

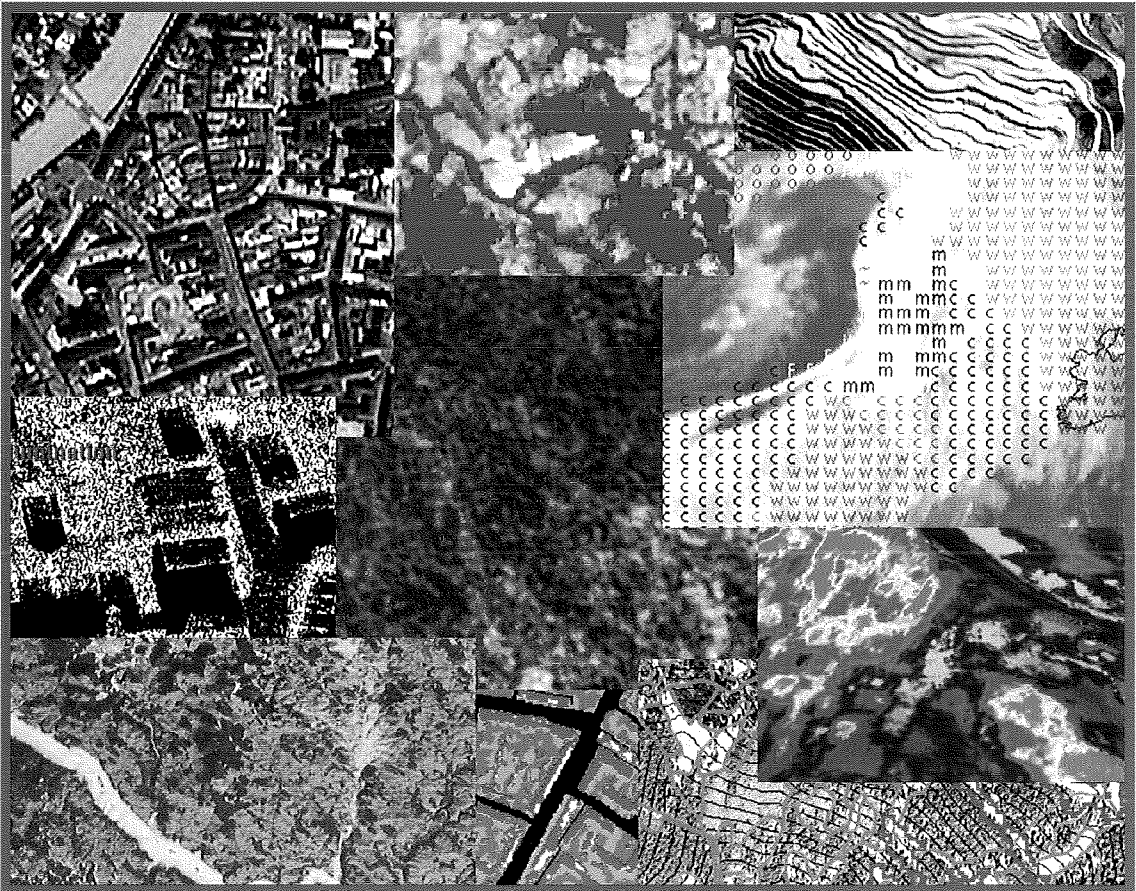
VGI

Österreichische Zeitschrift für VERMESSUNG & GEOINFORMATION

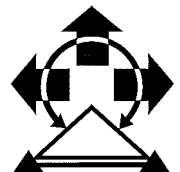
89. Jahrgang 2001

Heft 3/2001

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



Informationsveranstaltung
Fernerkundung
2001





ÖVG

Home

Aktuelles

Personen

Mitgliedschaften
In Organisationen

ÖVG

Allgemeines
Hauptartikel
Diplomarbeiten
Recht u. Gesetz

Veranstaltungen

Links

Statuten

Förderungen u.
Auszeichnungen

Copyright © 1999, 2000

by ÖVG



E-MAIL

000652

Besucher seit August 2000

ÖVG

Österreichische Zeitschrift für
**VERMESSUNG &
GEOINFORMATION**

Die Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation (VGI) ist
offizielles Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und
Geoinformation (ÖVG) sowie der Österreichischen Geodätischen Kommission
(ÖGK). VGI präsentiert wissenschaftliche und praxisbezogene Beiträge aus
den Gebieten

- Geodäsie
- Geoinformation
- Land Administration
- Kartographie
- Fernerkundung
- Geophysik

sowie über interdisziplinäre Anwendungen dieser Fachbereiche.

Redaktionsschluss für VGI Ausgabe 4/2000: der 16. Oktober 2000.

[Allgemeines] [Hauptartikel] [Diplomarbeiten & Dissertationen] [Recht & Gesetz]

Die Anbringung dieses Dokumentes: 11/19/2000 11:28

Heft 3/2000

ÖVG

Diplomarbeiten und Dissertationen

ÖVG

Hauptartikel

Heft 3/98 Projektinitiative MRSIOL - Multi-Image Synergistic Satellite Information for the Observation of Nature



- DatenPool - ein internetbasiertes System für die Bereitstellung von Fernerkundungsdaten von Rainer Kalhany
- Photokartierung und GIS - eine neue Generation von Heinz Galland, Mathias Schindler
- Nutzung von hochauflösenden Fernerkundungsdaten für die Raumplanung von Klaus Schindler, Günther Knöb, Linz
- Forstliche Anwendung der Satellitenbildverarbeitung von Gerhard Bader, Werner Schneider, Wien
- Modellierung der Abflussleistung in Einzugsgebieten unter Verwendung von Satellitendaten von Helmut Rott, Nikolaus Balogh und Thomas Nagler, Innsbruck, Wien
- Ergänzende und Fortführende der Digitalen Landschaftsmoeller der von Michael Franzen, Gerald Kohlhof, Josef Jansa und Alois Winkler, Wien
- Umweltzustand in Alpinen Raum mit hochauflösenden Satellitenbildern von Jürgen Janoth und Markus Eisl, Salzburg
- Strukturanalyse und lithologische Differenzierung von Fernerkundungsdaten für hydrogeologische Fragestellungen von Reinhard Belocky, Robert Faber, Gerhard Heigl, Wien
- Automatische Erkennung von Straßen aus Satellitenbildern von Heinrich Ebner, Albert Baumgartner, München

- Neue 3D-Oberflächenrekonstruktion von Heinzgerger
- Accuracy Analysis on High-Resolution Geopotential Models von Günther Abwagner
- Use of GNSS in Civil Aviation - State-of-the-Art and Future Developments von Christoph Aumacher
- Qualitätskontrolle bei statischen GPS-Messungen: Scherzpunkt Ankerstellenbau von Georg Gasser
- AISWeb: der neue Web-Service, sich über Internet in Graz anzuschließen von Michaela Kals
- Qualitätskontrolle bei GPS RTK-Messungen in der Inertialnavigation von Angela Lippisch
- Hydrische Ausgleichung zur endgültigen Höhenbestimmung des Großglockners von Michaela Haberler
- Fortschritte bei der Stationierung versus Kontrollenoptimal Verschiebung von Anlageneinheiten unterliegender Bauelemente von Thomas Kochberger

1/2000

- A Technical Concept for Pay-per-Use in Geomatics Services von Peter Gustav Wend
- Untersuchung zur Verfallszeit von dGPS-Daten in Österreich von Walter Zeller

14/99

ÖVG

Recht und Gesetz

ÖVG

Hauptartikel

Zur Vermessung, ihrer Geschichte und ihrer Zukunft

Heft 2000/3

Hansjörg Schühner, Stuttgart

Nach Winston Churchill sind die ersten Sätze immer die schwersten, ob bei einem Vortrag, einem Aufsatz oder bei einer Liebeserklärung. Um derartige Schwierigkeiten zu mildern, will ich meinem Vortrag zwei Bemerkungen vorstellen:

Erstens: Ich fühle mich zusehrt geehrt und bin auch nicht wenig stolz darüber, dass Sie mich anlässlich der Eröffnung Ihres 7. Österreichischen Geodätentages heute hier reden lassen. Den dafür Verantwortlichen sage ich deshalb gerne ein dickes persönliches Dankeschön.

Zweitens: Der Bitte, diesen Vortrag zu halten, habe ich leichten Herzens zustimmen können, schon weil ich über das Motto Ihres Geodätentages mehr als begeistert bin: Vermessung - dynamisch in die Zukunft ... das sind Worte, die jede Vermessertbrust schwellen lassen und jedem Vermesser wie von selbst über die Lippen gehen.

Zur Vermessung

Nun ist das mit der Vermessung munter und ja so eine Sache. Vielleicht ist es Ihnen auch schon ähnlich ergangen, wie häufig mir selbst. Ich treffe viele Nicht-Vermesser, die mir immer wieder Fragen stellen, wie: "Wozu braucht man eigentlich Euch Vermesser? Was habt Ihr denn noch zu tun? Ist denn das Land nicht schon längst vermessen?" Durch solche und ähnliche Fragen wird offenbart, dass viele Kreise unserer Gesellschaft, ja selbst auch Politiker, viel zu wenig wissen über die Aufgaben und Produkte von uns Vermessern, über unsere Rolle und unsere Bedeutung in dieser Gesellschaft und für diese Gesellschaft. Stets vorhanden und untrüglich also ist mein Gefühl, das Auftragsbestellern solchen Vermessern nach zu stellen: Kontakt

Heft 1/99

- Zornmessteilnahme, § 43 Abs 6 VermG (OGH, 24. Nov. 1998, 10b19198b)
- Leasingrecht, § 364 ABGB, § 8 Telegrafengesetz (OGH, 2. Feb. 1998, 6 Ob 390/97)

Heft 4/98

- Grenzlinien über Vermessung des Grenzgebietes, § 25 Abs 2 VermG (BWMoA, 26. November 1997, 96 20542-IX/697)
- Grundbuchanlage, § 431 ABGB (OGH, 17. Dez. 1997, 30b1298b)
- Besichtigungsverfahren, § 13 VermG (BWMoA, 2. Januar 1998, GZ96205/44-IX/697)
- Straßenerlöschnahme, § 15 LieGTeG (OGH, 9. Juni 1998, 5 Ob 14198b)
- AVG-Hohe, 1926 - Spüferteilnehmungen für Ankerstellenbau Kraft (OGH, 11. 199199b)
- Vermessungsverfahren, § 11 LieGTeG, § 32 VermG (VRGH, 15. Juni 1998, ZI B 193196, VwGH, 3. September 1998, ZI 9806/0106, BWMoA, 16. April 1996, GZ96 205/5-IX/696)

Heft 1/98 - Digitale Photogrammetrie - Von der Theorie zur Praxis

- Grenzlinien, § 418 ABGB (OGH, 23. Juli 1997, 70b235296a)
- Eigentumsverlust, § 64 Abs 1 ABGB (OGH, 23. Sept. 1997, 4 Ob 26697b)
- Ersatzanspruch nach Straßenerlöschnahme, § 20 LieGTeG (OGH, 17. Dez. 1997, 30b240696m)

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

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

3. Österreichische Informationsveranstaltung „Fernerkundung“ TU Wien, 9.5.2001

	Seite
<i>W. Reiter:</i> Vorwort	141
<i>A. Wirth, A. Jann, V. Zwatz-Meise:</i> Die automatische Erkennung konzeptioneller Modelle in Satellitenbildern mit Methoden der Objekterkennung	142
<i>K. Steinnocher, Th. Bauer, M. Köstl, F. Kressler:</i> Beobachtung von Stadtentwicklung mit Fernerkundung – Applikationen und Innovationen	145
<i>R. Belocky, K. Grösel:</i> Spektral hochauflösende Fernerkundung zur Beurteilung und Überwachung der Umweltauswirkungen von Bergbautätigkeit – erste Ergebnisse des Projekts MINEO	149
<i>T. Koukal, W. Schneider:</i> Kartierung und Monitoring von Baumressourcen außerhalb des Waldes in Zentralamerika	153
<i>H. Gallaun, M. Schardt, K. Granica, G. Flaschberger:</i> Monitoring von Schutzwäldern mit Satelliten-Fernerkundung	157

	Seite
<i>K. Kraus, J. Jansa, L. Dorffner, G. Blöschl, R. Kirnbauer, G. Kuschnig:</i> Fernerkundung zur Sicherung der Wiener Wasservorräte	162
<i>H. Rott, Ch. Mayer und Th. Nagler:</i> Einsatzmöglichkeiten der Radarinterferometrie zur Überwachung von Hangbewegungen und Absenkungen	167
<i>F. Leberl, R. Kalliany:</i> 3D Objekterfassung mittels Fernerkundung	172
<i>F. Petrini-Monteferri, Ch. Hoffmann:</i> Satellitendaten in internetbasierten Informationssystemen – Möglichkeiten der Bilddatenkompression	177
Poster-Präsentationen (Kurzfassungen)	181

Vorwort

MinR Dr. Wolfgang L. Reiter, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur

Die österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation hat nach dem Heft 3/98 dankenswerter Weise neuerlich eine Schwerpunktnummer ihres renomierten Organs VGI der Fernerkundung gewidmet. Wie schon vor drei Jahren sind die Artikel ausgewählte Beiträge einer von der für Geowissenschaften zuständigen Abteilung des Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur an der TU Wien abgehaltenen Informationsveranstaltung. Diese mittlerweile traditionelle Tagung ist eine wichtige nationale Leistungsschau der Entwickler und Anwender dieses Fachgebietes und stand am 9. Mai 2001 unter dem Motto „Aktuelle Entwicklungen und internationale Kooperation“. Wie immer sollten dabei insbesondere auch Anwender in Wirtschaft, Verwaltung sowie anderen Forschungsdisziplinen angesprochen werden.

Für das stetig an Bedeutung gewinnende Geoinformationswesen sind Satellitenbilder bzw. die daraus abgeleiteten Parameter ein mittlerweile unverzichtbarer Teil des Datenbestandes. Das kommt auch in den regelmäßig in VGI publizierten einschlägigen Fachartikeln zum Ausdruck; nicht zuletzt entstammt ein Großteil der heimischen Fernerkundungsexperten den zur Geoinformatik zählenden Disziplinen. Diese ständige Präsenz der Erdbeobachtung bewirkt in Fachkreisen einen hohen Bekanntheitsgrad was die wichtigsten Methoden und Einsatzgebiete betrifft.

In den letzten Jahren waren durch laufende Weiterentwicklung der Verfahren in den Hauptanwendungsgebieten Kartographie, Umweltdokumentation und Raumplanung, Land- und Forstwirtschaft, Hydrologie und Geologie, wichtige Verbesserungen zu verzeichnen. Darüber hinaus werden auch laufend neue Verfahren und Sensoren entwickelt. Stellvertretend seien in diesen Zusammenhang die Erfassung von Hangbewegungen mittels Radar-Interferometrie oder der Einsatz von hyperspektralen Scannern zur Überwachung von Bergbautätigkeit erwähnt.

Viele Anwendungen der Geoinformation sind im Bereich bzw. Umfeld der öffentlichen Verwaltung angesiedelt. Österreich hat allerdings für die meisten Hoheitsaufgaben wie Landesaufnahme, Raumordnung, Umweltschutz, Agrarverwaltung etc., traditionell gewachsene und gut eingespielte Institutionen und Verfahren. Diese

liefern exakte Daten, wenn auch teilweise mit hohem finanziellen oder personellen Aufwand und nicht immer in der wünschenswerten Dichte oder auf letztem Aktualisierungsstand. Trotzdem ist für die Fernerkundung in manchen Bereichen der Schritt von der Entwicklung und Demonstration zum routinemäßigen Einsatz nicht leicht, so daß sie ständig gefordert ist ihre Methoden weiterzuentwickeln und den Erfordernissen der Praxis anzupassen. Diese Konkurrenzsituation ist aber zugleich ein Grund für den hohen Standard und die international ausgezeichnete Reputation der heimischen Fernerkundung.

Tatsächlich hat die österreichische Fernerkundung in den letzten Jahren vor allem auch durch die Beteiligung an einer Vielzahl von internationalen Projekten, insbesondere im Rahmen der EU, wichtige Impulse erhalten. Dabei müssen sich die Antragsteller bereits im Auswahlverfahren gegen die internationale Konkurrenz durchsetzen, sowie in der Folge in den multinationalen Kooperationen eine aktive Rolle spielen. Die österreichischen Wissenschaftler und Betriebe waren und sind darin erfreulich erfolgreich und viele der hier vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen solcher Projekte durchgeführt.

In Zeiten wo Einsparung und Rationalisierung, Auslagerung und Privatisierung von öffentlichen Aufgaben, sowie internationale Zusammenarbeit und Globalisierung beliebte Schlagwörter sind, ist die Fernerkundung im besonderen Maß gefragt und gefordert. Nur durch Forschung und Entwicklung an der vordersten Front können Methoden entstehen, die neue Anwendungen eröffnen oder zumindest wirtschaftlicher und qualitativ besser sind als bisherige Verfahren.

Bei allen Neuentwicklungen ist nicht nur der heimische Markt zu sehen. Innovationen können und müssen heutzutage global eingesetzt werden, wozu die auf weltumspannenden digitalen Daten basierende Fernerkundung besonders prädestiniert ist. Erfreulicherweise sind die österreichischen Wissenschaftsinstitute und Firmen dabei, auch diesen Weg mit Erfolg zu beschreiten. Dem vorliegenden Heft sind einige der wichtigsten einschlägigen Aktivitäten zu entnehmen. Die Leserin / der Leser sind herzlich eingeladen, sich mögliche Einsätze im eigenen Tätigkeitsbereich zu überlegen bzw. diesbezüglich mit den Autoren Kontakt aufzunehmen.



Die automatische Erkennung konzeptioneller Modelle in Satellitenbildern mit Methoden der Objekterkennung

Andreas Wirth, Alexander Jann und Veronika Zwatz-Meise, Wien

Zusammenfassung

Die an der ZAMG für meteorologische Zielsetzungen adaptierten Objekterkennungsverfahren liefern dem Meteorologen ein wichtiges Hilfsmittel für den Bereich der Kurzfristprognosen. Eine Reihe von Wolkenstrukturen wie z.B. konvektive Wolkenzellen, gekrümmte Wolkenbänder, Faserstrukturen, S-förmige Wolkenränder und streifenförmige trockene Bereiche im Wasserdampfbild können automatisch erkannt werden.

Die Kombination der Information aus Satellitenbildern und von numerischen Prognosedaten bildet die Grundlage der automatischen Analyse einer Reihe von konzeptionellen Modellen. Das vorgestellte System ermöglicht die frühzeitige Erkennung von Wellenentwicklungen, der Entstehung von Gewitterzellen oder der rapiden Zyklogenese.

Abstract

Pattern recognition methods employed at ZAMG, provide a fast tool to the meteorologist in the domain of the very short range forecasting. The developed algorithms allow to automatically detect a number of image structures like cloud cells, curved cloud bands, cloud fibres, S-shaped cloud borders and water vapour structures can be detected automatically.

The combination of information from the satellite imagery and numerical model output is the basis for the automatic detection of a number of conceptual models. Early indications can be given, for instance, for wave developments, for rapidly developing thunderstorms and for rapid cyclogenesis events.

1. Einleitung

Seit dem Jahr 1997 wird an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) an einer automatischen Analyse des Satellitenbildes gearbeitet. Dieses Projekt wird im Rahmen der Nowcast-SAF (Satellite Application Facility on Nowcasting and Very Short-range Forecasting) von EUMETSAT mitfinanziert. Die notwendige Grundlagenforschung, insbesondere auf dem Gebiet der Objekterkennungsverfahren, wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur (BM:BWK) durchgeführt.

Eine manuelle Analyse des Satellitenbildes (SATREP) unter Verwendung konzeptioneller Modelle erfolgt an der ZAMG seit vielen Jahren. Konzeptionelle Modelle bilden ein wesentliches Hilfsmittel bei der Erstellung von Wettervorhersagen. Sie bestehen aus typischen Merkmalen in den Satellitenbildern und Modellparametern sowie aus einem idealisierten physikalischen Prozeß, der die wesentlichen Phasen in der Entwicklung des jeweiligen konzeptionellen Modells wiedergibt [1] [2].

Die automatische Analyse bietet den Vorteil einer wesentlichen Zeitersparnis gegenüber der manuellen Auswertung. Mit dem Start der neuen Generation meteorologischer Satelliten im Jahre

2002 wird die Produktfrequenz verdoppelt, d.h. es wird alle 15 Minuten ein neues Satellitenbild zur Verfügung gestellt. Die kontinuierlich erfolgende automatische Analyse der Wolkenstrukturen im Satellitenbild ermöglicht eine frühzeitige Erkennung von Entwicklungen und deren Verfolgung im Laufe der Zeit.

2. Verwendete Analysemethoden

Die automatische Erkennung von Wolkenkonfigurationen im IR-Satellitenbild wird für ein Gebiet, das von ca. 30°N bis 70°N und von ca. 40°W bis 40°E reicht, durchgeführt. Dieser gesamte Bereich wird in ein Raster von 100 mal 100 Gitterpunkten unterteilt.

Im ersten Schritt erfolgt die Auswertung von Helligkeit und Varianz, summarisch für alle ca. 120 (= 12 mal 10) Pixel innerhalb jeder Gittermasche. Diese erste grobe Klassifikation der Wolkenstrukturen bildet die Grundlage für die Erkennung der meisten konzeptionellen Modelle. In weiterer Folge werden „Verlagerungsvektoren“ aus den IR- und WV-Bildern ermittelt. Diese Verlagerungsvektoren geben die halbstündige Verlagerung einzelner Wolkensegmente oder Wasserdampfstrukturen wieder und werden mit Hilfe der Kreuzkorrelationsmethode ermittelt. Die Vektoren bilden das Ausgangsmaterial für weitere

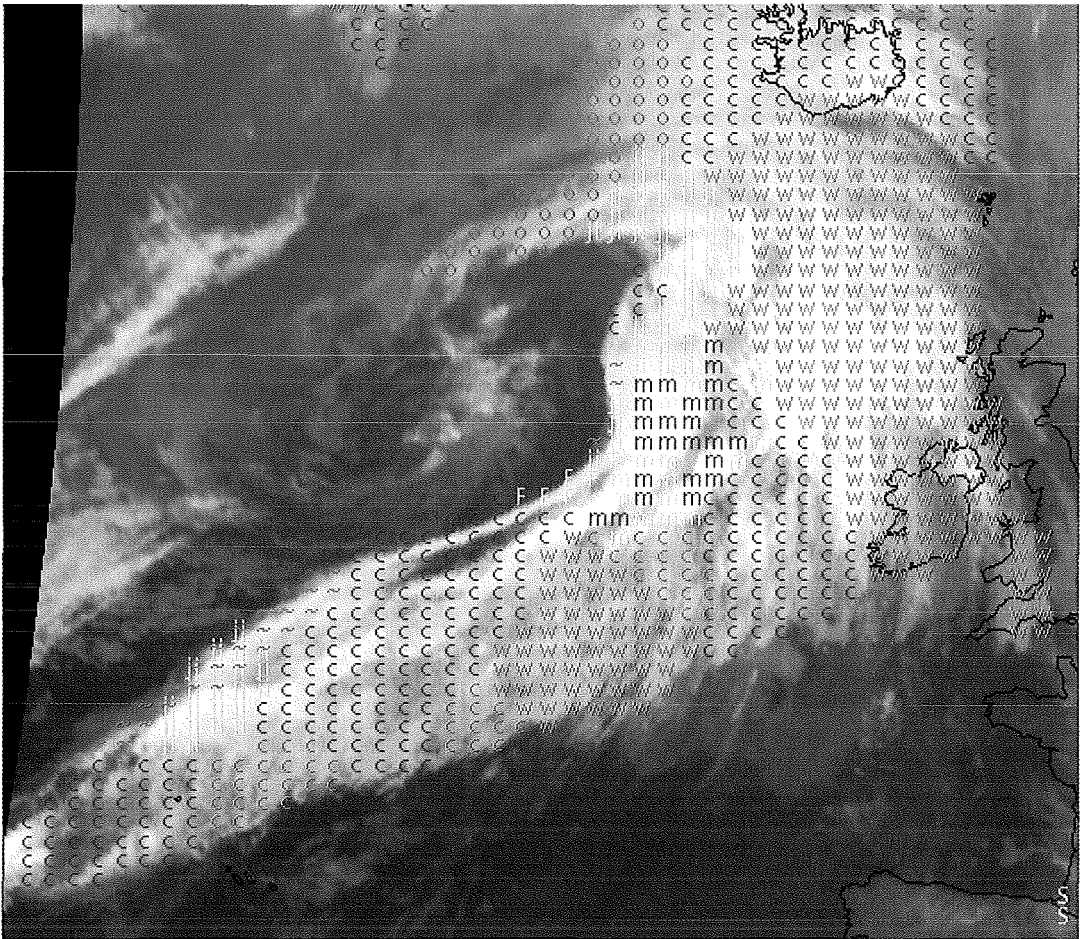


Abbildung: IR-Satellitenbild vom 18. Juni 2001, 06 UTC mit der Maske der automatischen Erkennung konzeptioneller Modelle (Satellitendaten kombiniert mit Modelldaten). Symbole laut Tabelle.

Symbol: konzeptionelles Modell:

w	Warmfront
c	Kaltfront
-/~	frontale Welle / in Entwicklung
o	Okklusion
RC	Rapide Zyklonogenese
ec	zelluläre Kaltluftbewölkung
m, cb	MCS, CB (Zerfallsstadium)
	MCS, CB (Reifestadium)
m, cb	MCS, CB (Entwicklungsstadium)
	Kommabewölkung
	Leebewölkung
	Staubewölkung
c	Kaltfront in Warmluftadvektion
~	Jet-Welle
	Frontverstärkung durch einen „Jetstreak“
	Höhentief
T	Bewölkung im Keil der rel. Topographie

Tabelle: Symbole und automatisch erkannte konzeptionellen Modelle

abgeleitete Felder wie z. B. die Vorticity oder die Divergenz. Eine weitere Anwendung der Verlagerungsvektoren bilden die sogenannten „bewegungskorrigierten Differenzbilder“. Diese erhält man indem man die einzelnen Wolkenelemente wieder an ihre Ausgangslage zurückführt. Dabei sind Richtung und Geschwindigkeit durch die Verlagerungsvektoren vorgegeben. Das zurückgerechnete Bild wird nun vom vorhergehenden Satellitenbild „abgezogen“, d.h. es wird Pixel für Pixel die Differenz gebildet. Ziel dieses Verfahrens ist es, Entwicklungen festzustellen, die abseits der rein kinematischen Verlagerung abgelaufen sind.

Da die ursprüngliche Klassifikation des Satellitenbildes mittels Rauigkeit und Helligkeit nicht ausreichend war, um eine eindeutige Unterscheidung zwischen unterschiedlichen konzeptionellen Modellen herbeizuführen wurde im Laufe der

Entwicklung der automatischen Satellitenbildanalyse auf Methoden der Objekterkennung zurückgegriffen. Im Gegensatz zur oben behandelten Klassifikation auf Gittermaschenbasis erfolgen diese Analysen unter Ausnutzung der vollen Auflösung der – in unseren Breiten ca. 7 km großen – Pixel.

So werden die für das Wasserdampfbild charakteristischen streifenförmigen trockenen Bereiche automatisch erkannt und als „keyparameter“ bei verschiedenen konzeptionellen Modellen verwendet. Von wesentlicher Bedeutung ist die Form frontaler Wolkenränder. Diese werden nach S-förmigen oder konvexen Abschnitten abgesucht um möglichst frühzeitig die Bildung frontaler Wellen zu erkennen. Objekterkennungsverfahren sind aber auch in der Lage Wolkenzellen zu erkennen. Deren charakteristische Form (rund bis elliptisch) ist im Infrarot(IR)-Satellitenbild deutlich zu erkennen, ein weiteres Merkmal sind hohe Pixelwerte [3]. Solche konvektiven Zellen weisen auf Gewittertätigkeit hin und sind insbesondere für Kurzfristprognosen von Bedeutung. Eine Kombination mit den „bewegungskorrigierten Differenzbildern“ ermöglicht darüber hinaus eine Analyse deren Entwicklungszustandes.

Zusätzlich wurden zahlreiche Methoden eingeführt um Nachbarschaftsbeziehungen zwischen einzelnen Bildelementen zu erkennen, wie z.B. die Lage des Maximums der positiven Vorticityadvektion in 300 hPa im Vergleich zur Lage des „Jetstreaks“. Diese sogenannte „left exit region“ ist ein bevorzugtes Gebiet für konvektive Entwicklungen und verdient daher ein besonderes Augenmerk der Meteorologen [4].

Gewisse Informationen, die nur aus Modelldaten gewonnen werden können, wie z.B. die

Lage eines Jetstreaks oder das Druckfeld, sind für manche konzeptionelle Modelle unerlässlich. Dazu gehören u.a. die Jet-Welle, die oben erwähnte Frontverstärkung in der linken „exit region“ eines Jetstreaks oder das Höhentief [5]. Um ein möglichst breites Spektrum an konzeptionellen Modellen zu erfassen wurden daher zwei Schienen der automatischen Satellitenbildanalyse entwickelt: Einerseits eine Auswertung basierend ausschließlich auf Satellitendaten, andererseits eine Auswertung die auch Modelldaten miteinbezieht [6]. Eine umfassende Auflistung der automatisch analysierten konzeptionellen Modelle ist in der Tabelle wiedergegeben. Die Abbildung gibt das Ergebnis einer automatischen Analyse wieder.

