierende Vorschläge – von einzelnen Adaptionen bis zu einer kompletten Neuorganisation der ISPRS.

Diese Diskussion wird sicher beim nächsten ISPRS Kongress im Juli 2004 in Istanbul, zu welchem Congress Director Orhan Altan in der Abschlusssitzung mit einer professionellen Präsentation einlud, eine Fortsetzung finden. Bis dahin wird die Arbeit von Commission III in den Work Groups fortgesetzt, welche im Jahr 2003 in Berlin, Paris, München und Dresden ihre Workshops abhalten werden.



Abb. 3: Höhepunkt des Rahmenprogramms war der Empfang der Frau Landeshauptmann in der Grazer Burg

Resumee

Am Freitag 13. September wurde die EWW-Tagung mit einer weiteren Serie von interessanten Referaten, sowie einer Podiumsdiskussion mit Vertretern der EU-Kommission fortgesetzt und abgeschlossen. Einige PCV-Teilnehmer nahmen bei strahlend schönem Spätsommerwetter noch an einem Ausflug nach Piber und auf die weststeirische Schilcher-Weinstraße teil.

Die drei Tagungen können sicherlich als Erfolg für Photogrammetrie und Computer Vision im Allgemeinen, sowie Österreich als Veranstaltungsort im Besonderen gewertet werden. Daß insgesamt über 400 großteils internationale Teilnehmer nach Graz kamen ist auch den Sponsoren zu danken, die entscheidend zu den Kosten von Veranstaltungsort, Druck, sowie Reise und Aufenthalt der EWW-Teilnehmer beigetragen haben. Neben einer großzügigen Förderung durch das Land Steiermark haben auch das Bundes-

kantleramt, die Stadt Graz, Rektorat und Dekanat der TU Graz, die Österreichische Computer-gesellschaft, sowie Dr. Erhard Busek (als Förderer der Ost-Kontakte) in Form von Subventionen oder Sachleistungen das Zustandekommen der Veranstaltungen ermöglicht.

Eingehendere Informationen zu PCV'02 (u.a. mit Inhaltsverzeichnis und Abstracts der PCV-Proceedings sowie MP3-Version einer 25-minütigen Ö1-Sendung zum Thema) und über die aktuelle Aktivitäten von ISPRS Commission III findet man unter:

<http://www.icg.tu-graz.ac.at/pcv02>

<http://www.icg.tu-graz.ac.at/isprs/comm3>.

Anschrift der Autoren:

Rainer Kalliany und Franz Leberl: Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen, Technische Universität Graz, 8010 Graz, Inffeldgasse 16/2, E-Mail: kalliany@icg.tu-graz.ac.at, leberl@icg.tu-graz.ac.at

Wissensbasierte Analyse von Verschiebungsdaten im Tunnelbau

Klaus Chmelina

Dissertation: Fakultät für technische Naturwissenschaften und Informatik, Technische Universität Wien 2002. Begutachter: O.Univ. Prof. Dr.-Ing. H. Kahmen, Institut für Geodäsie und Geophysik, Abteilung Angewandte Geodäsie und Ingenieurgeodäsie und O.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. T. Eiter, Institut für Informationssysteme, Abteilung für Wissensbasierte Systeme.

In der Dissertation wird ein Prototyp eines wissensbasierten Systems zur automatischen Analyse geodätisch ermittelter Verschiebungsdaten im Tunnelbau unter Verwendung einer Expertensystem Shell entwickelt. Das System stellt ein Unterstützungswerkzeug für den Geotechniker dar, welches eine Teilaufgabe seiner geotechnischen Interpretation, konkret das Erkennen von Auffälligkeiten in den Verschiebungsdaten, leistet und damit zur Verbesserung der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Bauvorhaben beiträgt. Es bietet insbesondere die Möglichkeiten, große Datenmengen rasch vorab zu analysieren, die Daten automatischer Messsysteme online zu überwachen und die ermittelten Ergebnisse webtauglich aufzubereiten. Das für die beschriebene Teilaufgabe nötige Wissen wird in der Arbeit eruiert, untersucht und strukturiert. Es wird als unsicheres, empirisches, vielfach auch intuitives und subjektives Wissen charakterisiert. Kennzeichnend für die zugrundeliegenden Verschiebungsdaten und auch weiterer in den Interpretationsprozess einzubeziehender Sekundärdaten ist deren Ungenauigkeit, Fehlerhaftigkeit und Unvollständigkeit, generell deren Heterogenität.

Aufgrund dieser Voraussetzungen wird ein heuristischer, datengetriebener und regelbasierter Ansatz zur Problemlösung verfolgt, bei dem die Verschiebungsdaten sowie weitere relevante Zusatzdaten zunächst als Fakten repräsentiert werden. Diese werden unter Nutzung projektbezogener Wissens bewertet. Mittels Regeln wird das Problemlösungswissen formuliert. Im Rahmen der Arbeit wird dieses für drei ausgewählte Analyseaspekte implementiert. Diese bilden das Erkennen einer auffälligen Geschwindigkeitszunahme von Verschiebungen unter Berücksichtigung des Baufortschritts, das Erkennen auffälliger Verschiebungen auf Basis von Prognose- bzw. Erwartungswissen und das Erkennen eines systematischen Messfehlers in den Ausgangsdaten unter Verwendung einer Methode quantitativen Probabilistischen Schließens.

Experimente mit tatsächlichen und simulierten Daten erproben die Leistungsfähigkeit der entwickelten Methoden.

Die Dissertation wird als Geowissenschaftliche Mitteilung der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation der Technischen Universität Wien als Heft 63 veröffentlicht.

Erzeugung von qualitativ hochwertigen 3D Photomodellen für internetbasierte Anwendungen mit besonderem Augenmerk auf Objekte der Nahbereichsphotogrammetrie

Lionel Dorffner

Dissertation: Fakultät für technische Naturwissenschaften und Informatik, Technische Universität Wien 2002. 1. Begutachter: Ao.Prof. Dipl.-Ing. Dr. J. Jansa, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, 2. Begutachter: O.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. W. Purgathofer, Institut für Computergraphik und Algorithmen.

Kurzfassung: Die Wissenschaft der Photogrammetrie befasst sich unter anderem mit der geometrischen Auswertung von photographischen Bildern. Wendet man photogrammetrische Methoden auf Objekte an, die sich in „geringer“ Entfernung zur Kamera befinden, so spricht man von Nahbereichsphotogrammetrie. Die klassische Zielsetzung liegt hier in der exakten Dokumentation einer Objektgeometrie. In den letzten Jahren ist im Bereich der digitalen Nahbereichsphotogrammetrie ein neues Produkt entstanden, das 3D-Photomodell. Bei einem Photomodell handelt es sich um ein durch Vermessung entstandenes dreidimensionales Oberflächenmodell eines realen Objektes mit photographischer Textur. Ein solches Modell ist bestens geeignet, um einen übersichtlichen und detaillierten Eindruck einer bestehenden räumlichen Situation zu vermitteln. Die Erstellung von Photomodellen erfolgt zur Zeit ausschließlich interaktiv und größtenteils punktbezogen, was bei komplexen Objekten zu langen Auswertzeiten und hohen Produktionskosten führt. Ein weiteres Problem bei der Erzeugung von Photomodellen entsteht durch die Verwendung verschiedener, zum Teil an unterschiedlichen Tagen aufgenommenen Bilder. Dadurch kommt es oft zu störenden Helligkeits- und Farbumterschieden zwischen den einzelnen Aufnahmen. Der erste Schwerpunkt der Arbeit zeigt Wege auf, Photomodelle wirtschaftlich zu erstellen, ohne dabei sichtbare Qualitätseinbußen in geometrischer und radiometrischer Hinsicht in Kauf nehmen zu müssen.

Werden 3D-Photomodelle interaktiv visualisiert, zeigt sich der große Vorteil gegenüber statischen Bildern. Komplexe räumliche Sachverhalte können auch für unerfahrene Benutzer sehr anschaulich dargestellt werden. Für diese interaktive Visualisierung werden im Rahmen dieser Arbeit keine eigenen Algorithmen für das Rendering entwickelt, sondern ausschließlich Standardwerkzeuge aus dem Umfeld der Internet-Technologien eingesetzt, mit dem Ziel Photomodelle auf einfache Weise einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Ein solches Werkzeug ist zum Beispiel VRML (Virtual Reality Modeling Language), eine Beschreibungssprache für die interaktive Visualisierung von 3D-Daten im Internet. Mit der Darstellung im Format VRML eröffnet sich auch die Möglichkeit Links zu weiterführenden Sachinformationen im Photomodell zu veran-

kern und so ein 3D Informationssystem im Internet zu schaffen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Photomodell per Definition die maßstäbliche Nachbildung einer realen Umgebung sein soll. Dieser Umstand schließt - streng genommen - einige gängige Techniken zur Reduktion der Datenmenge aus. So werden etwa ähnliche Elemente des Modells nicht durch die Kopie eines Prototyps, sondern jeweils extra durch ihre eigene typische Geometrie und Phototextur dargestellt. Aus diesem Grund kann das Photomodell als Vermessungstechnisches Produkt gesehen werden, dass sich für den Einsatz zur Dokumentation, Planung oder Simulation eignet. Die interaktive Visualisierung des Photomodells für dieses Anwendung bildet daher den zweiten Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit, wobei besonderes Augenmerk auf die Bewältigung großer Datenmengen gelegt wird.

Die Dissertation wird als Geowissenschaftliche Mitteilung der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation der Technischen Universität Wien als Heft 61, ISBN 3-9500791-6-5, veröffentlicht.

Qualitative Deformationsanalyse unter Ausnützung der Farbinformation

Anton Niessner

Dissertation: Fakultät für technische Naturwissenschaften und Informatik, Technische Universität Wien 2002. Begutachter: O.Univ.Prof. Dr.-Ing. H. Kahmen, Institut für Geodäsie und Geophysik und Ao.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. J. Jansa, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung.

In den klassischen Aufgabengebieten der Ingenieur-geodäsie ist durch die Automatisierung eine enge Verknüpfung mit der Informationsverarbeitung gegeben. Theodolite mit integrierten CCD-Kameras ermöglichen einen hohen Automatisierungsgrad und stellen ein hochpräzises Messwerkzeug dar.

In dieser Arbeit wird ein Messmodul beschrieben, das einen Ansatz liefert, um das menschliche visuelle Wahrnehmungsvermögen nachzubilden. Den Ausgangspunkt stellt eine Unterscheidung von Objekten im CCD-Bild nach unterschiedlichen Farben dar. Es wird ein Algorithmus vorgestellt, der einzelne Objekte extrahiert und deren Formveränderungen analysiert. Die Bildinformation der CCD-Kamera wird für eine qualitative Deformationsanalyse genutzt.

Nach der Berechnung und Transformation der Abstandfunktion wird ein heuristischer Ansatz mit Regeln zur Interpretation der erhaltenen Ergebnisse gewählt. Als Ergebnis liegt dann eine semantische Aussage über das Auftreten von Deformationen vor. Aufgrund der gegebenen Lokalisation der Objekte können dann mit weiteren Messungen spezifische quantitative Untersuchungen gemacht werden.

Das Verfahren wurde aus einer Reihe von empirischen Untersuchungen entwickelt, deren wichtigsten Testmessungen werden detailliert vorgestellt. Weiters wurden Untersuchungen über die Empfindlichkeit der Methode und der Signifikanz der Ergebnisse durchge-

führt. Die Formulierung der Regeln und die Ergebnisse der daraus folgenden Interpretationen werden anschließend beschrieben. Schlussfolgerungen und Vorschläge zur weiteren Entwicklung des Farbsegmentverfahrens beenden diese Arbeit.

Die Arbeit steht in engem Zusammenhang mit dem FWF-Forschungsprojekt „Theodolite-based and Knowledge-based Multi-Sensor-System for 3D Object Recognition“, wo dieses Farbsegmentverfahren als ein qualitatives Messmodul integriert werden kann.

Die Dissertation wird als Geowissenschaftliche Mitteilung der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation der Technischen Universität Wien als Heft 64 veröffentlicht.

3D-Geländemodelle auf Basis einer Triangulierung

Norbert Pfeifer

Dissertation: Fakultät für technische Naturwissenschaften und Informatik, Technische Universität Wien 2002. Begutachter: 1. Begutachter: O.Univ. Prof. Dr.-Ing. K. Kraus, Betreuer: Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. H. Kager, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, 2. Begutachter: O.Univ. Prof. Mag. Dr. H. Pottmann; Institut für Geometrie, Abteilung für Geometrie im Bauwesen und im Scientific Computing.

Der Titel der vorliegenden Arbeit ist „3D-Geländemodelle auf Basis einer Triangulierung“. Digitale Geländemodelle (abgekürzt DGM), also Beschreibungen der Höhe und Lage der Erdoberfläche in einer Form, die für die Bearbeitung auf Computern geeignet ist, werden in vielen Gebieten der Wissenschaft und Praxis erfolgreich eingesetzt. Die Anwendungen reichen von der Ableitung von Höhenschichtlinien für topographische Karten bis zur Modellierung des Wasserabflusses nach einem Unwetterereignis, um nur zwei zu nennen. In vielen geographischen Informationssystemen sind Geländemodelle ein unverzichtbarer Bestandteil. Die dort verwendeten Modelle unterliegen aber einer Einschränkung. Mathematisch formuliert sind sie Graphen bivariater Funktionen. Mehr von einer praktischen Seite beleuchtet heißt das, dass die Modellierung von Überhängen unmöglich ist, von steilen Wänden und Klippen nur sehr unzureichend möglich ist, und Höhlensysteme, aber auch Brücken ebenso nicht modelliert werden können. Um dieses Charakteristikum zum Ausdruck zu bringen werden solche Modelle oft als „2.5D“ bezeichnet. In dieser Arbeit werden Methoden zur Ableitung von Geländemodellen vorgestellt, die diesen Beschränkungen nicht unterliegen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Glattheit des Modells. Das uns umgebende Gelände ist im Allgemeinen glatt, mit Ausnahme der sogenannten Geländekanten, und daher soll auch ein DGM davon glatt sein. Es gibt verschiedene Möglichkeiten glatte 3D-Geländemodelle zu erzeugen, aber diese Arbeit ist auf jene Methoden beschränkt, die mittels einer Triangulierung erstellt werden. Die Erzeugung, Verbesserung und Ausdünnung von Triangulierungen ist nicht behandelt, aber Verweise auf die Literatur sind angegeben.

Zwei verschiedene Ansätze um aus einer Triangulierung eine glatte Oberfläche zu erzeugen werden vorgestellt: Flächenverbände mit parametrischen Patches und Subdivision (Unterteilungsflächen). Im Rahmen der beiden Zugänge ist jeweils eine Methode entwickelt worden, die den Anforderungen in der topographischen Geländemodellierung genügt.

Beiden entwickelten Verfahren ist gemein, dass zuerst eine Filterung der Triangulierung durchgeführt werden muss. Die Messung von Punkten und Linien am Gelände erfolgt immer mit zufälligen Fehlern, die von dem jeweils verwendeten Verfahren abhängen. Zur Filterung wird die sogenannte Einzelpunktprädiktion angewandt, die eine qualifizierte Eliminierung der zufälligen Messfehler erlaubt. Für jeden Punkt, also jeden Knoten der Triangulierung, wird eine verbesserte Position aufgrund der Lage seiner benachbarten Punkte geschätzt. Die Differenz von der beobachteten zur ‚fehlerfreien‘ Position ist der Verbesserungsvektor.

Glatte Flächenverbände über einer Triangulierung werden im Allgemeinen schrittweise erstellt. Zuerst wird für jede Kante der Triangulierung eine Kurve auf der Fläche bestimmt, die die beiden Kantenendpunkte verbindet. Die in einem Knoten der Triangulierung, also in einem der gegebenen Punkte, zusammentreffenden Kurven müssen zu einer gemeinsamen Tangentialebene an die Fläche passen. Die Tangenten in den Kurvenendpunkten müssen also in einer Ebene liegen. Jedes Dreieck der Triangulierung wird nun durch ein gekrümmtes dreieckiges Flächenstück (einen Patch) ersetzt, das die Randkurven zu den Dreiecksanten interpoliert. Damit erhält man eine stetige Fläche, was aber noch nicht ausreicht, da eine glatte Fläche rekonstruiert werden soll. Bei der Bestimmung der Patches muss daher eine Konstruktion angewandt werden, die sicherstellt, dass benachbarte Patches nicht nur die Randkurve teilen, sondern auch dasselbe Feld von Tangentialebenen entlang dieser Kurve haben. Eine solche Fläche wird als geometrisch stetig erster Ordnung bezeichnet (G1).

Die entwickelte Methode basiert auf (bivariaten) polynomialen Patches vierten Grades, die als Beziér-Dreiecke beschrieben werden. Der Vorteil der Beschreibung auf Basis der Beziér- Bernstein-Polynome liegt darin, dass die Koeffizienten des Polynoms in dieser Form eine geometrische Bedeutung haben. Wie oben erwähnt, werden zuerst die zufälligen Messfehler eliminiert. In diesem Schritt kann auch die Tangentialebene an die Fläche im jeweiligen Punkt abgeschätzt werden. Alternativ dazu kann der Normalvektor beispielsweise auch durch Mittelung der Normalvektoren aller Dreiecke, die in einem Punkt zusammentreffen, festgelegt werden. Im nächsten Schritt werden die Randkurven der Patches bestimmt, die in diesem Fall (univariate) Polynome vom Grad drei sind. Die Tangenten in den Endpunkten müssen normal zu den vorher bestimmten Normalvektoren sein. Damit sind die Randkurven der Patches bestimmt, es müssen noch die ‚inneren Parameter‘ (also Koeffizienten des Polynoms) bestimmt werden, die sowohl die Form des Patches im Inneren, also auch die Tangentialebenen entlang der drei Randkurven beeinflussen. Im folgenden Schritt wird entlang dieser Randkurven ein Feld von Normalvektoren be-

stimmt, indem die beiden Endpunkt-Normalen ineinander überblendet werden. Zu jedem Randkurvenpunkt gibt es somit einen Normalvektor zur Fläche. Die inneren Parameter der Patches werden nun so bestimmt, dass die Tangentialebenen der Patches möglichst normal auf die abgeschätzten Normalvektoren sind, die Minimierung erfolgt im Kleinste-Quadrate-Sinn. Da im Allgemeinen keine exakte Interpolation dieser Normalvektorenfelder, sondern nur eine Approximation möglich ist, entsteht keine vollständig glatte, sondern nur eine approximativ glatte Fläche, man spricht auch von ‚Epsilon-Stetigkeit‘ (epsilon-G1). Wenn zwischen zwei benachbarten Patches die Winkel zwischen den aufeinander treffenden Tangentialebenen zu groß sind, müssen die Patches unterteilt werden um mehr Freiheitsgrade und somit einen besseren Übergang zu gewährleisten. (Es soll erwähnt werden, dass diese Methode teilweise in meiner Diplomarbeit entwickelt wurde, obschon sie dort nicht so sehr im Kontext der Geländemodellierung steht.)

Die zweite Methode, die zum Erstellen von glatten 3D-Geländemodellen untersucht worden ist, arbeitet nach dem Subdivision-Prinzip. Die Triangulierung wird dabei schrittweise unterteilt, wobei mehr und mehr Punkte und Kanten eingefügt werden. Die Winkel zwischen benachbarten Dreiecken nähern sich dabei 180° , wodurch die Grenzfläche, die man theoretisch nach unendlich vielen Unterteilungsschritten erhält, glatt ist. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens ist, dass unabhängig vom Unterteilungsniveau immer eine Triangulierung vorliegt. Für diese Datenstruktur sind viele Algorithmen, also z.B. Darstellung, Verschneidung u.s.w., sehr einfach. Je nach gestellter Aufgabe kann das den Genauigkeitsanforderungen entsprechende Niveau herangezogen werden.

Auch bei der entwickelten Subdivision-Methode zur Rekonstruktion der Geländefläche müssen, wie oben erwähnt, die zufälligen Messfehler zuerst eliminiert werden. Im angewandten Unterteilungsschema wird in jeder Kante ein zusätzlicher Punkt eingefügt, der aber nicht der geometrische Kantenmittelpunkt sein muss. Ein Verfeinerungsschritt besteht im Einfügen von einem Punkt in jede Kante und der entsprechenden zusätzlichen Vermaschung der Triangulierung. Die Koordinaten der neu einzufügenden Punkte werden wie folgt bestimmt: in beiden Kantenendpunkten wird eine lokale Fläche abgeschätzt. Diese approximiert den Kantenendpunkt und seine Nachbarpunkte. Für die beiden Flächen wird dann jeweils ein für den Kantenmittelpunkt repräsentativer Punkt auf den lokalen Flächen bestimmt. Das Mittel der beiden so erhaltenen Punkte ist die Position des neu einzufügenden Punktes. Auch die Kantenendpunkte erhalten neue Positionen, nämlich jene, die den jeweiligen Punkten auf der lokalen Fläche entsprechen. In den ursprünglich gegebenen Punkten werden keine rein approximierenden Flächen verwendet, sondern die dort verwendeten lokalen Flächen interpolieren den ursprünglich gegebenen Punkt und approximieren seine Nachbarn. Dadurch interpoliert die Grenzfläche die Punkte der gegebenen Triangulierung.

Anhand von Vergleichen zwischen der Subdivision- und der Flächenverband-Methode wird untersucht, welches Verfahren den Anforderungen in der topogra-

phischen Geländemodellierung besser entspricht. Dazu werden sowohl tatsächliche Messungen am Gelände als auch synthetische Beispiele herangezogen. In den untersuchten Fällen sind mit den Unterteilungs-Flächen, also mit Subdivision, bessere Ergebnisse erzielt worden.

Ein kurzer Ausblick auf die Anwendungen von Geländemodellen, die Überhänge, Höhlen, etc. enthalten, wird im letzten Kapitel gegeben.

Die Dissertation wird als Geowissenschaftliche Mitteilung der Studienrichtung Vermessungswesen und Geoinformation der Technischen Universität Wien als Heft 65, ISBN 3-9500791-7-3, veröffentlicht.

Globale Beobachtung von Bodenfeuchte mit dem ERS Scatterometer

Klaus Scipal

Dissertation: Fakultät für technische Naturwissenschaften und Informatik, Technische Universität Wien 2002. 1. Begutachter: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. W. Wagner, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, 2. Begutachter: Prof. Dr. C. Schumliuss, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geographie, Abteilung Fernerkundung.

Bodenfeuchte ist eine wesentliche Komponente des globalen Ökosystems und übt einen wichtigen Einfluss auf die Wechselwirkungen zwischen der Hydrosphäre der Biosphäre und der Atmosphäre aus. Aufgrund der Bedeutung von Bodenfeuchte für alle bio- und geophysikalischen Prozesse, ist genaue Information über die Variabilität dieser geophysikalischen Größe für viele Bereiche wichtig. Im Gegensatz zu einer Vielzahl von geophysikalischen Größen wie Temperatur, Niederschlag oder Wind, die in hoher Präzision und Dichte gemessen werden, wird Bodenfeuchte nur von wenigen Meßsystemen adäquat gemessen. Das Fehlen geeigneter Daten und Meßsysteme wird von allen betroffenen Wissenschaften als großes Defizit gesehen. Der Entwicklung von neuen innovativen Methoden kommt daher größte Bedeutung zu. Fernerkundung, im speziellen Radar Fernerkundung, wird generell als möglicher Lösungsansatz gesehen. Ziel dieser Arbeit war die globale Anwendung einer neuen innovativen Methode zur Beobachtung von Bodenfeuchte. Grundlage der Methode sind ERS Scatterometer Daten. Der ERS scatterometer ist ein C-band Radarsensor mit einer Auflösung von 50x50 km² der seit 1992 an Bord der Europäischen Fernerkundungssatelliten ERS-1 und ERS-2 die Erde beobachtet. Die Methode zur Analyse der Daten basiert auf einem empirischen Modell mit dem das grundlegende Streuverhalten der Erdoberfläche beschrieben wird und einem einfachen Change Detection Ansatz zur Ableitung der gesuchten Größen. Die Methode, die über ausgewählten Gebieten entwickelt wurde, konnte erfolgreich global angewendet werden. Charakteristische Auswirkungen der einzelnen Klimate auf das Rückstreuverhalten wurden nachgewiesen. Die zur Beschreibung der Rückstreueigenschaften abgeleiteten Parameter zeigen eine klare Korrelation mit charakteristischen Klima und Vegetationszonen. Basierend auf ei-

ner detaillierten Analyse der Rückstreueigenschaften, konnten problematische Konzepte in der Formulierung des zugrundeliegenden physikalische Modells aufgezeigt werden. Aufgrund dieser Studien ist eine Verbesserung der Methoden möglich. Die Validierung der abgeleiteten Bodenfeuchte ergab eine hohe Genauigkeit, der mittlere Fehler liegt im Bereich 5–7 vol%. Die Daten eignen sich daher für eine Reihe von hydrosphärischen biosphärischen und atmosphärischen Anwendungen.

Gradiometer Simulator of GOCE satellite mission implemented in MATLAB

Michael Allesch

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Abteilung für Theoretische Geodäsie, Technische Universität Graz, 2002. Begutachter und Betreuer: Ao.Univ. Prof.. Mag. Dr. R. Pail.

Die Satellitenschwerefeld-Mission GOCE (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer), der ESA (European Space Agency) mit geplantem Starttermin 2006, ist der hochgenauen globalen Modellierung des Erdschwerefeldes mittels Satellitengrادیometer gewidmet. Während dieser Mission werden Gravitationsgradienten U mit einer Genauigkeit im mE-Bereich gemessen, woraus das Gravitationsfeld der Erde bestimmt wird: eine Geoid-Genauigkeit von 1[cm] bzw. ein Schwereanomalienfehler von weniger als 1[mGal] bei einer räumlichen Auflösung von 100[km] sollen erreicht werden. Ein Gradiometer, bestehend aus sechs Accelerometern – zwei pro Achse – bildet dabei das Hauptelement des Satelliten.

Mittels dem – im Zuge dieser Diplomarbeit – generierten „Gradiometer Simulator“ in MATLAB werden die Einflüsse der wichtigsten Fehlerquellen (mispointing, cross coupling, scale factor, quadratic factor) des Gradiometers abgeschätzt und deren Verlauf sowohl im Ortsbereich als auch Spektralbereich graphisch dargestellt.

Analyse des Referenzstationsnetzes von Wienstrom auf Basis bereits entwickelter lokaler GNSS-Referenzstationsnetze

Peter Anzinger

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie und Geophysik, Abteilung für Angewandte Geodäsie und Ingenieur-geodäsie, Technische Universität Wien, 2002. Begutachter: O.Univ. Prof. Dr.-Ing. H. Kahmen, Betreuer: Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. G. Retscher.

Durch die ständige Weiterentwicklung der hochgenauen relativen GPS-Positionierung im cm-Bereich zu einem noch rationelleren und wirtschaftlicheren Messverfahren werden immer mehr lokale, permanent arbeitende Referenzstationsnetze aufgebaut. Zur Zeit befindet sich in Wien ein neues Referenzstationsnetz, namens WEP, für das Versorgungsgebiet der Firma Wienstrom im Aufbau. Der Systemaufbau mit den zu erreichenden Genauigkeiten, die Datenübertragung, die Vorteile der Realisierung des Konzeptes sowie eine Ko-

sten-Nutzen Analyse werden in dieser Arbeit behandelt und untersucht. Die detaillierte Analyse des Konzepts dieses neuen Netzes basiert auf bereits bestehenden lokalen Referenznetzen bzw. DGPS-Diensten in Deutschland sowie auf den regionalen Referenzstationsnetzen in Österreich SATVB und KELSAT. Als Musterbeispiel für ein landesweites Referenzstationsnetz wird der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) angesehen. Ein vergleichbarer landesweiter Dienst in Österreich, der DARC-DGPS Dienst, ist seit 2001 nicht mehr verfügbar.

Nach kurzer Erklärung der mathematischen Zusammenhänge und der wesentlichen Fehlereinflüsse bei der relativen Positionierung zu Beginn dieser Arbeit, werden die verschiedenen Konzepte und die Vernetzung von lokalen Referenzstationsnetzen beschrieben. Auf das Konzept der virtuellen Referenzstation wird näher eingegangen.

Im praktischen Teil dieser Arbeit wird die Satellitenverfügbarkeit im Gebiet des zukünftigen Referenzstationsnetzes in Wien anhand dreier repräsentativer Gebiete untersucht, wobei zuerst die Verfügbarkeit von GPS-Satellitensignalen und anschließend die Verfügbarkeit von GPS+GLONASS-Satellitensignalen analysiert wird. Sowohl die ausführliche Planung als auch die anschließende Testmessung der geplanten Messpunkte werden detailliert beschrieben. Diese Untersuchung soll Aufschluss über die Einsetzbarkeit von Satellitensystemen zur Vermessung im Referenzstationsnetz von Wienstrom geben.

Binnengewässervermessung

Gerhard Breinl

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Abteilung für Positionierung und Navigation, Technische Universität Graz, 2002. Begutachter und Betreuer: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. B. Hofmann-Wellenhof.

Die vorliegende Arbeit soll verschiedene Konzepte der Binnengewässervermessung einander gegenüberstellen, wobei vor allem auch in Österreich anwendbare Verfahren für die Positionierung verwendet werden sollen. Die eigentliche Aufgabe besteht in der möglichst guten Erfassung der Gewässersohle. Dies geschieht zur Zeit meist durch Messfahrten entlang von vordefinierten Profillinien. In dieser Arbeit sollen aber auch alternative Messanordnungen betrachtet werden.