Referenzen

- [1] *Bader, M. J., Forbes, G. S., Grant, J. R., Lilley, R. B. E., and Waters, A. J. (Eds.) (1995): Images in weather forecasting.* Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] *COST78 (1996): Nowcasting, a survey of current knowledge, techniques and practice. Phase 1 report.* Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [3] *Csekits, C, Jann, A. and Zwatz-Meise, V.(2000): Automatic detection of convective cells – a nowcast module at the Austrian meteorological service, Proceedings to the EUMETSAT meteorological data user's conference, Bologna, Italy, May 2000, pp. 715 – 721.*
- [4] *Kidder, S. Q. and Vonder Haar (1995): Satellite meteorology: An introduction.* Academic Press, San Diego, CA.
- [5] *Winkler, R. and Zwatz-Meise, V. (1999): Manual of synoptic satellite meteorology: Conceptual models, CD-ROM.*
- [6] *Wirth, A., Jann, A. and Zwatz-Meise, V.(2000): ASI: First Results of the SAF NWC Demonstrator Experiment, Proceedings to the EUMETSAT meteorological data user's conference, Bologna, Italy, May 2000, pp. 779 – 786.*

Anschrift der Autoren

Mag. Andreas Wirth, Dr. Alexander Jann und Dr. Veronika Zwatz-Meise: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Hohe Warte 38, A-1190 Wien.
E-mail: andreas.wirth@zamg.ac.at



Beobachtung von Stadtentwicklung mit Fernerkundung – Applikationen und Innovationen

Klaus Steinnocher, Thomas Bauer, Mario Köstl und Florian Kressler, Seibersdorf

Zusammenfassung

Städtische Metropolen und deren Umland gehören zu den dynamischsten Regionen in Europa. Die Verwaltung dieser Räume, im Hinblick auf Suburbanisierung und den damit verbundenen Umweltbelastungen, bedarf effektiver Methoden sowohl zur Stadt- und Raumplanung als auch zur Überwachung der Umwelt. Zur Beobachtung der Siedlungsentwicklung kann die Fernerkundung einen substantiellen Beitrag leisten. Der vorliegende Artikel beschreibt zwei exemplarische Arbeiten, die den Einsatz der Fernerkundung für regionales und lokales Monitoring im urbanen und suburbanen Bereich aufzeigen.

Abstract

Urban and suburban regions are the most dynamic areas in Europe. There is an increasing need on efficient tools for administrating and monitoring these regions. Remote sensing can contribute substantially to the process of monitoring the urban development. The presented paper describes two applications, where remote sensing is used for regional and local monitoring of urban and suburban regions.

1. Einleitung

Bereits 80 % der Bevölkerung der Europäischen Union lebt in Stadtregionen. Die fortschreitende Suburbanisierung dieser Räume resultiert in Umweltbelastungen, hervorgerufen durch den zunehmenden Flächendruck und die steigende Verkehrsbelastung. Um diesen Problemen zu begegnen bedarf es effektiver Methoden zur Stadt- und Raumplanung und zur Überwachung der Umwelt.

Während des letzten Jahrzehnts haben sich Geographische Informationssysteme (GIS) zu einem wichtigen Werkzeug entwickelt, um die umfangreichen raumbezogenen Informationen, die zur Verwaltung von Siedlungsräumen notwendig sind, effizient verarbeiten zu können. Ein Großteil des Informationsbestandes dieser Systeme beschränkt sich jedoch auf statistische Raumeinheiten wie Bezirke, Gemeinden oder Zählsprengel. Die geographische Ausprägung innerhalb der statistischen Einheiten wird in der Regel nicht erfaßt. Insbesondere gibt es, von wenigen Ausnahmen wie der Realnutzungskartierung der Stadt Wien abgesehen, keine raumbezogenen Informationen über die Siedlungsentwicklung in Österreich.

Auf europäischer Ebene wurde auf dieses Manko unter anderem im Rahmen des Projektes MURBANDY (Monitoring Urban Dynamics) reagiert. Dabei wurden die Ausdehnung und Nutzungen von über 25 Stadtregionen bzw. Sied-

lungsräumen verteilt über ganz Europa auf der Basis von Luft- und Satellitenbildern erfaßt, und deren Entwicklung von den 50er Jahren bis heute dokumentiert. Zu den Untersuchungsgebieten dieses europaweiten Projektes gehört auch der Großraum Wien [1].

Das Ziel von MURBANDY war die Erfassung von Siedlungsentwicklung in vergleichbarer Form auf europäischer Ebene. Die visuelle Interpretation von Luftbildern und hochauflösenden Satellitenbildern beschränkte sich dabei auf das engere Umland der Kernstädte. Eine räumliche Ausdehnung der Untersuchungsgebiete auf eine regionale Größe, die für weiterführende Analysen von Interesse wäre, konnte jedoch nicht mit einem akzeptablem Aufwand durchgeführt werden. Daraus ergab sich die Frage nach alternativen Vorgangsweisen, die das Problem der zeit- und kostenaufwendigen visuellen Auswertung lösen.

2. Regionale Siedlungsentwicklung

In Bezug auf die potentiellen Datenquellen hatte sich bereits in MURBANDY die Qualität hochauflösender panchromatischer Satellitenbilder bestätigt, wie sie vom System IRS-1C/D geliefert werden. Eine Szene dieses Systems deckt ca. 70x70 km mit einer räumlichen Auflösung von 5,8 m ab und erfüllt damit die Ansprüche der Regionalplanung [2]. Die Datenverfügbarkeit beschränkt sich aber nicht auf die letzten Jahre sondern reicht bis in die 60er Jahre des 20. Jahr-

hundreds zurück. Bereits damals wurden Satellitenaufnahmen durchgeführt, wenn auch zum Zwecke der Spionage. Solche Aufnahmen, wie z.B. die des Satellitensystems CORONA, wurden mittlerweile von der amerikanischen Regierung freigegeben und können über das Internet bezogen werden. Im Gegensatz zu den heutigen Bilddaten handelt es sich dabei um analoge Aufnahmen, die in Form von Filmstreifen vorliegen. Ein einzelner Streifen deckt ein Gebiet von ca. 14 x 188 km ab, und bietet eine maximale Auflösung von ca. 2m. Zur Abdeckung größerer Gebiete müssen mehrere parallel laufende Streifen gescannt, geometrisch entzerrt und zu einem Bild mosaikiert werden. Die Qualität dieser digitalen Datengrundlage reicht an die gegenwärtigen Anforderungen durchaus heran. Mit Hilfe solcher Daten ist es möglich, die Landnutzung der späten 60er Jahre zu erfassen und somit eine Referenzkartierung für eine Zeitreihe über die letzten 30 Jahre zu erstellen.

Bei regionalen Anwendungen, die wie im vorliegenden Fall auf Bilddaten mit einer Auflösung um 5 m basieren, können die einzelnen Objekte der Siedlung (Häuser, Straßen, Gärten, etc.) zumeist nicht direkt erkannt werden. Siedlungsflächen zeichnen sich dort lediglich durch eine hohe Texturierung aus. Verfahren der Mustererkennung, die auf der Analyse lokaler Texturparameter basieren, ermöglichen daher die automatische Erfassung von Siedlungsflächen in solchen Bilddaten [3]. Als Ergebnis erhält man ein binäres Bild, das die Siedlungsgebiete deutlich von den übrigen Bildstrukturen abgrenzt. Eine automatische Trennung verschiedener Nutzungseinheiten innerhalb der Siedlungsflächen ist auf Basis panchromatischer Daten nicht möglich. Daher müssen die folgenden Nutzungen mittels visueller Interpretation ausgewiesen werden: Wohn- und Wohnmischgebiete, Gewerbe- und Industrieflächen, Verkehrsflächen und städtische Grünflächen.

Für das weitere Umland von Wien, von St. Pölten bis Bratislava und vom mittleren Weinviertel bis Wiener Neustadt, wurden die Siedlungsflächen für die Jahre 1968 und 1999 ermittelt. Für den ersten Zeitpunkt standen die Aufnahmen von CORONA, für den zweiten Zeitpunkt Aufnahmen des IRS-1C zur Verfügung. Die Auswertung erfolgte nach dem oben beschriebenen Verfahren. Als Ergebnis liegen zwei Vektorlayer vor, die die Siedlungsgrenzen und die Nutzungen innerhalb der Siedlungsflächen für die beiden Zeitpunkte repräsentieren. Abb. 1 zeigt den Siedlungslayer für das Jahr 1999, verschritten mit einem Strassenlayer und ausgewählten Klassen

des Landnutzungsmodells von Österreich (Wald, Wasserflächen) [4].

3. Lokale Siedlungsstrukturen

Zur Erfassung von Strukturen innerhalb der Siedlungsflächen bedarf es Bilddaten, die eine deutlich bessere Auflösung als 5m aufweisen. Seit dem Start von IKONOS im September 1999 werden solche Auflösungen auch von Satelliten erreicht. Aufgrund des hohen Detailreichtums dieser Bilder ist es jedoch notwendig, neue Auswerteverfahren einzusetzen, die sich auf Form, Lage und räumlichen Kontext der einzelnen Objekte stützen. In diesem Zusammenhang sei auf die Unterscheidung zwischen der Bodenbedeckung (*land cover*) und der Landnutzung (*land use*) hingewiesen. Fernerkundungssensoren liefern lediglich Informationen über die spektralen Eigenschaften von Bodenbedeckungen, die durch Klassifikationsverfahren als Objekte ausgewiesen werden. Landnutzung hingegen kann aus einer Vielzahl von Bodenbedeckungen zusammengesetzt sein. So besteht zum Beispiel die Nutzungsart *Wohngebiet* aus einem Konglomerat von verschiedenen Objekten wie Wiese, Asphalt, Ziegeldach, etc.

Im Gegensatz zu traditionellen pixelbezogenen Verfahren basieren objektorientierte Verfahren auf der Untersuchung solcher Bildobjekte. Eine Strukturanalyse liefert dabei Informationen über die Gestalt der Objekte (Fläche, Umfang) und die Nachbarschaftsbeziehungen innerhalb bestimmter Landnutzungseinheiten. Basierend auf den Erfahrungen aus der Strukturanalyse werden die charakteristischen Eigenschaften der verschiedenen Landnutzungstypen zur Erstellung eines Regelwerkes herangezogen.

Für die präsentierte Fallstudie liegt eine IKONOS Aufnahme vor, die einen Teil des 21. Wiener Gemeindebezirkes abdeckt. Zusätzlich steht die Realnutzungskartierung der Stadt Wien, die mittels Luftbildinterpretation erstellt wurde, als Referenz zur Verfügung. IKONOS liefert neben dem panchromatischen Kanal mit einer Auflösung von 1m vier multispektrale Kanäle mit einer Auflösung von 4m. Um sowohl die hohe räumliche Auflösung als auch die multispektrale Information nützen zu können, wird der weiteren Verarbeitung eine *image fusion* vorangestellt. Dabei werden die multispektralen Kanäle mit der geringeren räumlichen Auflösung mit Hilfe des hochauflösenden panchromatischen Kanals geschärft [5]. Das Ergebnis ist ein multispektrales Bild, das die hohe räumliche Auflösung des panchromatischen Kanals aufweist (Abb. 2a).

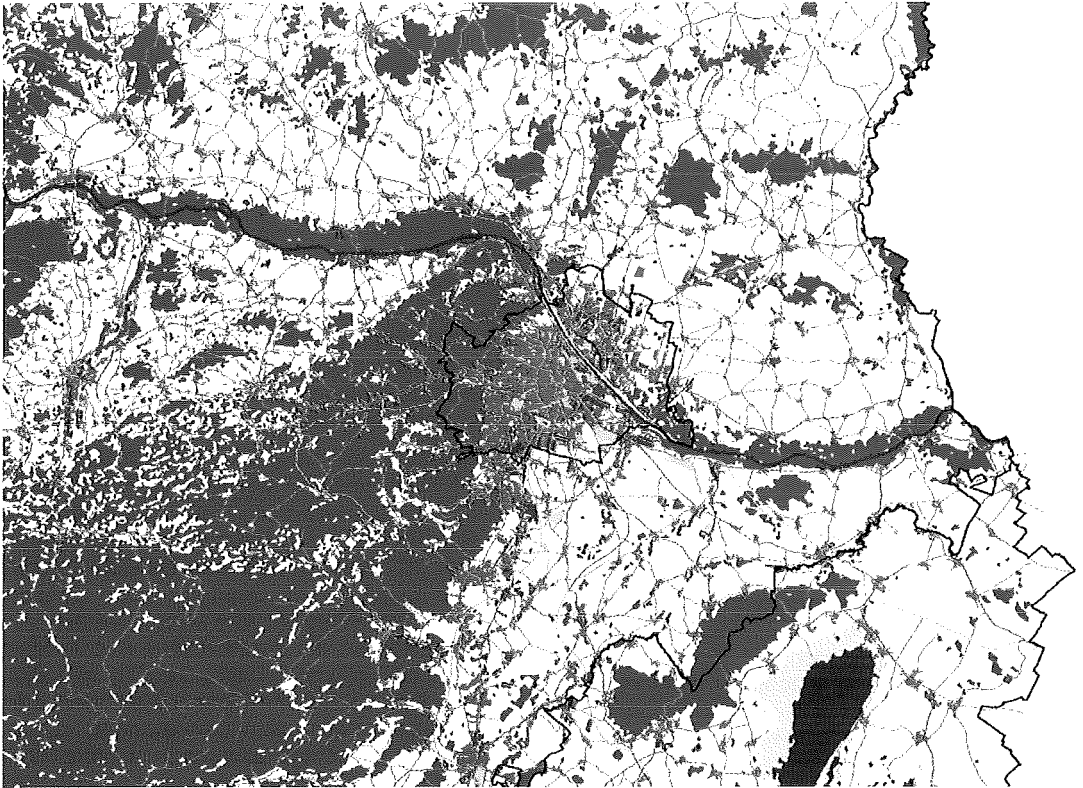
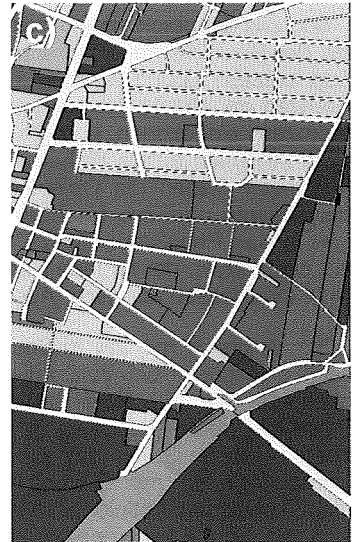


Abb. 1: Siedlungslayer GroBraum Wien





















 Wasser	 Verbaut	 Wohnen	 Park
 Bäume	 Asphalt	 Wohnen mit Garten	 Acker
 Gras	 Harcourt	 Industrie/Gewerbe	 Verkehrsfläche
 Acker	 Schotter	 Bundesbahn	 Baulücken
		 Sportplatz	 Wasserfläche
		 Kleingarten	

Abb. 2: Objektorientierte Klassifikation: a) fusionierte IKONOS Szene, b) Klassifikation der Bodenbedeckung, c) Landnutzungsklassifikation

Das eigentliche Auswerteverfahren arbeitet in zwei Stufen. Im ersten Schritt erfolgt die Segmentierung des fusionierten Bildes und die Klassifikation der Bildsegmente aufgrund ihrer spektralen Charakteristik. Als Ergebnis liegt ein thematisches Bild vor, das die einzelnen Objekte der Bodenbedeckung repräsentiert (Abb. 2b). Das Strassennetz wird aus der Realnutzungskartierung übernommen, da eine Extraktion aus den Bilddaten auf Basis der spektralen Charakteristika zu unscharfen Resultaten führt. Im zweiten Verarbeitungsschritt werden die einzelnen Objekte aufgrund ihrer Gestalt und ihrer Nachbarschaftsbeziehungen zu Landnutzungseinheiten aggregiert. So führt zum Beispiel die räumliche Nachbarschaft von Haus-, Wiesen- und Asphaltobjekten zur Nutzungsklasse *Wohnen mit Garten*.

Die Erstellung des Regelwerkes, das den Übergang zwischen Objekten und Landnutzungseinheiten steuert, basiert auf einer detaillierten Analyse der Strukturen im segmentierten Bild. Als Referenz wird die Nomenklatur der Realnutzung herangezogen, die 42 Klassen ausweist [6]. Diese muss zunächst vereinfacht werden, da ein beträchtlicher Teil der zu analysierenden Nutzungsklassen einen funktionalen Charakter hat, und daher nicht aus Luft- oder Satellitenbildern abgeleitet werden kann (z.B. Schulen, Krankenhäuser, etc.).

Das Ziel der objektorientierten Klassifikation ist ein der Realnutzung entsprechender Datensatz. Aus diesem Grund werden die bestehenden Grenzen der Nutzungseinheiten in den Auswerteprozess einbezogen, und die Struktur der Objekte innerhalb dieser Einheiten klassifiziert. Als Parameter fließen die Objektklasse, die Größe der Objekte und ihre Nachbarschaftsbeziehungen in das Regelwerk ein [7]. Das Ergebnis ist ein Vektorlayer, der für jede Parzelle eine von 11 Nutzungsklassen ausweist (Abb. 2c).

Ein Vergleich mit der Realnutzungskartierung zeigt eine gute Übereinstimmung in den Bereichen, die klar trennbare Strukturen aufweisen. Probleme treten einerseits in Übergangsbereichen zwischen Strukturen auf (z.B. *Kleingarten versus Wohnen mit Garten*), andererseits bei nicht konsistent definierten Klassen. Hier zeigt sich ein Vorteil der regelbasierten Auswertung gegenüber der visuellen Interpretation. Während bei dieser der subjektive Eindruck des Interpreten einen nicht zu unterschätzende Einfluss hat, ordnet die automatische Klassifikation idente Strukturen immer derselben Nutzungsklasse zu und ist dadurch jederzeit reproduzierbar.

4. Conclusio

Zur Beobachtung und Erfassung der Siedlungsentwicklung kann die Fernerkundung einen substantiellen Beitrag leisten. Auf der regionalen Ebene bietet sie den Vorteil der einheitlichen Abdeckung großer Gebiete, die mittels standardisierter Verfahren ausgewertet werden können. Die Erfassung von Siedlungsgrenzen und deren Veränderung über die Zeit kann damit weitgehend automatisiert erfolgen. Neben einer quantitativen Ausweisung der Siedlungsfläche und ihrer Veränderung bilden die aus solchen Auswertungen resultierenden Informationslayer eine wertvolle Grundlage zur Verfeinerung der statistischen Daten aus dem Zensus [8].

Die Aufnahmen des IKONOS Satelliten, der im Herbst 1999 gestartet wurde, erlaubt nun auch detaillierte Auswertungen von Stadtgebieten. Mit einer Auflösung von 4m im multispektralen und 1m im panchromatischen Bereich können einzelne Objekte wie Gebäude oder Straßen und deren räumliche Struktur erfasst werden. Allerdings erfordert die automatische Auswertung solcher Strukturen neue Methoden. Die im vorliegenden Beitrag beschriebene objektorientierte Klassifikation erfüllt die Anforderungen zufriedenstellend, allerdings sind noch weitere Forschungsarbeiten notwendig, um die visuelle Bildinterpretation zu formalisieren und den Auswerteprozess auf diese Weise zu automatisieren.

Referenzen

- [1] *Steinnocher K., Ries C., Köstl M., Ehrlich D. and Lavalle C. (1999):* Monitoring Urban Dynamics by Earth Observation - the Vienna Case Study. In (J. Strobl, T. Blaschke Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999, pp. 502-509.
- [2] *Meinl G., Lippold R. und Walz U. (1998):* Informationsgehalt neuester hochauflösender Satellitenbilddaten (IRS-1C) und ihre Anwendung in der Raumplanung. In (J. Strobl, T. Blaschke Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1998, pp. 223-230.
- [3] *Steinnocher K. (1997):* Texturanalyse zur Detektion von Siedlungsgebieten in hochauflösenden panchromatischen Satellitenbilddaten. In: *AGIT IX*, 2.-4. Juli 1997, Salzburger Geographische Materialien, Heft 26, pp. 143-152.
- [4] *Steinnocher K. (1996):* Ein flächendeckendes Landnutzungsmodell von Österreich aus Fernerkundungsdaten. *Österr. Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation*, Vol.84, Heft 1/96, S. 44-47.
- [5] *Steinnocher K. (1999):* Adaptive fusion of multisource raster data applying filter techniques. *Int'l Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 32, Part 7-4-3W6, pp. 108-115.
- [6] *Bauer T. und Steinnocher K. (1999):* Analyse urbaner Strukturen in hochauflösenden Fernerkundungsdaten. In (J. Strobl, T. Blaschke Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999, pp. 11-22.
- [7] *Bauer T. and Steinnocher K. (2001):* Per-parcel land use classification in urban areas applying a rule-based technique. *GeoBIT/GIS*, 6(2001), pp. 24-27.

[8] *Steinnocher K., Kressler F. und Köstl M. (2000):* Erstellung einer Siedlungsmaske aus Fernerkundungsdaten und Integration zusätzlicher Information aus Zensusdaten. In (J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2000, pp. 481–488.

Anschrift der Autoren

Dr. Klaus Steinnocher, Mag. Thomas Bauer, Mag. Mario Köstl, Mag. Florian Kressler, Austrian Research Centers, Bereich Systemforschung, 2444 Seibersdorf.
E-mail: klaus.steinnocher@arcs.ac.at



Spektral hochauflösende Fernerkundung zur Beurteilung und Überwachung der Umweltauswirkungen von Bergbautätigkeit – erste Ergebnisse des Projekts MINEO

Reinhard Belocky und Klemens Grösel, Wien

Zusammenfassung

Die Auswirkung von Bergbautätigkeit auf die Umwelt ist ein Problem von europäischer Dimension. Spektral hochauflösende (hyperspektrale) Fernerkundungsdaten ermöglichen eine exaktere Identifizierung von Materialien im Vergleich zu konventionellen multispektralen Daten. Der Vergleich von 126-Kanal HyMap Hyperspektraldaten mit spektroskopischen Bodenmessungen zeigt, daß die Auswertung hyperspektraler Fernerkundungsdaten eine geeignete Methode zur genauen Charakterisierung der komplexen Landbedeckung in Bergbaugebieten darstellt.

Abstract

The impact of mining activities on the environment is a problem of European dimension. High spectral resolution (hyperspectral) remote sensing data allow an improved identification of materials compared to conventional multispectral data. The comparison of 126-band HyMap hyperspectral data with spectroscopic ground measurements shows that the interpretation of hyperspectral remote sensing data is a suitable method for characterizing the complex land cover of mining areas.

1. Einleitung

Die europäische Bergbauindustrie trägt zu etwa 7% zum EU Bruttosozialprodukt bei und beliefert einen weiten Teil der in der EU ansässigen Industrie auf lokaler, regionaler und EU-weiter Ebene mit wichtigen Rohmaterialien. Zugleich weisen sowohl aktive als auch stillgelegte Bergbaue zuweilen ein beträchtliches Umweltgefährdungspotential auf, das nicht zuletzt bei größeren Unfällen wie beispielsweise in Aznalcóllar/Doñana (Spanien) 1998 [1] oder Baia Mare (Rumänien) 2000 [2] einer breiten Öffentlichkeit bewußt wird. Aus diesem Grund sieht sich die europäische Bergbauindustrie zunehmend einem erhöhten Umweltbewußtsein und verschärften gesetzlichen Bestimmungen ausgesetzt.

Das Verständnis und die Überwachung möglicher Beeinträchtigungen der Umwelt durch Bergbauaktivitäten ist ein Bedürfnis einer breiten Nutzergemeinde, die Regierungsbehörden, lokale Behörden, Industrie, Umweltschutzorganisationen sowie den einzelnen Bürger mit einschließt. Diese Nutzer benötigen kostengünstige Instrumente zur Sammlung von Umweltdaten und deren Auswertung als gesicherte Basis für einen Dialog zur Sicherstellung einer nachhaltigen

wirtschaftlichen Entwicklung der Bergbauindustrie. Technologisch fortschrittliche Fernerkundungsmethoden in Kombination mit anderen relevanten Daten integriert in ein geographisches Informationssystem (GIS-Datenbank System) können diese Anforderungen erfüllen.

2. Projektzielsetzungen

Vor dem Hintergrund dieser Rahmenbedingungen wurde das EU-Projekt MINEO (Assessing and Monitoring the Environmental Impact of Mining Activities in Europe Using Advanced Earth Observation Techniques) initiiert. Das Projekt MINEO (<http://www.brgm.fr/MINEO>), Laufzeit 2000-2002, ist eine gemeinsame Initiative der geologischen Dienste von Frankreich, Finnland, Großbritannien, Dänemark, Deutschland, Österreich und Portugal, dem Joint Research Centre der EU in Ispra/Italien, einem deutschen (DSK) und einem finnischen (Mondo Minerals) Bergbauunternehmen sowie dem dänischen Umweltinstitut NERI. Die Zielsetzung dieses Projektes ist die Entwicklung und der Einsatz spektral hochauflösender (hyperspektraler) Fernerkundungsmethoden, welche dazu dienen können,

Beeinträchtigungen der Umwelt durch Bergbauaktivitäten unter geringerem Kostenaufwand als bisher festzustellen und zu überwachen, und somit zuverlässige und kostengünstige Daten über Umweltzustand und Umweltveränderung bereitzustellen.

Um die geplanten Untersuchungen zu realisieren, wurden sechs Bergbaugebiete, fünf innerhalb Europas: Lahnaslampi (Kemi – FI), Camborne-Falmouth (Cornwall – UK), Kirchheller Heide (Ruhrgebiet – D), Steirischer Erzberg (Steiermark – A), Saõ Domingos (Alentejo – PT) und eines in Grönland: Mestersvig (Ostgrönland – DK), ausgewählt, die in ihrer Gesamtheit die Diversität der klimatischen, geomorphologischen und sozioökonomischen Verhältnisse in Europa widerspiegeln.

3. Hyperspektrale Fernerkundung

Multispektrale Fernerkundungssensoren wie Landsat TM oder SPOT XS nehmen Daten in wenigen, relativ breiten Spektralkanälen auf. Im Gegensatz dazu arbeiten hyperspektrale Sensoren nach dem Prinzip eines bildgebenden Spektrometers und registrieren die Strahlungsintensitäten in dutzenden oder hunderten eng benachbarten schmalen spektralen Kanälen vom sichtbaren Licht bis in den mittleren Infrarotbereich (Abb. 1). Auf diese Weise erhält man in jedem Bildpunkt ein kontinuierliches Spektrum, das aufgrund der jeweiligen spezifischen spektralen Merkmale zur Identifizierung von Materialien herangezogen werden kann [3].

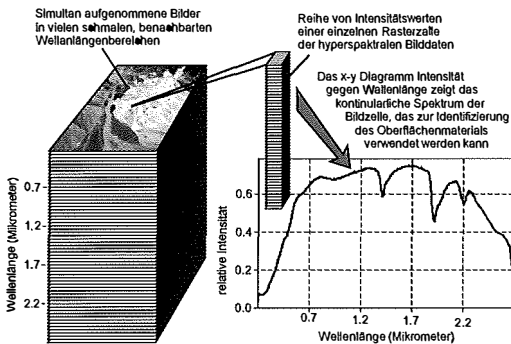


Abb. 1: Prinzip der hyperspektralen Fernerkundung [4].

4. Das MINEO-Flugprogramm

Über allen Testgebieten wurden im Sommer 2000 Bilddaten mit dem flugzeuggestützten HyMap(tm) Hyperspektral-Scanner (Tab. 1) [5] aufgenommen. Der Scanner, der von der australisch-südafrikanischen Firma HyVista betrieben

wird, kann in ein normales zweimotoriges Flugzeug mit Fotoport eingebaut werden. Zum Ausgleich der Flugzeugbewegungen ist der Scanner auf einer kreiselstabilisierten Plattform gelagert; außerdem werden für jede Scan-Zeile die Fluglagedaten registriert sowie die Position mittels dGPS gemessen. Für die MINEO Flugkampagne wurde eine DO-228 der DLR (Deutsche Gesellschaft für Luft- u. Raumfahrt) eingesetzt, wobei zeitgleich mit den Hyperspektraldaten auch analoge Stereo-Luftbilder aufgenommen wurden.

Wellenlängenbereich	450 – 2480 nm
Spektrale Kanäle	126
Kanalbreite	15 – 20 nm
Scan-Winkel	61,3° (512 Pixel)
Bodenauflösung	3 – 10 m
Flughöhe	2000 – 5000 m

Tab. 1: Technische Daten des HyMap(tm) Systems.