Als gegenwärtiger Entwicklungsstand sind für die Positionierung polare Systeme hoher Automation und GPS-Systeme, speziell DGPS-Systeme basierend auf differentiellen Codephasenmessungen im Einsatz. Besonders in den Uferbereichen kann es aber aufgrund von topographisch bedingten Abschattungen der GPS-Satelliten notwendig werden, dass alternative Verfahren eingesetzt werden müssen.

Für die Tiefenmessung werden meist Echolote und Echographen verwendet. Allerdings schränken hier die physikalischen Bedingungen die erreichbare Genauigkeit ein.

Ein Problem stellt die Verknüpfung von Positionierung und Lotung dar, speziell wenn für die Lotung

Echographen verwendet werden. Ein weiteres großes Thema ist die Elimination der Schiffsbewegungen.

Ein Teil der in dieser Arbeit vorgestellten Verfahren wurden bei Testmessungen auf der Mur im Bereich von Mixnitz auf ihre „Tauglichkeit“ getestet. Zu diesem Zweck wurde ein Prototyp eines Messbootes aufgebaut, das über mehrere Messeinrichtungen verfügt. Zusätzlich werden noch drei weitere Projekte kurz vorgestellt.

Entwicklung einer webbasierenden Metadatenbank für das Stadtvermessungsamt Graz

Anton Edler

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Abteilung für Geoinformation, Technische Universität Graz, 2002. Begutachter und Betreuer: Ao.Univ. Prof. Dr. N. Bartelme.

Die Anwendung von raumbezogenen Daten in der Stadtplanung nimmt stetig zu. So werden durch das Stadtvermessungsamt Graz unterschiedlichste Geodaten erstellt und verwaltet. Aufgrund der Position muss das Amt mit vielen Stellen zusammenarbeiten und diesen Geodaten liefern. Angesichts dieser Tatsache wird der Geodatenbestand in Zukunft weiter zunehmen und somit immer unübersichtlicher werden. Um die Datenorganisation in den Griff zu bekommen, sollen Metadaten (in diesem Fall Daten über Geodaten) erstellt werden und den Nutzern als Auskunft über vorhandene Geodatenbestände offen stehen. Aus diesem Grund wurde die Diplomarbeit zur Entwicklung einer webbasierenden Metadatenbank vergeben.

Ziel der Arbeit war es, ein Metadatenmodell zu erstellen und dieses in einer Datenbank umzusetzen, welche über Internet bzw. Intranet abgefragt werden kann. Der Inhalt sollte standardisierten Qualitätsmerkmalen genügen, welche durch das Stadtvermessungsamt Graz unter Anwendung der Norm ISO 19115 definiert wurden. Für die Implementierung der Metadatenbank wurde eine gängige Kombination von Open Source-Projekten gewählt. Unter anderem wurden hierfür die Internetdatenbank „MySQL“ für die Datenspeicherung und der MapServer für die Selektion eines Gebietes eingesetzt. Die Verbindung zwischen Server und Datenbank wird mittels der Skriptsprache PHP hergestellt. Die erstellte Benutzeroberfläche gliedert sich in vier Ebenen: Internet-, Intranet-, Betreuer- und Administratoroberfläche. Eine Trennung zwischen Internet- und Intranetoberfläche ist auf die Beschränkung des freien Zugriffs auf Geodaten zurückzuführen.

Im Allgemeinen wurde bei der Entwicklung der Webanwendung darauf geachtet, dem Anwender das Suchen, die Eingabe und die Verwaltung von Geodaten zu erleichtern. Für diesen Zweck wurde z.B. der UMN-MapServer den Bedürfnissen der Metadatenbank angepasst. Das Ergebnis der Diplomarbeit stellt kein Endprodukt einer Metadatenbank dar, vielmehr wurde ein erster Schritt in Richtung Geodatenorganisation vorgenommen. Die gewählte Software ist an zukünftige Entwicklungen und Anforderungen relativ leicht anzupassen und stellt somit ein leistungsfähiges bzw. kostengünstiges Werkzeug dar.

Kinematische Aufnahme von Verkehrstrassen mit Mobile Mapping Systemen

Wolfgang Leitner

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie und Geophysik, Abteilung für Angewandte Geodäsie und Ingenieur-geodäsie, Technische Universität Wien, 2002. Begutachter: O.Univ. Prof. Dr.-Ing. H. Kahmen, Betreuer: Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. G. Retscher.

Die Motivation bei der Entwicklung von Mobile Mapping Systemen (MMS) liegt in der Forderung nach genauer, wirtschaftlicher, schneller und halbautomatischen bis automatischen Erfassung von geographischen Daten.

In dieser Arbeit werden die Funktionsweisen verschiedener Sensoren untersucht, die miteinander verknüpft, für die Positionsbestimmung eingesetzt werden. Dabei bildet die Kombination von satellitengestützter Navigation mit GPS (Global Positioning System) und inertialer Navigation mit INS (Inertial Navigation System) die zentrale Positionierungseinheit der meisten MMS, die durch weitere Sensoren unterstützt werden, um eine Genauigkeitssteigerung zu erzielen. Die zur Zeit existierenden, beziehungsweise in Entwicklung befindlichen MMS, werden hinsichtlich ihrer Sensorausstattung und erreichbaren Positionierungsgenauigkeit untereinander verglichen.

Die gemeinsame Verarbeitung virtueller Messdaten wird anhand eines vom Verfasser entwickelten Programms, das auf dem Kalman-Filter basiert, der sich besonders gut für Online-Auswertungen eignet, erprobt und analysiert. Anhand simulierter Messwerte wurden die Einflüsse unterschiedlicher Parameter auf das Filterergebnis untersucht.

Interaktive und dynamische Visualisierung von Deformationsgrößen

Bernhard Metzler

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Abteilung für Geoinformation, Technische Universität Graz, 2002. Begutachter und Betreuer: Ao.Univ. Prof. Dr. N. Bartelme.

Im Rahmen des geodätischen Monitoring – der Überwachung von künstlichen und natürlichen Objekten mit Hilfe geodätischer und geotechnischer Sensoren – kommen zunehmend automatisierte Monitoring-Systeme zum Einsatz. Die Datenerfassung und die Berechnung kann durch diese Systeme viel effizienter erfolgen als durch einen menschlichen Experten. Dies führt dazu, dass in kurzen Zeitabschnitten große Mengen an Daten gewonnen werden. Obwohl sich aus einer großen Datenmenge eine Reihe an Vorteilen ergibt, wird es für den Menschen, der das Ergebnis bewerten und interpretieren muss, schwieriger, die in dieser umfangreichen Datenmenge verborgenen relevanten Informationen zu erkennen.

Ein Geoinformationssystem könnte in diesem Zusammenhang als Schnittstelle zwischen dem automatisierten Monitoring-System auf der einen und dem Menschen auf der anderen Seite fungieren. Durch eine in-

teraktive und dynamische Visualisierung soll das Erkennen raum-zeitlicher Beziehungen gefördert und die Interpretation der erfassten Daten für den menschlichen Experten erleichtert werden. Die Analyse herkömmlicher Darstellungsformen hinsichtlich ihrer Eignung zur Visualisierung relevanter Aspekte ist ebenso Teil dieser Arbeit wie die Untersuchung moderner Darstellungstechniken aus den Bereichen Visualisierung, Digitalkartographie und Computeranimation, die in diesem Rahmen für die Vermittlung der Information eingesetzt werden können.

Anwendungen der semianalytischen Methode zur GOCE „Quicklook“-Schwerefeldbestimmung im Fall von Datenlücken und Non-Repeat-Orbits

Thomas Preimesberger

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Abteilung für Theoretische Geodäsie, Technische Universität Graz, 2002. Begutachter und Betreuer: Ao.Univ. Prof. Mag. Dr. R. Pail.

Die Satellitenmission (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer), der ESA (European Space Agency) mit geplantem Starttermin im Jahr 2006, ist der hochgenauen globalen Modellierung des Erdschwerefeldes gewidmet.

Die mathematischen Modelle zur Darstellung des Erdschwerefeldes basieren auf einer Reihenentwicklung in Kugelfunktionen. Die Berechnung der zugehörigen Kugelfunktionskoeffizienten führt zu sehr großen Gleichungssystemen.

Eine sehr effiziente Methode, um solche Gleichungssysteme auszuwerten, ist der sogenannte semianalytische oder "lumped coefficients"-Ansatz (lumped, engl. konzentriert, klumpig), wobei die Beobachtungen als kontinuierliche, ununterbrochene Zeitreihe entlang einer – sich schließenden – Satellitenbahn (Wiederholorbit) vorliegen müssen.

In der vorliegenden Diplomarbeit werden die Auswirkungen der Verletzung obiger Bedingungen auf die Schätzung der Kugelfunktionskoeffizienten untersucht. Es wird gezeigt, in welchem Ausmaß sich die Qualität der modellierenden Koeffizienten durch unterbrochene Beobachtungsreihen verschlechtert und eine Iterationsstrategie vorgestellt, mit deren Hilfe dieser Effekt – in Abhängigkeit von der Charakteristik der Datenlückenweitestgehend eliminiert wird.

Weiters wird dargelegt, wie eine Berechnung des Schweremodells im Falle eines sich nicht schließenden Orbits, welcher sich aufgrund verschiedenster Fehlerinflüsse ergibt, möglich ist.

Es werden verschiedene Methoden vorgestellt, mit denen der "lumped coefficients"-Ansatz zur Erstellung von Quicklook-Lösungen, also schnellen Koeffizientenlösungen bei Vorliegen nur eines Bruchteils der Beobachtungsdaten unter Inkaufnahme gewisser Genauigkeitseinbußen, einsetzbar ist. Solche Auswertungen sind für eine begleitende Missionskontrolle von großer Wichtigkeit, um Rückschlüsse auf den Missionsverlauf tätigen zu können.

Das Konvergenzverhalten des Lösungsalgorithmus wird analytisch beschrieben und ein empirisches Konvergenzkriterium angewendet, um die Laufzeiteffizienz bei gleichzeitiger Optimierung der Koeffizientenlösung zu gewährleisten.

Überprüfung der praktischen Tauglichkeit eines bildgebenden Laserscanners anhand geodätischer Richtlinien sowie dessen Anwendung bei Gletscherbeobachtungen

Christan Riemer, René Steiner

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Abteilung für Positionierung und Navigation, Technische Universität Graz, 2002. Begutachter und Betreuer: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. B. Hofmann-Wellenhof.

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Genauigkeit eines bildgebenden Laserscanners, welcher von der Firma Riegl Laser Measurement Systems (Österreich) entwickelt wurde. Mit diesem Gerät ist es möglich, Profile bzw. ganze Flächen bis zu einer Entfernung von 2500 m messtechnisch zu erfassen.

Da ein derartiger Scanner als Totalstation eingesetzt wird, ist die Messgenauigkeit im Hinblick auf eine genaue Bestimmung der Orientierung von großer Bedeutung. Aus diesem Grund erfolgte eine Genauigkeitsanalyse nach geodätischen Richtlinien.

Um Aussagen über die innere und äußere Genauigkeit der Messgrößen treffen zu können, wurden verschiedene Versuche durchgeführt. Die innere Genauigkeit wurde durch Wiederholungsmessungen (24 Stunden Dauermessungen) überprüft. Zur Bestimmung der absoluten Genauigkeit musste ein Referenznetz angelegt werden. Aus Messungen in diesem Netz konnten die Standardabweichungen der Distanz- und Winkelmessungen berechnet werden. Neben diesen Untersuchungen wurde auch ein möglicher Einfluss von Zielpunktverdrehschneidungen und unterschiedlichen Zielpunktausführungen auf die Messgrößen erforscht. Weiters wurde geprüft, in wie weit es möglich ist, eine homogene Fläche aufzunehmen und darzustellen, da der Scanner im praktischen Betrieb speziell zur Aufnahme von Flächen gedacht ist. Im letzten Kapitel wird gezeigt, wie Veränderungen von Blockgletschern mit einem derartigen bildgebenden Laserscanner dokumentiert und visualisiert werden können.

Früherkennung und Beobachtung von Hochwasser mittels ERS-Scatterometerdaten am Beispiel der Einzugsgebiete Limpopo und Sambesi im Zeitraum von 1992 bis 2000

Cornelia Scheffler

Diplomarbeit: Institut für Geographie, Lehrstuhl für Allgemeine Wirtschafts- und Sozialgeographie, Tech-

nische Universität Dresden, 2003. 1. Begutachter und Betreuer: Prof. Dr. habil. Winfried Killisch. Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien, 2003. 2. Begutachter und Betreuer: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. W. Wagner.

Im Mittelpunkt der Diplomarbeit stand die Frage nach der Einsatzfähigkeit der ERS-Scatterometerdaten zur Frühwarnung und Beobachtung von Hochwasserereignissen. Die Datengrundlage bildeten die Soil Water Index-Daten, die auf Basis der Daten vom ERS-Scatterometer berechnet wurden.

Aufgrund der klimatischen Gegebenheiten besteht in der Region des südlichen Afrikas eine hohe Gefährdung durch Hochwasser und Dürrekatastrophen. Die schwersten Hochwasserkatastrophen im Betrachtungszeitraum ereigneten sich im Jahre 1996 am Flusslauf des Limpopo, im Jahre 1997 am Flusslauf des Sambesi und im Sommer 2000 an beiden Flussläufen.

Die SWI-Zeitreihen wurden mit Hilfe verschiedener Methoden untersucht. Eine Methode beinhaltet den Vergleich der SWI-Daten mit Daten der Evapotranspiration, der Bodenfeuchte, des Niederschlags und des Abflusses, die vom Institut für Klimafolgenforschung bereitgestellt wurden. Die Analyse ergab eine hohe Korrelation zwischen dem SWI und der Evapotranspiration.

Die weitere Analyse der Daten erfolgte mittels eines Vergleichs der SWI-Daten mit den Abfluss- bzw. Wasserstandsdaten der entsprechenden Flüsse. Im Einzugsgebiet des Sambesi konnte bei der Gegenüberstellung der SWI-Reihe mit den Abflussdaten ein zeitlicher Versatz zwischen den Maxima der beiden Untersuchungsgrößen festgestellt werden. Nach der Verschiebung der Größen zueinander, wurden hohe Korrelationen von bis zu $R=0.95$ bzw. $R^2=0.9$ ermittelt. An der Quelle umfasste die zeitliche Versetzung eine Zeitspanne von dreißig Tagen, weiter flussabwärts bereits sechzig Tage.

Die Verfügbarkeit der Vergleichsdaten begrenzte sich auf den Oberlauf der beiden Flüsse, wodurch sich die Aussagefähigkeit der Resultate für den Unterlauf der Flüsse sehr einschränkt.

Basierend auf den Ergebnissen der Studie wurde festgestellt, dass die SWI-Daten ein enormes Potential in sich bergen. Dies befürwortet den Einsatz dieser Daten in hydrologischen Modellen.

Airborne Laser Scanning – Automatische Extraktion von Gebäudekanten zur Erstellung von virtuellen Stadtmodellen

Christian SEVCIK

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie, Abteilung für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Graz, 2002. Begutachter und Betreuer: Em.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Brandstätter.

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist die Entwicklung von Algorithmen zur automatischen Extraktion von Gebäudekanten aus First-Pulse Laserscannerdaten. Diese dienen in weiterer Folge als Grundlage für die Erstellung

von homogenen 3D-Stadtmodellen. Hinter dieser Aufgabe verbirgt sich eine zweischichtige Problematik. Zum Einen ist dies der möglichst rasche Zugriff auf die Gesamtmenge der Rohdaten, um geeignete Kandidaten zu selektieren und zum Anderen das Auffinden der geometrisch gesicherten Kantenpunkte aus der Menge der Kandidaten. Dieser Zweiteilung folgt auch der Aufbau der Arbeit. Im ersten Teil wird die Entwicklung eines Algorithmus zur Organisation großer Datenmengen und die dabei auftretenden Probleme unter der verwendeten Softwareumgebung erläutert. Der zweite Teil befasst sich mit der Kantenextraktion selbst. Der dazu entwickelte Lösungsansatz folgt einem Top-Down Prinzip, indem zunächst eine Grobsuche in Rasterdaten vorgenommen wird und anschließend die Kante in den dazugehörigen Rohdaten genauer lokalisiert wird. Der so entstehende Grundriss des Gebäudes wird zuletzt aufgrund von Symmetrieüberlegungen in seiner Form korrigiert. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine Sammlung von Algorithmen, welche die notwendigen Berechnungen in der Entwicklungsumgebung MATLAB (C/C++) automatisiert abwickeln.

Untersuchung von Messsensoren zum Einsatz in Navigationssystemen für Fußgänger

Georg Skolaut

Diplomarbeit: Institut für Geodäsie und Geophysik, Abteilung für Angewandte Geodäsie und Ingenieurgeodäsie, Technische Universität Wien, 2002. Begutachter: O.Univ. Prof. Dr.-Ing. H. Kahmen, Betreuer: Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. G. Retscher.

Aktuelle Positionierungs- und Navigationssysteme wurden hauptsächlich für die Fahrzeugnavigation entwickelt. Durch die Entwicklung von neuen, immer kleineren, leichteren und auch genaueren Sensoren wird

mittlerweile auch an der Entwicklung von Navigationssystemen für Fußgänger gearbeitet. In dieser Arbeit werden Sensoren untersucht, die die Position von Fußgängern bestimmen können. Das Ziel ist die Entwicklung eines Systemaufbaus für ein Navigationssystem für Fußgänger, das die möglichst genaue Schätzung der Position mit einfachen Sensoren ermöglicht.

Dazu wurde vorerst eine Analyse bestehender Fußgängernavigationssysteme und Location Based Services durchgeführt, wobei im Speziellen auf die verschiedenen Sensoren zur Positionsbestimmung eingegangen wird. Die Sensoren werden klassifiziert, und für jeden einzelnen Bereich werden geeignete Sensoren ausgewählt. Die beschriebenen Sensoren sind u.a. GPS und Local Positioning Systeme, die Positionierung mit Mobilfunktelefonen und Barometer, sowie Beschleunigungssensoren, Kreisel und Kompass, und daneben noch zwei Matching-Ansätze.

Die Integration der Sensoren für eine gemeinsame Auswertung und Verarbeitung der Messdaten erfolgt mit Hilfe eines Kalmanfilters, da sich dieser Filteralgorithmus besonders gut für Echtzeit-Auswertungen eignet. Anhand simulierter Beobachtungen werden verschiedene Modelle des Zustandsvektors im Filter getestet und basierend auf diversen Trassenführungen werden Filterergebnisse von unterschiedlichen Sensorkombinationen veranschaulicht.

Die Führung eines Fußgängers von der U-Bahn-Station Karlsplatz zum Institut für Geodäsie und Geophysik der TU Wien bildet den Abschluss der Simulationsrechnungen. Die Ergebnisse werden zeigen, dass bei Kombination der untersuchten Sensoren die Abweichungen von der Solltrasse sehr gering sind. Ausgehend davon kann ein Vorschlag für einen Prototyp aufgestellt werden, der die möglichen Komponenten für die Positionsbestimmung in einem Fußgängernavigationssystem enthält.

Recht und Gesetz

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

Benützungsarten; § 10 VermG

Die Ausweisung der Benützungsart eines Grundstücks nach dem Vermessungsgesetz hat keine konstitutive Wirkung für die Flächenwidmung. (VwGH, 25.Jän.2001, 99/06/0197)

Sachverhalt:

1998 suchten die Beschwerdeführer um Bewilligung für die Errichtung eines Einfamilienhauses mit Doppelgarage an. Das Bauansuchen wurde abgewiesen, da offenkundig sei, dass das Areal laut gültigem Flächenwidmungsplan als „Freiland“ ausgewiesen sei.

In ihrer Beschwerde wiederholen die Beschwerdeführer im Wesentlichen die Argumente ihrer Berufung und bringen weiters vor, gemäß § 10 Abs. 1 VermG über Benützungsarten sei festgelegt, „dass als Bauflächen, Flächen mit mindestens 30 m², landwirtschaftlich ge-

nutzte Grundflächen, Äcker, Wiesen und Hutweiden mit mindestens 1000 m² gewertet werden“ (gemeint sind sichtlich die im Anhang zum VermG festgelegten Benützungsarten gemäß § 10 Abs. 1 VermG, für die in Abs. 2 des Anhangs Mindestmaße iSd § 10 Abs. 2 normiert sind). Nach der Abtretung von Teilflächen des Grundstückes zur Verbreiterung und den Ausbau des C-Weges gemäß Bescheid der Gemeinde sei keine Änderung der Benützungsart gemäß VermG durch die Gemeinde durchgeführt worden. Nach Ansicht der Beschwerdeführer sei sohin das gesamte Grundstück des Anwesens C-Weg 60 und zwar das im Grundbuch bzw. Grenzkataster ausgewiesene Grundstück als Bauplatz anzusehen. Dies legitimiere die Beschwerdeführer „weilers dahingehend, den restlichen Bauplatz in einer entsprechenden Bebauung im Sinne der Bestimmung der Tiroler Bauordnung zuzuführen“. Aufgrund der gegebenen Situation hätte die belangte Behörde davon

ausgehen müssen, dass die gesamte Fläche des Grundstückes als Bauplatz anzusehen sei.

Aus der Begründung:

Unbestritten ist, dass das verfahrensgegenständliche Grundstück in einem Areal gelegen ist, welches nach dem anzuwendenden Flächenwidmungsplan als „Freiland“ gewidmet ist. Ebenso unbestritten ist, dass es sich bei gegenständlichem Bauansuchen um ein Wohnhaus mit Doppelgarage und nicht um eines der in § 41 Abs. 2 TROG 1997 angeführten Gebäude handelt. Da das gegenständliche Bauvorhaben somit offensichtlich dem Flächenwidmungsplan widerspricht, konnte die belangte Behörde die Berufung gegen die Abweisung des Antrags ohne weiteres Verfahren als unbegründet abweisen.

Welche Benützungsorten nach VermG für das gegenständliche Grundstück ausgewiesen wurden, vermag an dieser Beurteilung nichts zu ändern, da eine solche Ausweisung keine konstitutive Wirkung für die Flächenwidmung hat.

Entlassung aus dem öffentlichen Gut; § 287 ABGB

Privatrechtliche Verfügungen über öffentliches Gut, die den Gemeingebrauch beeinträchtigen, setzen die Aufhebung der Widmung zum Gemeingebrauch voraus. Die Aufhebung der Widmung zum Gemeingebrauch kann nur durch einen der Widmung entgegengesetzten Akt, vornehmlich durch ein Gesetz oder durch die Erklärung der zuständigen Verwaltungsbehörde geschehen, etwa durch die Auflassung einer öffentlichen Straße. Eine privatrechtliche Erklärung des Eigentümers des öffentlichen Gutes kommt hierfür nicht in Frage. (OGH, 13. April 1999, 5Ob90/99t = SZ 72/65)

Sachverhalt:

Außer der vom Erstgericht rechtskräftig bewilligten und verbücherten Teilung des Grundstücks 1202 KG N in die Grundstücke 1202/1 und 1202/2 haben die Antragsteller auch noch die lastenfreie Abschreibung des Grundstücks 1202/2 vom Gutsbestand der EZ X, die Eröffnung einer neuen Grundbucheinlage für das abgeschriebene Grundstück, die Einverleibung des Eigentumsrechtes der Antragsteller bei der neuen Einlage sowie die Verbücherung einer Grunddienstbarkeit zu Lasten der Grundstücke 1202/2 und 1137/1 für das Grundstück 1202/1 begehrt.

Das Erstgericht wies das die Abschreibung und Übergang des Grundstücks 1202/2 betreffende Eintragungsbegehren mit der Begründung ab, das zum Gutsbestand der EZ X gehörige Grundstück 1202/2 sei nach dem Grundbuchsstand öffentliches Gut im Eigentum der Republik Österreich (es handelt sich um einen Teil der B Straße), so dass es zur Verbücherung der Übergang neben der Vorlage des Kaufvertrages auch noch des urkundlichen Nachweises bedürft hätte, dass die Widmung des Grundstücks 1202/2 zum Gemeingebrauch aufgehoben wurde.

Die Widmung für den Gemeingebrauch werde nicht bereits durch den Verkaufsentschluss der öffentlichen Hand aufgehoben. Die Abschreibung eines Grund-

stücks vom öffentlichen Gut und die Aufhebung der Widmung für den Gemeingebrauch, der eine quasi öffentlich-rechtliche Dienstbarkeit darstelle, müssten als zwei völlig getrennte Akte angesehen werden. Der Gemeingebrauch könne ja auch auf privaten Grundstücken lasten, so dass die Übertragung eines Grundstücks aus dem öffentlichen Gut in das Privateigentum noch nicht die Aufhebung des Gemeingebrauchs herbeiführe.

Aus der Begründung:

Im gegenständlichen Fall begehren die Antragsteller die lastenfreie Übereignung eines Teils des öffentlichen Gutes bzw darauf basierende Folgeeintragungen. Dem Eintragungsbegehren könnte daher nur entsprochen werden, wenn die Aufhebung der Widmung zum Gemeingebrauch nachgewiesen ist. Das kann nur durch einen der Widmung entgegengesetzten Akt, vornehmlich durch ein Gesetz oder durch die Erklärung der zuständigen Verwaltungsbehörde geschehen, etwa durch die Auflassung einer öffentlichen Straße. Eine privatrechtliche Erklärung des Eigentümers des öffentlichen Gutes kommt hierfür nicht in Frage.

Selbst wenn die Kollision zwischen der privatrechtlichen Verfügung des Eigentümers von öffentlichem Gut und dem bestehenden Gemeingebrauch nicht die Aufhebung der Widmung erfordert, könnte das Grundbuchsgericht in Zweifelsfällen einer auch nur möglichen Beeinträchtigung des Gemeingebrauchs nicht selbst entscheiden. Da über Bestand und Umfang des Gemeingebrauchs die Verwaltungsbehörden zu befinden haben, wäre ihm eine die Einschränkung oder Behinderung des Gemeingebrauchs verneinende Entscheidung der Verwaltungsbehörde vorzulegen. Darauf könnte nur dann verzichtet werden, wenn die privatrechtliche Verfügung per se die rechtlichen Bedingungen für die Ausübung des Gemeingebrauchs unverändert bestehen lässt.

Beseitigung von Sprungklammern; § 52 Z 3 VermG

Die aus der Beseitigung von „Sprungklammern“ resultierende Neubezeichnung eines in der Natur abgegrenzten Liegenschaftsteils ist die einzig denkbare Vorgangsweise, wie der gesetzlichen Notwendigkeit entsprochen werden kann.

(OGH, 21. Aug. 2001, 5Ob78/01h)

Sachverhalt:

Die Revisionsrekurswerber sind je zur Hälfte Eigentümer der EZ X, zu der ua das Grundstück 51/1 gehört. Dieses Grundstück hat eine Gesamtfläche von 359 m². Darauf entfallen 327 m² auf eine Teilfläche und 32 m² auf eine andere Teilfläche, wobei beide Teilflächen in der Natur nicht zusammenhängen. Diese beiden Teilflächen waren bisher, um ihre Zusammengehörigkeit ersichtlich zu machen, in der Katastralmappe mit „Sprungklammern“ verbunden.

Das Vermessungsamt legte dem Grundbuchsgericht einen Anmeldebogen vor, in dem zur Beseitigung von „Sprungklammern“ die aus katastertechnischen Gründen erforderliche Neubezeichnung der Grundflächen,

die in der Natur nicht verbunden sind, vorgenommen wird und zwar in Gst 51/1 (327 m²) und 51/3 (32 m²).

Aufgrund dieses Anmeldungsboogens ordnete das Erstgericht die „Teilung“ des Grundstücks 53/1 Baufläche in die Grundstücke 51/1 Baufläche und 51/3 Baufläche (begrünt) sowie die Anmerkung der „Teilung“ bei der Dienstbarkeit CLNr 2a von Amts wegen an.

Aus der Begründung:

Die Liegenschaftseigentümer erachten sich ausschließlich dadurch für beschwert, dass die Neubezeichnung des bisherigen Grundstücks 51/1 in 51/1 und 51/3 im anhängigen Flächenwidmungsverfahren dazu führen würde, dass das Grundstück 51/3, das im Flächenwidmungsverfahren nicht einbezogen sei, nicht als Bauland/Dorfgebiet erhalten würde. Dadurch ergäbe sich eine enorme Wertveränderung, die Liegenschaftseigentümer seien dadurch in ihrem Eigentumsrecht beeinträchtigt.

Im Weiteren führen die Revisionsrekurswerber noch aus, dass keine Rechtsvorschrift bestehe, die eine Neubezeichnung von Grundstücken aufgrund der Beseitigung von Sprungklammern anordne. Beantragt wird daher eine Aufhebung des erstinstanzlichen Grundbuchsbeschlusses sowie diese Grundbuchshandlung erst nach Beendigung des Verfahrens über die Abänderung des Flächenwidmungsplans fortzusetzen.

Die §§ 8 f VermG normieren die beiden Hauptzwecke des Katasters und dessen notwendigen Inhalt und Ausstattung. Nähere Bestimmungen über die Anlegung der Katastralmappe enthält die vom BEV erlassene DV 31. Hinsichtlich der Führung der Katastralmappe hat das BEV verfügt:

„3,32: Besonderheiten

(1) Sofern das Zeichen für die Zugehörigkeit von Grundflächen zu einem Benützungsabschnitt bei nicht aneinandergrenzenden Grundflächen angewendet worden ist (Sprungklammer), ist jenes anlässlich einer Amtshandlung unter Verfassung eines Anmeldungsboogens zu beseitigen. Die dadurch erforderliche Neubezeichnung der Grundflächen stellt eine Teilung im Sinn des LiegTeilG nicht dar.