5. Das alpine Testgebiet Steirischer Erzberg

Der Siderit-Bergbau Steirischer Erzberg ist der größte Eisenerz-Tagbau Mitteleuropas mit einer Produktion von ca. 1,8 mio. t/Jahr. Die von Bergbautätigkeit beeinflusste Fläche beträgt etwa 6,5 km² in einer Höhenlage zwischen 700 und 1400 m. Im Zuge mehrere Projekte wurden am Steirischen Erzberg umfangreiche und detaillierte Untersuchungen zur Renaturierung von Bergbaugebieten unter Einbeziehung relevanter Parameter wie Lithologie, Mineralogie und Korngrößenverteilung des Untergrundes, Hangneigung und Exposition, Wassergehalt und Vegetationszustand, durchgeführt [6]. Die spezifischen Ziele des Projekts MINEO am Steirischen Erzberg sind zu testen, welche dieser Parameter aus den hyperspektralen Fernerkundungsdaten abgeleitet werden können. Konkret geht es um folgende Themengebiete:

- Beurteilung der Untergrundsituation im Hinblick auf eine Renaturierung des Bergbaugebietes
- Überwachung des Renaturierungserfolgs
- Definition der spezifischen Anforderungen an die Verarbeitung der hyperspektralen Fernerkundungsdaten aufgrund der alpinen Topographie

Über dem Steirischen Erzberg wurden 4 HyMap Flugstreifen mit je ca. 1800 Scan-Zeilen aufgenommen (Abb. 2)

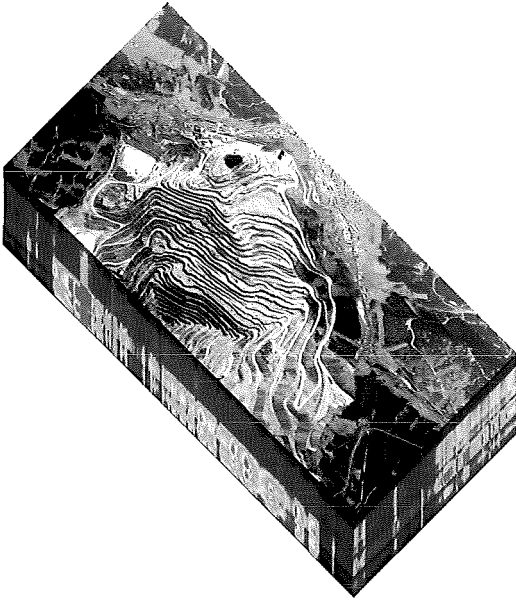


Abb. 2: „Hyperspectral Image Cube“ eines HyMap Flugstreifens über dem Steirischen Erzberg. Die Oberfläche des „Bildwürfels“ zeigt eine RGB-Darstellung der Kanäle 123 (2439nm), 80 (1635nm) und 12 (600nm); die Seitenflächen zeigen die relativen Intensitäten in den einzelnen spektralen Kanälen entlang der Schnittkanten zur Veranschaulichung der Dimensionalität der Bilddaten.

6. Datenvorverarbeitung

Um die Vergleichbarkeit der Fernerkundungsdaten untereinander sowie mit Bodenmessungen zu ermöglichen, wurde eine Atmosphärenkorrektur mittels ATREM [8] durchgeführt. Bei dieser Korrektur wird neben allgemeinen atmosphärischen Parametern vor allem der Wasserdampfgehalt in jedem einzelnen Bildpixel berücksichtigt.

Für die Geokodierung der Bilddaten wurde ein parametrisches Verfahren [9] verwendet, wobei auf der Basis der Fluglagedaten der Scan-Vektor jedes Bildpixels ermittelt und mit dem Geländehöhenmodell zum Schnitt gebracht wird. Die Bilddaten wurden dabei auf eine einheitliche Pixelgröße von 4 m umgerechnet. Das dafür erforderliche aktuelle Höhenmodell wurde aus den Stereo-Luftbildern abgeleitet.

7. Bodenmessungen

Zur Evaluierung der Differenzierungsmöglichkeiten unterschiedlicher Materialien mittels spektroskopischer Verfahren und zur Unterstützung

der Auswertung der Fernerkundungsdaten wurden spektroskopische Vergleichsmessungen relevanter Substanzen am Boden mit einem tragbaren PIMA II Infrarotspektrometer (Tab. 2) durchgeführt [7]. Das Gerät besitzt eine interne Lichtquelle, ist somit von der Sonneneinstrahlung unabhängig und ermöglicht die Messung von Spektren in Laborqualität im Gelände. Aufgrund des erfaßten Wellenlängenbereichs von 1300 – 2500 nm ist dieses Spektrometer vor allem zur Identifikation von Mineralien geeignet.

Wellenlängenbereich	1300 – 2500 nm
Spektrale Kanäle	600
Spektrale Auflösung	7 nm

Tab. 2: Technische Daten des PIMA IR-Spektrometers.

8. Ergebnisse

Mittels der spektroskopischen Messungen am Boden konnten alle relevanten lithologischen Einheiten anhand ihrer spezifischen mineralogischen Bestandteile identifiziert werden. Bei silikatischen Gesteinen ist eine Unterscheidung über die unterschiedlichen Schichtsilikate – im gegenständlichen Fall (Na)-Muskovit bzw. Phengit – über die Absorptionsmerkmale bei 2200 bzw. 2220 nm möglich (Abb. 3). Karbonatische Gesteine können über die unterschiedlichen Gehalte von Ca, Fe und Mg, sowie über die akzessorischen Schichtsilikate (Phengit) differenziert werden (Abb. 4). Bei Ankerit verursacht der Mg-Gehalt eine Verschiebung des Karbonat-Absorptionsmerkmals von 2340 auf 2320 nm. Der Fe-Gehalt in Ankerit und Siderit äußert sich in einer breiten Absorption zwischen 750 und 1550 nm. Akzessorische Schichtsilikate sind an einer schwachen Absorption an der relevanten Wellenlängenposition (2220 nm) erkennbar.

Die aus den Bodenmessungen erhaltenen Spektren sind mit den aus den Fernerkundungsdaten abgeleiteten Spektren gut vergleichbar. Die für die Mineralidentifizierung relevanten spektralen Merkmale können trotz der naturgemäß schlechteren spektralen Auflösung in den Fernerkundungs-Spektren eindeutig identifiziert werden.

9. Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse bilden die Grundlage für die weitere thematische Auswertung der hyperspektralen Fernerkundungsdaten. Konkret soll die flächige Verteilung der unterschiedlichen

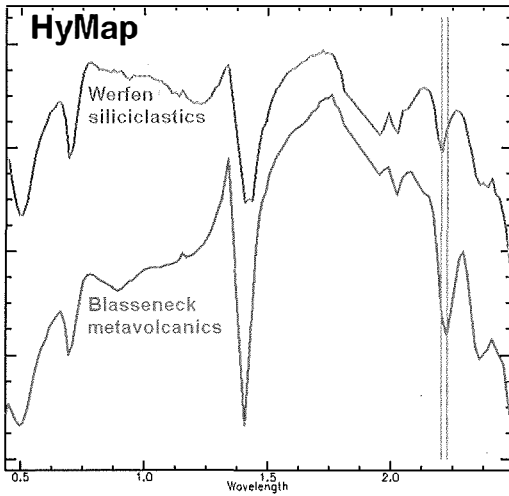


Abb. 3: Vergleich von HyMap und PIMA Spektren siliziklastischer und metavulkanischer Gesteine.

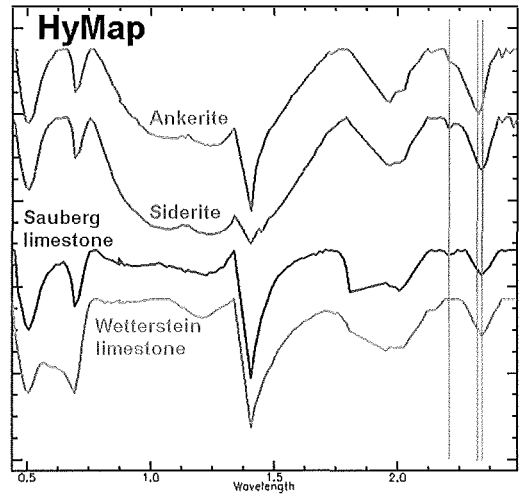
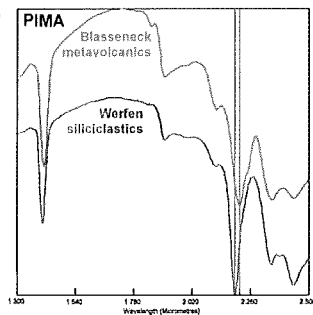
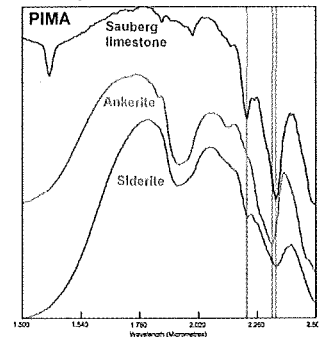


Abb. 4: Vergleich von HyMap und PIMA Spektren karbonatischer Gesteine.



Gesteine im Untersuchungsgebiet ermittelt werden. Weiters ist vorgesehen, die Hyperspektral-daten im Hinblick auf eine Charakterisierung des Vegetationszustandes auszuwerten.

Literatur

- [1] Las Aguas y Los Suelos tras el Accidente de Aznalcollar. – Boletín geológico y minero, IGME, 2001
- [2] Europäische Kommission, GD Umwelt, (2000): Report of the International Task Force for Assessing the Baia Mare Accident.
- [3] Clark R.N. (1999): Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy. – In: Rencz, A.N. (ed.): Remote Sensing for the Earth Sciences, 3–58.
- [4] Smith R.B. (2001): Introduction to Hyperspectral Imaging. – Microlimages, Inc.
- [5] Cocks T., Jenssen R., Stewart A., Wilson I., & Shields T. (1998): The HyMap(tm) Airborne Hyperspectral Sensor: The System, Calibration and Performance. – In: Schaepman, M. et. al. (ed.): 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, 37–42.

- [6] Sanak-Oberndorfer A., Pirkl H., Schaffer R., & Maierhofer J. (1999): Standortgerechte und ökonomische Rekultivierung – ein innovativer Forschungsansatz. – Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 144, 126–132.
- [7] Pontual S., & Cocks T.C. (1994): The PIMA II: A new technique for field-based alteration mapping. – AUSIMM 94 Conference.
- [8] Gao B.-C., Heidebrecht K.B., & Goetz A.F.H. (1999): Atmosphere Removal Program (ATREM), Version 3.1, User's Guide. – University of Colorado, Boulder.
- [9] Schläpfer D., Schaepman M., & Itten K.J. (1998): PARGE: Parametric Geocoding Based on GPS-Calibrated Auxiliary Data. – In: Descour, M.R. & Shen, S.S. (ed.): Imaging Spectrometry IV, SPIE, Vol. 3438, 334–344.

Anschrift der Autoren

Dr. Reinhard Belocky, Mag. Klemens Grösel: FA Geophysik, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.
E-mail: rbelocky@cc.geolba.ac.at, kgroesel@cc.geolba.ac.at



Kartierung und Monitoring von Baumressourcen außerhalb des Waldes in Zentralamerika

Tatjana Koukal und Werner Schneider, Wien

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden die Arbeiten des Instituts für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation der Universität für Bodenkultur Wien im Rahmen des INCO-DC-Projekts TROF (Tree Resources Outside Forest) vorgestellt. Im Mittelpunkt des Interesses stehen dabei einzelne Bäume und Baumgruppen, die nicht unter die Walddefinition fallen. Diese Baumressourcen haben besonders in den Tropen wichtige Funktionen, werden aber durch die klassischen Waldinventuren nicht erfasst. Eine kombinierte Auswertung von Satellitenbilddaten unterschiedlicher räumlicher und spektraler Auflösung ermöglicht die Kartierung dieser Baumressourcen in verschiedenen Maßstäben. Durch Einbindung von terrestrischen Aufnahmen und Luftbildinterpretationen können in einem mehrstufigen Verfahren auch Aussagen über spezielle Kenngrößen der Baumressourcen wie z.B. den Holzvorrat gewonnen werden.

Abstract

This paper presents the activities of the Institute of Surveying, Remote Sensing and Land Information of the University of Agricultural Sciences (Universität für Bodenkultur Vienna) within the framework of the INCO-DC-project TROF (Tree Resources Outside Forest). The project concentrates on single trees and small groups of trees which do not come under the definition of forest. These tree resources play an important role especially in the tropics, but they are not included in common forest inventories. They can be mapped on different scales using satellite images of different spatial and spectral resolution. Terrestrial surveys and aerial photo interpretation may be integrated in a multi-stage-process of assessing these tree resources. Thus attributes of this tree resources like tree biomass can be estimated in addition.

1. Motivation

Die Abnahme der Waldfläche schreitet gerade in den Tropen mit hoher Geschwindigkeit voran. Im Zuge der landwirtschaftlichen Nutzung früher bewaldeter Flächen, Brennholzgewinnung usw. bleiben häufig Reste der ursprünglichen Waldvegetation zurück. Diese Baumressourcen übernehmen zum Teil die herkömmlichen „Waldfunktionen“, wie in Tab. 1 zusammengestellt. In manchen Regionen kommen spezielle Funktionen von Bäumen und Baumgruppen hinzu, wie z.B. die Beschattung in Kaffeeplantagen oder Grundstücksabgrenzungen („lebende Zäune“).

Auch die Bedeutung als Kohlenstoff-Senke darf nicht unterschätzt werden: bezogen allein auf die Baumkomponente in Agroforstsystemen werden pro Hektar 3 bis 25t Kohlenstoff fixiert [1]. Verglichen mit der Kohlenstoff-Fixierung tropischer Wälder von 140 t pro Hektar [2] wird deutlich, dass auch Bäume außerhalb des Waldes einen wichtigen Beitrag leisten und daher bei großräumigen Modellierungen des Kohlenstoffkreislaufs berücksichtigt werden sollten.

Laut FAO [3] sank seit 1950 die bewaldete Fläche Zentralamerikas um zwei Drittel. Mit zunehmender Waldfragmentierung nimmt daher die re-

lative Bedeutung von Bäumen außerhalb des Waldes zu.

Funktion	Beispiele
ökologisch	Biodiversität, biologische Korridore, Erosionsverhütung, Kohlenstoffbindung
ökonomisch	Brennholz, Bauholz, Möbelholz, Agroforstwirtschaft, (Öko-) Tourismus
landeskulturell	Erholungsfunktion, Landschaftsästhetik, Bewirtschaftungstradition

Tab. 1: Baumfunktionen

In Hinblick auf diese Funktionen benötigt man verlässliche Informationen auf mehreren Ebenen – national, regional und lokal. Alle vorhandenen Informationssysteme legen allerdings eine Walddefinition zugrunde, und Bäume, die nicht zum Wald zählen, werden damit nicht erfasst. Es gibt viele unterschiedliche Walddefinitionen; sie alle bauen aber größtenteils auf denselben Kriterien auf und verwenden nur unterschiedliche Parameter. Häufig verwendete Kriterien sind Übershirmungsgrad, potentielle Baumhöhe, Flächenausdehnung und Breite.

Vor dem Hintergrund dieser Problematik sollte im vorliegenden Projekt eine Methode entwickelt werden, die über große Gebiete rationell Informationen über jene Baumressourcen zu gewinnen erlaubt, die den Kriterien der Walddefinition nicht genügen (Abb. 1).

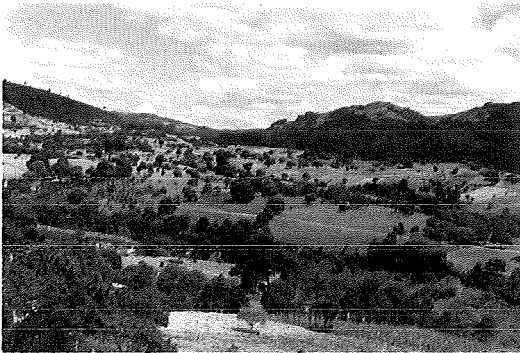


Abb.1: Typische TROF-Formationen in Guatemala

2. Ziele und Organisation des Projekts

Die Ziele des von der EU im 4. Rahmenprogramm finanzierten INCO-DC (International Cooperation Programme for Developing Countries) – Projekts „TROF – Tree Resources Outside Forest: Development of methods for assessment and monitoring of natural resources to support regional planning with study areas in Central America“ (No. ERBIC18CT980323; Laufzeit: 1998 – 2001) [4] lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Entwicklung eines Klassifikationssystems für TROF sowohl nach biophysikalischen Merkmalen als auch im Hinblick auf die wirtschaftlichen und sonstigen Funktionen
- Entwicklung bzw. Adaptierung von Methoden zur Identifizierung und Kartierung von TROF aus Luftbildern und Satellitenbildern
- Entwicklung eines Verfahrens zur Kombination der Resultate von Geländeaufnahmen, Luftbildinterpretation und Satellitenbildanalyse
- Entwicklung von Modellen zur Abschätzung der oberirdischen holzigen Biomasse von TROF (aus Geländeaufnahmen und Luftbildinterpretation)
- Entwicklung von Verfahren zur Integration und zur Analyse von Baumdaten in Informationssystemen über Naturressourcen

Das Projektkonsortium besteht aus 3 europäischen und 3 zentralamerikanischen Institutionen: FELIS (Projektleitung) – Universität Freiburg, Abteilung Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme (Deutschland); ITC – Internatio-

nal Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Forest Science Division (Niederlande); IVFL – Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (Österreich); CATIE (technischer Koordinator) – Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza (Costa Rica); IHCAFE – Instituto Hondureno de Cafe (Honduras); INAB Instituto Nacional de Bosques (Guatemala).

Das Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation (IVFL) analysiert im Rahmen dieses Projekts das Potenzial von Satellitenbildern für die Erkennung von Bäumen außerhalb des Waldes.

Die Untersuchungsgebiete liegen in Costa Rica, Honduras und Guatemala (Abb. 2). Im Projekt steht die Methodenentwicklung im Vordergrund. Daher ist es nicht das Ziel, die Gesamtfläche dieser drei Länder zu bearbeiten.

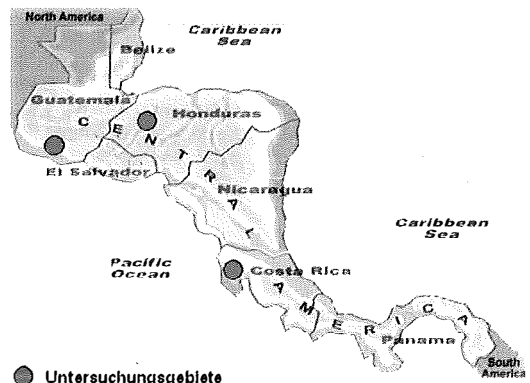


Abb. 2: Lage der Untersuchungsgebiete

3. Methodenkonzept

Zur Anwendung kommt ein mehrstufiges Verfahren, bei dem kosten- und arbeitsintensive Prozesse auf kleine Bereiche beschränkt werden. Je detaillierter die zu gewinnende Information, desto kleiner sind die Untersuchungseinheiten. Informationsquellen sind Landsat TM (multispektral), IRS bzw. IKONOS (räumlich hochauflösend), Luftbilder sowie Geländearbeit (Abb. 3). Im Laufe der Projektarbeit wurde allerdings der Luftbildteil zugunsten der räumlich hochauflösenden Satellitenbilder wesentlich reduziert, da sich herausgestellt hat, dass aktuelle Luftbilder in Zentralamerika teurer sind als beispielsweise IKONOS-Bilder. Die Ergebnisse einer Stufe werden jeweils für die Analysen auf der nächsten Stufe herangezogen (z.B. Geländearbeit zur Eichung der Luftbildinterpretation bzw. der IKONOS-Bildauswertung).

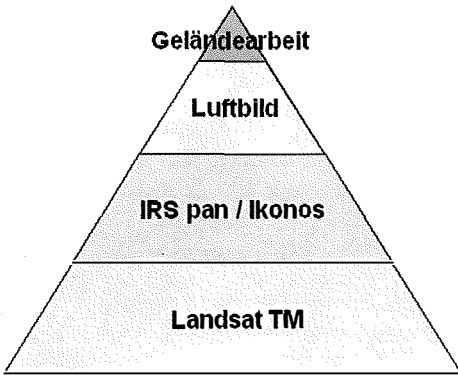


Abb. 3: Datenpyramide des mehrstufigen Verfahrens

4. Datenauswertung

Die Landsat-Bilder werden im Vorverarbeitungsschritt zunächst georeferenziert und radiometrisch korrigiert. Die radiometrische Korrektur dient dazu, radiometrisch-topografische Effekte, also etwa die unterschiedliche Ausleuchtung von Nord- und Südhängen, zu eliminieren [5, 6]. Ein Beispiel ist in Abb. 4 gezeigt: im Originalbild (links) fällt deutlich die Plastizität des Geländes infolge der Schatteneffekte auf. Nach der Korrektur (rechts) sind diese zum Großteil beseitigt. Ein Rest verbleibt, da das verwendete Gelände-modell nicht hinreichend fein ist.

Der wesentliche Teil der Landsat-Auswertung besteht in der Stratifizierung nach möglichst homogenen – und zwar vor allem im Hinblick auf das TROF-Vorkommen homogenen – Landbe-

deckungssegmenten. Zu diesem Zeck wird zunächst eine überwachte Klassifizierung durchgeführt, um Bereiche auszumaskieren, in denen definitionsgemäß keine TROF vorkommen. Das sind im wesentlichen die Kategorien Wald, Siedlungsgebiete und Gewässeroberflächen. Anschließend wird der verbleibende Bildinhalt nichtüberwacht klassifiziert (Abb. 5).

Die IRS- bzw. IKONOS-Bilder werden nach der Georeferenzierung segmentiert [5, 7]. Schließlich werden die Segmente klassifiziert, wobei zunächst eine Trennung von Baum- und Nichtbaumsegmenten nach einem adaptiven Grauwert-Kriterium erfolgt. Anschließend werden die Baumsegmente je nach Segmentfläche noch weiter in Wald- und TROF-Segmente unterteilt (Abb. 6). Segmentierung und Klassifizierung werden mit dem Softwarepaket eCognition durchgeführt, das eine objektorientierte Bildanalyse ermöglicht. Objekteigenschaften wie Textur, Form oder Relationen zu Nachbarobjekten können dadurch als zusätzliche Attribute in die Analyse eingehen.

Nun können die TROF-Segmente auf die Landbedeckungssegmente abgefüllt werden. Man erhält für jedes Landbedeckungssegment den Anteil an TROF-Segmenten. Betrachtet man jeweils die TROF-Anteile aller Landbedeckungssegmente einer Kategorie, so kann für diese Kategorie der mittlere TROF-Anteil berechnet werden. Ein Vergleich der mittleren TROF-Anteile der einzelnen Kategorien zeigt signifikante Unterschiede, so dass daraus ein Zusammenhang zwischen Landbedeckung und TROF-Anteil abgeleitet werden kann. Damit ist es möglich, über den von IRS abgedeckten Bereich hin-

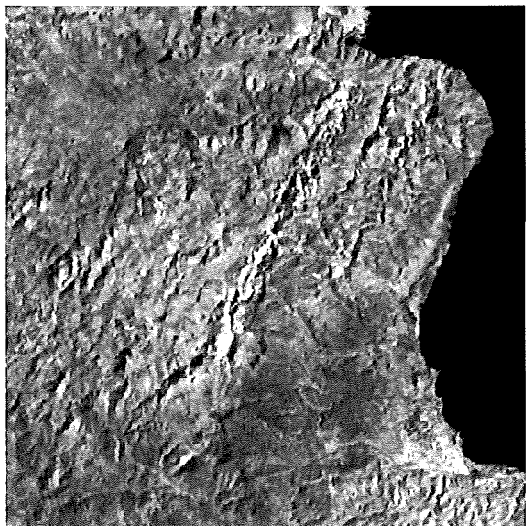
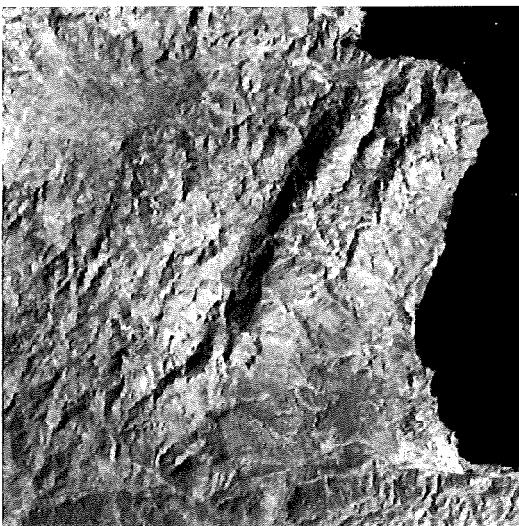


Abb. 4: Radiometrischen Korrektur (links: original, rechts: korrigiert)

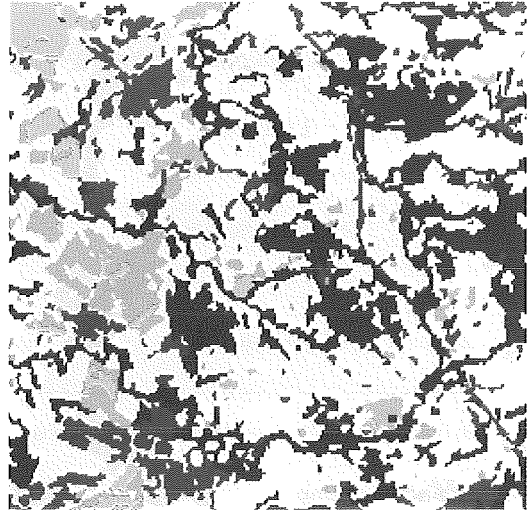
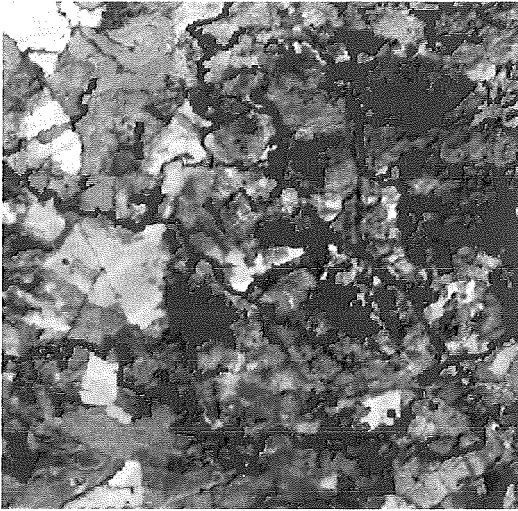


Abb.5: Landsat TM (links: Farbkomposit 4-3-2 mit Waldmaske, rechts: Landbedeckungsklassifizierung)

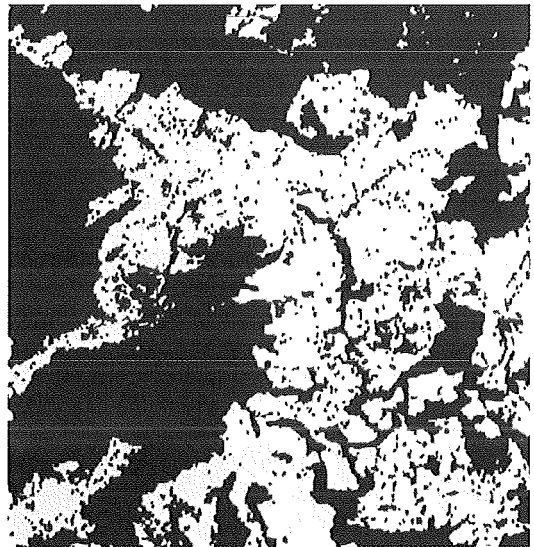


Abb. 6: IRS pan – original u. klassifiziert (grün: Wald, blau: TROF-Segment, gelb: sonstiges)

aus für die gesamte von Landsat abgedeckte Fläche eine TROF-Karte herzustellen, die die geschätzte TROF-Dichte wiedergibt.

Man kann im Prinzip auch weitere TROF-Attribute ermitteln und kartieren, wie etwa die mittlere TROF-Größe, den Anteil linienförmiger TROF-Segmente in Relation zu kompakteren,

usw. Über Regressionszusammenhänge mit der am Boden ermittelten Holzmasse ist es außerdem möglich, die Holzmasse über größere Gebiete abzuschätzen. Tab. 2 gibt an, welche Informationen auf den einzelnen räumlichen Ebenen in Abhängigkeit vom eingesetzten Bildmaterial gewonnen werden können.

Bildmaterial	Räumlicher Bezug	Ergebnis
IKONOS	Lokal	Kartierung jedes TROF-Elements (Einzelbaum oder Baumgruppe)
IRS	regional	Kartierung größerer TROF-Elemente
LANDSAT	national	Schätzwerte für die TROF-Dichte u. andere TROF-Parameter

Tab. 2: Ergebnisse.

5. Schlussfolgerungen

- Hochauflösende Satellitenbilder sind in Entwicklungsländern ein wichtiger Ersatz für Luftbilder.
- Die objektorientierte Bildanalyse (z.B. *eCognition*) eröffnet im Zusammenspiel mit objektorientierter Fusion neue Möglichkeiten der Bildanalyse.
- Interessante Anwendung der entwickelten Baumkartierungsmethoden werden auch in Naturschutzanwendungen, im Schutzwaldbereich und in der naturnahen Waldwirtschaft in Europa gesehen.

Referenzen

- [1] Kürsten E. and Burschel P(1993): CO₂-Mitigation by Agroforestry. *Water, Air and Soil Pollution* 70: 533–54.
- [2] Brown S. and Lugo A.E. (1984): Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. *Science* 223: 1290–1293.
- [3] Gómez L. G., Godoy J.C., Herrera-MacBryde O. and Villalobos J.(Jul.2001): Regional Overview of Central America.