Mit einer solchen Neubezeichnung der Grundflächen wird Punkt 3,4: Abs 3 der DV 24 Rechnung getragen, dass „das Zeichen für die Zugehörigkeit von Grundflächen zu einem Benützungsabschnitt nur dann zulässig ist, wenn diese Grundflächen aneinandergrenzen. Daraus ergibt sich, dass die Verwendung der in älteren Mappenblättern noch ersichtlichen „Sprungklammer“ die insbesondere durch Wege getrennte Grundflächen auf demselben Grundstück zugehörig ausweisen, nicht mehr angewendet werden darf.“

Es trifft daher nicht zu, dass die Beseitigung der Sprungklammern ohne gesetzliche Grundlage erfolgt wäre. Die daraus resultierende Neubezeichnung eines in der Natur abgegrenzten Liegenschaftsteils ist die einzig denkbare Vorgangsweise, wie der gesetzlichen Notwendigkeit entsprochen werden kann.

§ 52 Z 3 VermG ermächtigt das Vermessungsamt neben der Vereinigung von Liegenschaften (wozu die Zustimmung des Liegenschaftseigentümers erforderlich

ist), auch zur amtswegigen Änderung von Grundstücken. Eine solche liegt hier vor. Mit einer „Mitteilung des Vermessungsamts an das Grundbuchsgericht über die Ergebnisse seiner Amtshandlungen, die Eintragungen im Grundbuch nach sich ziehen können und dann von Amts wegen zu erfolgen haben“, hat das Vermessungsamt dem Grundbuchsgericht das Ergebnis eigener Tätigkeit mitgeteilt. Diesfalls hat das Gericht in amtswegigem Vorgehen nach (positiver) Prüfung der Belastungs- und Eigentumsverhältnisse der Grundstücke die bücherliche Anordnung zu treffen. Nach ständiger Judikatur sind die Grundbuchsgerichte an die Beurkundungen der Anmeldungsboogen gebunden. Zutreffend hat das Rekursgericht bereits ausgeführt, dass daher die Zweckmäßigkeit der Vorgangsweise der Vermessungsbehörde vom Gericht nicht mehr zu untersuchen ist.

Die amtswegige Veränderung von Grundstücken des Grundsteuerkatasters nach § 52 Z 3 VermG bedarf auch keiner Zustimmung des davon betroffenen Grundeigentümers.

Mit dem angefochtenen Beschluss wird daher der Zielsetzung des § 26 LiegTeilG, der auch hier anzuwenden ist, entsprochen.

Zur Verhinderung allfälliger Nachteile, die den Liegenschaftseigentümern durch die Änderung der Bezeichnung im Zusammenhang mit der Neuerstellung von Flächenwidmungsplänen entstehen könnten, ist in jenem dazu führenden Verwaltungsverfahren Abhilfe zu suchen.

Enteignung zwischen Gebietskörperschaften; § 61 Krnt LStG 1991

Auch Liegenschaften, die im Eigentum anderer Gebietskörperschaften stehen, können, selbst wenn sie als öffentliches Gut gewidmet sind, Gegenstand der Enteignung sein.

(VwGH, 30.Jän.2001, 2000/05/0284)

Sachverhalt:

Im Zusammenhang mit der Absicht der ÖBB, aus Gründen der Sicherheit an der Eisenbahnstrecke alle schienengleichen Eisenbahnkreuzungen aufzulassen, ergibt sich für die beschwerdeführende Gemeinde, dass die verkehrsmäßige Anbindung neu trassiert werden muss. Da keine Vereinbarung mit der beschwerdeführenden Gemeinde getroffen werden konnte, wurden mit dem nunmehr angefochtenen Bescheid gleichzeitig mit der Erteilung der Straßenbaubewilligung näher beschriebene Grundflächen aus dem öffentlichen Gut der Beschwerdeführerin enteignet und es wurde eine Entschädigungssumme festgesetzt.

Aus der Begründung:

Auch Liegenschaften, die im Eigentum anderer Gebietskörperschaften stehen, können, selbst wenn sie als öffentliches Gut gewidmet sind, Gegenstand der Enteignung sein. Da die Gemeinde im Sinne des § 61 Abs. 1 Kärntner Straßengesetz 1991 Eigentümerin des enteigneten Liegenschaftsteiles ist, die Gemeinde mit der mitbeteiligten Partei weder ident, noch derselben Gebietskörperschaft zuzurechnen ist, und sich die mit-

beteiligte Partei die Verfügungsmacht über den benötigten Liegenschaftsteil nicht im Wege eines Verwaltungsübereinkommens verschaffen konnte, waren die Voraussetzungen für eine Enteignung gegeben.

Grenzüberbau und Ersitzung; § 418-ABGB, § 50 VermG

Nur die Ersitzung von Teilen eines im Grenzkataster enthaltenen Grundstückes (§ 50 VermG) ist ausgeschlossen, nicht aber sind andere Erwerbsvorgänge, wie etwa nach § 418 ABGB, ausgeschlossen (VwGH, 21.Nov.2000, 2000/05/0189)

Sachverhalt:

Mit Bescheid vom 30. Aug. 1999 wurde von der Baubehörde die Bewilligung zur Errichtung einer Einfriedungsmauer erteilt. Nach Darstellung des Verwaltungsgeschehens wurde im Wesentlichen ausgeführt, auf Grund der bisherigen Zeuenaussagen könne festgestellt werden, dass die Mauer im Wesentlichen in dem Bereich errichtet worden sei, in dem bereits Jahrzehnte davor ein Maschendrahtzaun Bestand gehabt habe. Die Grundnachbarn seien über viele Jahre hinweg davon ausgegangen, dass dieser Maschendrahtzaun die tatsächliche Grundgrenze sei, nach Entfernung des Zaunes sei auf gleicher Höhe die Mauer errichtet worden, weshalb auch davon auszugehen sei, dass die Mauer die Grundgrenze bilde und noch auf Eigengrund der Beschwerdeführer gelegen sei.

Auf Grund der Vorstellung der Erstmitbeteiligten hat die belangte Behörde mit dem nunmehr angefochtenen Bescheid vom 4. Juli 2000 den Bescheid des Gemeinderates aufgehoben und die Angelegenheit zur neuerlichen Entscheidung an die mitbeteiligte Gemeinde zurückverwiesen. Zur Begründung wurde nach Darstellung des Verwaltungsgeschehens im Wesentlichen ausgeführt, das bisher auf Verwaltungsebene durchgeführte Verfahren reiche nicht aus, die Frage zu beurteilen, ob die Beschwerdeführer redliche Bauführer im Sinne des § 418 dritter Satz ABGB gewesen seien und ob sie durch die Bauführung ausnahmsweise ohne bürgerliche Eintragung Eigentum an strittigen Grenzgrundstreifen erworben hätten. Im bisherigen Verfahren seien keine Ermittlungen darüber durchgeführt worden, welche Erwägungen der Beschwerdeführer über den Grenzverlauf vor seiner Bauführung angestellt habe, um durch die Bauführung nicht die Eigentumsrechte Dritter zu verletzen.

Aus der Begründung:

Die Gemeindebehörden haben mit Recht die Frage des strittigen Grenzverlaufes als Vorfrage gemäß § 38 AVG geprüft. Auf Grund des durchgeführten Ermittlungsverfahrens ist die belangte Behörde zutreffend davon ausgegangen, dass die verfahrensgegenständliche Grenzmauer in einem Bereich zu stehen kommt, in dem vom Zweitbeschwerdeführer im Jahre 1988 die Fundamente der Stützmauer errichtet wurden, weil diese Fundamente bestehen bleiben sollen. Die errichtete Mauer ragt um einige Zentimeter in das Grundstück der Erstmitbeteiligten. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes haben sich die Gemeindebehörden mit der Frage auseinander gesetzt, ob die Beschwerdeführer infolge

der Errichtung der Stützmauer durch den Zweitbeschwerdeführer im Jahre 1988 das Eigentum an verfahrensgegenständlichen strittigen Grenzgrundstreifen im Sinne des § 418 dritter Satz ABGB redlich erworben haben, und diese Frage bejaht.

Zutreffend hat die belangte Behörde darauf hingewiesen, dass im Ermittlungsverfahren nicht hinreichend geklärt wurde, ob der damalige Eigentümer des Grundstückes der Erstmitbeteiligten unredlich gewesen sei. Wie der Verwaltungsgerichtshof schon in dem auch von der belangten Behörde zitierten Erkenntnis vom 25. Oktober 1994, Zl. 92/05/0122, unter Darlegung der Judikatur des Obersten Gerichtshofes ausgeführt hat, wird in der neuem Rechtsprechung des OGH zum Eigentumserwerb gemäß § 418 dritter Satz ABGB gefordert, dass der Grundeigentümer den Bauführer bauen lässt, obwohl er weiß, dass er auf fremdem Grund baut, es werde also gefordert, dass der Grundeigentümer in Kenntnis seines eigenen Rechtes zusieht, wie dem Bauführer aus Unkenntnis dieses Rechtes Nachteile zu erwachsen drohen.

Im vorliegenden Fall hat zwar der damalige Eigentümer des Grundstückes der Erstmitbeteiligten der Bauführung (nachträglich) ausdrücklich seine Zustimmung erteilt. Ob er auch mit einer allfälligen Grenzüberschreitung einverstanden war, steht keinesfalls fest.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass nur die Ersitzung von Teilen eines im Grenzkataster enthaltenen Grundstückes (§ 50 Vermessungsgesetz) ausgeschlossen ist, nicht aber andere Erwerbsvorgänge, wie etwa nach § 418 ABGB, ausgeschlossen sind (Angst, Das neue Vermessungsgesetz, ÖJZ 1969, 339).

Bedeutung der „Mappengrenze“; § 431 ABGB

Ersitzung schafft zwar originär Eigentum, lässt aber nicht einen ersessenen Grundstreifen dem Grundstück des Ersitzers zuwachsen; der Grenzverlauf zwischen zwei Grundstücken kann nur durch einen bürgerlichen Eigentumswechsel oder durch eine Berichtigung der strittigen Grenze geändert werden. Soweit der Eintragungsgrundsatz herrscht, bewirkt die bloße Übergabe der Liegenschaft nicht den Übergang des Eigentums. Auch für den abgeleiteten Erwerb an Teilgrundstücken gilt der Eintragungsgrundsatz. (OGH, 29.Juni 1999, 10b13/99)

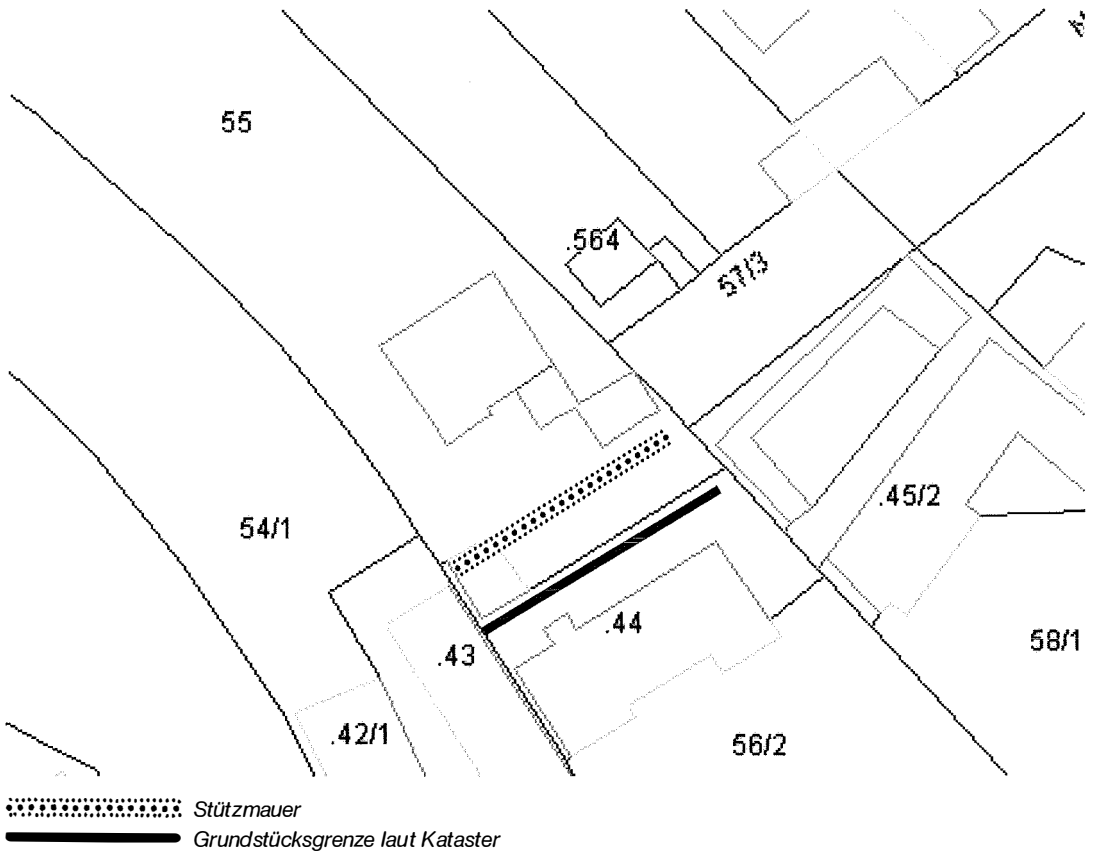
Sachverhalt:

Der Vater der Klägerin war Alleineigentümer der Liegenschaft EZ 46 mit den Gst Nr 55 und 44. Zur Beurteilung der Frage, ob das Eigentum an einem etwa 160 m² großen, nach dem Grenzkataster und der Mappe zum Gst 55 gehörigen Grundstreifen (im folgenden nur strittige Teilfläche) an der gemeinsamen Grenze den beiden Klägern als nunmehrigen Eigentümern der Liegenschaft mit dem Gst 44 oder den beiden Beklagten als nunmehrigen Eigentümern der Liegenschaft mit dem Gst 55 zusteht, ist von folgenden fünf Verträgen auszugehen:

1.) Der Vater der Klägerin wollte 1961 eine Teilfläche des Gst 55 an seinen Sohn als Ausstattung übertragen. Dazu erstellte ein Geometer einen Teilungsplan, der die

Grenze des Gst 55 in ihrem südlichen Bereich zum Gst 44 eindeutig definiert. Der Teilungsplan sah als einen Abschnitt der Grenze zwischen den beiden Teilen des zu teilenden Gst 55 den Verlauf einer Stützmauer vor, die der Bruder der Klägerin im Zuge des Hausbaus bereits 1960 errichtet hatte. Die nun strittige Teilfläche des Gst 55 liegt südlich dieser Stützmauer und grenzt an das Gst 44 an.

dessen Absatz I. einverständlich aufgehoben und neu gefaßt, wie folgt: ... (Vater der Klägerin) übergibt seinem Sohne ... als eine hiemit auf Erbschaftsabrechnung bestellte angemessene Ausstattung und dieser übernimmt zu Eigentum vier Zehntelanteile der dem ersten gehörigen Liegenschaft und zwar aus der Einlagezahl 46 das Grundstück Grundparzelle 55 Garten ...



Die wesentlichen Bestimmungen des vom Vater der Klägerin mit deren Bruder geschlossenen Ausstattungsvertrags lauten:

I. Laut des notariellen Ausstattungsvertrags vom 2. Oktober 1961 ... hat ... (Vater der Klägerin) seinem Sohne ... als eine hiemit auf Erbschaftsabrechnung bestellte angemessene Ausstattung von der ihm gehörigen Liegenschaft ... und zwar aus der Einlagezahl 46 vom Grundstück Grundparzelle 55 Garten eine an ... anschließende Teilfläche im Ausmaß von rund siebenhundertfünfzig Quadratmeter übergeben. Herr ... (Geometer) hat die Vermessung vorgenommen und hierüber den Plan ... ausgefertigt. Die Gemeinde ... stimmt jedoch der Abteilung des Grundstückes 55 im Sinne der niederösterreichischen Bauordnung nicht zu.

II. Da somit der obgenannte Ausstattungsvertrag keiner Verbücherung zugeführt werden kann, wird

III. Hinsichtlich der künftigen Benützung der nun gemeinsamen Liegenschaft wird mit bindender Wirkung für Erben und Rechtsnachfolger vereinbart: 1) ... (Bruder der Klägerin) steht die Alleinbenützung der ihm laut des obgenannten Teilungsplanes zu Alleineigentum zugeordneten Teilfläche des Grundstückes 55 zu; 2) ... (Vater der Klägerin) steht die Alleinbenützung der restlichen Fläche des Grundstückes 55 zu.

IV. ... (Vater der Klägerin) erteilt seine Zustimmung, dass ... (Bruder der Klägerin) auf der ihm zur Alleinbenützung zustehenden Teilfläche des Grundstückes 55 ein Wohnhaus unter Zugrundelegung der bereits erteilten Baubewilligung errichtet, dass dieses Haus sohin im Alleineigentum des ... (Bruder der Klägerin) verbleibt und als Bauwerk ... (isd § 435 ABGB) im Grundbuche eingetragen wird. ...

X. Die Vertragsteile erteilen die ausdrückliche Bewilligung, 1) daß in der für das Grundstück Grundparzelle 55 nach erfolgter Abschreibung bestimmten Einlagezahl des Grundbuches ... einverleibt werden kann: a) das Eigentumsrecht für ... (Bruder der Klägerin) zu vier Zehntel; b) ob den dem ... (Vater der Klägerin) verbleibenden sechs Zehntel. ...“

Daraufhin wurde das Gst 55 von der EZ 46 abgeschrieben und die neue EZ 2031 mit den Gst 55 Garten und 1120 Baufläche eröffnet, deren Miteigentümer vorerst zu 6/10 der Vater der Klägerin und zu 4/10 ihr Bruder wurden. Die tatsächliche Nutzung des rechtlich im Miteigentum stehenden Gst 55 fand aber iS der Aufteilung nach dem obgenannten Teilungsplan des Geometers statt, das heißt, der Vater der Klägerin, der vorerst Eigentümer der Liegenschaft EZ 46 mit dem Gst 44 geblieben war, benützte die südlich der Stützmauer (als Nutzungsgrenze gegenüber dem Bruder der Klägerin) gelegene, nun strittige Teilfläche des Gst 55 allein weiter.

2.) Mit Kaufvertrag vom 28. Juli 1976 verkaufte der Vater der Klägerin seinen Miteigentumsanteil an der Liegenschaft EZ 2031 mit den Grundstücken Nr 55 Garten und 1120 Baufläche mit allem Zubehör und, wie er diesen derzeit besitzt oder besitzen könnte, an den Bruder der Klägerin, benützte aber weiterhin die strittige Teilfläche des nun im Alleineigentum seines Sohns stehenden Gst 55.

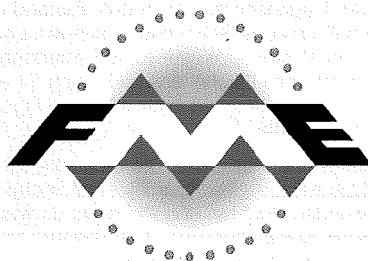
3.) Mit Übergabsvertrag vom 16. Dezember 1976 wurde der Klägerin von ihrem Vater die Liegenschaft EZ 46 mit den Grundstücken Nr 44 Wohnhaus samt Hof und 56/2 Garten „mit allem Zubehör und wie er diese derzeit besitzt oder besitzen könnte“ übergeben. Auch die Klägerin benützte dann ebenso wie ihr Vater die strittige Teilfläche.

4.) Mit Schenkungsvertrag vom 1. Juni 1979 schenkte die Klägerin ihrem Ehegatten, dem Erstkläger, die Hälfte der ihr übergebenen Liegenschaft EZ 46 mit den Grundstücken 44 Wohnhaus samt Hof und 56/2 Garten mit allem Zubehör und „wie sie diese derzeit besitzt oder besitzen könnte.“ Weder im Übergabsvertrag noch im Schenkungsvertrag wird das Gst 55 in irgendeiner Weise angesprochen. Ebenso wie der Vater der Klägerin und sie selbst benutzten nun beide Kläger weiter die strittige Teilfläche und errichteten darauf einen Erdkeller und unter Mithilfe des Bruders der Klägerin (und damaligen Eigentümers des Gst 55) ein Saunagebäude in der einverständlichen Überzeugung, dass es sich bei der strittigen Teilfläche um einen Teil der Liegenschaft der Kläger handle.

5.) Mit Kaufvertrag vom 8. Februar 1991 verkaufte der Bruder der Klägerin seine Liegenschaft EZ 2031 mit den Gst 55 Garten und 1120 Baufläche sowie dem darauf errichteten Einfamilienhaus an die Beklagten. Die wesentlichen Vertragsbestimmungen lauten:

„I. Kaufgegenstand: ... Die Liegenschaft hat ein Flächenausmaß von insgesamt 1893 m². ...

II. Kaufvereinbarung: Auf Grund des Kaufvertrages verkauft und überträgt der Verkäufer die im Punkt I. genannte Liegenschaft, so wie sie liegt und steht, samt allem rechtlichen und tatsächlichen Zubehör



Sichern Sie die Qualität Ihrer Geodaten mit der **Feature Manipulation Engine (FME)**

Das universelle Tool zur **Analyse Bearbeitung Konvertierung** für alle Datenmodelle und Formate

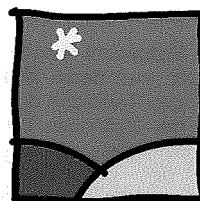
Prüfprogramme
DKM-Studio
FläWi-Konvertierung

Schnittstellen des BEV, der Landesregierungen, der ÖBB, Telekom, ASFINAG, ...

Für 100 Formate und Systeme Von **AutoCAD** bis **Zycor**

AutoCAD - ArcGIS - GeoMedia
ÖNORM - Oracle - SQD - Memoplot/TerraCAD
Microstation - VALIS - XML

axmann
geoinformation



www.axmann.at
office@axmann.at
0 2 2 8 2 / 5 0 0 0

V. Gewährleistung: ... Die Käufer erklären das Kaufobjekt eingehend besichtigt zu haben und das Ausmaß der Liegenschaft, sowie den Zustand der Liegenschaft und des Gebäudes zu kennen, und haftet daher der Verkäufer weder für ein ziffernmäßig genau bestimmtes Flächenausmaß, noch für eine bestimmte Beschaffenheit oder sonstige Eigenschaft des Kaufobjektes

VII. Rechtliche Übergabe: Die rechtliche Übergabe und Übernahme des Kaufobjektes erfolgt in den bestehenden Rechten und Pflichten, so wie sie der Verkäufer bisher besessen und benützt hat bzw. dazu berechtigt gewesen wäre. ...

XII. Aufsandungserklärung: Auf Grund dieses Kaufvertrages erteilen sohin die Vertragsparteien ihre ausdrückliche Einwilligung, dass ob der Liegenschaft EZ 2031 mit den Grundstücken 55 Garten, und 1120 Baufläche das Eigentumsrecht der ... (den Beklagten) je zur Hälfte grundbücherlich einverleibt werden könne.

Anlässlich des Abschlusses des Kaufvertrages besichtigte der Erstbeklagte die Liegenschaft, und der Verkäufer (Bruder der Klägerin) zeigte ihm die Stützmauer als Grundstücksgrenze. Im Bewusstsein dieser „Grenze“ benutzten die Beklagten niemals die strittige Teilfläche und erfuhren erst anlässlich der Überprüfung des Grenzverlaufs durch einen Ziviltechniker, dass der in der Natur vorhandene Grenzverlauf nicht mit dem mappenmäßigen übereinstimme.

Die Kläger begeherten zuletzt, die Beklagten seien schuldig, ihre Einwilligung in die Vermarkung der Grenze zwischen dem Gst 55 und dem Gst 44, wie dem Verlauf der in der Natur vorhandenen Stützmauer entsprechend, zu erteilen. Dazu brachten sie im wesentlichen vor, die Vertragsparteien des Kaufvertrags vom 8. Februar 1991 seien von der Stützmauer als Grundstücksgrenze ausgegangen, die Grundbuchsmappe liefere keinen Beweis für die Grenze eines Grundstücks, die Stützmauer sei schon seit dem Ausstattungsvertrag vom 12. Mai 1962 als Grenze eingehalten worden und sie hätten daher Eigentum durch Ersitzung erworben.

Die Beklagten bestritten dieses Vorbringen und begeherten ihrerseits mit Widerklage, die Kläger seien zur gesamten Hand schuldig, ihnen die (strittige) Grundstücksfläche, die in dem einen integrierenden Bestandteil des Urteils bildenden Vermessungsplan eines näher genannten Geometers mit den Punkten A bis J (Beilage 1) umgrenzt werde, von sämtlichen Fahrnissen und Baulichkeiten geräumt zu übergeben, weil sie das Gst 55 gemäß dem Grundbuchsstand erworben hätten, somit Eigentümer des Grundstücks seien und die Kläger das Grundstück titellos benützten.

Das Erstgericht wies beide Klagebegehren ab, das der Kläger, weil deren allfälliger Eigentumserwerb an der strittigen Teilfläche durch Ersitzung am fehlenden Ablauf der 30jährigen Ersitzungszeit scheitere, und das der Beklagten, weil beim Kaufvertrag vom 8. Februar 1991 der – in der Besichtigung zum Ausdruck gekommene – Wille der Vertragsparteien das Kaufobjekt auf die Fläche nördlich der Stützmauer reduziert habe.

Das Gericht zweiter Instanz gab der Berufung der Kläger nicht Folge, wohl aber der der Beklagten und gab deren Widerklagebegehren mit einer Leistungsfrist von zwei Monaten statt. Bleibe Besitz und Übergabe eines nur an fremde Grundstücke angrenzenden Grundstücks hinter den Tatsachen zurück, so sei nicht der Besitz des Voreigentümers und die Übertragung dieses Besitzes für den Umfang der Eigentumsübertragung entscheidend, sondern der Inhalt des Kaufvertrags, ob nämlich an der ganzen in der Mappe veranschaulichten Fläche oder nur an einem Teil dieser Fläche Eigentum übertragen und erworben werden sollte. Da sich der Titel auf das gesamte Gst 55 erstreckt habe, sei der tatsächliche Grenzverlauf für den Umfang der Eigentumsübertragung entscheidend.

Aus der Begründung:

Zur Frage der Ersitzung:

Unbestrittenermaßen sind die Liegenschaften der Streitparteien noch nicht in den Grenzkataster iSd §§ 8 ff VermG eingetragen, dessen § 49 den guten Glauben an die im Grenzkataster enthaltenen Grenzen schützt und nach dessen § 50 die Ersitzung von Teilen an den im Grenzkataster enthaltenen Grundstücken ausgeschlossen ist.

Das österreichische Sachenrecht unterscheidet zwischen originärem und derivativem Eigentumserwerb. Die Kläger könnten Eigentum an der strittigen (südlich der Stützmauer gelegenen) Teilfläche des Gst 55 – als Voraussetzung der Berechtigung ihres Klagebegehrens und der fehlenden Berechtigung des Widerklagebegehrens – originär mit Ablauf der Ersitzungszeit durch Ersitzung erworben haben. Die Ersitzung schafft zwar originär Eigentum, lässt aber einen ersessenen Grundstreifen nicht dem Grundstück des Ersitzers zuwachsen; der Grenzverlauf zwischen zwei Grundstücken kann nur durch bürgerlichen Eigentumswechsel oder durch Berichtigung der strittigen Grenze geändert. Ein solches Begehren haben die Kläger nicht erhoben. Ersitzungserfordernisse sind gemäß § 1460 ABGB die Fähigkeit der Person, die Eignung der zu ersitzenden Sache, rechtmäßiger, redlicher und echter Besitz – bloße Innehabung genügt – und der Ablauf der 30jährigen Ersitzungszeit. Bis zum Ausstattungsvertrag vom 12. Mai 1962 stand das Gst 55 einschließlich der strittigen Teilfläche im Alleineigentum des Vaters der Klägerin; dass eine Ersitzung des Eigentumsrechts durch den Alleineigentümer selbst nicht in Frage kam, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Mit dem Ausstattungsvertrag wurde zwischen Vater und Bruder der Klägerin Miteigentum an der Liegenschaft begründet. Die Frage, ob der Erwerb des ideellen, dem Vertragspartner vorbehaltenen Miteigentumsanteils durch den anderen Vertragspartner ersessen werden kann, muss hier nicht gelöst werden: Denn dem Vater der Klägerin als Miteigentümer stand nach der getroffenen Nutzungsvereinbarung (Punkt III. des Ausstattungsvertrags im Zusammenhalt mit dem Teilungsplan des Geometers) das alleinige Nutzungsrecht an der strittigen Teilfläche zu. Diese vertragliche Gebrauchsüberlassung schließt jedenfalls auch die uneigentliche Ersitzung (§ 1477 ABGB) des Eigentums aus, war doch die Rechtsausübung Ausfluss der vertraglich eingeräumten Rechtsstellung, die Ersitzung muss insoweit an der mangelnden Redlichkeit

scheitern. Erst auf Grund des Kaufvertrags vom 28. Juli 1976 wurde der Bruder der Klägerin Alleineigentümer der Liegenschaft mit dem Gst 55; erst zu diesem Zeitpunkt könnte die zur Ersitzung von Eigentum an der strittigen Teilfläche zugunsten des Vaters der Klägerin erforderliche 30jährige Ersitzungsfrist zu laufen begonnen haben. Der originäre Eigentumserwerb des Vaters der Klägerin und damit auch der Kläger als dessen Einzelrechtsnachfolger an der strittigen Grundfläche muss aber schon daran scheitern, dass die Ersitzungszeit jedenfalls nicht mehr vollendet wurde. Die übrigen Voraussetzungen für eine derartige Ersitzung müssen daher gar nicht mehr geprüft werden.