<http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/ma/macentral.htm#vegetation>

- [4] (Jul.2001): The TROF project. URL: <http://www.forst.uni-freiburg.de/TROF/>
- [5] Steinwendner J., Schneider W. and Bartl R. (2001): Image Understanding Methods for Remote Sensing. In: Kropatsch W., Bischof G. (Hrsg.), *Digital Image Analysis, Selected Techniques and Applications*, 337-366. Springer, New York.
- [6] Steinwendner J. and Schneider W. (1999): Radiometric Self-Calibration of Remote Sensing Images for Generic-Knowledge-Based Analysis. *Robust Vision for Industrial Applications*. In: Vincze, M. (Ed), *Proceedings of the 23rd OAGM Workshop*, Steyr, Austria: 69–78.
- [7] Baatz M. and Schäpe A.(2000): Multiresolution Segmentation – and optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner (Ed.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII: Beiträge zum AGIT-Symposium*, Wichmann Verlag, Heidelberg, S. 12–23.

Anschrift der Autoren

DI. Tatjana Koukal, Univ.-Prof.Dr. Werner Schneider, Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien;
E-mail: koukal@boku.ac.at, werner.schneider@boku.ac.at



Monitoring von Schutzwäldern mit Satelliten-Fernerkundung

Heinz Gallaun, Mathias Schardt, Klaus Granica, Graz und Günther Flaschberger, Klagenfurt

Zusammenfassung

Die Erfassung von Veränderungen in Schutzwäldern des Alpenraums ist mit herkömmlichen Methoden, wie z.B. terrestrischen Erhebungen oder multitemporalen Luftbildinterpretationen, sehr zeit- und damit kostenintensiv. Die beschriebenen Arbeiten zeigen daher Möglichkeiten auf, wesentliche Änderungen großflächig, durch den Einsatz multitemporaler Satellitenaufnahmen und historischer topographischer Karten, zu erheben.

Abstract

The mapping of changes in alpine protection forests with conventional methods such as terrestrial surveys or multitemporal aerial photo interpretations are very time and cost intensive. Therefore, methods for mapping and monitoring of significant changes for large area applications by means of satellite remote sensing imagery and historical topographic maps are presented in this respect.

1. Einleitung

Im Rahmen des vom BM:BWK finanzierten Forschungsprojektes „Fusion von Fernerkundungsdaten und GIS-Daten zur optimierten Informationsgewinnung in Landesinformationssystemen“ wurden in Zusammenarbeit mit der Abt. 10F – Landesforstdirektion des Amtes der Kärntner Landesregierung Methoden zur Beobachtung der langfristigen Entwicklung von Schutzwäldern entwickelt [1]. Die Untersuchungen wur-

den im Mölltal in Oberkärnten durchgeführt, das hinsichtlich der Schutzwaldproblematik typisch für den Alpenbereich ist, wodurch die entwickelten Methoden auch auf andere Gebiete im Alpenraum übertragen werden können. Für die Projektarbeiten konnte auf detaillierte Satellitenbildklassifikationen bezüglich aktueller Waldparameter aus dem von der EU finanzierten Forschungsprojekt SEMEFOR zurückgegriffen werden [2,3]. Basierend auf den Anforderungen der Landesforstdirektion des Amtes der Kärntner

Landesregierung stand eine im Vergleich zu herkömmlichen Methoden (insbes. Luftbildinterpretation) kostengünstige, landesweit anwendbare, Methodik im Vordergrund. Neben der Auswertung multitemporaler SPOT-Satellitenbilddaten wurden dafür unter Einbeziehung von historischen topographischen Karten auch die Veränderungen der Waldfläche seit dem 19. Jahrhundert ausgewertet.

2. Auswertung multitemporaler Satellitenaufnahmen

2.1 Vorverarbeitung der Satellitenaufnahmen

Ein Hauptproblem bei der Analyse von multitemporalen Fernerkundungsdaten ist die geometrische Verschiebung zwischen den einzelnen Aufnahmen. Um die Auswirkungen geometrischer Verschiebungen zu simulieren wurde ein Klassifikationsergebnis von TM-Satellitenbilddaten mit dem gleichen Klassifikationsergebnis, das jedoch um einen Betrag von 0.5 Pixel verschoben wurde, verglichen. Diese Größenordnung entspricht der Genauigkeit, die bei sehr sorgfältiger parametrischer Geokodierung von Satellitenbilddaten erreicht werden kann. Wie die folgende Tabelle zeigt, ist die Übereinstimmung trotz der geringen Diskrepanz nur 91.8% für Nadelwald, 81.2% für Mischwald und 85% für Laubwald [4]. Das bedeutet, daß für die Klasse Nadelwald bei einem pixelweisen Vergleich alleine aufgrund der Verschiebung mit einem Fehler von 8.2%, zu rechnen wäre.

	Nadelwald	Mischwald	Laubwald
Nadelwald	91.8	12.2	4.6
Mischwald	6.9	81.2	10.4
Laubwald	1.2	6.6	85

Tab. 1: Simulation einer Verschiebung einer Waldklassifikation um 0.5 Pixel nach Ost (in %)

Somit sind Monitoringverfahren, die auf einem bildpunktweisen Vergleich der multitemporalen Aufnahmen basieren, für das Schutzwaldmonitoring nicht geeignet. Es folgt, daß eine möglichst genaue Geokodierung – für den Alpenraum also eine parametrische Rektifizierung unter Einbeziehung eines digitalen Geländemodells – unbedingt erforderlich ist. Weitere Simulationsergebnisse zeigen, daß durch Aggregation (Mittelwertbildung innerhalb einer 3 mal 3 Pixel-Umgebung) eine signifikante Reduktion dieser Verschiebungseffekte erreicht werden. Damit sind die geometrischen Voraussetzungen für die di-

rekte Vergleichbarkeit der multitemporalen Fernerkundungsdaten gegeben.

Als weiterer wichtiger Vorverarbeitungsschritt wurde zur Korrektur von Beleuchtungsunterschieden aufgrund der Topographie die sogenannte Minnaert-Korrektur-Methode angewandt. Die Minnaert-Konstante wurde dabei durch Regression innerhalb homogener Nadelwaldbestände bestimmt. Als Ergebnis liegen die multitemporalen Satellitenbilddaten nun so vor, daß Beleuchtungsunterschiede z.B. zwischen Sonn- und Schatthang weitgehend ausgeglichen sind.

2.2 Kalibrierung der multitemporalen Satellitenbilddaten

Das Ziel der Kalibrierung ist eine möglichst exakte Anpassung der Grauwerte der multitemporalen Satellitenbilddaten, sodaß in weiteren Bearbeitungsschritten ein direkter Vergleich, z.B. über Differenzbildung, möglich ist. Die durch Änderungen in Schutzwäldern hervorgerufenen radiometrischen Unterschiede in den multitemporalen Satellitenbilddaten sind oftmals relativ gering. Untersuchungen von Schardt et al. [5] haben gezeigt, daß Änderungen der Überschirmung von 20% nur sehr geringe Änderungen in Landsat-TM Satellitenaufnahmen (in der Größenordnung von 1 – 3 Grauwerten) bewirken. Aus diesen Ergebnissen folgt, daß für Monitoringanwendungen eine genaue Kalibrierung der multitemporalen Satellitenbilddaten ein kritischer Bearbeitungsschritt ist, der die erreichbare Genauigkeit wesentlich beeinflusst. Eingesetzt wurde eine relative Kalibrierung der Satellitenaufnahmen mittels linearer Regression. Eine absolute Kalibrierung kann nicht empfohlen werden, da in der Regel die erforderlichen meteorologischen Parameter zu den Aufnahmezeitpunkten nicht verfügbar sind.

Als Ergebnis der beschriebenen Vorverarbeitungsschritte sind die multitemporalen Satellitenaufnahmen weitgehend aneinander angepaßt, sodaß ein direkter Vergleich durchgeführt werden kann.

2.3 Feststellung signifikanter Änderungen

In diesem Arbeitsschritt werden Flächen, die signifikante Unterschiede zwischen den Satellitenaufnahmen zeigen, ausgewiesen. Entsprechend den Nutzeranforderungen wurden Methoden angewandt, die die Kartierung von Flächen ergeben, die im Jahr 1992 eine Überschirmung über 30%, und im Jahr 1998 keine bzw. nur eine Überschirmung unter 30% aufweisen. Dies

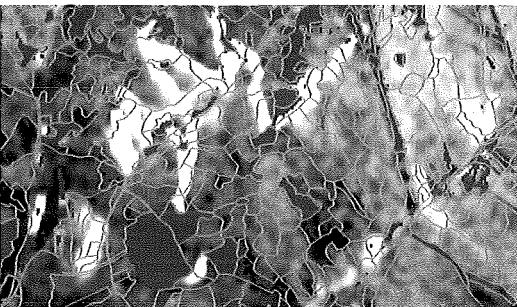
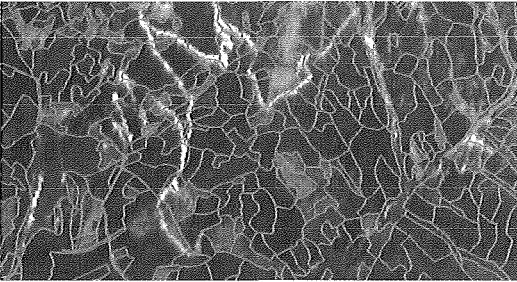
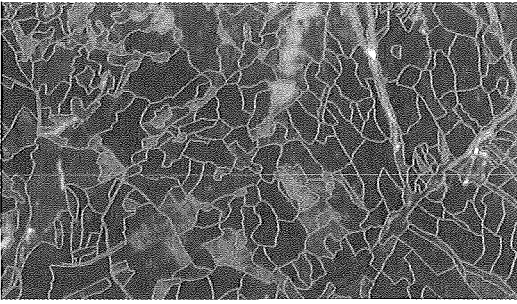


Abb. 1: Ganz oben: SPOT-PAN Satellitenbild aus dem Jahr 1992, darunter SPOT-PAN aus dem Jahr 1998. Das dritte Bild zeigt die Differenz der kalibrierten Daten. Ganz unten: Ergebnis – Kahlschläge / Wegebau / Erosionen in rot (über Orthophoto) dargestellt. In grün sind die Bestandesgrenzen aus einer Luftbildinterpretation dargestellt.

sind z.B. Kahlschläge, Forstwegebau und großflächig erodierte Flächen. Als erster Schritt erfolgt die Ableitung eines Konfidenzintervalls, das eine Unterscheidung signifikant geänderter

und nicht signifikant geänderter Flächen erlaubt. Das Konfidenzintervall wurde aus den relativ kalibrierten Bilddaten mittels linearer Regression ermittelt. Flächen, die eine größere Abweichung als das Konfidenzintervall aufweisen, wurden in weiterer Folge als signifikant geänderte Flächen ausgewiesen. Weiters wurden Masken der Flächen, die zu den jeweiligen Zeitpunkten eine Überschirmung über 30% aufweisen, mittels Schwellwertbildung von den Satellitenbilddaten abgeleitet. Als Ergebnis wurden in weiterer Folge jene Flächen ausgewiesen, die eine signifikante Zunahme der Rückstrahlung zeigen, im Jahr 1992 mit einer Überschirmung über 30% und im Jahr 1998 mit unter 30% ausgewiesen sind. Damit sind Flächen die von Wegebau, Kahlschlag, sowie Rodungen betroffen sind, erfaßt. Abbi.1 zeigt die wesentlichen Bearbeitungsschritte für einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes im Bereich Pfaffenberg bei Obervellach im Mölltal.

Die Ergebnisse wurden gemeinsam von Mitarbeitern des Instituts für Digitale Bildverarbeitung und der Landesforstdirektion Kärnten im Feld verifiziert. Als Grundlage für die Aufnahmen, die in den Bereichen Hühnersberg und Teuchl durchgeführt wurden, dienten Luftbildkarten 1:10.000 der Landesforstdirektion. Bis auf eine Fläche, die fälschlicherweise als Kahlschlag ausgewiesen war, wurden keine fehlerhaften Klassifizierungen festgestellt. Damit ist die erreichte Genauigkeit für großflächige Kartierungen von wesentlichen Änderungen wie Kahlschlägen, Schlägerungen infolge Wegebaus, Waldabnahme durch Erosion sowie Rodungen, gegeben. An der Entwicklung von Methoden zur Feststellung von weniger signifikanten Änderungen, wie beispielsweise Abnahme der Überschirmung infolge Durchforstung oder Vorlichtung, welche für die Bewertung der Schutzwirkung von großer Bedeutung sind, wird derzeit noch gearbeitet.

3. Einbeziehung historischer topographischer Karten

Für die Beurteilung der langfristigen Entwicklung der Schutzwälder wurde auf folgende historische topographische Kartenwerke, welche kostengünstig eine großflächige Auswertung erlauben, zurückgegriffen:

- *Militärgeographische Karte – 1:75.000*, Stand 1880 (aus der Dritten Landesaufnahme; Aufnahmemaßstab 1:25.000)
- *Österreichische Karte – 1:25.000*, Stand 1950.

Die Karten wurden gescannt und die Waldfläche direkt am Monitor digitalisiert. Im Vergleich



Abb. 2: Entwicklung der Waldflächen im Bereich Pfaffenberg. Waldflächen um 1880 in dunkelgrün, um 1950 in hellgrün und aus 1998 in rot dargestellt.

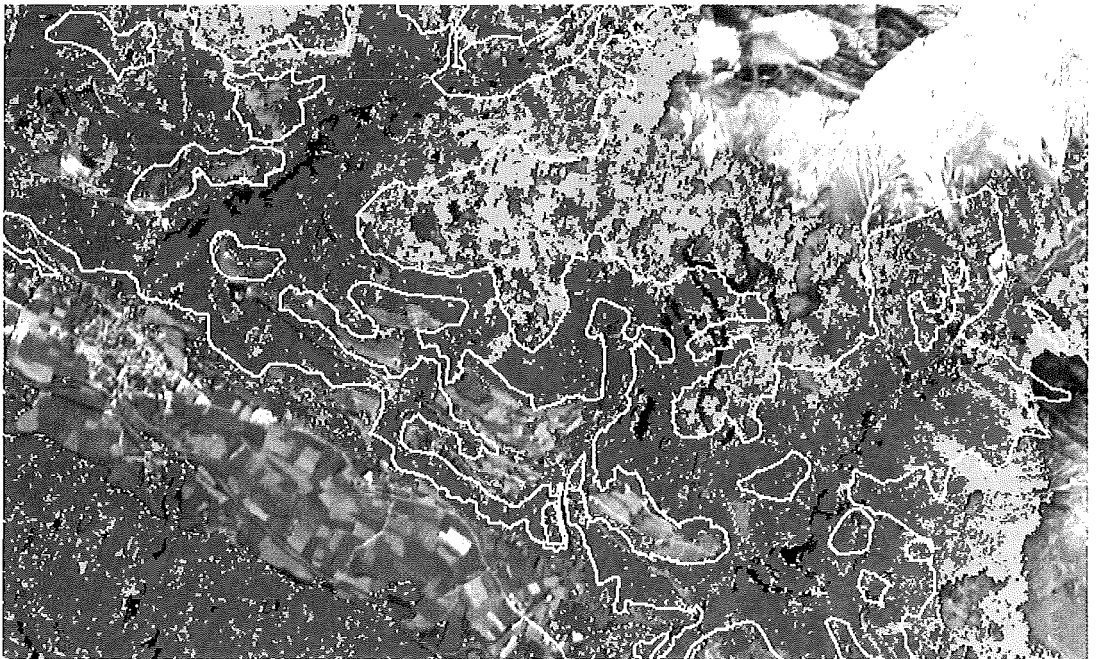


Abb.3: Überlagerung der Satellitenbildklassifikation aus dem Jahr 1998 mit der Waldgrenze, Stand 1880, in weiß. Überschirmung von über 60% in Grün und unter 60% in Gelb.

zu Satellitenbilddaten, die großflächig zu einem gegebenem Aufnahmezeitpunkt vorliegen, gibt es bei kartographischen Produkten in Bezug auf den Erfassungsstand Unklarheiten. So kann oft nicht genau bestimmt werden, in welchem Jahr eine abgebildete Fläche, Linie oder Signatur aufgenommen wurde. Es kann dementsprechend auch keine zeitlich exakte Zuordnung der digitalisierten Waldflächen vorgenommen werden. Während das für die Bewertung der langfristigen Entwicklung keine große Rolle spielt, kann dieser Umstand für die Bewertung der aktuellen Prozesse, für die oftmals eine genaue Zeitangabe der Veränderungen erforderlich ist, ein großes Problem darstellen. Aus diesem Grund wurde die aktuelle Waldgrenze nicht von topographischen Karten, sondern durch Auswertung von Satellitenbilddaten abgeleitet.

Die folgende Abbildung zeigt eine Waldflächenentwicklung über einen Zeitraum von 118 Jahren.

Ein Beispiel, wie die Projekt-Ergebnisse für die Interpretation der langfristigen Waldentwicklung eingesetzt werden können, zeigt Abb.3.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Durch die kombinierte Auswertung von multi-temporalen Satellitenaufnahmen und historischen topographischen Karten können zahlreiche für die Schutzwaldplanung wichtige Parameter großflächig abgeleitet werden. Die Ergebnisse sind Basisdaten, welche in der Zusammen-schau und Interpretation durch Forstexperten die wesentlichen Entwicklungsprozesse aufzeigen.

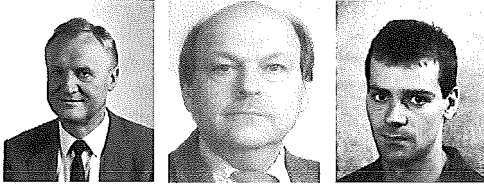
Sie erlauben beispielsweise die Beurteilung von Änderungen des Wasserhaushaltes in Wildbach – Einzugsgebieten, oder die Beurteilung von Sukzessionsprozessen im alpinen Raum. Da sämtliche Ergebnisse georeferenziert im GIS vorliegen, können sie unmittelbar mit weiteren relevanten Datenebenen wie Geologie, Neigung oder Schutzwaldkonzepten verknüpft werden.

Literatur

- [1] *Gallaun H., Schardt M., Etzold S., Pamser H., Pirkl H., Flaschberger G. (2001):* Fusion von Fernerkundungsdaten und GIS-Daten zur optimierten Informationsgewinnung in Landesinformationssystemen. BM:BWK -GZ.79.087/2-III/A/5/98 – Enderbericht, pp.93.
- [2] *SEMEFOR (2000):* „Satellite Based Environmental Monitoring of European Forests“, Final Report, EC Directorate General XII, Science, Research and Development, Contract ENV4-CT97-0398, pp.337.
- [3] *Granica K., Flaschberger, G., Gallaun H. und Schardt M. (2000):* Der Einsatz von GIS- und Fernerkundungsmethoden in der Schutzwald-Planung und im Schutzwaldcontrolling, AGIT 2000, 5. – 7. Juli, Salzburg.
- [4] *Gallaun H.; Schardt M., & Häusler T. (1999):* Pilot Study on Monitoring of European Forests. Tagungsband der Jahrestagung des Arbeitskreises „Interpretation von Fernerkundungsdaten der DGPF, 28.–29.4.1999,pp.9.
- [5] *Schardt M., Kenneweg H., Sagischewski H. (1995):* Upgrading of an integrated forest information system by use of remote sensing. Proc.of the IUFRO XX World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland,

Anschrift der Autoren

DI Heinz Gallaun, Dr. Mathias Schardt, Mag. Klaus Granica: JOANNEUM RESEARCH, Institut für Digitale Bildverarbeitung, Wastiangasse 6, A-8010 Graz; E-mail heinz.gallaun@joanneum.ac.at, mathias.schardt@joanneum.ac.at, klaus.granica@joanneum.ac.at
 DI Günther Flaschberger: Amt d. Kärntner LR, Abt. 10F, Landesforstdirektion, Bahnhofplatz 5, A-9021 Klagenfurt; E-mail: guenther.flaschberger@ktn.gv.at



Fernerkundung zur Sicherung der Wiener Wasservorräte

Karl Kraus, Josef Jansa, Lionel Dorffner, Günter Blöschl, Robert Kimbauer und Gerhard Kuschnig, Wien

Zusammenfassung

Die Initiative zum Projekt „Schneealpe“ kam von den Wiener Wasserwerken. Über Schneeschmelzmodellierung, die durch Wetterbeobachtungen gesteuert wird, soll der Vorgang der Schneeschmelze verfolgt werden und damit jederzeit Auskunft über das noch vorhandene Wasserpotential möglich sein. Das Modell muß über Satellitenaufnahmen kalibriert werden. Dazu wird in SPOT-Bildern die Schneebedeckung festgestellt. ERS Aufnahmen liefern Information über Feuchteveränderungen. Obwohl noch Verbesserungen notwendig sind, ist ein vielversprechender Anfang für den späteren Einsatz in der Praxis gemacht.

Abstract

The project „Schneealpe“ has been initiated by the Vienna Water Management Department. A snow-melt model controlled by weather observations, provides information about the melting process and can deliver information about the current snow water equivalent at any time. The model needs to be calibrated. Therefore, SPOT images were employed for classifying the extent of the snow cover, while ERS images are used for determining the moisture change. Although improvements are still necessary, a promising begin has been made for future utilisation in practice.

1. Einleitung

Als im Jahre 1998 die Wiener Wasserwerke ihr Interesse bekundeten, mittels Schneeschmelzmodellierung laufend über die noch vorhandenen, in Schnee gebundenen Wasserreserven im Gebiet der Quellen der Wiener Hochquellenwasserleitung informiert zu sein, wurde das Projekt „Schneealpe“ geboren. Es wurde zu einem großen Teil vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur gefördert. Die Magistratsabteilung 31 der Gemeinde Wien besorgte die Außendienste und kam für Kosten der Satellitendatenbeschaffung auf.

Drei Jahre der Beobachtung und Auswertung sind beendet. Diente das erste Jahr im wesentlichen dem Aufbau der Modellierung des Schneeschmelzvorganges, der Bereitstellung der Grundlagen und der Aufbereitung der Satellitendaten für die wirkungsvollen Einbindung in die Kalibrierung des Modelles, so war die zweite Kampagne, jene des Jahres 1999, der Etablierung des Systems als praxisnahes Werkzeug gedacht. Die dritte Beobachtungsperiode im Jahre 2000 sollte schließlich als Bestätigung der Brauchbarkeit des Auswerteverfahrens dienen, um einen Plan für die Installierung in der Praxis der Wiener Wasserwerke entwickeln zu können. Die folgenden Ausführungen sollen zeigen, daß man dem Idealziel eines funktionierenden Schneeschmelz-Monitorings deutlich näher gekommen ist.

2. Das Schneeschmelz-Modell

Das Schneeschmelzmodell basiert auf den physikalischen Vorgängen in der Schneedecke und wurde von G. Blöschl [1] am Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft (IHGW) entwickelt. Es benötigt als Eingabedaten kontinuierliche hydrometeorologische Beobachtungen, die von Wetterstationen im Gebiet der Schneealpe automatisch registriert werden. Das Modell simuliert anhand der Wetterdaten und der die topographischen Eigenschaften des Gebietes beschreibenden Daten die Schneeakkumulation bzw. die Schneeschmelze. Theoretisch benötigt das Modell keine weiteren Beobachtungen. Tatsächlich entspricht die Simulation nicht in jeder Beziehung den realen Gegebenheiten, wofür mehrere Gründe verantwortlich sind, u.a.:

- Unzureichende Erfassung oder Berücksichtigung topographischer Parameter
- Vereinfachungen im hydrologischen Modell
- Unzureichende oder mangelhafte Erfassung der meteorologischen Werte

Das Modell bedarf daher einer Kalibrierung, welche die aufgehäuften Simulations-Unge nauigkeiten korrigiert.

3. Vorarbeiten

Aus Farbinfrarot-Lufbildern (Bildmaßstab 1:15000) wurde stereo-photogrammetrisch ein Digitales Geländemodell (DGM) abgeleitet, wobei

wegen der besonderen Charakteristik des Geländes viele Geländekanten und Formlinien erfaßt wurden. So entstand unter Anwendung des Programmes SCOP [2] ein qualitativ hochwertiges DGM, aus welchen verschiedene weitere Parameter abgeleitet werden konnten. Es sei hier nur auf den sogenannten lokalen Horizont hingewiesen, der als 16-kanaliges Rasterbild (20 m x 20 m Rasterweite) zur Verfügung gestellt wurde. Die 16 Werte in jedem Rasterpunkt entsprechen den Horizonthöhen in 16 Richtungen, was dem von der GPS-Planung her bekannten „Skyplot“ entspricht.

Dieselben Farbinfrarot-Luftbilder wurden auch verwendet um eine genaue visuelle Bodenbedeckungskartierung durchzuführen. Insgesamt wurden 33 Klassen gewählt, wovon allein 27 auf Wald entfallen. Als Kriterien galten Standhöhen, Standdichten und Bestandsarten.

4. Einsatz der Fernerkundung

Die Aufgabe der Fernerkundung ist es, aus Satellitenaufnahmen Schneebedeckungsmuster bzw. Feuchtigkeitsänderungsmuster abzuleiten, mit denen das Schneeschmelzmodell kalibriert werden kann. Dafür war das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (I.P.F.) verantwortlich.

4.1 Satelliten mit optischen Sensoren

Es wurde entschieden, viermal pro Schneeschmelzperiode, die grob von Mitte Februar bis Ende Mai reicht, eine Satellitenaufnahme zu beschaffen und daraus die Schneebedeckung zu klassifizieren. Wie eine vorangegangene Analyse von Wettersatellitenbildern gezeigt hatte war wegen häufiger Wolkenbedeckung in diesem Gebiet Flexibilität bei der Aufnahmeplanung ein Muß. Die Entscheidung fiel daher für die programmierbare SPOT-Familie, wo derzeit drei gleichartige Satelliten im Orbit sind und es damit deutlich mehr Aufnahmemöglichkeiten als bei anderen Systemen gibt. Als Nachteil ist leider die eingeschränkte spektrale Auflösung anzumerken, wodurch die Möglichkeiten der Schneeklassifizierung etwas reduziert sind. In allen drei Projektjahren kamen die gewünschten 4 Aufnahmen pro Schmelzperiode zustande (siehe Tabelle 1). Mit den anderen optischen Satelliten wäre dies nicht möglich gewesen.

1998	1999	2000
18.2.	27.2.	28.2.
20.2.	19.3.	22.3.
31.3.	10.5.	3.5.
8.5.	6.6.	27.5.

Tab.1.: Aufnahmedaten von SPOT

4.2 Radar-Satellitendaten

Im Jahre 1999 stellte die ESA (European Space Agency) im Rahmen eines sogenannten Announcement of Opportunities ERS SAR Aufnahmen kostenlos zur Verfügung. Der große Vorteil von SAR-Aufnahmen (Synthetic Aperture RADAR) liegt in deren Wolkendurchdringung. Aufnahmen dieser Art werden gerne für Schneebeobachtungen eingesetzt und haben sich auch in alpinen Regionen bewährt [3]. Eine Besonderheit im Hochgebirge sind allerdings Layover-, Foreshortening- und Shadow-Effekte, die eine flächendeckende Auswertung einer Aufnahme unmöglich machen. Wie eine Geländeanalyse zeigt, können im Interessensgebiet solche Effekte fast 50% eines Bildes betreffen, was jedoch durch eine Aufnahme aus der Gegenrichtung kompensiert werden kann. Die dazu erforderliche Kombination von Szenen aus „absteigenden“ (nord-süd fliegenden) und „aufsteigenden“ (süd-nord) Bahnen konnte wegen der Einschränkungen bei Nachtüberflügen durch den Satelliten-Betreiber ESA nicht immer umgesetzt werden (siehe Tabelle 2).

Vom absteigenden Pfad (ca. 9:00 Uhr)	Vom aufsteigenden Pfad (ca. 21:00)
11.2.	11.2
18.3	18.3.
22.4.	
27.5.	27.5.
1.7.	

Tab.2. ERS Aufnahmen des Jahres 1999

Die Aufnahme von 1. Juli 1999 sollte als schneefreie und trockene Referenz gelten. Es stellte sich aber heraus, daß es kurz vorher geregnet hatte und damit diese Aufnahme als „Trockenreferenz“ absolut nicht geeignet war. In der Folge wurde daher die Aufnahme von 11. Februar als Referenz herangezogen, da zu diesem Zeitpunkt im wesentlichen trockener Schnee gelegen sein sollte.

Für die geometrische Rektifizierung wurde in allen Fällen ein parametrischer Ansatz gewählt. Zum Einsatz gelangte das Programm ORIENT [4].

5. Schneeklassifizierung mit SPOT

SPOT-Aufnahmen dienen der Feststellung der Schneebedeckung. Es wurden insgesamt vier Schneebedeckungsklassen gewählt: kein Schnee, stark lückige, leicht lückige sowie durchgehende Schneedecke. Bei der Interpreta-

tion der Ergebnisse ist vor allem in Waldgebieten Vorsicht geboten, wo aus dem Satellitenbild die Schneelage nicht erfaßt werden kann. Wenn die Kronen selbst bereits schneefrei sind lautet das Klassifikationsergebnis „schneefrei“, auch wenn der Waldboden noch vollständig bedeckt ist.

Für die Schneeklassifizierung wurden, je nach Satellitenbild, verschiedene Methoden gewählt. Im folgenden wird soll auf einen Ansatz mit unüberwachter Klassifizierung mit ISODATA und auf die Verwendung des Normalised Difference Snow Index eingegangen.

Als eines der größten Probleme für die Klassifizierung stellten sich die Beleuchtungsverhältnisse heraus, besonders zu den Terminen im Feber und März. Einerseits gibt es Überstrahlungen, andererseits starke Eigen- und Schlagschatten. Ein radiometrischer Korrektur-

ansatz lieferte keine zufriedenstellenden Ergebnisse, da es offensichtlich eine starke gegenseitige Beleuchtung gibt, die durch die hellen Schneefelder verursacht wird. Der Einsatz der überwachten Klassifizierung wurde bald als zu aufwendig aufgegeben. Die unüberwachte Klassifizierung lieferte nur dann gute Ergebnisse, wenn man deutlich mehr als hundert Klassen zuließ, was aber wiederum bei der anschließenden visuellen Klassenzuweisung sehr aufwendig wurde.

Der letztlich gewählte Ansatz geht zwar wieder von den zum Zeitpunkt der Aufnahme geltenden Beleuchtungsverhältnissen aus, ist aber nicht so strikt wie die radiometrische Korrektur. Das ganze Satellitenbild wird unterteilt in Gebiete ähnlicher Beleuchtungsverhältnisse und jedes dieser Gebiete wird einer getrennten ISODATA-Klassifizierung unterworfen. Dadurch kann die

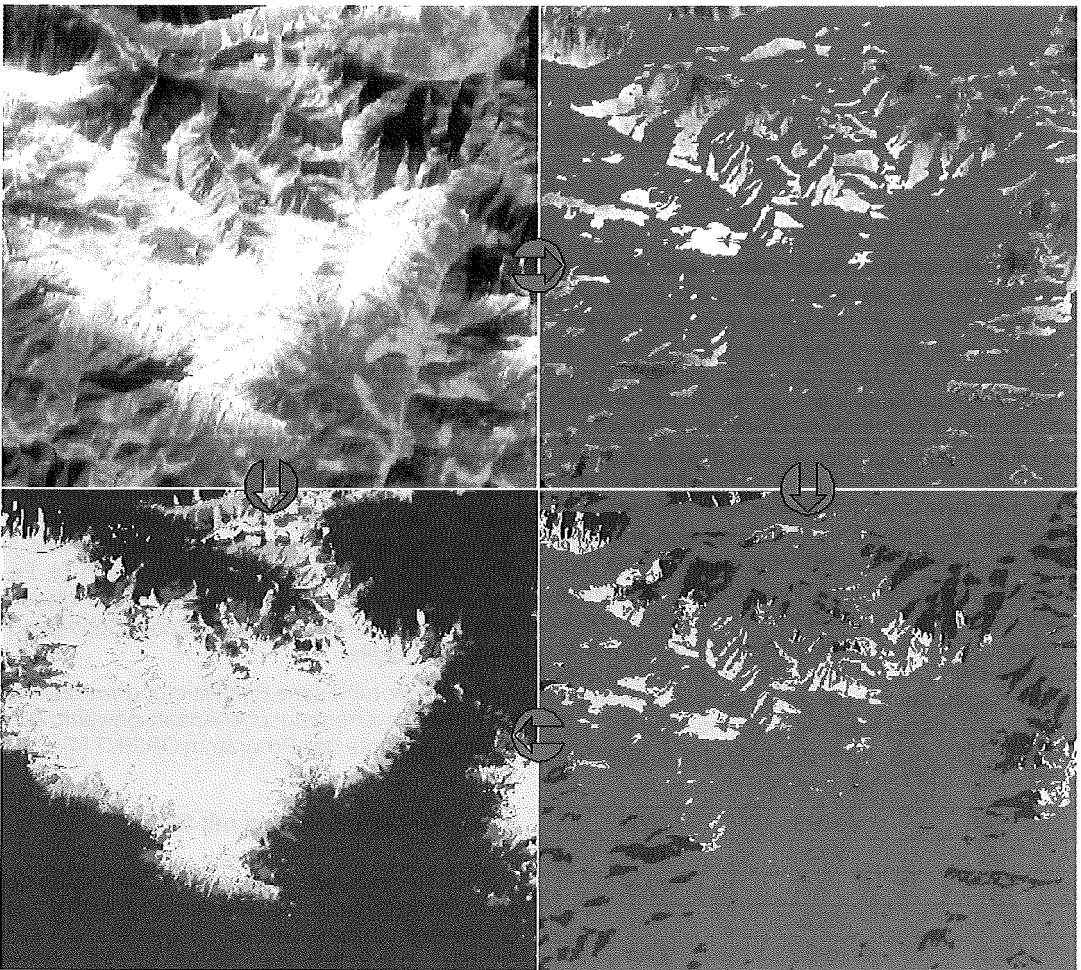


Abb. 1: SPOT XS und Teil-Klassifizierungen

Klassenanzahl überschaubar gehalten werden. Die klassifizierten Teilgebiete werden schließlich zum klassifizierten Gesamtbild zusammengefaßt. Abb.1 zeigt das original SPOT-XS-Bild (l.o.), eine herausgeschnittene Beleuchtungskategorie und ihre Klassifizierung (rechts) und schließlich das Endresultat (l.u.) (gelb = Schnee, hellgrün = lückig, dunkel = schneefrei).

In der Praxis der Schneeklassifizierung hat sich der NDSI (normalised difference snow index) bewährt, der die spektralen Schnee-Eigenschaften im mittleren Infrarot und im sichtbaren Bereich ausnützt. Da die meisten zur Verfügung stehenden SPOT-Aufnahmen XS-Mode-Bilder sind (Grün, Rot, nahes Infrarot), kann der NDSI im Standardfall nicht verwendet werden. Eine der Aufnahmen, jene vom 22.3.2000 (siehe Tab. 1), war im XI-Mode verfügbar. Von diesem Termin wurde die Klassifizierung auch mit dem NDSI durchgeführt. Es stellte sich heraus, daß dadurch der Aufwand verglichen mit der multispektralen Klassifikation um ein Vielfaches geringer gehalten werden konnte. Man muß auf jeden Fall überlegen, ob der etwas teurere Anschaffungspreis nicht durch den deutlich geringeren Auswerteaufwand kompensiert werden kann. Abbildung 2 zeigt das Original und das Klassifizierungsergebnis (gelb = Schnee, gold = lückige Decke, hellgrün = stark lückige Decke, dunkel = schneefrei).

6. Schneeklassifizierung mit ERS SAR

Die Auswertung der ERS SAR Bilder erfolgte in der aus der Literatur bekannten Weise [5]. Das Referenzbild vom 11.2.1999 (siehe Tab.2) wurde

mit den Bildern vom 18.3., 24.4. und 27.5. über eine Ratio-Bildung verglichen. Außerdem wurden die Bilder vom aufsteigenden und absteigenden Pfad kombiniert, sodaß die Bereiche die wegen Layover oder Foreshortening nicht brauchbar sind, minimiert werden konnten. Da vom 24. April jedoch kein Bild vom aufsteigenden Pfad existiert, gibt es hier fast 50% nicht auswertbare Bereiche.

Die Auswertung der ERS SAR Bilder gibt eine Information über die Feuchteveränderung des Schnees. Da diese auch in der Modellsimulation erhalten werden kann, eignen sich diese Auswertungen ebenfalls für Kalibrierungszwecke.

7. Modellergebnisse und Schlußfolgerungen

Das Modell liefert die aktuelle Schneelage beginnend vom ersten Schneefall bis zu letzten abgeschmolzenen Schneerest. Im Augenblick, in dem die hydrometeorologischen Meßdaten einlangen, wird der momentane Zustand aktualisiert. Unter der Annahme, daß die Meßdaten fernübertragen werden können, wäre es möglich, im Labor durch die Modellierung genau über die Schneelage informiert zu sein. Der Weg zu einem Monitoring- und Frühwarnsystem ist offen. Im Augenblick erfolgen noch häufige Kalibrierungen über Fernerkundungsaufnahmen. Es ist aber zu erwarten, daß der Kalibrierungsaufwand in Zukunft stark reduziert werden kann, sobald für ein Gebiet kritische, ortstypische Modellparameter bestimmt worden sind.

Die allernächsten Schritte werden die Übertragung des derzeitigen Systems auf andere Quell-

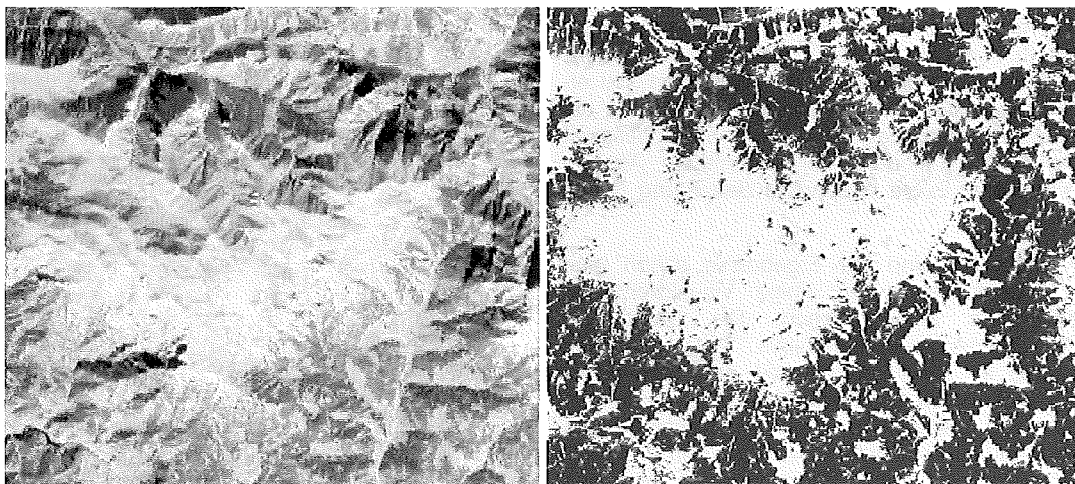


Abb.2: SPOT XI und NDSI-Klassifizierung

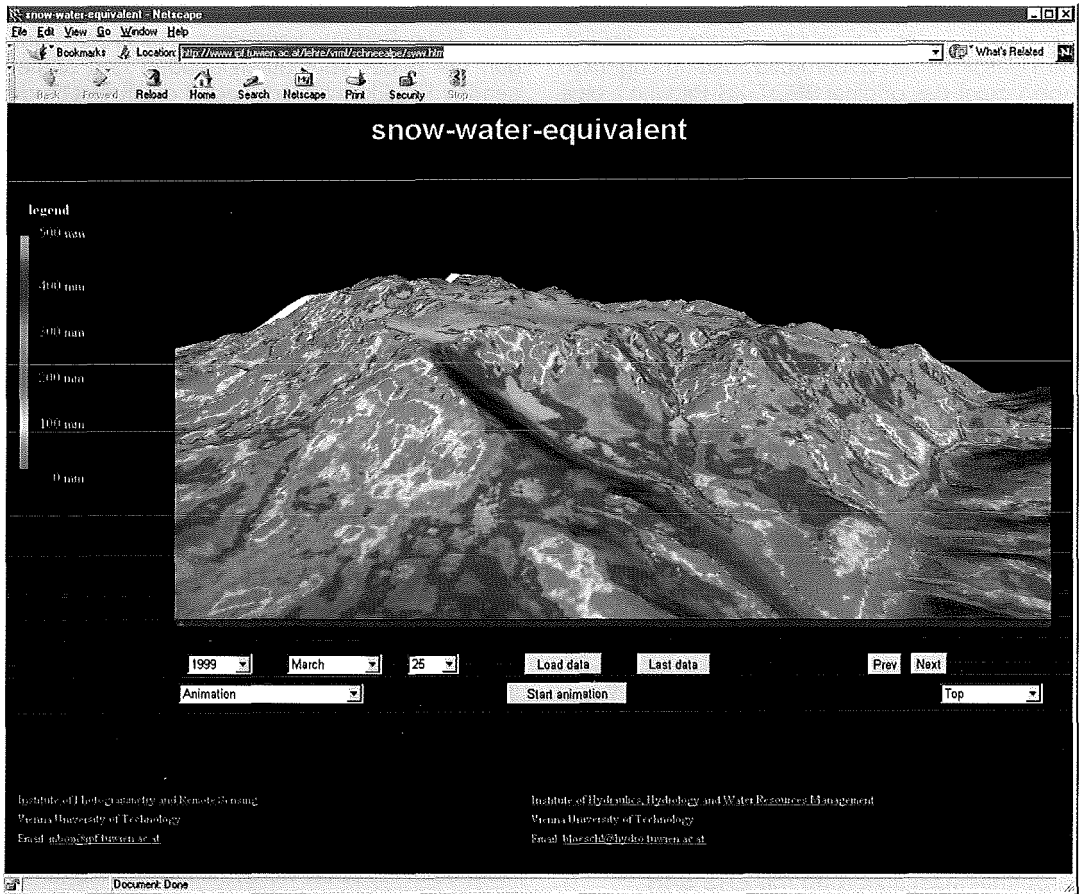


Abb.3: VRML-Visualisierung

gebiete betreffen. Außerdem wird versucht werden, einen Zusammenhang zwischen den gemessenen Quellschüttungen und den Abflußberechnungen im Modell zu finden. Hier ist eine Zusammenarbeit mit der Karstforschung ins Auge gefaßt. Auch die bessere Einbindung der Bodenbedeckung in die Schmelzmodellierung soll einen weiteren Fortschritt bringen. Leider ist ein Schwachpunkt die relativ hohe Störanfälligkeit der Wetterstationen. Bei zukünftigen Ausbau wird dieser Punkt besondere Beachtung finden müssen.

Insgesamt sind die Ergebnisse schon jetzt zufriedenstellend und einige Visualisierungen besonders beeindruckend. Die Darstellung des Interessensgebietes als 3-dimensionales Modell im VRML-Format mit den Modellwerten (z.B. Schneewasseräquivalent) als Funktion der Zeit ermöglicht dem Analysefachmann, den räumlich-zeitlichen Ablauf der Schneeschmelze auf dem Bildschirm zu verfolgen (siehe Abb.3).

Referenzen

- [1] Blöschl, G., Kirnbauer R.(1991): Point snowmelt models with different degrees of complexity – internal processes. Journal of Hydrology, 129, pp.127–147.
- [2] I.P.F.: Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien, Produktinformation SCOP über die Adresse (Stand Juli 2001): http://www.ipf.tuwien.ac.at/produktinfo/scop/englisch/scop_e.html
- [3] Shi, J., Dozier J., Rott H. (1994): Snow Mapping in Alpine Regions with Synthetic Aperture Radar. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol.32/1, pp.152–158.
- [4] I.P.F.(Juli 2001): Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien, Produktinformation ORIENT: http://www.ipf.tuwien.ac.at/produktinfo/orient/html_hjk/orient.html
- [5] Nagler, Th., Rott H.(2000): Retrieval of Wet Snow by Means of Multitemporal SAR Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.38/2, pp.754–765.

Anschrift der Verfasser

Univ.-Prof.Dr. Karl Kraus, a.o.Univ.-Prof. Dr. Josef Jansa, DI. Lionel Dorffner: Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien, Gußhausstraße 27–29, A-1040 Wien a.o.Univ.-Prof.Dr. Günter Blöschl, Dr. Robert Kirnbauer: Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft, TU Wien, Karlplatz 13, A-1040 Wien Dr.Gerhard Kuschnig, MA 31 / Wiener Wasserwerke, Rathaus, A-1082 Wien



Einsatzmöglichkeiten der Radarinterferometrie zur Überwachung von Hangbewegungen und Absenkungen

Helmut Rott, Christoph Mayer und Thomas Nagler,
Innsbruck

Zusammenfassung

Methodische Grundlagen der differentiellen Radarinterferometrie (DINSAR), die es ermöglichen von Satelliten aus Bewegungen an der Erdoberfläche mit großer Genauigkeit zu messen, werden erläutert. Fallbeispiele für die Kartierung von langsamen Hangbewegungen in hochalpinen Gebieten und für die Analyse von Absenkungen einzelner Gebäude in städtischen Gebieten werden vorgestellt. Das Anwendungspotential von DINSAR wird diskutiert.

Abstract

Basic methods of differential radar interferometry (DINSAR), enabling measurements of surface motion from repeat-pass satellite images with very high accuracy, are briefly reviewed. Case studies are presented for mapping very slow slope movements in high Alpine areas and for monitoring subsidence of single houses in urban areas. The application potential of DINSAR is discussed.

1. Einleitung

Die Methode der differentiellen Radarinterferometrie (DINSAR) bietet die Möglichkeit, Bewegung und Deformation an der Erdoberfläche mit großer Genauigkeit zu messen. Grundlage dafür sind Wiederholungsaufnahmen mit bildgebenden Radarsystemen (Radar mit synthetischer Apertur, SAR). Auf Grund der hervorragenden Stabilität des SAR und der präzisen Navigation brachten die Europäischen Fernerkundungssatelliten ERS-1 (Juli 1991 bis März 2000) und ERS-2 (seit April 1995 in Erdumlauf) einen Durchbruch für die Anwendung der DINSAR Technik. Zahlreiche Anwendungsgebiete wurden erschlossen, wie z.B. die Kartierung von seismisch bedingter Deformation, von Oberflächen deformation in vulkanischen Gebieten, von Absenkungen zufolge Grundwasserentnahme und Bergbauaktivität, und von Gletscherbewegung [1].

Im Rahmen eines Projekts zur „International Decade for Natural Disaster Reduction“ (IDNDR), gefördert von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, wurden Methoden zur Erfassung von Hangrutschungen mittels DINSAR entwickelt.

2. DINSAR Methoden zur Überwachung langsamer Bewegungen

2.1 Grundlagen der Radarinterferometrie

Ein Interferogramm wird durch pixelweise Multiplikation des komplexen (aus Amplitude und

Phase bestehenden) Signals von zwei SAR Bildern berechnet, die aus ähnlichen Positionen der Antenne im Raum aufgenommen wurden. Bei ERS beträgt der Wiederholungszyklus im Standardmodus 35 Tage. In der Zeit, in der ERS-1 und ERS-2 gleichzeitig in Betrieb waren, der „ERS Tandem Mission“, bestand die Möglichkeit, unter Verwendung beider Satelliten die Erdoberfläche in eintägigen Abständen aufzunehmen.

Ein Interferogramm stellt eine Abbildung der Differenz der Phase des Signals von zwei SAR Bildern in Radargeometrie dar, wobei die Phasendifferenz ($\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$) einer Änderung der Weglänge ΔR in Richtung des Radarstrahls, also quer zur Flugrichtung des Satelliten, entspricht:

$$\Delta\phi = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta R \quad (1)$$

ERS SAR arbeitet bei einer Wellenlänge, λ , von 5,66 cm; der Einfallswinkel, θ , im Zentrum des 100 km breiten Bildstreifens ist 23°. Ein Interferogramm gibt die Phase zyklisch in 2π wieder, wobei ein Phasenzyklus einer Weglängenänderung von 2,88 cm entspricht. Die gesamte Phasendifferenz setzt sich aus folgenden Beiträgen zusammen:

$$\Delta\phi = \phi(\text{flach}) + \phi(\text{topo}) + \phi(\text{bew}) + \phi(\text{atm}) + \phi(\text{n}) \quad (2)$$

wobei $\phi(\text{flach})$ die Phasendifferenz auf Grund der Änderung des Einfallswinkels auf der flachen Erde ist, $\phi(\text{topo})$ auf Grund topographischer Höhenänderungen, $\phi(\text{bew})$ zufolge von Bewegung der Oberfläche und $\phi(\text{atm})$ zufolge unterschiedli-

cher Ausbreitungsbedingungen in der Atmosphäre. $\phi(n)$ sind rauschbedingte Phasenänderungen, die primär durch zeitliche Änderungen der Rückstreuungseigenschaften der Oberfläche, aber auch durch thermisches Rauschen des Sensors bedingt sind.

$\phi(\text{flach})$ und $\phi(\text{topo})$ sind proportional zu derjenigen Komponente der Basislinie, B_n , zwischen den beiden Aufnahmepunkten, die senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Radarstrahls steht:

$$\Delta\phi(\text{flach}) = \frac{4\pi}{\lambda} \frac{B_n \Delta R}{R_0 \tan \phi}; \quad \Delta\phi(\text{topo}) = \frac{4\pi}{\lambda} \frac{B_n \Delta z}{R_0 \sin \phi} \quad (3)$$

R_0 ist die Distanz zwischen Satellit und Erdoberfläche. Bei ERS SAR entspricht z.B. ein Phasenzyklus von 2π bei $B_n = 20$ m einem Höhenunterschied, Δz , von 480 m und für $B_n = 200$ m einem $\Delta z = 48$ m. Dies zeigt, dass man für Bewegungskartierung nach Möglichkeit interferometrische Bildpaare mit kurzen Basislinien verwenden sollte, da $\phi(\text{bew})$ unabhängig von der Basislinie ist.

Der Phasenbeitrag der flachen Erde, $\phi(\text{flach})$, kann mit Hilfe präziser Orbitdaten exakt berechnet werden. Die topographische Phase, $\phi(\text{topo})$, wurde direkt aus Tandem Daten berechnet (siehe linker Teil von Abb.1), da in eintägigen Intervallen der Phasenbeitrag der Hangbewegungen zu vernachlässigen ist. Um Einflüsse von $\phi(\text{atm})$ und von $\phi(n)$ für die Berechnung von $\phi(\text{topo})$ weitgehend zu eliminieren, wurden mehrere Tandempare kombiniert.

2.2 DINSAR Methode zur Kartierung von Hangbewegungen

Abb.1 zeigt die wesentlichen Schritte zur Ableitung einer Karte der Hangbewegung aus ERS SAR Daten. Als Datenbasis werden einerseits Tandem Paare mit eintägigen Zeitintervallen verwendet, um topographische Phase und Höhenmodell zu berechnen, andererseits Bildpaare über ein- oder mehrjährige Zeitintervalle, die zu-

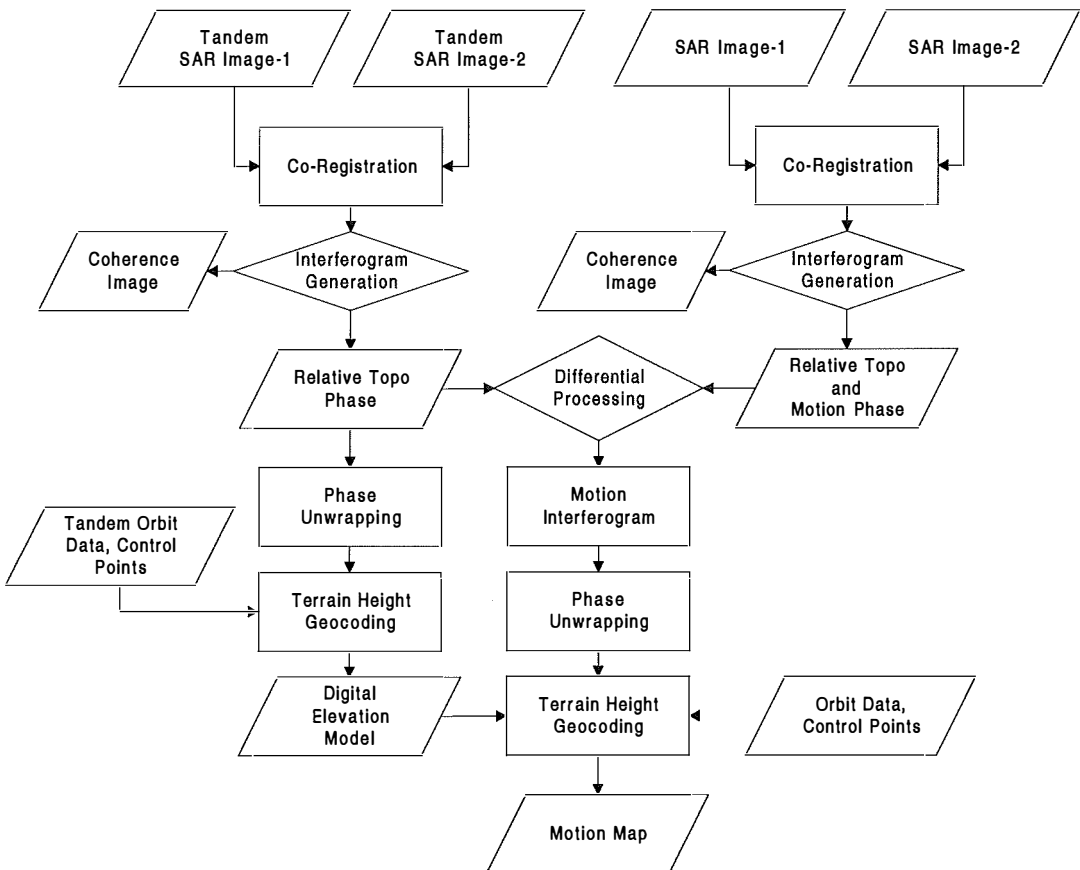


Abb.1: Flussdiagramm der wesentlichen Bearbeitungsschritte für die Kartierung von Hangbewegungen mittels DINSAR.

nächst Phasendifferenzen zufolge von Topographie und Bewegung aufweisen. Ein wesentlicher Schritt zu Beginn der Bearbeitung ist die exakte Koregistrierung der Bilder (auf etwa 0,1 Pixel).

Aus eintägigen- und ein- (bzw. mehr- jährigen) Interferogrammen wird mittels differenzieller Analyse ein Interferogramm berechnet, das im wesentlichen nur mehr die bewegungsbedingte Phase enthält. Atmosphärische Einflüsse spielen bei kleinräumigen Bewegungsanalysen im Gebirge eine geringe Rolle. Der wesentliche Störfaktor ist die zeitliche Dekorrelation der Phase auf Grund von Änderungen an der Oberfläche. Voraussetzung für interferometrische Analysen ist Kohärenz des Signals der beiden Radarbilder. In Gebieten mit dichter Vegetation dekoriert das Signal meist schon innerhalb weniger Tage.

Gemeinsam mit Interferogrammen werden Kohärenzbilder berechnet, mit deren Hilfe inkohärente Teilbereiche des Bildes, für die eine interferometrische Analyse nicht möglich ist, eliminiert werden. Kohärenzdaten sind auch für die Überführung der zyklischen Phase in die absolute Phase (Phase Unwrapping) wichtig, um Fehlinterpretation in Gebieten mit geringer oder fehlender Kohärenz zu vermeiden. Nach dem Phase Unwrapping wird die bewegungsbedingte absolute Phase, die zunächst in Radarprojektion vorhanden ist, mit Hilfe digitaler Höhendaten, die von der Tandem Analyse oder von anderen Quellen stammen, in eine Bewegungskarte übergeführt.

Die bewegungsbedingte Phasenänderung resultiert aus der skalaren Änderung der Entfernung, (R , zwischen Aufnahmeposition und Erdoberfläche im Zeitraum zwischen den beiden SAR Aufnahmen, wobei für die Berechnung der Geschwindigkeit eine relative Messung zu einem unbewegten Objekt im Bild notwendig ist. Es wird nur die Komponente des Bewegungsvektors gemessen, die in Richtung des Radarstrahls orientiert ist. Wenn man das Koordinatensystem so wählt, dass y die Richtung des Radarstrahls projiziert auf eine horizontale Fläche beschreibt und z die Vertikale ist, so entspricht bei ERS einer Phasendifferenz von 2π eine horizontale Verschiebung, Δy , von 7,24 cm oder eine vertikale Verschiebung, Δz , von 3,07 cm:

$$\Delta\phi = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta R = \frac{4\pi}{\lambda} (\Delta y \sin \theta - \Delta z \cos \theta) \quad (4)$$

Die Genauigkeit der Analyse der Phasenänderung liegt bei der flächenhaften INSAR Methode bei wenigen Millimetern. Der zeitliche Abstand der SAR Aufnahmen ist so zu wählen, dass ein ausreichendes Signal vorhanden ist. Für die un-

tersuchten Hangbewegungen im Bereich von wenigen Zentimetern pro Jahr wurden Zeitintervalle von ein oder zwei Jahren gewählt. Bilder mit Schneebedeckung wurden nicht verwendet, da die Schneedecke Phasenänderungen verursacht und das Signal dekoriert.

Die Einschränkungen von DINSAR von Seite der Kohärenz und Bildgeometrie wurden für Testgebiete in den Ötztaler und Zillertaler Alpen untersucht. Es zeigte sich, dass die flächenhafte interferometrische Methode der Bewegungskartierung primär für Gebiete oberhalb der Waldgrenze geeignet ist, wobei je nach Topographie und Oberflächenbeschaffenheit gute DINSAR Analysen für 50 bis 70 % der Fläche in diesen Höhenstufen möglich sind [2].

2.3 DINSAR Analyse einzelner Pixel

In Gebieten mit Bewuchs kann man mit der Methode der permanenten Streuer Bewegungsanalysen einzelner Objekte (z.B. Häuser, Strassen etc.) durchführen, die zeitlich stabiles Rückstreuverhalten aufweisen [3]. Dafür werden Zeitserien von SAR Bildern über mehrere Jahre hinweg benötigt. Zunächst werden in den Bildern mittels Analyse der zeitlichen Variabilität der Radar-Rückstreuung Pixel identifiziert, deren Phase zeitlich konstant ist (permanente Streuer, PS). Für jedes einzelne Pixel werden aus der Zeitserie der SAR Bilder die verschiedenen Beiträge zur Rückstreuung (Gleichung 2) iterativ ermittelt. Dabei werden die Beiträge $\phi(\text{flach})$ und $\phi(\text{topo})$ zunächst mit Hilfe präziser Orbitdaten berechnet. $\phi(\text{atm})$ wird über ein lokales Ensemble von PS-Pixeln abgeschätzt, da dieser Beitrag über kurze Distanzen sehr stark korreliert ist. Für die Korrektur der atmosphärischen Einflüsse sollten mindestens 5 PS pro km^2 vorhanden sein. Im Innsbrucker Raum wurden z.B. in ERS Zeitserien einige hundert PS pro km^2 identifiziert.

Die Phasenresiduen durch zeitliche Dekorrelation sind für permanente Streuer sehr gering, so dass nach Elimination der oben erwähnten Phasenbeiträge der bewegungsbedingte Phasenbeitrag, $\phi(\text{bew})$, übrig bleibt.

3. Fallbeispiele für Bewegungsanalysen mit DINSAR

Aus einem Datensatz von etwa 50 ERS-1 und ERS-2 Bildern aus fünf verschiedenen Umlaufbahnen wurden flächendeckende DINSAR Analysen für die Österreichischen Alpen vom Kautertal bis zu den Niederen Tauern durchgeführt. Es wurden zahlreiche Hänge identifiziert, die

Oberflächenbewegungen im Zentimeterbereich aufweisen.

Abb.2 zeigt ein Beispiel der interferometrischen Analyse für einen Rutschhang im Weertal südwestlich von Innsbruck, das in der Quarzphyllitzone der Tuxer Alpen liegt. Die Rutschzone befindet sich auf einem nach Westen orientierten Hang, erstreckt sich fächerförmig über einen Höhenbereich von 500 m und ist im unteren Teil etwa 600 m breit. Abb. 2a) zeigt ein Tandem Interferogramm in Radargeometrie, das als Referenz für die topographische Phase verwendet wurde. Die Basislinien-Normale, des verwendeten Bildpaares beträgt 274 m, sodass ein Phasenzyklus von 2π einem Höhenunterschied von 35 m entspricht. Die Radarbeleuchtung erfolgt in dem Bild, das aus der absteigenden Umlaufbahn aufgenommen ist, von Osten. Deshalb wird der Westhang unterhalb des Roßkopf gut aufgelöst, während der Osthang unterhalb des Nafingkopfes im SAR Bild stark komprimiert wird.

lysen für einen Hang über dem Gepatschstausee im Kaunertal für die Jahre 1992 bis 1999. Die Geschwindigkeiten wurden aus den Interferogrammen unter der Annahme hangparalleler Bewegung berechnet. Im untersten Bereich des Hanges ist wegen der Bewaldung eine interferometrische Analyse nicht möglich, im oberen Bereich wirkten sich in einzelnen Jahren persistente Schneefelder störend aus. Dennoch erkennt man deutlich zwei Maxima der Bewegung, eines unter dem Gipfel, eines im unteren Hangbereich. Die Gleitgeschwindigkeit schwankt von Jahr zu Jahr relativ stark; die Schwankungen korrelieren mit dem Sommerniederschlag [4].

Ein Beispiel für die Analyse der Bewegung von zwei permanenten Streuern aus dem Stadtgebiet von Innsbruck (Höttinger Au) zeigt Abb.4. Die Analyse beruht auf 29 ERS-1 und ERS-2 SAR Bildern aus dem Zeitraum von Sommer 1995 bis Sommer 2000. Die offenen Kreise in Abb. 4 zeigen die abgeleitete relative Position eines Gebäudes, das keine Bewegung aufweist, wie der

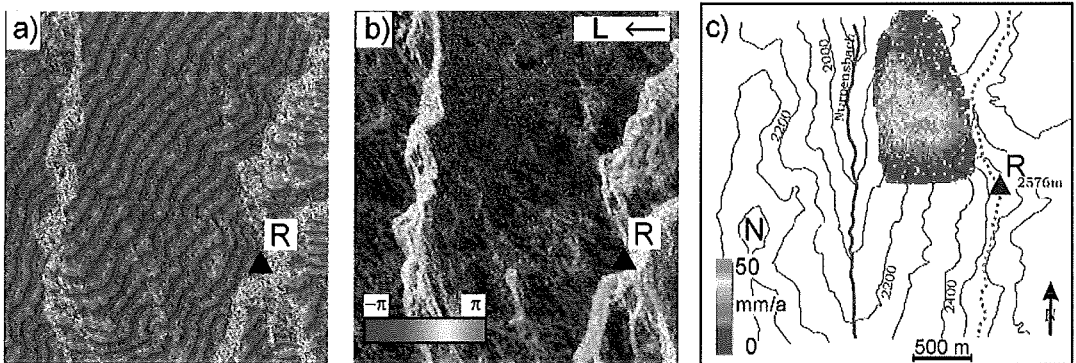


Abb.2: DINSAR Analyse eines Rutschhanges im Weertal, südwestlich von Innsbruck. R – Roskopf (2576 m), N – Nafingkopf (2454 m). Der Pfeil zeigt die Richtung des Radarstrahls. (a) Relative Phase aus dem ERS Tandem Paar 24./25.9.1995. (b) Bewegungsbedingte Phase aus dem Bildpaar 3.7.1992/27.8.1993. (a) und (b) sind in Radargeometrie dargestellt; ein Farbzyklus entspricht einer Phasenänderung von 2π . (c) Karte der Oberflächenbewegung aus der DINSAR Analyse (farbkodiert).

Abb.2b zeigt die bewegungsbedingte Phase, ebenfalls in Radargeometrie. Der Rutschhang weist (in violetter Farbe dargestellt) im Vergleich zu Umgebung eine Phasenverschiebung von etwa (Radian auf. Nach Geokodierung des Phasenbildes unter Verwendung eines digitalen Höhenmodells wurde unter Annahme hangparalleler Bewegung eine Bewegungskarte berechnet (Abb. 2c). Die Rutschung zeigt im zentralen Bereich eine Bewegung bis zu 4 cm pro Jahr, die Geschwindigkeit nimmt zu den Randzonen hin etwas ab.

Als Beispiel für eine Zeitserie der Hangbewegung zeigt Abb.3 ERS DINSAR Bewegungsana-

überwiegende Teil der permanenten Streuer in diesem Gebiet. Die schwarzen Quadrate zeigen ein Gebäude, das sich in den 5 Jahren im Mittel mit 4 mm pro Jahr absenkte. In der näheren Umgebung dieses Gebäudes gibt es noch einige Pixel, die eine ähnliche Absenkung zeigen.

4. Schlussfolgerungen für den operationellen Einsatz

Interferometrie mit satellitengetragenem SAR ermöglicht die Kartierung geringfügiger Bewegungen an der Erdoberfläche mit großer Genau-

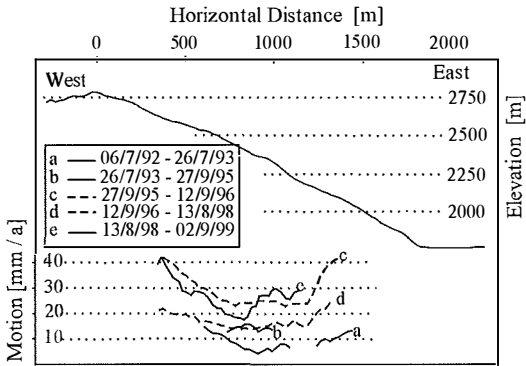


Abb.3: Profil der Topographie und Oberflächenbewegung (in mm/Jahr) des Hanges unter dem Atemkopf oberhalb des Gephatschstausees aus ERS SAR Daten von 1992 bis 1999.

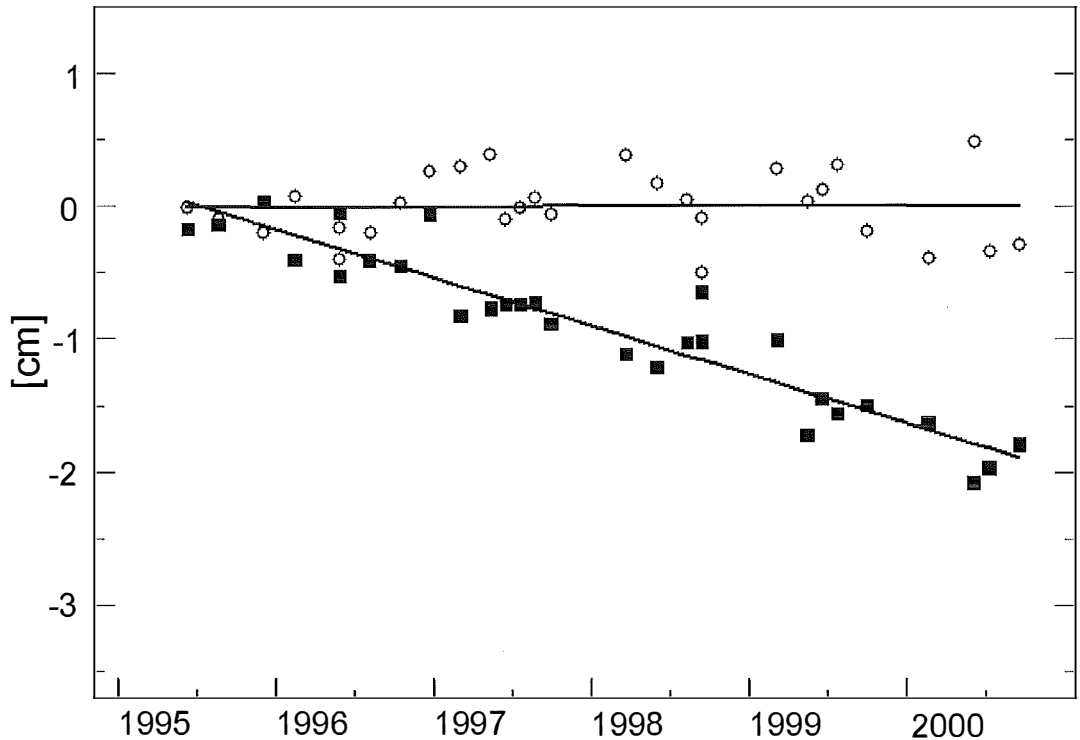


Abb.4: Beispiel von Zeitserien der relativen Vertikalposition von zwei permanenten Streuern, abgeleitet aus ERS SAR Bildern von Innsbruck.

igkeit. Ein wesentlicher Vorteile ist die Möglichkeit, die Analysen ohne Messungen vor Ort weltweit durchzuführen. Das seit 1991 aufgebaute Archiv von ERS SAR Bildern stellt eine wertvolle Grundlage für retrospektive Analysen der Oberflächenstabilität dar.

Für den operationellen Einsatz sind jedoch Einschränkungen zu berücksichtigen, die aus

der Abbildungsgeometrie des SAR und aus zeitlichen Änderungen des Reflexionsverhaltens an der Erdoberfläche resultieren. Bewegungen in Flugrichtung des Satelliten können nicht gemessen werden. Die relativ rasche zeitliche Dekorrelation des Signals verhindert den Einsatz von flächenhaften DINSAR Analysen in Gebieten mit dichter Vegetation. Falls stabile Einzelstreuer vorhanden sind, kann jedoch für diese Objekte die Bewegung aus SAR Zeitserien exakt bestimmt werden.

Für die operationelle Nutzung von DINSAR wäre die langfristige Verfügbarkeit desselben Satellitensystems wertvoll. Dies ist z.B. durch ERS-1 und ERS-2 seit nunmehr 10 Jahren gegeben. In den kommenden Jahren werden mehrere neue SAR Systeme zum Einsatz gelangen, die

zwar in verschiedener Hinsicht (z.B. Aufnahmegeometrie, räumliche Auflösung) leistungsfähiger als ERS SAR sein werden. Für DINSAR Anwendungen wird es allerdings notwendig sein, für jeden dieser Sensoren ein eigenes Datenarchiv aufzubauen, da für interferometrische Analysen Bilder von jeweils exakt demselben Aufnahme-modus notwendig sind.

Dank

Die Arbeiten wurden von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des IDNDR Programms unterstützt. Die SAR Daten wurden von der ESA für das Projekt AO3-239 zur Verfügung gestellt.

Referenzen

- [1] Massonet D., Feigl K.L. (1998): Radar interferometry and its application to changes in the Earth's surface. *Reviews Geophys.* Vol. 36, pp. 441-500.
- [2] Rott H., Mayer C., Siegel A. (2000): On the operational potential of SAR interferometry for monitoring mass movements in Alpine areas. *Proc. of the 3rd European Conf. on Synthetic Aperture Radar (EUSAR 2000)*, Munich, 23-25 May 2000, pp. 43-46.

- [3] Ferretti, A., Prati C., Rocca F. (2001): Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Trans. Geosc. Rem. Sens.*, Vol. 39, pp. 8-20.
- [4] Rott H., Scheuchl B., Siegel A., Grasmann B. (1999): Monitoring very slow slope movements by means of SAR interferometry: a case study from a mass waste above a reservoir in the Ötztal Alps, Austria. *Geophys. Res. Letters*, Vol. 26, pp. 1629-1632.

Anschrift der Autoren

Univ.-Prof.Dr. Helmut Rott, Dr. Christoph Mayer und Dr. Thomas Nagler: Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck; E-mail: helmut.rott@uibk.ac.at, christoph.mayer@uibk.ac.at, thomas.nagler@uibk.ac.at



3D Objekterfassung mittels Fernerkundung

Franz Leberl und Rainer Kalliany, Graz

Zusammenfassung

Die Erfassung der Erdoberfläche durch die Fernerkundung war bisher traditionell 2-dimensional, wird aber zunehmend um die dritte Dimension erweitert. Digitale Verfahren der optischen Bildmessung, Radardaten-Verarbeitung sowie auch die Laserabtastrung werden vermehrt eingesetzt, sodass damit 3-dimensionale Modelle der Umwelt entstehen. Als besonderes Beispiel wird die Erstellung von Gebäudemodellen aus interferometrischen Radarbildern mit Genauigkeiten im Bereich von ± 1 Meter behandelt

Abstract

Remote Sensing of the Earth's surface has traditionally produced two-dimensional data products, but recently, this is being augmented by the third dimension. Digital optical imaging, radar data processing, as well as laser scanning, are increasingly being applied to produce three-dimensional models of the environment. As a special example, the generation of building modelings from interferometric radar images, with results at an accuracy of ± 1 meter is discussed.

1. Fernerkundung als Quelle für 3D Modelle

Als „Remote Sensing of the Environment“ in den 60er-Jahren entstanden ist, beschränkte man sich meist auf eine 2-dimensionale Betrachtung der Erdoberfläche. Dies ursprünglich im Gegensatz zur Photogrammetrie, die seit Anbeginn auf eine dreidimensionale Datenerfassung abzielte und diese für die meisten Anwendungen benötigt. Diese Einschränkung der Fernerkundung war einerseits in der Sensorik begründet, die meist nur eine geometrische Auflösung im Bereich von 10 bis 80 Metern lieferte. Andererseits waren auch die untersuchten Umwelt-Phänomene im wesentlichen 2-dimensional, wie etwa bei der Erfassung von Landnutzung, Biomasse, Ernte-Ertrag oder Bodenfeuchte.

Während die SPOT-Satelliten seit den späten 80er-Jahren eine für topographische Anwendun-

gen mittlerer Genauigkeit brauchbare Stereo-Kapazität bieten, begann der echte Wandel in Richtung „3D“ Anfang der 90er-Jahre mit der Radarinterferometrie. Es entstanden eine ganze Reihe von Satellitenfernerkundungs-Projekten, die zum Ziel hatten Phänomene in drei Dimensionen zu betrachten. Dazu zählten digitale Höhenmodelle, Eisbewegungen, Beobachtung von Bodensenkungen usw.

Aber auch im Bereich der optischen Satelliten erweitern sich die Messverfahren in die dritte Dimension. Neben der – mittlerweile auch stark von Seiten der „klassischen“ Photogrammetrie vorangetriebenen – Entwicklung von Methoden zur Automatisierung der Stereo-Auswertung sind die neuen hochauflösenden satellitengestützten Sensoren der Träger dieser Entwicklung. So ist von der Firma EarthWatch mit QuickBird-2 noch für das Jahr 2001 der Start des er-

sten kommerziellen Satelliten mit einer Auflösung von bis zu 0,6 Metern angekündigt. Wie auch das bereits operationelle Ikonos-System (maximal 1m Auflösung) unterstützen diese Sensoren durch eine hohe Flexibilität bei der Aufnahmerichtung auch die stereoskopischen Auswertverfahren.

Zugleich wächst das Interesse an 3-dimensionalen Datenprodukten. Das ehemals 2-dimensionale geographische Informationssystem GIS wird in die dritte Dimension erweitert. Anwendungen der „Virtual“ und „Augmented Reality“ stellen wachsende Anforderungen an die Erzeugung großflächiger und detailgetreuer 3-dimensionaler Datensätze.

2. Optische Sensorik im Umbruch

Abgesehen von speziellen film-basierten hochauflösenden Systemen war in der Satellitenfernerkundung der Einsatz von digitalen Sensoren von Anfang an unvermeidlich, um die Daten laufend zur Erde übertragen zu können. Die bisherigen geometrischen Auflösungen waren aber kaum in der Lage, 3-dimensionale Daten von künstlichen Objekten abzuleiten (Abb.1a+b). Erst die neuesten kommerziellen Systeme erreichen eine Auflösung, welche etwa Gebäude in drei Dimensionen wiedergeben können (Abb.1c).

Nunmehr erfasst der Übergang zur Digitalensensorik auch die Luftbildgebung. Dieser Umbruch wird weitreichende Folgen für die bisher stark standardisierte Photogrammetrie haben: Das Luftbild-Format 23 cm x 23 cm wird durch digitale multispektrale Bildstreifen oder Bildmosaiken ersetzt (Abb.2). Damit ist auch eine Unterscheidung zwischen photogrammetrischen bzw. fernerkundungs-spezifischen Bildgebungsverfahren nicht länger sinnvoll.

3. Stereo-Radar ist operationell

Abb.3 zeigt ein Höhenmodell aus Satelliten-Stereoradar und eine verbesserte Version unter Einbeziehung von „Shape-from-Shading“. Stereo-Radar mit Flugzeug-Sensoren ist seit etwa Mitte der 80er-Jahre ein operationelles Fernerkundungsverfahren zur Erzeugung von 3-dimensionalen Höhenmodellen [1]. Heute werden zunehmend Satelliten-Radarbilder operationell zur Vermessung großer Gebiete verwendet. Die Daten des kanadischen Radarsat liefern Höhenmodelle aus Stereo-Paaren mit einer Genauigkeit von ± 25 Metern [2].

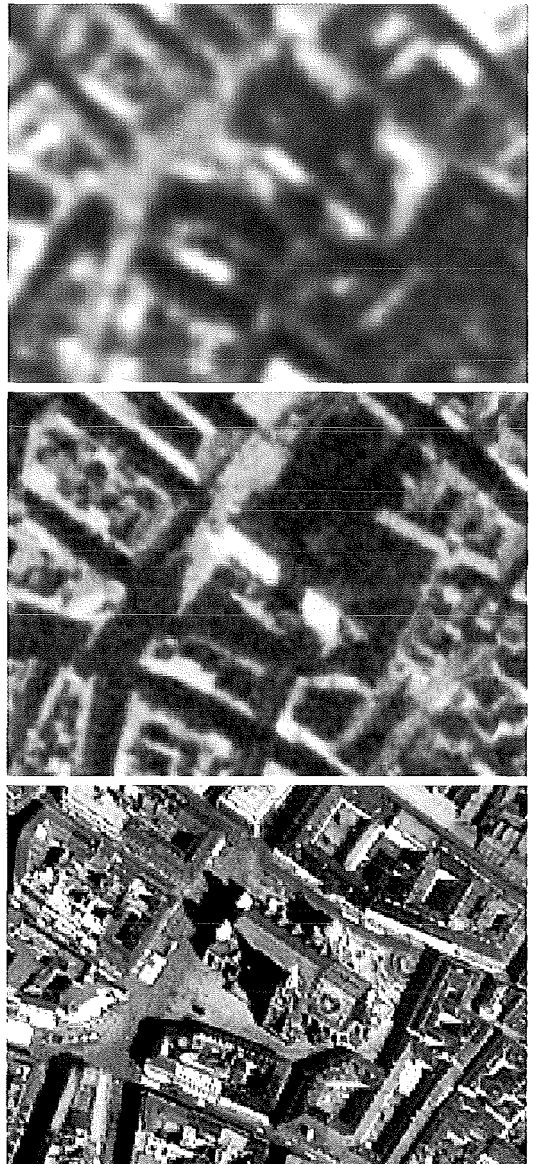


Abb.1: Der Wiener Stephansdom in hochauflösenden Satellitenbildern verschiedener Generationen. Von oben nach unten: CORONA (USA, 1968, Film digitalisiert auf 2,3 m-Pixelgröße); SPIN-2 (Russland, 1998, Film digitalisiert auf 2m Pixelgröße) und IKONOS (USA, 2000, 1m-Pan-Kanal kombiniert mit Farbe aus den 4m-XS-Bändern, © Spacel Imaging / Geoville).

4. Interferometrie belebt die Bedeutung von Radar

Die Realisierung der Radar-Interferometrie begann mit dem ersten digitalen Radar der NASA (Shuttle Imaging Radar) [3]. Darauf folgten di-

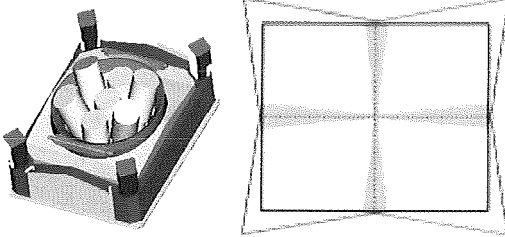
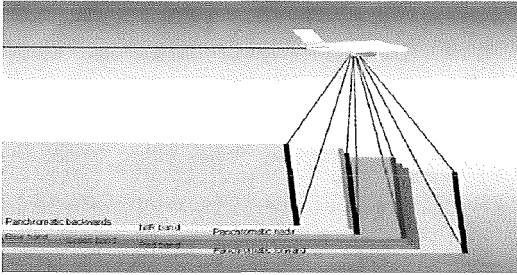


Abb.2: Die neuen digitale Luftbildkameras der beiden führenden Photogrammetrie-Hersteller. Während Leica (oben) einen multispektralen Zeilenabtaster verwendet, setzt Z/I auf ein Bündel von Kameras mit flächigen (2D-) Sensoren: Links unten das Schema des Kamerablocks, rechts die Zusammensetzung des Bildmosaiks aus 4 Einzelbildern)

verse Flugzeug-getragene Radarsysteme, sowie die Radar-Satelliten ERS-1 und ERS-2 (insbesondere in der Tandem-Konfiguration), J-ERS-1, Radarsat und schließlich die Shuttle Radar Topographic Mission SRTM des Jahres 2000 (3-dimensionalen Vermessung der gesamten Erdballes von 60° S bis 60° N). Abb.4 zeigt ein Höhenmodell aus Stereo-Radar, gegenübergestellt und vereinigt mit einem Interferometrie-Modell.

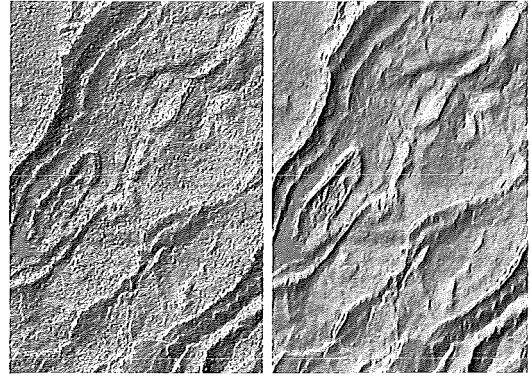


Abb.3: Radarsat-Höhenmodell aus Stereo (links), verbessert mittels Shape-from-Shading (rechts).

Die Verfahren zur Radarbild-Verarbeitung sind heute operationell und werden von vielen Firmen zu Fix-Preisen angeboten. Flugzeuggetragene Sensoren sind ebenfalls kommerziell verfügbar, sodass digitale Höhenmodelle großer Gebiete und ganzer Länder bereits routinemäßig mittels interferometrischem Radar aus Flugzeugen oder Satelliten erstellt werden können.

Ebenfalls bereits Routine ist die Erstellung von sogenannten „differentiellen“ Interferometrie-Produkten. Dazu werden höhenmäßige Veränderungen erfasst, die etwa durch ein Erdbeben oder durch die Absenkung des Grundwasserspiegels entstehen können (Abb.5). Die dabei erzielbaren Genauigkeiten beruhen auf der Wellenlänge der verwendeten Strahlung und liegen daher im Bereich einiger Millimeter.

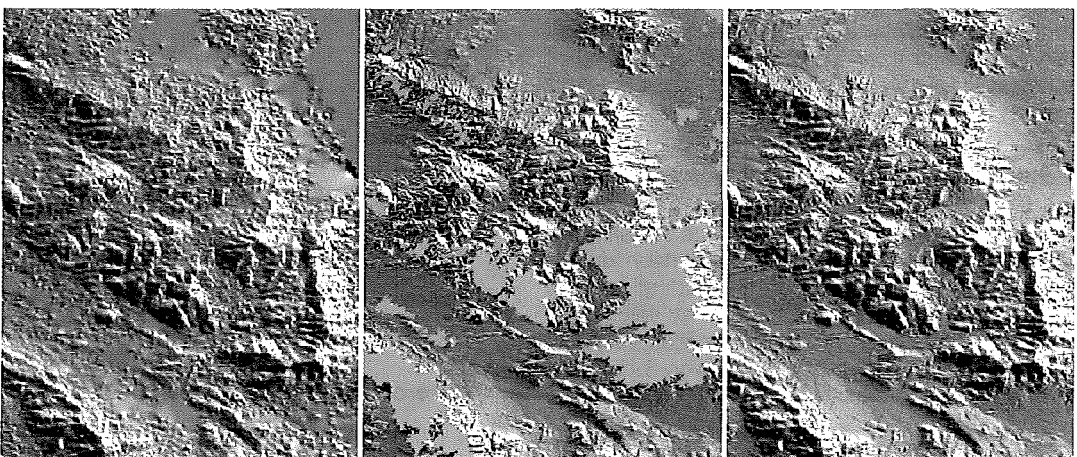


Abb.4: Links Stereo-Höhen aus Radarsat-Bildern, in der Mitte die Interferometrisch abgeleiteten Höhen (in grün Gebiete wo es wegen mangelnder Kohärenz keine Ergebnisse gibt) und rechts die Fusion beider Datensätze zum optimalen Datensatz (© Vexcel Corp.).

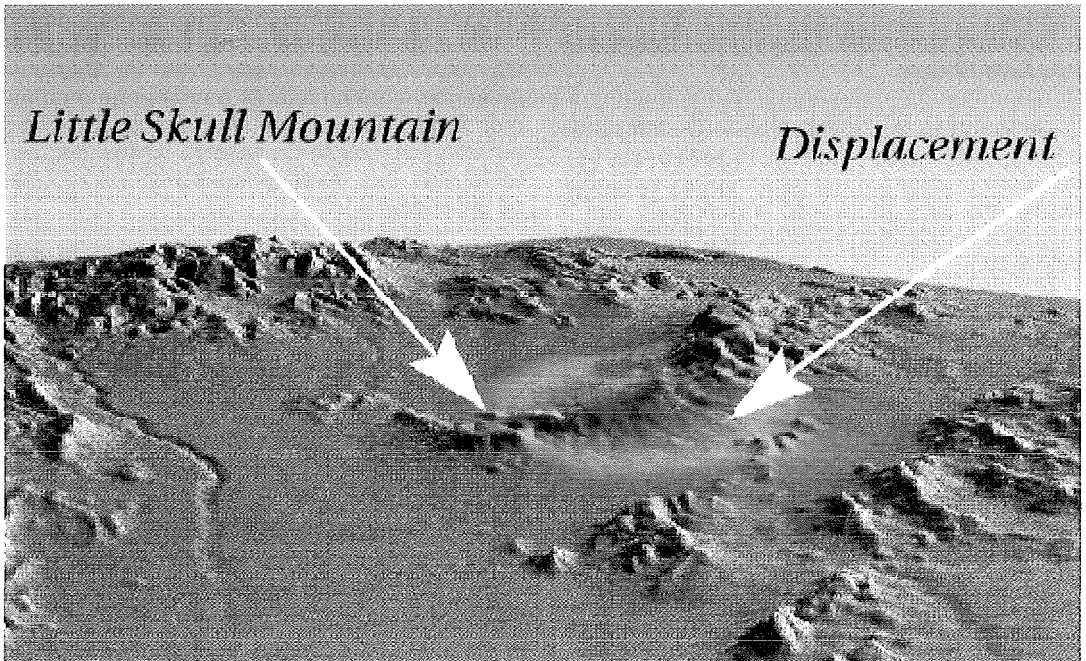


Abb.5: Bodensenkung im Bereich von 3 cm nach Erdbeben im Gebiet bei Yucca Mountain in Nevada (© Vexcel Corp.)

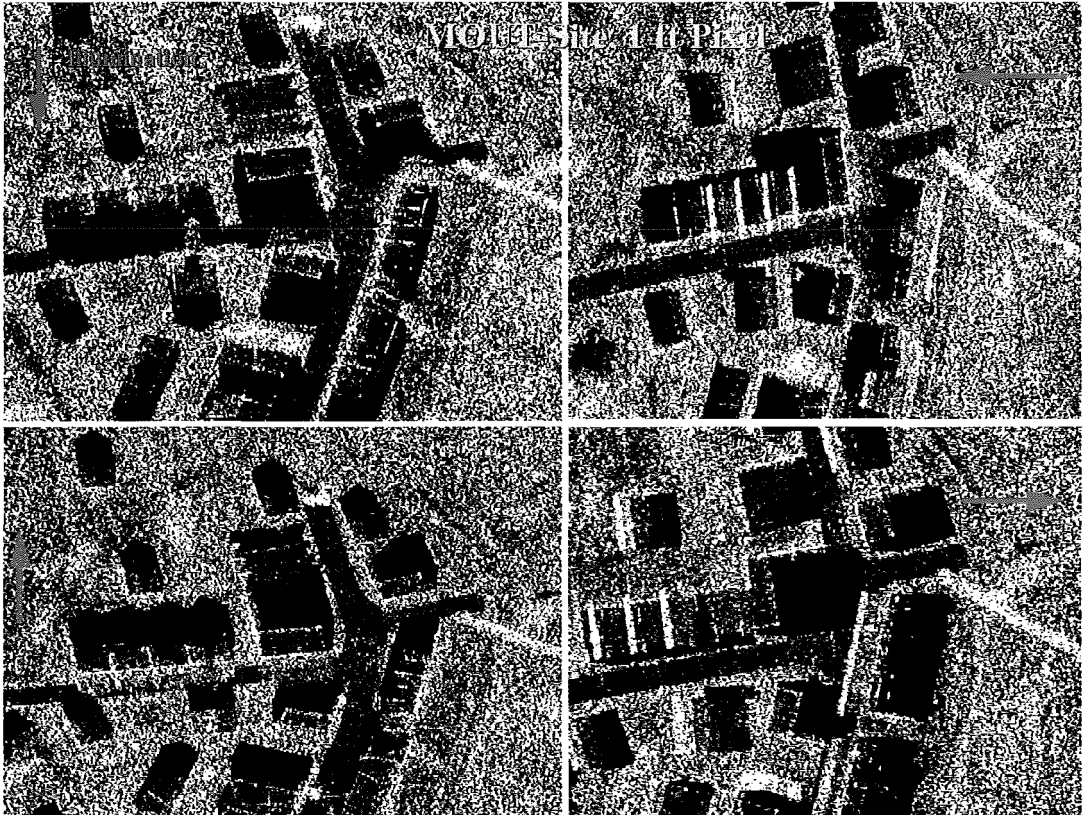


Abb.6: Radaraufnahme (Grauwertbilder) eines Dorfes aus unterschiedlichen Richtungen, Pixeldurchmesser 0,3 m (© Vexcel Corp., Sandia)

5. Automatische 3D-Erfassung von Gebäuden aus SAR Bildern

Die Vorstellung, 3-dimensionale Stadtmodelle mittels Radarbildern erstellen zu wollen war bisher wenig realistisch, da kaum Daten verfügbar waren, die eine geometrische Auflösung von 3 Metern unterschritten haben. Das trifft aber nicht länger zu.

Abb.6 ist das Beispiel eines vom Flugzeug aus aufgenommenen Radardatensatzes mit Pixelgrößen von 0,3 Metern. Das System besitzt zwei simultan arbeitende Antennen, womit die Interferometrie als Messmethode zur direkten Erfassung von Höheninformation zur Verfügung steht. Um Schatteneffekte kompensieren zu können werden als Ausgangsdaten zur Gebäudeerfassung Aufnahmen aus bis zu 4 unterschiedlichen Richtungen verwendet. Jedes dieser „Bilder“ besteht aus drei Komponenten: (1) dem Grauwertbild, (2) den interferometrischen Höhenwerten und (3) den Kohärenzwerten der Interferometrie.

In mehreren Arbeiten [4–7] wurde erstmals gezeigt, dass aus solchen Datensätzen Gebäude mit einer Genauigkeit von ± 1 m rekonstruiert werden können, was etwa der Dreifachen Dimension der Pixelgröße entspricht. Das Ergebnis ist in Abb.7 ersichtlich. Wie der Vergleich zeigt wurden einige komplexere Gebäude in ihrer Form noch nicht richtig erkannt.

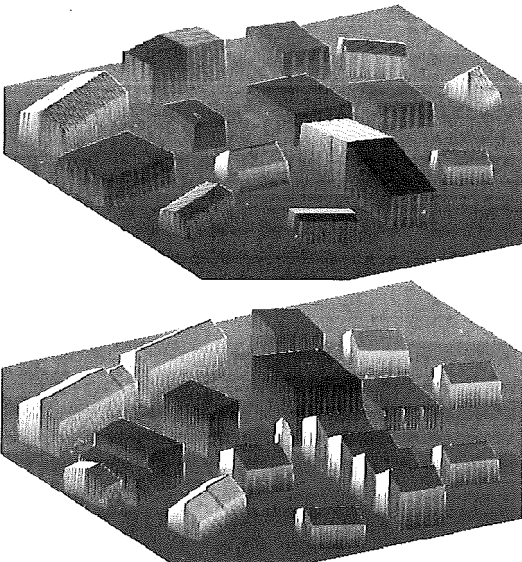


Abb.7: Oben das Ergebnis der Gebäude-Rekonstruktion aus dem Datensatz Abb.6. Unten zum Vergleich das Resultat einer photogrammetrischen Auswertung (aus [7])

Während üblicherweise die Quelle von großflächigen Gebäudemodellen, z.B. für Telekom-Anwendung (siehe Abb.8) noch immer die Stereoluftbild-Messung ist, erscheint es zukünftig gut möglich, solche Datensätze weitgehend automatisiert aus interferometrischen Radardaten zu generieren.

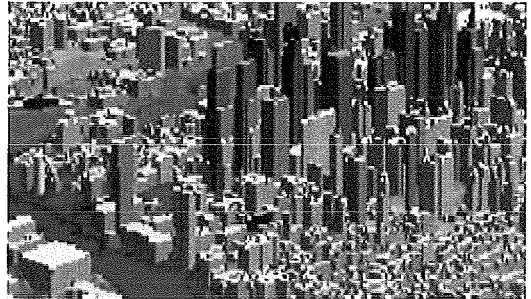


Abb.8: Ein stereo-photogrammetrisch erstelltes Stadtmodell von Philadelphia mit ± 1 m Genauigkeit (© Vexcel Corp.).

6. Ausblick

Wir haben zu zeigen versucht, dass sich die Grenzen zwischen Photogrammetrie und Fernerkundung verwischen – nicht nur weil zweitens sich zunehmend mit der dritten Dimension befasst. Auch weil die Photogrammeter mittlerweile Sensoren verwenden die bisher der Fernerkundung zugerechnet worden sind, wie digitale Kameras, Zeilensensoren oder Laserscanner. Jedenfalls gestatten es die neuen Systeme und Signalverarbeitungs-Technologien, die dritte Dimension – wie auch gegebenenfalls eine zusätzliche zeitliche Komponente – weitgehend automatisch zu erfassen. Dadurch wird künftig nicht nur die Erstellung der „klassischen“ Geländemodelle wesentlich genauer, sondern es können auch Gebäude erfasst und somit durch die Fernerkundung echte 3D-Informationssysteme auf effiziente Weise erstellt werden.

Referenzen

- [1] Wang Y., Mercer B., Tao V.C., Sharma J. & Crawford S. (2001): Automated Generation of Bald Earth Digital Elevation Models from Digital Surface Models created using Airborne IFSAR. Proceedings of ASPRS 2001 Gateway to the New Millennium, April 23-27, St. Louis, Missouri, CD-ROM.
- [2] Marra M., Carande R., Leberl F. (1998): Accuracy of DEMs from Remotely Sensed Radar Images, Proceedings of GIS/LIS'98, Ft. Worth, Texas.
- [3] Zebker H.A., Goldstein R.M. (1986): Topographic Mapping from Interferometric Synthetic Radar Observations. J. Geophysical Res., Vol. 91, 4993.
- [4] Bolter R. & Leberl F. (2000a): Detection and Reconstruction of Buildings from Multiple View Interferometric SAR Data. Proceedings of IGARSS 2000, Hawaii, pp. 749–751.

- [5] Bolter R. & Leberl F. (2000b): Detection and Reconstruction of Human Scale Features from High Resolution Interferometric SAR Data. Proceedings of the ICPR 2000, Volume 4: Applications, Robotics Systems and Architectures, Barcelona, Spain, pp. 291–294.
- [6] Bolter R. & Leberl F. (2000c): Fusion of Multiple View Interferometric and Slant Range SAR Data for Building Reconstruction. EOS/SPIE Remote Sensing Symposium, Barcelona, 2000, Conference on SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques III, SPIE Vol. 4173, pp. 241–250.
- [7] Leberl F., Bolter R. (2001): Building Reconstruction from Synthetic Aperture Radar Images and Interferometry. 3rd Int'l

Workshop on Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images, 10.–15. Juni 2001, Monte Verita, Ascona, Schweiz. Erscheint im Birkhäuser Verlag, Basel-Boston-Zürich.

Anschrift der Autoren

Univ.-Prof.Dr. Franz Leberl, DI. Rainer Kalliany: Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen, Technische Universität Graz, Inffeldgasse 16, A-8010 Graz; E-Mail: leberl@icg.tu-graz.ac.at, kalliany@icg.tu-graz.ac.at



Satellitendaten in internetbasierten Informationssystemen – Möglichkeiten der Bilddatenkompression

Frederic Petrini-Monteferrri und Christian Hoffmann, Innsbruck

Zusammenfassung

Die Dateigröße von Satellitendaten bewegt sich oftmals im Bereich mehrerer hundert Megabyte und kann diesen Wert bei großräumigen Mosaiken sogar bei weitem überschreiten. Datenhandhabung und Datennutzung werden dadurch entscheidend behindert und erschwert. Dieses Faktum wird durch die Dateigrößen der neuen VHR (Very High Resolution) Daten (wie z.B. IKONOS) noch verstärkt. Die Kompression von Bilddaten ist daher ein wichtiger Forschungsgegenstand und es entstanden verschiedene Ansätze, wie z.B. die Kompression mit Wavelets oder die fraktale Kompression. Der vorliegende Beitrag hat das Ziel, verschiedene Kompressionsverfahren zu vergleichen und Möglichkeiten für die Betrachtung und Übertragung von Satellitendaten in Informationssystemen über das Internet aufzuzeigen.

Abstract

Filesizes of satellite data are often in the dimension of several hundreds of megabytes. Large image mosaics can even surpass this value. The same applies to the newly available VHR (Very High Resolution) satellite data (e.g. IKONOS). These filesizes can dramatically affect datahandling as well as usage of the data. Hence research in the field of image compression is an important issue and has resulted in a number of different approaches such as the wavelet-based or fractal compression. The present paper compares different compression methods and proposes techniques to view and integrate satellite data into internet-based information systems.

1. Einleitung

Mit der steigenden Popularität des Internet durch Präsentationen im World Wide Web hat die Datenkompression enorm an Wichtigkeit gewonnen. Die Kompression von Satellitenbilddaten hat die Aufgabe, die inhärenten räumlichen und spektralen Informationen entsprechend zu reduzieren aber dennoch keine oder nur geringe visuelle Beeinträchtigungen zuzulassen [1]. Dabei ist grundsätzlich zwischen verlustfreien (lossless) und verlustbehafteten (lossy) Verfahren zu unterscheiden.

- Bei den verlustfreien Verfahren werden die Redundanzen (sich wiederholende Komponenten) eines Bildes zusammengefaßt. Bei aufeinanderfolgenden Pixeln gleicher Farbe

beispielsweise wird nur einmal die Farbe und die Anzahl der Pixel gespeichert. Die gesamte Bildinformation wird erhalten, die Datei bleibt daher relativ groß. Die Eignung für Internetanwendungen ist damit begrenzt.

- Bei den verlustbehafteten Verfahren werden zusätzlich irrelevante Informationen, z.B. geringe Farbabstufungen, entfernt. Es kommt neben einer Datenkompression auch zu einer Datenreduktion [2], wobei die Kompressionsrate bestimmt werden kann. Allerdings werden bei diesen Verfahren Bildstörungen – sogenannte Artefakte – erzeugt, die bei steigendem Kompressionsgrad zunehmen. Die Kompressionsraten sind höher als bei verlustfreier Kodierung und die Bilder können über das Internet transportiert werden.

2. Charakteristika der Komprimierungstechnologien

2.1 Fraktale Bildkompression

Die fraktale Bildkompression basiert auf dem Grundgedanken der fraktalen Geometrie. In der Natur bestehen – wie bei den Bildern fraktaler Berechnungen (Mandelbrot set) – Selbstähnlichkeiten. Scheinbar zufällige Formen sehen im ‚Großen aus wie im Kleinen‘. Eine Küstenlinie zeigt vergrößert immer neue Einbuchtungen und Vorstöße, die denen eines größeren Abschnittes ähneln. Durch Vergleich von großen mit kleinen Bildbereichen versucht man in digitalen Bildern ebenfalls solche Ähnlichkeiten zu ermitteln. Dazu wird das Bild gleichmäßig in kleine Rangeblöcke eingeteilt. Für jeden Rangeblock wird im Bild ein Domainblock gesucht, der dem Rangeblock ähnelt [3].

Der Encoder vergleicht dabei Range- mit den Domainblöcke. Ein Vergleich beinhaltet einen Helligkeits- und Kontrastabgleich sowie zudem mehrere affine Transformationen wie Spiegelungen und Rotationen der Domainblöcke [4]. Ist ein Rangeblock ausreichend genau durch einen Domainblock beschrieben, so wird zum nächsten Rangeblock übergegangen.

Der Dekoder baut das Bild aus dem Satz von Transformationen auf, der beim Kodieren erstellt wurde. Dabei ist jedem Rangeblock eine Transformation zugeordnet. Erfahrungswerte zeigen, daß 8 bis 10 Iterationen ausreichen, um das Originalbild hinreichend wiederzugeben. Ein wesentliches Merkmal fraktaler Kompression ist die Tatsache, daß der Dekodierungsprozess auflösungsunabhängig ist. Ein dekodiertes Bild, das die doppelte Größe des Originals besitzt, zeigt künstliche Details, die in Wirklichkeit nicht vorhanden sind, vermeidet dafür aber Pixeleffekte.

2.2 Wavelet basierte Kompression

Wavelets wurden in den 80er Jahren als Alternative zur Fourier-Transformation im Bereich des digitalen Signal-Processing entwickelt. Es handelt sich dabei um mathematische Funktionen, die eine Datenmenge in verschiedene Frequenzbereiche aufteilen und jede Komponente mit einer ihrem Maßstab angepaßten Auflösung erfassen [5]. Vor allem bei Bildern mit starken Diskontinuitäten (Farb-, Helligkeitssprünge etc.) zeigen sich die Vorteile von Wavelets gegenüber der konventionellen Fourieranalyse (z.B. bei JPEG). Während bei der Fourier Transformation die Analyse-Fenster stets die gleiche Größe haben, variiert diese bei der Wavelet Transforma-

tion. Signalsprünge gehen daher bei der Fourieranalyse oft unter. Die Fourier-Sinus- und -Cosinus-Funktionen sind zudem im Gegensatz zu den Wavelet-Funktionen räumlich nicht verortet.

Bei der Transformation von Signalen unter Verwendung von Wavelets werden zum einen Filter zur Mittelung von Signalen und zum anderen Filter zur Hervorhebung von Details verwendet. Einige der aus einer Transformation resultierenden Waveletkoeffizienten korrespondieren mit den Details im ursprünglichen Datenset. Sind die Einzelheiten klein, so können sie weggelassen werden, ohne die Grundstruktur des Datensets nachhaltig zu verändern. Waveletkoeffizienten zeigen Veränderungen in Bild- bzw. Signalverlauf an. Bereiche ohne oder mit nur geringfügigen Veränderungen ergeben sehr kleine Koeffizienten. Durch Einführen von Schwellenwerten wird eine effektive Kompression herbeigeführt, weil dadurch alle Waveletkoeffizienten unterhalb der Werte gleich null gesetzt und ignoriert werden.

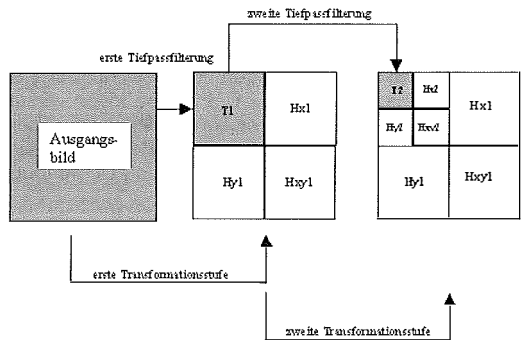


Abb. 1: Das Prinzip der Wavelet-Transformation

Die Ursprungsmatrix wird in der ersten Transformationsstufe in drei Hochpaßanteile (Hx1,Hy1,Hxy1) sowie einen Tiefpaßanteil (T1) zerlegt (Abb.1). In der nächsten Transformationsstufe wird nur noch der erste Tiefpaßanteil (T1) in wiederum drei Hochpaßanteile (Hx2,Hy2,Hxy2) sowie einen Tiefpaßanteil (T2) zerlegt. Die Hochpaßanteile der ersten Transformationsstufe bleiben erhalten. Das Ursprungsbild wird somit quasi hierarchisch zerlegt. In den Hochpaßanteilen der ersten Transformationsstufe werden die feinen Bildstrukturen erfaßt, in den Hochpaßanteilen der folgenden Transformationsstufen zunehmend gröbere Bildstrukturen.

Normalerweise wird die Transformation nicht mit den einfachen Wavelet-Funktionen, sondern mit spezielleren Funktionen der Daubechies Wavelets oder biorthogonalen Wavelets ausgeführt, um gute Resultate zu erzielen. Auch die Art des

Bildes kann über die Auswahl einer Funktion entscheiden [6]. Der neue JPEG 2000 Standard beruht im Kern ebenfalls auf einer Wavelet-Transformation. Eine Einteilung in Bildblöcke erfolgt hier erst nach der Wavelet-Transformation und nicht wie bisher vor der Diskreten Fourier-Transformation [7]. Da bei der Transformation immer nur die Umgebung eines Pixels betrachtet wird, können Abweichungen an Blockkanten geglättet werden.

3. Vergleich der Kompressionsverfahren

Die Tests der verschiedenen Kompressionsverfahren für Satellitendaten zeigen jeweils ihre Stärken und Schwächen. So fällt bei der fraktalen Kompression besonders die lange Kompressionszeit auf. Auch die Übertragungszeiten für Bilder im Internet liegen etwas höher als bei den anderen Kompressionsverfahren [8]. Typische Artefakte sind das Auftreten von Strukturauflösungen und gebietsweise Blockbildungen. Die Blöcke enthalten zum Teil Bilddaten aus anderen Bildbereichen. Bei mittleren und hohen Kompressionsraten nehmen die Artefakte oft nicht in

dem Umfang wie bei anderen Verfahren zu, die Artefakte treten allerdings bereits bei geringen Kompressionsraten auf. Wenngleich die Auswahl an fraktalen Kompressoren vergleichsweise eingeschränkt ist, sind für bestimmte Formate (z.B. Fraktal Image Format FIF) Browser Plug Ins verfügbar.

Die wavelet-basierte Kompression zeichnet sich durch Kompressions- und Dekompressionszeiten aus, die nur unwesentlich über jenen der JPEG-Kompression liegen. Die Qualität der komprimierten Dateien ist hoch und eine Blockbildung, wie sie bei höheren JPEG-Kompressionsraten häufig auftritt, wird vermieden. Typische Artefakte der wavelet-basierten Kompression sind Unschärfen und Auskörnungen. Entlang von Kanten kann es zu Welleneffekten (Ausfransungen) kommen, die ihre Ursache in der Länge der Wavelet-Filter haben. Für eine Vielzahl von wavelet-basierten Bildformaten (z.B. .LWF, .MW) gibt es Browser Plug-Ins, mit welchen die Bilder im Internet betrachtet werden können.

Ein Beispiel für einen derartigen wavelet-basierten Bilddatenkompressor ist der Multi-resolution Seamless Image Database (MrSID) Kom-

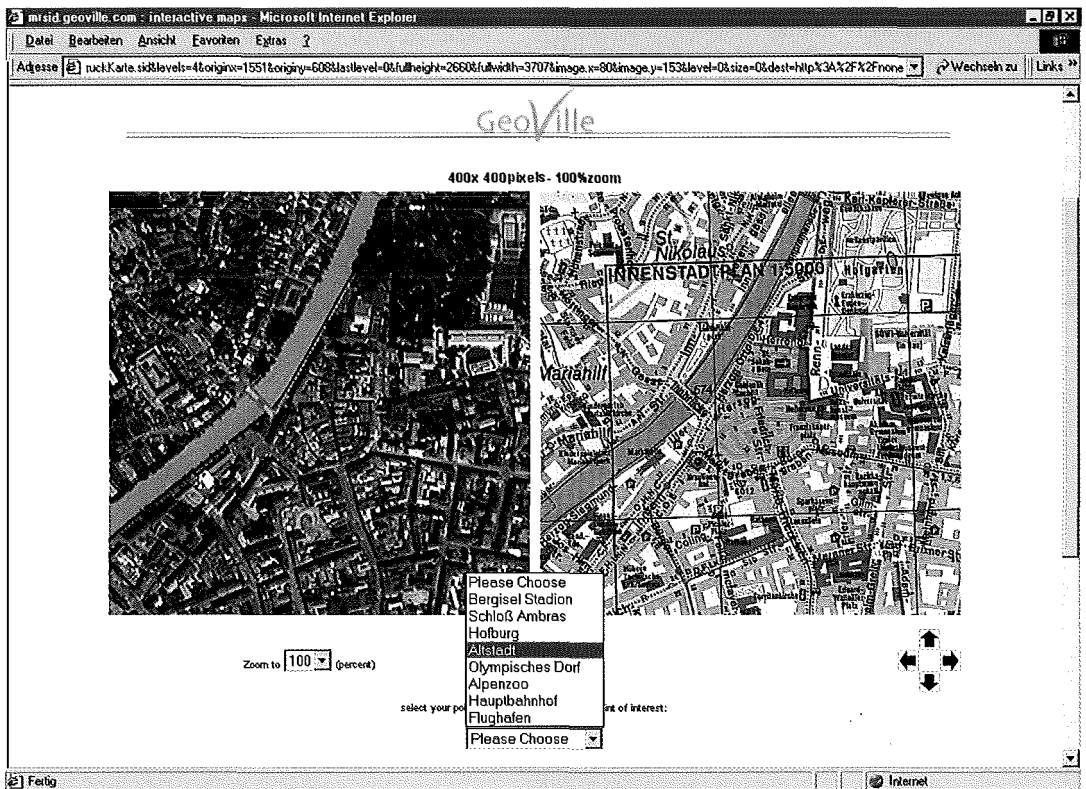


Abb. 2: Integration der wavelet-komprimierten Satellitendaten in Internet-Informationssysteme (Copyright Bilddaten: SIE 2000, Kartenmaterial: Kompass-Karten, Rum/Innsbruck)

pressor, den die Firma LizardTech für die Verwaltung hochaufgelöster Bilddaten entwickelt hat. Die Kompressionsraten betragen bei 8-bit Bildern 15-20:1, bei 24-bit RGB-Bilddaten 30-50:1. Das MrSID-Dateiformat ermöglicht den Erhalt der Geokodierung und anderer Metadaten.

4. Integration in internetbasierte Informationssysteme

MrSID komprimierte Daten können im Internet mittels eines Viewers dargestellt werden. Bewegt man sich innerhalb der Bilddatei, wird der jeweilige Ausschnitt in Echtzeit dekomprimiert und übertragen. Diese selektive Dekompression gibt die Möglichkeit, mehrere Gigabyte umfassende Datensätze in beliebigen Auflösungsstufen zu betrachten und diese auch in verteilten GIS-Systemen via Intranet und Internet zu betrachten und analysieren [9].

Um den Anforderungen in internet-basierten Informationssystemen gerecht zu werden, wurde der Image Server dahingehend konfiguriert, dass zu den jeweiligen dekomprimierten Satellitenbilddausschnitten simultan ebenfalls MrSID-komprimierte und räumlich idente Kartenausschnitte verfügbar gemacht werden (Abb.2). Dadurch ist beispielsweise eine Identifikation von Straßen, wichtigen infrastrukturellen Einrichtungen und Sehenswürdigkeiten möglich. Zudem kann der Betrachter durch Eingabe von Suchbegriffen selbst nach relevanten Einträgen in einer mit den Bilddaten verknüpften Datenbank suchen. Das System wurde weiters dahingehend konfiguriert auch Eintragungen zu ermöglichen. So können Points of Interest über die Verknüpfung

mit der Datenbank im Satellitenbild verortet und damit am Internet anwählbar gemacht werden.

Dank

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Einsatz von Satellitendaten in Informationssystemen“ vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur finanziert GZ 79.092/2/II/A/5/98.

Referenzen

- [1] *Oien et al. (1991)*: An inner product space approach to image coding by contractive transformations, Proc. ICASSP, pp. 2773-2776.
- [2] *Fisher Y. (Hrsg.) (1995)*: Fractal Image Compression: Theory and Application, New York.
- [3] *Barnsley F., & Hurd L. (1996)*: Bildkompression mit Fraktalen, Wiesbaden.
- [4] *Kominek J. (1997)*: Advances in Fractal Compression for Multimedia Applications, Multimedia Systems, Volume 5, Heidelberg.
- [5] *Graps A. (1995)*: An Introduction to Wavelets, Computational Sciences and Engineering, Volume 2, Number 2, pp. 50-61.
- [6] *Villasenor J., et al. (1995)*: Wavelet Filter Evaluation on Image Compression, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 2, pp. 1053-1060.
- [7] *Berghom W., et al. (1999 b)*: Schlanke Bilder – Der zukünftige Bildkompressionsstandard JPEG 2000, c't Heft 26, pp. 184-185.
- [8] *Petrini-Monteferrri F. (2000)*: Einsatz von Satellitendaten in internetbasierten touristischen Informationssystemen.. In J. Strobl, T.Blaschke, G.Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2000, pp. 377-382.
- [9] *Petrini-Monteferrri F. (2001)*: IKONOS-Satellitendaten für Stadtinformationssysteme - Fallbeispiel Klagenfurt. In J. Strobl, T.Blaschke, G.Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2001, pp. 356-361.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Geogr. Frederic Petrini-Monteferrri, Dr. Christian Hoffmann: GeoVille Informationssysteme GmbH, Museumstrasse 9-11, 6020 Innsbruck, E-mail petrini@geoville.com, hoffmann@geoville.com

POSTER – PRÄSENTATIONEN

Die Inhalte der im Rahmen der Fernerkundungs-Informationsveranstaltung am 9. Mai an der TU Wien im Rahmen einer Poster-Präsentation vorgestellten Arbeiten werden hier in Kurzfassungen dargestellt. Sie zeigen weitere Aspekte des breiten Spektrums der Forschung und Anwendung von Fernerkundung in Österreich.

Virtuelle Welten auf Basis von Fernerkundungsdaten

A. Almer (Inst.f. digitale Bildverarbeitung, Joanneum Research, Graz)

Eine umfassende, multimediale Aufbereitung kartographischer Information, spektakulärer Satellitendaten und zusätzlicher Information ermöglichen dem Betrachter das Eintauchen in eine virtuelle Welt. Im Rahmen dieses multimedialen Informationssystems ermöglichen visualisierte Landschaftsmodelle, animierte 3D-Landkarten und virtuelle Flüge einen imponierenden Gesamteindruck über eine Tourismusregion. Durch die Integration multimedialer Information (Bild, Ton, Text) wird es dem Betrachter ermöglicht einen Überblick über Radtouren

oder Wanderungen zu gewinnen und diese Freizeitaktivitäten auch vorab detailliert zu planen. Videos, Panoramaviews und multimedial aufbereitete Zusatzinformationen ermöglichen weiters einen virtuellen, interaktiven Spaziergang. Sehenswürdigkeiten, Museen, Hotels, Geschäfte und Freizeiteinrichtungen können multimedial durchwandert werden und geben dem Betrachter einen Überblick über das touristische Angebot einer Region.

E-Mail-Kontakt: alexander.almer@joanneum.at

ENVIP-Nature: Landschaftstypologie und Naturschutzindikatoren

G. Banko (Inst.f. Vermessung, Fernerkundung u.Landinformation, BOKU Wien)

Um Biodiversitäts- und Naturschutzanliegen auf europäischem Niveau wirkungsvoll vertreten zu können, werden Indikatoren benötigt, die eine Quantifizierung des Naturschutzwertes von Landschaften ermöglichen. Die Erfassung dieser Indikatoren kann in diesem Maßstab nur durch automatisierte oder teilautomatisierte Methoden erfolgen. Es wird ein Verfahren zur Ableitung räumlicher Indikatoren vorgestellt, das auf einer kombinierten Nutzung von Fernerkundungsdaten und GIS, zur Bewertung der Biodiversität auf Landschafts-, Bio-

top- und Artenebene, basiert. Die Methodik integriert naturschutzfachliches Expertenwissen und liefert eine standardisierte und nachvollziehbare Bewertung von Landschaften. Sie kann im Bereich des Monitorings von NATURA 2000 Flächen wie auch für Aufgabenstellungen der überörtlichen Raumplanung angewendet werden.

E-Mail-Kontakt: banko@boku.ac.at

Objektorientierte Auswertung von IKONOS-Daten zur Erfassung von Landnutzung in urbanen Räumen

Th. Bauer und K. Steinnocher (Bereich Systemforschung, ARC Seibersdorf)

Satellitendaten der neuen Generation werden in Zukunft verstärkt in Konkurrenz zu Luftbildern treten. Der hohe Informationsgehalt dieser Daten erfordert den Einsatz von neuen Auswertemethoden. Beim vorgestellten Ansatz wird die Landnutzung auf Grund der räumlichen Strukturen von Objekten unterschieden. In einem ersten Schritt werden die Objekte extrahiert und einer Bodenbedeckungskategorie zugewiesen. In einem zweiten Schritt erfolgt die objektorientierte Landnutzungsklassifikation anhand eines Regelwerkes. Die Kombination

von Informationen über die räumlichen Zusammenhänge mit objektspezifischen Parametern ermöglicht die Unterscheidung von Nutzungen in komplex strukturierten urbanen Räumen. Durch neue Auswertetechniken können GIS-Datenbestände, die Informationen über die Landnutzung beinhalten, rascher und kostengünstig erstellt oder aktualisiert werden.

E-Mail-Kontakt: thomas.bauer@arcs.ac.at

Infrarotspektrometrische Untersuchungen an Böden und Gesteinen zur Evaluierung der Anwendungsmöglichkeiten hyperspektraler Fernerkundungsdaten für die Bodenkartierung sowie zur Beurteilung der Umweltfolgen von Bergbautätigkeit

R. Belocky, K. Grösel (FA Geophysik, Geologische Bundesanstalt, Wien), R. Faber (Inst. f. Geologie, Uni Wien)

Durch ein zweistufiges Klassifizierungsverfahren konnte mittels Landsat TM Satellitendaten im nördlichen Niederösterreich der Gesteinsuntergrund über die spektralen Eigenschaften des Bodens charakterisiert werden. In der Folge wurden über 100 Böden aus dem Osten

Österreichs mittels infrarotspektrometrischer Bodenmessungen (PIMA II IR-Spektrometer) untersucht. Trotz der Merkmalsarmut, die Bodenspektren generell auszeichnet, konnte der lithologische Untergrund der gemessenen Böden gut charakterisiert werden. Zur Erfas-

sung und Beurteilung von durch Bergbautätigkeit beeinflussten Arealen kann die IR-Spektroskopie als geeignet bezeichnet werden. Bedingt durch den spezifischen mineralogischen Unterschied von Bergbaumaterial im Gegensatz zum unbeeinflussten Boden eignen sich in-

frarotspektrometrische Messungen zur Unterstützung der geologischen Tätigkeit bei der Abgrenzung von Verdachtsflächen im Gelände.

E-Mail-Kontakt: rbelocky@cc.geolba.ac.at

Erfassung forstlich relevanter Veränderungen unter Verwendung hochauflösender Satellitendaten

J. Janoth, M. Eisl (Geospace Satellitenbilddaten, Salzburg), F. Klaushofer, W. Luckel (Landesforstdirektion Salzburg)

Die Erfassung von Veränderungen innerhalb der Waldbestände stellt einen wichtigen Aufgabenbereich für Forstverwaltungen dar. Satellitendaten bieten dabei eine interessante Alternative, die Feldarbeiten effektiv zu koordinieren. Im Rahmen des von der EU kofinanzierten ENFORMA-Projektes wurde in Zusammenarbeit mit der Landesforstdirektion Salzburg und internationalen Partnern ein Software-Prototyp entwickelt, der eine eigenständige Bearbeitung von Satellitendaten zur Veränderungsanalyse und die Einbindung der Ergebnisse

in forstliche GIS-Systeme erlaubt. Neben Displayfunktionen umfaßt der Prototyp Funktionen zur Erfassung von Schlag-, Windwurf-, Schneebruchflächen; Klassifizierung der Veränderungsintensität; Monitoring von Jungwuchsflächen oder Flächen mit Durchforstungsbedarf. Die vorliegende Studie zeigt die Ergebnisse, die im Untersuchungsraum Rauris unter Anwendung des ENFORMA Prototyps erzielt wurden.

E-Mail-Kontakt: juergen@geospace.co.at

Fernerkundungs-Informationen im Internet

R. Kalliany (Inst.f. Maschinelles Sehen u.Darstellen, TU Graz)

Die Fernerkundung, deren Satelliten rund um die Uhr die Erdoberfläche aufnehmen und die Umwelt dokumentieren, ist prädestiniert für das Internet. Während die Verbreitung der Daten selber über das Netz noch verschiedene Probleme aufwirft (Größe der Datensätze, Bezahlung und Copyright), werden die laufend aktualisierten Kataloge von den meisten Satellitenbetreibern kostenlos im WWW angeboten. Ein wichtiges Anliegen dabei ist es, den Zugang zu den verschiedenen Systemen über eine einzige Benutzerschnittstelle zu eröff-

nen. Über die am Institut in Graz betriebene österreichische „Erdbeobachtungs-Homepage“ <http://www.icg.tu-graz.ac.at/eb> wird in Kooperation mit ARC Seibersdorf, BEV, ESA und dem JRC der EU ein derartiges System implementiert und den Benutzern zugänglich gemacht. Darüberhinaus bietet die Adresse eine Vielzahl von Links, Literaturverweisen und aktuellen Informationen für Anwender der Fernerkundung.

E-Mail-Kontakt: kalliany@icg.tu-graz.ac.at

Siedlungsentwicklung in österreichischen Zentralräumen

F. Kressler, M. Köstl, K. Steinnocher (Bereich Systemforschung, ARC Seibersdorf)

Zur Beobachtung der Siedlungsentwicklung im Umland von Kernstädten sind aktuelle Daten für die Raumplanung notwendig. Während Informationen über die Bebauung in Großstädten zumeist verfügbar sind, werden sie aufgrund des hohen zeitlichen und finanziellen Aufwandes in suburbanen Gebieten nicht erhoben. Zur Beobachtung dieser Räume stellt die Fernerkundung eine kostengünstige Alternative dar. Mittels geeigneter Methoden können aus hochauflösenden Satellitenbildern

Informationslayer abgeleitet werden, die die einzelnen Siedlungen und die Nutzungen innerhalb der Siedlungsflächen repräsentieren. Diese Methode wurde auf den oberösterreichischen Zentralraum (Linz – Wels – Vöcklabruck), sowie für das Wiener Umland (St. Pölten – Wiener Neustadt – Eisenstadt) angewandt.

E-Mail-Kontakt: florian.kressler@arcs.ac.at

Hochauflösende Satellitendaten für die alpine Raumordnung

A. Lambrecht, H. Rott (Inst.f. Meteorologie u. Geophysik, Uni Innsbruck), F. Riccabona (Amt d. Tiroler Landesregierung)

Für verschiedene Zwecke der alpinen Raumordnung wird aktuelle Information über Bodennutzung, Bewuchs und Landschaftsstruktur benötigt. Im Projekt wurden Möglichkeiten, Methoden und Grenzen der Nutzung hochauflösender Satellitendaten für die Verbesserung und Aktualisierung von Karten der Raumnutzung, des Bewuchses, und der Bestandesstruktur im alpinen und subalpinen Bereich mit Schwerpunkt auf Waldgebieten und Zonen oberhalb des Waldgeländes untersucht. Im August 2000 wurde eine Ikonos-Szene für das Testge-

biet im Zillertal aufgenommen. Mittels statistischer und hierarchischer Klassifizierungsverfahren wurden verschiedene Klassen wie Nadelwald, Laubwald, Latsche, Wiese, Alp, Alpenrose usw. aufgrund ihrer spektralen Reflektivität, sowie der Höheninformation getrennt. Innerhalb des Nadelwaldes konnten drei Altersklassen unterschieden werden.

E-Mail-Kontakt: lambrecht.astrid@uibk.ac.at

Einsatz hochauflösender Fernerkundungsbilddaten für die Erfassung und Beobachtung von offenen Bergbau- bzw. Rohstoffentnahmestellen

M. Lepschi (Inst.f. Geographie u.Raumforschung, KF-Uni Graz), M. Schardt, U. Schmitt (Inst.f. digitale Bildverarbeitung, Joanneum Research, Graz), W. Sulzer (Inst.f. Geographie u.Raumforschung, KF-Uni Graz)

Die Fragestellung der Untersuchung war, ob ein Einsatz hochauflösender Satellitenbilddaten für die Erfassung und Beobachtung offener Bergbauflächen möglich ist. Es wurden Methoden für eine multitemporale (Daten von unterschiedlichen Zeitpunkten) und multisensorale (Daten von unterschiedlichen Sensoren) Klassifikation entwickelt, die den operationellen Einsatz verschiedener hochauflösender Satellitendaten zur Kartierung und Beobachtung der Abbauflächen ermöglichen. Schwerpunkt der Untersuchung war die Entwicklung von Auswertemethoden, mit welchen aus Satellitendaten ein

quantifizierbarer (Fläche und Volumen) Abbaufortschritt abgeleitet werden kann, ohne dass die zukünftigen Auswerter (meist Geologen) ein detailliertes Fachwissen in der Satellitenfernerkundung besitzen. Ein weiterer Aspekt der Studie war, inwieweit die verschiedenen Entwicklungsstadien aufgelassener Abbaugelände (Verfüllungsgrad und Rekultivierungsgrad) erfasst werden können.

E-Mail-Kontakt: wolfgang.sulzer@kfunigraz.ac.at

Operationeller Einsatz von SAR Daten für Abflussprognosen

Th. Nagler, H. Rott, (Inst.f. Meteorologie u. Geophysik, Uni Innsbruck), O. Pirker (Österr. Elektrizitätswirtschafts-AG, Wien)

Im Rahmen des EU Projektes HYDALP wurden Methoden zur Nutzung von Satellitendaten für die Modellierung und Vorhersage des Abflusses in hochalpinen Einzugsgebieten entwickelt. Aufbauend auf diesen Methoden wurde im Rahmen einer Anwenderstudie mit der Verbund am IMG-Innsbruck für die Perioden April bis Juli 1999 und 2000 tägliche Abflussvorhersagen mit einem Schneeschmelzmodell für 1 bis 6 Tage im voraus für mehrere Einzugsgebiete im Zillertal erstellt. Als Ein-

gabedaten wurden numerische meteorologische Vorhersagen und Bilder des Synthetischen Apertur Radars (SAR) des ERS Satelliten verwendet, welche die Grundlage für die automatische Erfassung der Schneedeckenänderung sind. Die Abflussprognosen wurden täglich neu berechnet und für registrierte Benutzer über WWW am Internet zur Verfügung gestellt.

E-Mail-Kontakt: thomas.nagler@uibk.ac.at

Fernerkundung der Abbaudaten von Massenrohstoffen mittels hochauflösender Satellitendaten

S. Pfeleiderer, G. Letouzé-Zezula (Geologische Bundesanstalt, Wien)

Die Vermessung von Abbaustätten mit Hilfe von hochauflösenden Fernerkundungsdaten wird am Beispiel einer Kiesgrube im Wiener Becken demonstriert. Über drei Jahre hinweg werden die Abbaufortschritte in Fläche und Volumen bestimmt. Geocodierte Luftbilder und IKONOS-Satellitendaten dienen als Grundlage zur Planimetrierung im geographischen Informationssystem (GIS). Zusammen mit Abbautiefen, die einerseits aus Vermessungsplänen entnommen, andererseits aus Schattenlängen berechnet sind, werden Abbauvolumen ermittelt. Der Vergleich mit Firmenangaben zeigt gute

Übereinstimmung zwischen tatsächlichen und mittels Fernerkundung abgeleiteten Daten. Die Abweichungen betragen $\leq 1\%$ für längere Zeitintervalle und 6% für kurze Zeitabschnitte. Für das Monitoring von Abbaustätten zur Einschätzung von Produktion, Bedarf und Reserven von Massenrohstoffen sind geometrisch hochauflösende Satellitendaten daher gut geeignet und bieten eine Alternative zu zeit- und kostenaufwendigen Geländebegehungen.

E-Mail-Kontakt: pfiseb@cc.geolba.ac.at

Untersuchung von Siedlungsstrukturen mit hochauflösenden Satellitenbilddaten

M. Schardt, U. Schmitt (Inst.f. digitale Bildbearbeitung, Joanneum Research, Graz), W. Sulzer (Inst.f. Geographie u. Raumforschung, KF-Uni Graz)

Eine Machbarkeitsstudie sollte feststellen, inwieweit hochauflösende Fernerkundungsbilddaten (KFA-3000, KWR-1000, SPOT-P, LANDSAT-TM sowie konventionelle Luftbilder) zur Kartierung der Siedlungsstruktur und für die Beobachtung ihrer Entwicklung eingesetzt werden können.

Ein befriedigender Einsatz von Fernerkundungsbilddaten in der Siedlungsanalyse ist mit dem zur Zeit verfügbaren räumlichen Auflösungsvermögen (2-3m) bedingt möglich. Die Weiterentwicklung von geometrisch und spektral höher auflösenden Systemen (z.B. IKONOS)

bringen verbesserte Ergebnisse in der Siedlungsplanung. Derzeit wird das Potential der verwendeten hochauflösenden Bilddaten meist durch visuelle Interpretation genutzt. Künftig werden mit Daten von operationellen räumlich hochauflösenden Satellitensystemen automatische (rechnergestützte) Analysen und Multispektral-Klassifikationen die Effizienz beim Einsatz von Fernerkundungsbilddaten in der Siedlungsplanung erhöhen. Die Vorteile beider Auswerteverfahren werden am besten in hybriden Verfahren genutzt.

E-Mail-Kontakt: wolfgang.sulzer@kfunigraz.ac.at

Globale Beobachtung der Bodenfeuchte

K. Scipal (Inst.f.Photogrammetrie u.Fernerkundung, TU Wien), W. Wagner (DLR, Oberpfaffenhofen)

Bodenfeuchte ist ein wesentlicher Faktor in einer Vielzahl von Prozessen unseres globalen Ökosystems – z.B. das Zusammenspiel von Biosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre und somit von Klima und Wettergeschehen, der landwirtschaftlichen Produktion, Dürre und Überschwemmungen. Effiziente Methoden zur Beobachtung dieser Variablen bilden daher eine wichtige Grundlage für eine Reihe von wissenschaftlichen und angewandten Fragestellungen.

Die Fernerkundung bietet aufgrund ihrer Eigenschaften (flächenhafte, kostengünstige Beobachtungen) die ein-

zigartige Möglichkeit Bodenfeuchte effizient zu beobachten. Speziell Mikrowellen-Sensoren und hier die niedrig auflösenden Scatterometer mit ihrer hohen zeitlichen Auflösung stellen ein ideales Meßsystem dar. Eine am I.P.F. in Kooperation mit dem DLR entwickelte Methode erlaubt es nun erstmals diese Datenquelle zum Aufbau eines globalen Bodenfeuchtedatensatzes zu nutzen.

E-Mail-Kontakt: kscipal@ipf.tuwien.ac.at

Forstinventur mittels Laserscannerdaten

M. Ziegler, R. Wack (Inst.f. digitale Bildverarbeitung, Joanneum Research, Graz)

Laserscanning ermöglicht die Erzeugung von genauen Gelände- und Oberflächenhöhenmodellen. Daraus können für die Forstwirtschaft wesentliche Parameter wie Baumhöhe und Kronenschirmfläche auf Einzelbaumbasis direkt abgeleitet werden. Zusätzlich werden die Baumarten aus hochauflösenden Satellitenbilddaten (Ikonos) klassifiziert. Aus den Informationen Baumhöhe und Kronenschirmfläche getrennt nach Baumarten wird das Holzvolumen über ertragskundliche Funktio-

nen berechnet. Im Vordergrund der Arbeiten stehen die exakte Geländemodell-Generierung, die Einzelkronensegmentierung sowie die Fusionierung von Laserscanner- und hochauflösenden Bilddaten. Die Ergebnisse aus dem EU-Projekt „High-Scan“ sowie aus den Arbeiten von Joanneum Research innerhalb des Kompetenzzentrums „ACV“ sind vielversprechend.

E-Mail-Kontakt: michaela.ziegler@joanneum.at

RICHTLINIEN für die Gestaltung von Beiträgen für die Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation (VGI)

1. Die Manuskripte aller Beiträge sowohl in digitaler Form auf Diskette als auch als Ausdruck einsenden.
2. Spezifikationen: Disketten 3,5 Zoll oder CD-ROM in ASCII-Format oder Textverarbeitungsdokument (vorzugsweise Winword). Da die endgültige Seitengestaltung gemäß den bestehenden Layout-Vorschriften erst durch das Satzstudio erfolgt, bitte **keine** Silbentrennungen und **keine** Formatierungen (Einzüge, Tabulatoren, Fett, Kursiv, Unterstrichen, Spalteneinteilung etc.) vornehmen. Gestaltungsvorschläge dieser Art können in einem zusätzlichen Ausdruck beigelegt werden.
3. Hauptartikel durch nummerierte Zwischenüberschriften klar strukturieren.
4. Hauptartikel beginnen mit einer kurzen Zusammenfassung und einem entsprechenden englischsprachigen Abstract.
5. Abbildungen und Tabellen:
 - mit 1 beginnend fortlaufend nummerieren und mindestens einmal im Text erwähnen
 - Texte zu Abbildungen und Tabellen am Ende des Artikels gesondert anführen
 - im Manuskript die Stellen markieren, an denen Abbildungen einzufügen sind
 - **Zeichnungen:** Reinzeichnung in mindestens doppelter Druckgröße, wobei eine minimale Schriftgröße von 1,5 mm in Druckgröße zu berücksichtigen ist.
 - **Photos:** Hochglanzbilder möglichst in doppeltem Druckformat; Bildausschnitte auf einer Kopie eindeutig einzeichnen.
 - **Farbabbildungen:** sind grundsätzlich möglich; Entscheidung im Einzelfall.
 - **Digitale Zeichnungen und Bilder:** Nach Rücksprache mit der Schriftleitung (Datenformat, Auflösung, Datenübermittlung etc). **Nicht** digital in den Text integrieren.
6. Mathematische Formeln unbedingt in analoger Form eindeutig lesbar beistellen.
7. Bei Zitaten und Fremddabbildungen sind die dafür erforderlichen Abdruckgenehmigungen einzuholen, sowie erforderlichenfalls Quellenangaben beizubringen. Die diesbezügliche Verantwortlichkeit liegt bei Autor.
8. Literaturangaben nach dem Beitrag fortlaufend in eckiger Klammer [] nummerieren.
9. Am Ende des Beitrages Angabe von Titel, Name, Postanschrift und ev. Email-Adresse des(r) Autors(en) sowie für etwaige Rückfragen Telefon- und Faxnummer.
10. Bei Hauptartikeln bitte jedenfalls reprofähige Portraitphotos aller Autoren mitsenden. Es werden neben dem Hauptautor maximal 2 Co-Autoren berücksichtigt.
11. Bei Hauptartikeln ist in einem Begleitschreiben die Zusicherung abzugeben, daß der gegenständliche Beitrag bisher in noch keiner in- oder ausländischen Zeitschrift oder elektronischem Medium (z.B. Internet) erschienen ist (Erstveröffentlichung).
12. Beiträge zur Rubrik „Mitteilungen und Tagungsberichte“ sollten nach Möglichkeit kurz und prägnant gehalten sein und nicht mehr als 6000 Zeichen umfassen.
13. Auf Wunsch werden nach Erscheinen des Beitrages Abbildungsoriginale zurückgesendet.
14. Für jeden Hauptartikel werden 15 kostenlose Autorenexemplare an den erstgenannten Autor gesendet, für jeden anderen Artikel jeweils eines.

Im Sinne einer sparsamen Verwendung der finanziellen Mittel der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation als Herausgeber dieser Zeitschrift ist die Einhaltung dieser Richtlinien erforderlich.

Für Fragen und Auskünfte in diesem Zusammenhang steht Ihnen die Schriftleitung gerne zur Verfügung. Bitte wenden Sie sich an:

- *Dipl.-Ing. Reinhard Gissing, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien,
Tel. +43 (0)1 – 211 76-3624, Fax +43 (0)1 – 216 7551, Email:reinhard.gissing@bev.gv.at*
- *Dipl.-Ing. Wolfgang Gold, Krotenthalergasse 3, A-1080 Wien,
Tel. +43 (0)1 – 40 146-221, Fax +43 (0)1 – 406 9992, Email wolfgang.gold@bev.gv.at:*
- *Dipl.-Ing. Karl Haussteiner, Schiffamtsgasse 1-3, A-1025 Wien,
Tel. +43 (0)1 – 211 76-3609, Fax +43 (0)1 – 216 7551, Email:karl.haussteiner@bev.gv.at*

Redaktionsschluß
für die nächste Ausgabe der VGI
(Heft 4/2001)
ist
Mittwoch, 23. Jänner 2002

VGI

Österreichische Zeitschrift für
VERMESSUNG & GEOINFORMATION

89. Jahrgang 2001 / ISSN 0029-9650

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

Präsident der Gesellschaft: Dipl.-Ing. August Hochwarter, 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) 21176-3401, Fax (01) 2167551, Dipl.-Ing. Wolfgang Gold, Krotenthaller-gasse 3, A-1080 Wien, Tel. (01) 40146-221, Fax (01) 4069992, Dipl.-Ing. Karl Haussteiner, 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 i.R. Dr. J. Bernhard, BEV, Krotenthaller-gasse 3, 1080 Wien, Dipl.-Ing. M. Eckhar-ter, Friedrichstraße 6, 1010 Wien, HR i.R. 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) 40146-221, Fax (01) 4069992. Unterlagen über Preise und technische Details werden auf Anfrage gerne zugesendet.

Erscheinungsweise: Vierteljährlich in zwangloser Reihenfolge (1 Jahrgang = 4 Hefte). Auflage: 1700 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 170.- öS (12.35 €), Ausland 190.- öS (13.81 €); Abonnement: Inland 600.- öS (43.60 €), Ausland 700.- öS (50.87 €); alle Preise exklusive Mehrwertsteuer.

Satz und Druck: Druckerei Berger, A-3580 Horn, Wiener Straße 80.

Funktionäre und Delegierte der

Vorstandmitglieder

- Präsident:**
Präsident/Dpl.-Ing. August HOCHWARTNER
- Stellvertreter:**
o Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl ERAUS
Baurat/Dpl.-Ing. Manfred ECKHARTER
Senatsrat/Dpl.-Ing. Erwin HYNST
- Vorstandsrat:**
Dpl.-Ing. Otto ALEKSA
o Univ.-Prof. Dpl.-Ing. Dr. Andre FRANK
Dpl.-Ing. Bernhard FUTTER
Baurat/Dpl.-Ing. Rolf EGUTMANN
Baurat/Dpl.-Ing. Hubert HAUER
Baurat/Dpl.-Ing. Ernst HÖLLINGER
Dpl.-Ing. Bernhard JUPFNER
Dpl.-Ing. Gerhard MUGGENHUBER
Dpl.-Ing. Gerda SCHERVAICH
Dpl.-Ing. Gerhard STÖHR
o Univ.-Prof. Dpl.-Ing. Dr. Hans SUNDEL
Dpl.-Ing. Hans TEKAUZ
Dpl.-Ing. Dietz WENTER

Statuten

Name, Zweck und Sitz des Vereines

§1.(1) Der Verein führt den Namen:

Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation
englische Bezeichnung:
Austrian Society for Surveying and Geoinformation (ASG)
und das im Anhang zu diesen Statuten angeführte Vereins...

Er hat folgende Aufgaben zu erfüllen:

- die Vertretung der fachlichen Belange der Vermessung und Geoinformation auf allen Gebieten wissenschaftlichen Forschung und der praktischen Anwendung;
- die Vertretung der Ständesinteressen aller Angehörigen des Berufsstandes;
- die Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Kollagen der Wissenschaft, der öffentlichen Dienstfreien Berufe und der Wirtschaft;
- die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses;
- die Herausgabe einer Zeitschrift mit dem Namen "Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation" (VGI).

(2) Die in den Statuten verwendeten personennamen Ausdrücke wie z.B. "Kasse", "Präsident", "Stellvertreter", "Student", "Sekretär", "Schatzer" oder "Schriftführer" umfassen Frauen und Männer gleicher

Aktuelles

Innsbruck

Datum	Zeit	Vortragende	Titel
19. Oktober 2000	18.00 Uhr c.t.	Univ.-Prof. Dr. Michael Franzzen	"Die Militärgenie in Österreichischer Landesheer"
30. November 2000	18.00 Uhr c.t.	Univ.-Prof. Dr. Michael Franzzen	"Das Modell der Katastrophengeographie in der GIS-DIP"
25. Jänner 2001	18.00 Uhr c.t.	Univ.-Prof. Dr. Michael Franzzen	"E-Gis - elektronische Geoinformationssysteme - oder wie wir Geodäten in der Informationsgesellschaft des m-commerce besetzen"

Datei Bearbeiten Ansicht Favoriten Extras 2

Zurück Verwa Abbr... Aktual... Start... Suchen Favori... Verlauf E-Mail Drucken Bearb...

Adresse http://www.ovg.at/

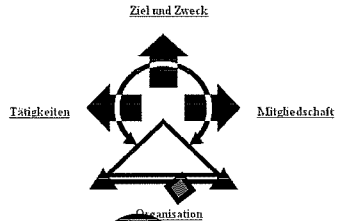


- Home
- Aktuelles
- Personen
- Mitgliedschaften in Organisationen
- VGI
- Veranstaltungen
- Links
- Statuten
- Förderungen u. Auszeichnungen

Copyright © 1999, 2000 by ÖVG
Besuchersitz August 2000

000774

Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (ÖVG)
Austrian Society for Surveying and Geoinformation (ASG)



Links

Österreichische Links:

AGEO
AGEO - Österreichischer Dachverband für Geographische Information

BOKU
BOKU - IVVL Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation

TU
Technische Universität Wien

Veranstaltungen

3. November 2000	Delft, Niederlande	CLGE/FIG Seminar on "Enhancing Professional Competence of Geosurveyors in Europe" Tel: +31 15 2784548 Fax: +31 15 2782745 e-mail: e.m.tende@geo.tudelft.nl
18.-24. Februar 2001	Obergurgl, Tirol, Österreich	11. Internationale Geodätische Woche Tel: +43 512 507-6757 oder 6755 Fax: +43 512 507-2910 e-mail: geodatischewoche@nubk.wu.ac.at http://www.geodatischewoche.wu.ac.at
14.-16. März 2001	München, Deutschland	6. Münchener Fortbildungseminar Geoinformationssysteme Tel: +49 89 2892-3918 e-mail: kamm.bosse@bun.de http://www.rlp.bv.tmm.de/
6.-11. Mai 2001	Seoul, Korea	FIG Working Week 2001 Tel: +82 31 325 0851/2 Fax: +82 31 325 0853 E-mail: jukim@kcs.co.kr http://www.fvwv2001.or.kr
11.-13. Juni		International Symposium on Sp. Research - ISSR 2001 Tel: +10-436-5874 oder 418-844

VGI

Österreichische Zeitschrift für VERMESSUNG & GEOINFORMATION

Die Österreichische Zeitschrift für Vermessung & Geoinformation (VGI) ist offizielles Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (ÖVG) sowie der Österreichischen Geodätischen Kommission (ÖGK). VGI präsentiert wissenschaftliche und praxisbezogene Beiträge aus den Gebieten

- Geodäsie
- Geoinformation
- Land Administration
- Kartographie
- Fernerkundung
- Geophysik

sowie über interdisziplinäre Anwendungen dieser Fachbereiche.

Redaktionschluss für VGI Ausgabe 4/2000 ist der 16. Oktober 2000.

[Allgemeines] [Hauptartikel] [Diplomarbeiten & Dissertationen] [Recht & Gesetz]

Entdecke Österreichs neue Dimension!



*Österreichkarte -
jetzt in 3D auf Doppel-CD!*

- Ganz Österreich auf 2 CDs
- Perspektivische Ansicht des gewünschten Kartenausschnittes
- 3D-Betrachtung des Geländes mit Rot-Grün-Brille
- Staatliche Österreichische Karte
im Maßstab 1 : 50 000, 1 : 200 000 und 1 : 500 000
- Markierte Wanderwege
- Über 100.000 geografische Suchbegriffe



Info unter:
www.bev.gv.at
austriannmap@bev.gv.at

3D
A austrian
map