Zum derivativen Eigentumserwerb:

Die Kläger können ihr Begehren aber auch nicht mit Erfolg auf derivativen Erwerb ihres Eigentums an der strittigen Teilfläche stützen. Als Titel für einen solchen Erwerb käme nur der Übergabsvertrag vom 16. Dezember 1976 in Frage, nach dessen Inhalt der Klägerin aber nur eine Liegenschaft mit den Grundstücken 44 und 56/2, aber nicht auch eine Teilfläche des Gst 55 ins Eigentum übertragen wurde. Dass ihr deren Vater, abweichend vom Inhalt des schriftlichen Übergabsvertrags, die ihm im übrigen selbst als Miteigentümer, gar nicht mehr gehörige, weil bereits vorher zur Gänze an deren Bruder verkaufte Liegenschaft mit dem Gst 55 – teilweise – übergeben wollte, wurde nicht festgestellt. Es fehlt somit schon am Titel für den Erwerb des Eigentums an der strittigen Teilfläche. Auf den gleichfalls fehlenden modus muss daher nicht mehr eingegangen werden; hier sei nur erwähnt, dass der Eintragungsgrundsatz auch für den derivativen Eigentumserwerb an Teilgrundstücken gilt und selbst ein – hier fehlender – rechtsgültiger Titel, verbunden mit der bloß tatsächlichen Übergabe, im Geltungsbereich des Eintragungsgrundsatzes (§ 431 ABGB), kein Eigentum verschafft.

Damit steht jedenfalls den Klägern an der strittigen Teilfläche Eigentum nicht zu.

Die Berechtigung des Widerklagebegehrens der Beklagten auf Räumung der strittigen Teilfläche durch die Kläger als – nach deren Behauptung – bloß titellose Inhaber (als Begehren der Eigentumsfreiheitsklage) hängt davon ab, ob die Beklagten an der strittigen Teilfläche durch den Kaufvertrag vom 8. Februar 1991 – ein anderer Rechtstitel kommt für sie nicht in Frage – derivativ Eigentum erworben haben. Dazu ist vorerst zu klären, ob der Vater der Klägerin seinem Sohn mit dem Ausstattungs- bzw mit dem Kaufvertrag das gesamte Gst 55 veräußerte oder sich das Eigentum (gegebenenfalls Miteigentum) an der strittigen Teilfläche vorbehielt, und sodann, ob der Bruder der Klägerin den Beklagten die Liegenschaft mit dem gesamten Gst 55 verkaufte oder ob er sich an der strittigen Teilfläche das Eigentum vorbehielt und daher diese noch in seinem Eigentum steht.

§ 3 AllgAG bestimmt, dass die auf Grund der Katastermappe geführte Grundbuchsmappe, die zu jedem Hauptbuch zu führen ist, nur zur Veranschaulichung der Lage der Liegenschaften bestimmt ist. Die Grundbuchsmappe macht daher keinen Beweis über die Größe und die Grenzen der Grundstücke. In der Rechtsprechung kehrt seit der Entscheidung SZ 26/216 trotz wechselnder Fallgestaltung stets der Rechtssatz wie-

der, dass für den Umfang des Eigentumserwerbs an Grundstücken im rechtsgeschäftlichen Verkehr nicht die Grundbuchsmappe, sondern der Umfang, in dem das Grundstück „nach dem Willen der Parteien“ übertragen werden sollte, entscheidend ist (SZ 26/216, SZ 56/141; SZ 60/2; vgl dazu aber Koziol/Welser, Grundriß10 II 102; Spielbücher in Rummel2 § 431 ABGB Rz 6; Twaroch, Grundstücksgrenzen und Kataster in NZ 1994, 54 ff). Maßgeblich sind jedoch nicht die Papier-, sondern die Naturgrenzen.

Bereits in SZ 56/141 wurde unter Berufung auf Spielbücher (JBI 1980, 169, 173) ausgesprochen, dafür, ob auf Grund eines Kaufvertrags an der gesamten in der Grundbuchsmappe veranschaulichten Fläche Eigentum übertragen und erworben worden sei, sei jedenfalls im Verhältnis zum Nachbarn, der sich nicht auf Ersitzung oder Besitzeinweisung durch denselben Verkäufer berufen könne, der „wahre“ Grenzverlauf (nach den dem Voreigentümer zugestandenen rechtlichen Grenzen) maßgebend, auch wenn Besitz und tatsächliche Übergabe durch den Voreigentümer hinter den wahren Eigentumsgrenzen zurückblieben. In der Entscheidung 1 Ob 53/97v sprach der erkennende Senat ferner aus, für den Umfang des Eigentumserwerbs sei der im Inhalt des Kaufvertrags (als Titel) zum Ausdruck gebrachte Parteiwille ausschlaggebend. An dieser Auffassung ist festzuhalten, ist doch nach § 431 ABGB bei abgeleitem Erwerb des Eigentums an unbeweglichen Sachen die tatsächliche physische Übergabe für Verschaffung des Eigentums bedeutungslos.

Der maßgebliche „Wille der Parteien“ über den Umfang des übergebenen Grundstücks äußert sich somit mangels weiterer Absprachen im Titel (Kaufvertrag). Erstreckt sich der Titel auf das gesamte Grundstück nach den dem Voreigentümer zugestandenen rechtlichen Grenzen, so kommt einer bei Abschluss des Kaufvertrags vorgenommenen Grenzbegehung, bei der der Voreigentümer irrtümlich einen anderen als den wahren Grenzverlauf zeigte, keine selbständige Bedeutung zu (SZ 56/141).

Daraus ergibt sich für die hier zu beurteilenden beiden Kaufverträge folgendes: Im Kaufvertrag vom 28. Juli 1976, mit dem der Vater der Klägerin seinem Sohn seine Miteigentumsanteile an der vormals gemeinsamen Liegenschaft mit dem Gst 55 verkaufte, fehlt jeder Hinweis, dass sich der Verkäufer weiterhin sein Miteigentum an einem (abzuschreibenden) Liegenschaftsteil vorbehalte, übertrug er doch seinen Anteil „mit allem Zubehör und wie er diesen derzeit besitzt oder besitzen könnte“. Ein vom schriftlichen Kaufvertrag abweichender Wille der Vertragsparteien wurde ebenso wenig festgestellt wie, dass der Verkäufer seinem Sohn die Stützmauer als maßgebliche Grundstücksgrenze zwischen dem vorerst weiterhin in seinem Eigentum gebliebenen Gst 44 und dem nun zur Gänze seinem Sohn gehörigen Gst 55 bezeichnet bzw im Rahmen dieses Rechtsgeschäfts eine Begehung, Bezeichnung oder dergleichen stattgefunden habe. Die erst im Rechtsmittelverfahren aufgestellte Behauptung, der Bruder der Klägerin habe niemals die Absicht gehabt, beim Erwerb der ganzen Liegenschaft Eigentum an der strittigen Teilfläche zu erwerben, ist feststellungsfremd. Der tatsächliche – hier: kataster- und mappenmäßige – Grenzverlauf ent-

sprach daher bei diesem, auch von den Vertragsparteien niemals angefochtenen Kaufvertrag deren wahrem Willen. Zum Kaufvertrag vom 8. Februar 1991, in dem ausdrücklich auch die wahre Größe der ganzen Liegenschaft einschließlich der strittigen Teilfläche angeführt ist, wurde festgestellt, dass er das gesamte GSt 55 betreffe („... Die rechtliche Übergabe und Übernahme des Kaufobjektes erfolgt in den bestehenden Rechten und Pflichten, so wie der Verkäufer bisher besessen und benützt hat bzw. dazu berechtigt

gewesen wäre. ...“); dass sich der Bruder der Klägerin als Verkäufer einen Teil der Liegenschaft zurückbehalten habe, wurde nicht festgestellt.

Damit war auch in diesem Fall rechtens, dass sich der Titel (Kaufvertrag) nach dem Willen der Kaufvertragsparteien auf die ganze Liegenschaft in ihren mappenmäßigen Grenzen und nicht bloß in den Grenzen beziehen sollte, die dem Erstbeklagten vom Verkäufer als Grenzen gezeigt und in der Folge von beiden Beklagten vorerst als solche angesehen wurden.

Veranstaltungskalender

2nd International Symposium on Spatial Data Quality

19.–20. März 2003
Hong Kong, China
Tel.: (852) 2766 5977
Fax: (852) 2330 2994
e-mail: lssdq@polyu.edu.hk
<http://www.hk-cyber.net/sdq/index.htm>

8. Österreichischer Geodätentag

8.–11. April 2003 Wels, Österreich
Tel.: +43 (0)7242 41167-11
e-mail: oegtwels@ovg.at
<http://www.ovg.at/oegtwels/>

GNSS 2003 – The European Navigation Conference

22.–25. April 2003
Graz, Österreich
Tel.: +43 (0)316 873-6834
Fax: +43 (0)316 873-8888
e-mail: office@gnss2003.com
<http://www.gnss2003.com>

6th AGILE Conference on Geographic Information Science „The Science behind the Infrastructure“

24.–26. April 2003
Lyon, Frankreich
Fax: INT-31-30-2523699
e-mail: f.toppen@geog.uu.nl
<http://agile2003.insa-lyon.fr> oder
<http://www.agile-online.org>

1st Workshop on International Gravity field research

8.–9. Mai 2003
Graz, Österreich
Tel.: +43 (0)316 873-6346
Fax: +43 (0)316 873-6845
e-mail: gravity@geomatrics.tu-graz.ac.at
http://www-geomatrics.tugraz.at/mggi/events/gravity_WS_2003/gravityWS_2003.html

RICS Geomatics „World of Information 2003“

12.–15. Juni 2003
Appeldoorn, Niederlande
e-mail: jkavanagh@rics.org.uk
<http://www.worldofinformation2003.com>

18. Hydrographentag der Deutschen Hydrographischen Gesellschaft

16.–18. Juni 2003
Wien, Österreich
Tel.: +49 (0)4141 453 53
Fax: +49 (0)4141 453 43
e-mail: neumann@dhyg.de
<http://www.dhyg.de/dhyt.html>

ISPRS Commission VI Joint Workshop „Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II“

8.–10. September 2003
Stuttgart, Deutschland
Tel.: +49/4441 15-558
Fax: +49/4441 15-445
e-mail: jschiewe@fzg.uni-vechta.de
<http://www.gin-online.de/isprs>

INTERGEO – Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement

17.–19. September 2003
Hamburg, Deutschland
Tel.: (040) 428 26-5591
<http://www.intergeo2003.de>

Universitätslehrgang TU Wien

LASERCANNING – Datenerfassung und anwendungsorientierte Modellierung
22.–24. September 2003
Wien, Österreich
Tel.: +43 (0)1 58801-12201
Fax: +43 (0)1 505 62 68
<http://www.ipf.tuwien.ac.at/events/unil/laser.html>

CIPA XIX th International Symposium „New Perspectives to Save Cultural Heritage“

30. September –4. Oktober 2003
Antalya, Türkei
Tel.: +90/212 230 00 00
Fax: +90/212 248 40 30
e-mail: info@cipa2003-antalya.org
<http://www.cipa2003-antalya.org>

6. Seminar „GIS im Internet/Intranet“

6-8. Oktober 2003
München,-Neuiberg, Deutschland
Tel.: +49 89 / 6004-3173
Fax: +49 89 / 6004-3906
e-mail: Gisela.Pietzner@unibw-muenchen.de
<http://www.agis.unibw-muenchen.de/internetgis>

Buchbesprechungen

Heipke Ch., K. Jacobsen and H. Wegman (Eds.): Integrated Sensor Orientation – Test Report and Workshop Proceedings, OEEPE Official Publication No. 43, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main 2002.

Die vorliegende Veröffentlichung enthält den Bericht über das OEEPE – Projekt „Integrated Sensor Orientation“ sowie die Beiträge und Ergebnisse eines gleichnamigen Workshops in Hannover vom 17. – 18. September 2001.

Ziel des Projekts war die Untersuchung des Potentials der Sensor Orientierung mit Unterstützung von IMU/DGPS (inertial measurement unit / differential global positioning system) Messungen. Als Basis wurden Kalibrierungs- und Testflüge von zwei Bildflugunternehmen mit unterschiedlicher Ausstattung (Kamera, IMU/GPS) über dem Testfeld Fredrikstad (Norwegen) herangezogen. In zwei aufeinander folgenden Phasen wurden die Möglichkeiten der

- direkten (Ermittlung der Orientierungsparameter über Kalibrierung) und
- integrierten (Orientierung über Aerotriangulation unter Verwendung von IMU/DGPS) Sensororientierung untersucht.

Der Bericht zeigt in übersichtlicher Form das Potenzial aber auch die derzeitigen Grenzen der diskutierten Verfahren auf und gibt wertvolle Hinweise für den praktischen Einsatz.

Bericht und Proceedings des Workshops geben Hintergrundinformationen über Modelle und Systeme zur integrierten Sensororientierung aber auch über die Vorgangsweise der am Test beteiligten Institutionen.

Alles in allem stellt die vorliegende Veröffentlichung einen wertvollen Überblick zum Stand der Technik auf dem Gebiet der Sensororientierung dar und gibt Ausblicke in zukünftige Möglichkeiten.

Michael Franzen

Heriszt W.: Kartenkunde, Truppendienstbuch-Taschenbuch Band 9, AV-Druck plus GmbH, Wien 2001, ISBN 3-901183-41-8.

„Wer eine Karte zur Grundlage seiner Entscheidungen macht, muss sie lesen können. – Das Wissen dazu liefert die Kartenkunde.“

Die Mitwirkung Österreichs im NATO-Programm „Partnerschaft für den Frieden“ erfordert eine möglichst weitgehende Interoperabilität und Kooperationsfähigkeit mit anderen europäischen Streitkräften – auch im Bereich der militärischen geographischen Führungsmittel. Daher hat sich Österreich 1996 verpflichtet, das

weltweit standardisierte Universal Transversal Mercator-Abbildungssystem (UTM-System) im nationalen Kartenwesen einzuführen.

Diese Umstellung des Abbildungssystems für die Österreichischen Militärkarten (ÖMK) bildet den Anlass für die Herausgabe des Truppendienst-Taschenbuches Band 9 „Kartenkunde“.

Am Beginn wird eine Einführung in die Allgemeine Kartenkunde mit Geodätischen Grundlagen, Definitionen, Verebnungsverfahren, Maßstäben, aber auch mit den Grundsätzen der kartografischen Generalisierung gegeben.

Ein weiteres Kapitel widmet sich der exakten messtechnischen Auswertung kartografischer Darstellungen – der Kartometrie, wobei auch die Einbindung von GPS-Messungen angesprochen wird.

Dabei werden das Messen von Richtungen und Winkeln, Entfernungen und Flächen, Fragen der Generalisierung und der damit verbundenen Kartengenauigkeit, die Erstellung von Marschskizzen und ähnliches äußerst praxisgerecht behandelt.

Einer der Schwerpunkte dieses handlichen Taschenbuches ist es, ein Grundwissen über Inhalt, Aufbau und Interpretation topographischer Karten zu vermitteln.

Erstmalig wird der gesamte Zeichenschlüssel der Österreichischen (Militär-) Karte 1:50.000 – insbesondere die Siedlungen, alle Verkehrswege und Gewässer, der Bodenbewuchs sowie die Vielzahl an Einzelobjekten, aber auch die Grenzen vorgestellt. Dabei ist es gelungen, durch entsprechenden Text und aussagekräftige Bilder den logischen Zusammenhang zwischen Kartenzeichen, Darstellung in der Karte und Naturbestand herzustellen.

Ein weiteres Kapitel bildet die Militärkartografie mit einem historischen Teil und dem Schwerpunkt im Bereich der UTM-Abbildung und des Bezugsellipsoides WGS84, sowie in der Erläuterung des Ortsangabeverfahrens im UTM-Reference System.

Am Ende jedes Kapitels werden aufgabenorientierte Fragen für einen Selbsttest angeboten. Die entsprechende Ergebniskontrolle ist durch ein Kapitel am Ende des Taschenbuches mit einer Zusammenstellung der richtigen Lösungen und Antworten gewährleistet.

Eine Erklärung kartenkundlicher Fachausdrücke, ein kartenkundliches und geografisches Fachwörterverzeichnis in den Sprachen Deutsch und Englisch sowie ein umfangreicher Anhang mit einem detaillierten Stichwortverzeichnis runden dieses neue Standardwerk der österreichischen Kartenkunde ab.

Die Themenbereiche des Taschenbuches sind reich bebildert, logisch gegliedert und ermöglichen so die leichte Erfassbarkeit und die Orientierung in dieser doch umfangreichen Materie. Das höchst lehrreiche Buch läßt sich mit Amüsement lesen.

Es ist gelungen, einerseits die Tiefe eines Lehrbuches zu erreichen und andererseits auch ein Handbuch für die Praxis zu schaffen.

Daher wird dieses Taschenbuch in Theorie und Praxis ein Standardwerk im Österreichische Bundes-heer, bei den verschiedensten Einsatzkräften, wie Exekutive,

Feuerwehr, Rettung, Bergwacht usw. sein, aber auch für Privatpersonen (Wanderer, Tourengerher, ...) von großem Nutzen sein.

In einschlägigen Firmen wird das Taschenbuch ein willkommener Unterrichtsbehelf für Schulungsmaßnahmen von Mitarbeitern sein.

Offensichtlich hat die gute Zusammenarbeit zwischen dem Bundesministerium für Landesverteidigung und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen die Qualität des vorliegenden Werkes positiv beeinflusst.

Peter Fodor

Persönliches

In Memoriam Erich Meixner

Baurat hc Dipl. Ing. Dr. techn. Erich Meixner ist am 25. Jänner 2003 im 95. Lebensjahr verstorben. Es ist angebracht, aus diesem traurigen Anlass das Lebenswerk von Erich Meixner in Erinnerung zu rufen.

Erich Meixner wurde am 16. Jänner 1909 in Wien geboren, legte im Jahre 1927 die Matura an der Staatsgewerbeschule Wien, Abteilung Tiefbau mit sehr gutem Erfolg ab, bevor er 1931 mit dem Studium des Vermessungswesens an der Technischen Hochschule in Wien begann, welches er 1934 mit der zweiten Staatsprüfung erfolgreich abschloss. Nach einer praktischen Betätigung beim Bau der Großglockner Hochalpenstraße wurde er 1935 Assistent an der Lehrkanzel für Katasterwesen der Technischen Hochschule, wo er 1938 den akademischen Grad eines Doktors der technischen Wissenschaften erwarb. Bereits im September 1939 wurde Erich Meixner die Befugnis eines Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen verliehen. Der Krieg unterbrach die freiberufliche Tätigkeit, die Erich Meixner schon 1945 wiederaufnehmen konnte. In den folgenden Jahren hat er durch seine grundlegenden Arbeiten einen wesentlichen Beitrag zum Wiederaufbau Österreichs geleistet. Seine engagierte berufliche Tätigkeit führte 1954 zur Berufung in den Vorstand der Ingenieurkammer für Wien, Niederösterreich und Burgenland, dem er bis 1970 angehörte. Von 1967 bis 1970 Vorsitzender der Sektion Ingenieurkonsulenten übte er gleichzeitig Funktionen in der Bundesingenieurkammer aus. Erich



Meixner war maßgeblich im Kuratorium der Wohlfahrtseinrichtungen, und im Kammertag, dem Parlament der freischaffenden Architekten und Ingenieure, tätig. Seine Leistungen wurden mit dem Ehrendiplom der Ingenieurkammer für Wien, NÖ und Burgenland gewürdigt.

Bereits 1948 wurde Dr. Meixner als Obmannstellvertreter in den Vereinsvorstand des Österreichischen Vereins für Vermessungswesen berufen, in welchem er die Anliegen der Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen und ihrer akademischen Mitarbeiter vertrat. Erich Meixner hat bei der Gestaltung des Vermessungsgesetzes 1968 mitgewirkt, in welchem die Trennung zwischen staatlichen, hoheitlichen und privaten Aufgaben festgeschrieben wurde.

Erich Meixner erhielt 1962, vom Bundespräsidenten den Titel Baurat h.c. verliehen. In diesem Jahr wurde der Verfasser dieses Nachrufs als

Student des Vermessungswesens in die Kanzlei Dr. Meixner aufgenommen, deren Tätigkeitsbereich in Österreich auf dem Gebiet des Katasterwesens, der technischen Vermessungen und der Fotogrammetrie lag, und auch großräumige Projektgrundlagen umfasste, die u.a. in Saudi Arabien, Libyen, Nigeria, Gabun, Kenia und Algerien erstellt wurden.

Neben seinen zahlreichen beruflichen und ehrenamtlichen Tätigkeiten soll das Privatleben nicht unerwähnt bleiben. Erich Meixner war seit 1942 mit Maria Leitner verheiratet, Vater zweier Söhne und liebevoller Großvater den sechs Enkelkindern. Die Söhne Wolfgang und Harald folgten in ihrem beruflichen Werdegang dem Vater nach. Beide studierten Vermessungswesen an der Technischen Universität Wien und traten in die Kanzlei des Vaters ein, den sie zunehmend unterstützten, bis er 1981 die Befugnis ruhend meldete und die Kanzlei seinen Söhnen übergab. Ebenso legte er seine Vereinsfunktionen im Jahre 1981 zurück. Der Österreichische Verein bedankte sich für die langjährige Mitarbeit als Stellvertreter des Obmannes durch die Verleihung der Ehrenmitgliedschaft. Die Universität ehrte Erich Meixner mit der Verleihung des Goldenen Ingenieurdiploms sowie dem Goldenen Doktorat der technischen Wissenschaften. Sein umsichtiges, fleißiges und zielstrebiges Wirken galt auch seiner Heimatstadt Wien, der er 12 Jahre, wieder ehrenamtlich, im Fachbeirat für Stadtplanung beratend in Widmungsangelegenheiten zur Seite stand. Seine Leistungen wurden mit dem Goldenen Ehrenzeichen der Republik Österreich, der Verleihung des Goldenen Rathausmannes des Bürgermeister der

Stadt Wien, dem Goldenen Ehrenzeichen der Stadt Wien, sowie der Goldenen Julius Raab Ehrenmedaille gewürdigt.

Diese vielen Auszeichnungen zeigen nicht den ganzen Menschen. Erich Meixner war ein ausgesprochen liebenswürdiger und aufmerksamer Gastgeber, ein unermüdlicher Arbeiter, forschender, initiativer Vermessungsingenieur mit einer bewundernswerten unternehmerischen

Fähigkeit und Wagemut sowie ein Vorbild an Kollegialität. Viele seiner Arbeiten hat er in Gemeinschaft mit anderen Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen abgewickelt. Am Ende der Würdigung eines so reichen und erfüllten Lebens möchte ich mir noch gestatten ein paar persönliche Worte anzuschließen. Ich habe in Erich Meixner einen hervorragenden Lehrer und Mentor gehabt. Ich hoffe, dass mit der Beschreibung seines Wirkens ein Bei-

spiel für jüngere Kollegen gegeben wird, sich nicht nur für die eigene Karriere sondern auch zum Wohle des Berufsstandes einzusetzen.

Die Ziviltechnikerschaft, seine Berufskollegen und die Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation ist Erich Meixner für sein Wirken zu großem Dank verpflichtet. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Manfred Eckharter

„Ehrensekretär“ Hofrat Dipl.-Ing. Blaschitz ist 70!

Allein der Tatsache, dass die Geburtsurkunde von unserem Ehrenmitglied Hofrat Dipl.-Ing. Friedrich Blaschitz den 31. Januar 1931 als Geburtsdatum ausweist ist zu entnehmen, dass der Jubilar wirklich bereits 70 Jahre ist. Werkte er doch unermüdlich für unsere Gesellschaft, wie wir es alle von ihm über viele, viele Jahre gewöhnt sind.

So hat er bereits im Jahr 1973 als Sekretär gewirkt, als die beide Vereine Österreichische Gesellschaft für Photogrammetrie und Österreichischer Verein für Vermessungswesen sich zum Zusammenschluss fanden.

Ein weiteres Highlight war im Jahr 1982 die Leitung der Geschäftsstelle des 1. Österreichischen Geodätentags in Wien. Dieser war zugleich auch der 66. Deutsche Geodätentag und hatte damit gleich eine viel größere Dimension.

Zur Zeit recherchiert er für die 100-Jahr Feier der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (ÖVG), die unter der Bezeichnung „Verein der k.u.k. Vermessungsbeamten“ im Jahr 1903 gegründet wurde. Aus diesem Anlass wird der Jubilar bei der nächsten Hauptversammlung, die im



Rahmen des 8. Österreichischen Geodätentags am 11. April 2003 in Wels am Programm steht, den Festvortrag präsentieren. Danach wird die Vereinsgeschichte als mehrteiliger Fortsetzungsartikel Einzug in die VGI (Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation) halten.

Daneben ist er über mehrere Jahrzehnte Botschafter der ÖVG im Ausland. Speziell bei dem vom deutschen Schwesterverein DVW veranstalteten Kongress mit Fachmesse „Intergeo“ (früher Deutscher

Geodätentag) ist er gern gesehener und allseits bekannter Repräsentant Österreichs.

Leider kennen die Statuten die Auszeichnung „Ehrensekretär“ nicht. Diese würde noch viel besser als die Ehrenmitgliedschaft vom Jahre 1993 zum Jubilar passen.

Abschließend von allen Mitgliedern der ÖVG die besten Geburtstagswünsche verbunden mit einem herzlichen Dank für die langjährige aktive Vereinstätigkeit!

Redaktionsschluß

für die nächste Ausgabe der VGI

(Heft 1/2003)

ist
Mittwoch, 30. April 2003

Impressum

VGI

Österreichische Zeitschrift für
VERMESSUNG & GEOINFORMATION

90. Jahrgang 2002 / ISSN 0029-9650

Herausgeber und Medieninhaber: Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), Austrian Society for Surveying and Geoinformation, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien zur Gänze. Bankverbindung: Österreichische Postsparkasse BLZ 60000, Kontonummer PSK 1190933.

Präsident der Gesellschaft: Dipl.-Ing. August Hochwartner, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien, Tel. (01) 21176-3603, Fax (01) 2167551.

Sekretariat der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Gert Steinkellner, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien, Tel. (01) 21176-4604, Fax (01) 2167551.

Schriftleitung: Dipl.-Ing. Reinhard Gising, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien, Tel. (01) 21176-3624, Fax (01) 2167551, Dipl.-Ing. Wolfgang Gold, Krotenthaller-gasse 3, A-1080 Wien, Tel. (01) 40146-212, Fax (01) 40146-333, Dipl.-Ing. Stefan Klotz, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien, Tel. (01) 21176-3609, Fax (01) 2167551.

Redaktionsbeirat: o.Univ.-Prof. Dr. K. Bretterbauer, o.Univ.-Prof. Dr. K. Kraus, alle Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien, o.Univ.-Prof. Dr. G. Brandstätter, o.Univ.-Prof. Dr. H. Moritz, alle Technische Universität Graz, Steyrer Gasse 30, 8010 Graz, HR Dr. J. Bernhard, BEV, Krotenthaller-gasse 3, 1080 Wien, Dipl.-Ing. M. Eckharter, Friedrichstraße 6, 1010 Wien, HR Dipl.-Ing. K. Haas, Lothringerstraße 14, 1030 Wien, Präsident i.R. Dipl.-Ing. F. Hrbek, BEV, Schiffamtsgasse 1-3, 1025 Wien.

Manuskripte: Bitte direkt an die Schriftleitung senden. Es wird dringend ersucht, alle Beiträge in digitaler Form auf Diskette zu übersenden. Genaue Angaben über die Form der Abfassung des Textteiles sowie der Abbildungen (Autoren-Richtlinien) können bei der Schriftleitung angefordert werden. Beiträge können in Deutsch oder Englisch abgefaßt sein; Hauptartikel bitte mit einer deutschsprachigen Zusammenfassung und einem englischen Abstract einsenden. 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.

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. Wolfgang Gold, Krotenthaller-gasse 3, A-1080 Wien, Tel. (01) 40146-212. Unterlagen über Preise und technische Details werden auf Anfrage gerne zugesendet.

Erscheinungsweise: Vierteljährlich in zwangloser Reihenfolge (1 Jahrgang = 4 Hefte). Auflage: 1500 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 12,35 €, Ausland 13,81 €; Abonnement: Inland 50,- €, Ausland 60,- €; alle Preise exclusive Mehrwertsteuer.

Satz und Druck: Druckerei Berger, A-3580 Horn, Wiener Straße 80.

Willkommen

zu neuen Perspektiven



8.

Österreichischer

Geodätentag

Wels 8.-11. April 2003

**Motto: Vermessung und Geoinformation
Fundamente der Wirtschaft**

Ort: Kongresszentrum Minoriten,
Wels

Programm:

- Fachvorträge
- Internationales Forum
- Ausstellung von Fachfirmen,
Hochschulen und Behörden
- Fachexkursionen,
internationale Workshops,
Rahmenprogramm
- Begrüßungsabend,
Geodätentreff

Organisation:

ÖVA Wels
Ringstr. 1, A-4600 Wels
Tel.: +43(0)7242-41167-10
Fax: +43(0)7242-41167-20
E-Mail: oegt-wels@ovg.at
Information und Anmeldung:
www.ovg.at/oegt-wels



Österreichische Gesellschaft für
Vermessung und Geoinformation

Die Adresse ...

Geobasisdaten Austria

für Eich- und Ver

formation

www.bev.gv.at

Vermessungs-
behörde

Natio
Metro
Inst
(NM



Bundes

Sitemap

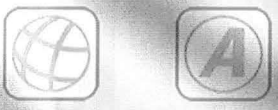
essungswesen

Mess- und Eichwesen



Physikalisch-
technischer
Prüfdienst
(PTP)

Vermessung und Geo



Geobasisdaten Austria Ma

information



Vermessungs-
behörde

... mit dem neuen Service!

See you:
www.bev.gv.at

Willkommen im



Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen