

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

Organ der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie,
Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e. V.

Jahrgang 2011, Heft 5

Hauptschriftleiter:
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kresse

Schriftleiter:
Prof. Dr. rer.nat. Carsten Jürgens, Prof. Dr. rer.nat. Lutz Plümer,
Privatdozent Dr. techn. Franz Rottensteiner und
Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert

Redaktionsbeirat (Editorial Board): Clement Atzberger, Andrew Frank,
Christian Heipke, Joachim Hill, Patrick Hostert, Hans-Gerd Maas, Wolfgang
Reinhardt, Camillo Ressel, Jochen Schiewe



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2011



Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung
und Geoinformation (DGPF) e.V.
Gegründet 1909

Die *Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation* (DGPF) e.V. unterstützt als Mitglieds- bzw. Trägergesellschaft die folgenden Dachverbände:



International Society
for Photogrammetry
and Remote Sensing

DAGM

Deutsche Arbeits-
gemeinschaft für
Mustererkennung e.V.



GeoUnion
Alfred-Wegener-Stiftung

Herausgeber:

© 2011 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.
Präsidentin: Prof. Dr. Cornelia Gläßer, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Geowissenschaften, Von-Seckendorff-Platz 4, D-06120 Halle, Tel.: +49(0)345 55-26020
Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Oststraße 2–18, D-48145 Münster, e-mail: klaus.komp@eftas.com

Published by:

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3A,
D-70176 Stuttgart, Tel.: 0711 351456-0, Fax: 0711 351456-99, e-mail: mail@schweizerbart.de
Internet: <http://www.schweizerbart.de>

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

All rights reserved including translation into foreign languages. This journal or parts thereof may not be reproduced in any form without permission from the publishers.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Science Citation Index Expanded (also known as SciSearch®) Journal Citation Reports/Science Edition
Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kresse, Hochschule Neubrandenburg, Fachbereich Landschaftsarchitektur, Geoinformatik, Geodäsie und Bauingenieurwesen, Brodaer Straße 2, D-17033 Neubrandenburg, e-mail: kresse@hs-nb.de

Schriftleiter: Prof. Dr. rer. nat. Carsten Jürgens, Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut, Gebäude NA7/133, D-44780 Bochum, e-mail: carsten.juergens@rub.de, Prof. Dr. rer. nat. Lutz Plümer, Universität Bonn, Institut für Geodäsie und Geoinformation, Meckenheimer Allee 172, D-53115 Bonn, e-mail: pluemmer@igg.uni-bonn.de, Privatdozent Dr. techn. Franz Rottensteiner, Leibniz Universität Hannover, Institut für Photogrammetrie und GeoInformation, Nienburger Straße 1, D-30167 Hannover, e-mail: rottensteiner@ipi.uni-hannover.de und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 103, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@geobasis-bb.de

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 198,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos. Der Online-Zugang ist im regulären Subskriptionspreis enthalten.

Anzeigenverwaltung: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3A, D-70176 Stuttgart, Tel.: 0711 351456-0; Fax: 0711 351456-99.
e-mail: mail@schweizerbart.de, Internet: <http://www.schweizerbart.de>

Bernhard Harzer Verlag GmbH, Westmarkstraße 59/59a, D-76227 Karlsruhe, Tel.: 0721 944020, Fax: 0721 9440230, e-mail: Info@harzer.de, Internet: www.harzer.de

Printed in Germany by Tutte Druckerei GmbH, D-94121 Salzweg bei Passau

PFG – Jahrgang 2011, Heft 5 Inhaltsverzeichnis

KRESSE, W.: Veränderungen in der Schriftleitung	323
---	-----

Originalbeiträge

BECHTEL, B.: Multisensorale Fernerkundungsdaten zur mikroklimatischen Beschreibung und Klassifikation urbaner Strukturen	325
BUCK, O., PETER, B. & BÜKER, C.: Zwei-skaliger Ansatz zur Aktualisierung landwirtschaftlicher Referenzkulissen (LPIS)	339
SCHMIDT, K.: Analyse hyperspektraler Signaturen mit doppelten Weibull-Funktionen	349
THEILEN-WILLIGE, B.: Remote Sensing and GIS Studies of the Hegau Volcanic Area in SW Germany	361

Mitteilungen

Berichte der Arbeitskreise der DGPF	
Arbeitskreis Bildanalyse und Bildverstehen	373
Berichte von Veranstaltungen	
5th International Conference on 3D Geoinformation	374
ISPRS Hannover Workshop 2011 „High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information“	382
Symposium Königslutter der DGfK-Kommission Angewandte Kartographie – Geovisualisierung	383
4. Hamburger Anwenderforum für Terrestrisches Laserscanning	386
10. Internationale 3D-Forum Lindau	388
Mitteilungen der DGPF	
Photogrammetrisches Wörterbuch	390
Persönliches	
Nachruf auf Hans-Günter Gierloff-Emden	391
Hochschulnachrichten	
Leibniz Universität Hannover, Dissertation Abdalla Alobeid	392
Leibniz Universität Hannover, Dissertation Dimitri Bulatov	393
Leibniz Universität Hannover, Dissertation Anne Grote	394
Veranstaltungskalender	396
Neuerscheinungen	396
Zum Titelbild	397
Korporative Mitglieder	398
Zusammenfassungen der „Originalbeiträge“ und der Beiträge „Aus Wissenschaft und Technik“ (deutsch und englisch) sind auch verfügbar unter www.dgpf.de/neu/pfg/ausgaben.htm	





Veränderungen in der Schriftleitung

Habent sua fata libelli – ac periodica
Bücher haben ihr Schicksal – ebenso wie Zeitschriften

So schrieb WALTER HOFMANN 1987 anlässlich der Herausgabe des 50. Jahrgangs der BuL, der Bildmessung und Luftbildwesen. Die Umbenennung des Organs der DGPF in PFG, Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, erfolgte nach einer Übergangsphase unter dem Namen ZPF, Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung.

Es begann 1926. Die redaktionelle Arbeit der ersten Stunde wurde von OTTO KOERNER aus Berlin geleistet, der namhafte Fachleute der Photogrammetrie für Beiträge in der Zeitschrift motivierte. Dann folgte der sehr umtriebige und temperamentvolle KURD SLAWIK, dem es gelang, die BuL als international renommierte Fachzeitschrift zu etablieren und nach dem 2. Weltkrieg wieder aufleben zu lassen. In den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde unter KURT SCHWIDEFESKY der Themenbereich der Zeitschrift in Richtung Luftbildinterpretation ausgebaut und die Entwicklung zur heutigen Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation eingeleitet.

Eine logische Konsequenz des immer breiter werdenden Themenspektrums war die Verteilung der redaktionellen Lasten auf mehrere Schultern. Es begann mit der gemeinsamen Arbeit von JÖRG ALBERTZ und WALTER HOFMANN. Später arbeitete HANS-PETER BÄHR mit WOLFGANG FÖRSTNER und FRANK STRATMANN zusammen. Ab 1997 konnten sich KLAUS SZANGOLIES und HELMUT MAYER als Hauptschriftleiter der neu etablierten PFG immer der Unterstützung einer Gruppe von Schriftleitern versichern, unter anderem FRANZ LIST, ECKHARDT SEYFERT und THOMAS KERSTEN. Diese haben vor allem die Koordinierung der mit der PFG neu eingeführten aufwendigen Begutachtung der Beiträge übernommen, ein Schritt, der in erheblichem Maße zur Qualitätssicherung und Steigerung der internatio-

nen Reputation der Zeitschrift beigetragen hat.

Die neue Schriftleitung besteht aus einem Team von fünf Fachleuten. CARSTEN JÜRGENS (Bochum) ist seit 2003 für Fernerkundung zuständig. LUTZ PLÜMER (Bonn) kümmert sich seit 2007 um die Geoinformation. FRANZ ROTTENSTEINER (Hannover) ist von nun an zuständig für die photogrammetrischen Themen. STEFAN HINZ (Karlsruhe) wird die Bearbeitung der Mitteilungen übernehmen. Dem Autor dieser Zeilen obliegt die Hauptschriftleitung.

Welches sind die Schwerpunkte der kommenden Jahre? An erster Stelle steht der Erhalt des Erreichten und dessen weiterer Ausbau. Die Randbedingungen sind günstig. Die Fernerkundung erlebt weiterhin einen ungebremsen Aufschwung. Die Photogrammetrie etabliert sich auf neuen Feldern wie den Navigationssystemen und die Geoinformation ist zu einem Produkt für jedermann geworden.

Parallel zur Entwicklung unserer Zeitschrift in den letzten Jahren ist ein internationales formales Regelwerk für die Bewertung von wissenschaftlicher Leistung entstanden. Darin werden nur wissenschaftliche Artikel in „gelisteten“ Zeitschriften erfasst und anerkannt. Zu diesen „gelisteten“ Zeitschriften gehört seit zwei Jahren auch die PFG. Meine unmittelbaren Vorgänger in der Hauptschriftleitung – SZANGOLIES und MAYER – haben mit viel Kraft und Beharrlichkeit erfolgreich die Erfassung der PFG als „gelistete“ Zeitschrift erreicht. Damit ist die PFG die bislang einzige Fachzeitschrift für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation im deutschsprachigen Raum, die diesen Status besitzt. Vorteilhaft kommt hinzu, dass durch das effiziente „Review-Verfahren“ die Wartezeit von der Einreichung eines Artikels bis zu seiner Veröffentlichung in der PFG unter einem halben

Jahr liegt. Das ist im internationalen Vergleich sehr kurz und führt zu einer schnellen Verbreitung und Umsetzung neuer Erkenntnisse.

Mit der Veröffentlichung des ersten „Impact Factors“ Mitte 2011 ist die PFG nun auch im Bereich der internationalen Beurteilung wissenschaftlicher Leistungen in unseren Fachgebieten fest etabliert. Der „Impact Factor“ beschreibt die Häufigkeit, mit der Artikel einer Zeitschrift zitiert werden und stellt damit das Maß auf der Rangskala der gelisteten Zeitschriften dar. Die weltweite Berechnung des „Impact Factors“ erfolgt durch die Firma Thomson-Reuters in den USA, die die Basisdaten für den „Citation Index“ führt. Die große Bedeutung dieses Systems für die wissenschaftliche Laufbahn unserer im akademischen Bereich tätigen Mitglieder wird zu einer

verstärkten Veröffentlichung auch in englischer Sprache führen.

Das bedeutet aber nicht ein Verschwinden der deutschen Sprache in der PFG. So sollen zum Beispiel deutschsprachige Artikel durch eine entsprechend ausführliche englischsprachige Zusammenfassung angereichert werden, damit sie in den Citation Index aufgenommen werden können.

Ich hoffe, dass wir Schriftleiter die verschiedenen Erwartungen der DGPF-Mitglieder auch weiterhin voll erfüllen können, und freue mich auf die Zusammenarbeit mit Ihnen und vor allem auf Ihre Beiträge, Anregungen und Wünsche.

Neubrandenburg im Juli 2011

WOLFGANG KRESSE



Multisensorale Fernerkundungsdaten zur mikroklimatischen Beschreibung und Klassifikation urbaner Strukturen

BENJAMIN BECHTEL, Hamburg

Keywords: Landsat, IFSAR, Urban climate, Multitemporal thermography

Summary: *Multisensoral remote sensing for the microclimatic characterisation and classification of urban structures.* Remote sensing can play an important role for the microclimatic characterisation of urban structures. Against the background of relevant climatic properties of urban surfaces (i.e. thermal and aerodynamic) new surface parameters from different datasets for the comprehensive urban climatologic characterisation are developed for the case of Hamburg. The annual cycle of surface temperatures in multitemporal Landsat data is approximated by a sine function. The extracted parameters “*Mean Annual Surface Temperature*” (MAST) and “*Yearly Amplitude of Surface Temperature*” (YAST) show substantial distinctions between urban structures and are strongly correlated with a long-term urban heat island (UHI) pattern derived from floristic proxy data. The frequency distribution of heights from an interferometric SAR digital height model (IFSAR-DHM) from Intermap Technologies shows a clear correspondence with the surface roughness. Eventually, it is shown, that the new parameters are suitable for the classification of urban micro-climatic structures.

Zusammenfassung: Dieser Beitrag widmet sich der Rolle der Fernerkundung zur räumlichen Differenzierung urbaner Mikroklimata. Vor dem Hintergrund relevanter klimatischer (insbesondere thermischer sowie aerodynamischer) Eigenschaften von städtischen Oberflächen werden am Beispiel von Hamburg neue Oberflächenparameter entwickelt, die sich zur flächendeckenden stadtklimatischen Charakterisierung urbaner Strukturen eignen. Der Jahresgang der Oberflächentemperaturen in multitemporalen Landsat-Aufnahmen wird durch eine Sinus-Funktion angenähert. Dabei zeigen die extrahierten Parameter „*Mean Annual Surface Temperature*“ (MAST) und „*Yearly Amplitude of Surface Temperature*“ (YAST) klare Unterschiede zwischen Stadtstrukturen und weisen eine hohe Korrelation mit einem Langzeit-Wärmeinselmuster aus Proxy-Daten auf. Die Höhenverteilung in einem IFSAR-DHM aus Daten der Firma Intermap Technologies zeigt einen deutlichen Zusammenhang mit der Oberflächen-Rauhigkeit. Weiterhin wird gezeigt, dass sich die Parameter zur Klassifikation urbaner Mikroklimata eignen.

1 Einleitung

Die räumliche Differenzierung städtischer Mikroklimata rückt vor dem Hintergrund weltweiter Verstädterung und globalen Klimawandels zunehmend in den Blickpunkt. Die planerische Herausforderung besteht dabei darin, das Ziel eines idealen Stadtklimas, charakterisiert durch eine Vielzahl unterschiedlicher Mikroklimata unter Vermeidung von Extremen (Matzarakis 2001), mit der notwendigen Anpassung an klimatische Veränderungen zu verbinden. Einerseits muss dafür

das Wissen über stadtklimatische Eigenschaften bestimmter baulicher Strukturen vertieft werden. Zum anderen müssen Verfahren entwickelt werden, um die Strukturen einheitlich zu erfassen und zu überwachen. Dies gilt insbesondere für weniger entwickelte Regionen der Welt, die bislang nicht auf ausgereifte Geodateninfrastrukturen zurückgreifen können. Die urbane Fernerkundung kann zu beiden Fragen einen wichtigen Beitrag leisten.

In diesem Beitrag werden neue Oberflächenparameter aus Fernerkundungsdaten vorgestellt, die zu einer besseren stadtklimati-

schen Beschreibung urbaner Strukturen beitragen. Besonders wichtig sind dafür einerseits die thermischen Oberflächeneigenschaften der in Städten verbauten Materialien sowie andererseits die veränderte Dynamik der planetaren Grenzschicht. Entsprechend werden exemplarisch zwei neue Oberflächenparameter vorgestellt, die zur Charakterisierung dieser Eigenschaften und damit zur Entwicklung von *“more fundamental surface descriptors”* (VOOGT & OKE 2003) beitragen. Erforderlich sind dabei nach VOOGT & OKE Strahlungs- und strukturelle Parameter, die mit den relevanten Austauschprozessen zwischen Oberfläche und Atmosphäre verbunden und für die Verwendung in Modellen geeignet sein sollen.

Die thermischen Oberflächeneigenschaften unterschiedlicher Materialien werden aus multitemporalen Landsat-Daten abgeleitet. Dabei wird ein Jahresgang an die Oberflächentemperaturen zur Überflugszeit in verschiedenen Jahreszeiten gefittet (BECHTEL 2011). Die Beeinflussung des Windfeldes durch erhöhte Oberflächenrauigkeit wird durch ein hochauflösendes digitales Höhenmodell (DHM) aus Nextmap® Interferometric Synthetic Aperture Radar (IFSAR) Daten charakterisiert (BECHTEL et al. 2011).

In diesem Beitrag soll Stadtklima als wichtiges Anwendungsfeld der Fernerkundung näher vorgestellt werden. Nach einer Einführung in die Problematik stadtklimatischer Verände-

rungen und aktueller Möglichkeiten der urbanen Fernerkundung in Abschnitt 2 werden in Abschnitt 3 in stadtklimatischer Hinsicht relevante Datensätze unterschiedlicher Aufnahmeverfahren und aus Ihnen abgeleitete Parameter zusammengeführt und weiterentwickelt. Diese Parameter werden anschließend in Abschnitt 4 erstmals gemeinsam in Hinblick auf ihre Eignung zur Klassifikation mikroklimatischer Stadtstrukturen getestet und bewertet.

2 Stadtklima und urbane Fernerkundung

Die intensive Veränderung der Erdoberfläche in Städten führt dazu, dass diese gegenüber dem Umland ganzjährig ein abweichendes Klima aufweisen. Der bedeutendste und am besten untersuchte Effekt ist dabei die städtische Wärmeinsel (*urban heat island, UHI*), die erstmals vom englischen Apotheker LUKE HOWARD (1772–1864) nachgewiesen und bis heute für zahlreiche Städte unterschiedlicher Größe und geographischer Lage bestätigt wurde (KUTTLER 2004). Die Intensität der UHI sowie ihr Verteilungsmuster werden von Größe, Landnutzung und Lage der Stadt bestimmt (MATZARAKIS 2001). Die UHI ist am stärksten bei windschwachen Hochdruckwetterlagen ausgeprägt und besitzt eine starke tages- (übli-

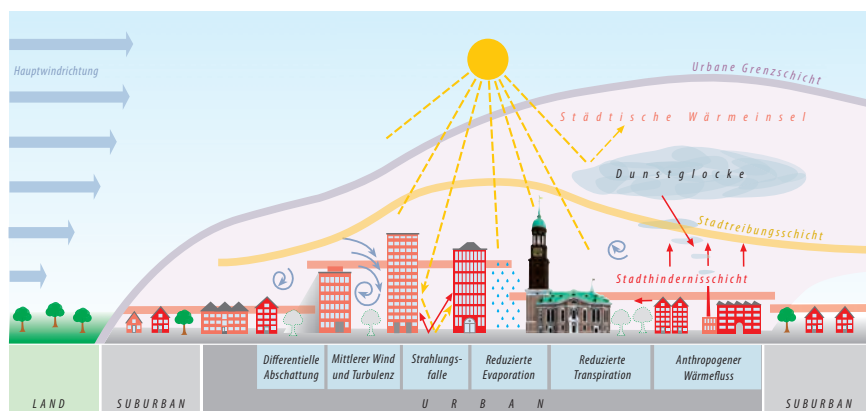


Abb. 1: Stadtklima als Überlagerung diverser Prozesse (OSSENBRÜGGE & BECHTEL 2010).

cherweise nachts stärker ausgeprägt als tags) und jahreszeitliche Variabilität (SOUCH & GRIMMOND 2006).

Das Stadtklima ist sehr komplex und wird von zahlreichen Prozessen bestimmt, von denen die wichtigsten in Abb. 1 dargestellt werden. Da viele der Größen und Einflüsse stark von Stadtstruktur und Morphologie abhängen, ist auch die UHI örtlich sehr unterschiedlich ausgeprägt (Wärmemosaik oder Wärmearchipel, vgl. MATZARAKIS 2001). Zentrale Einflussfaktoren für die Ausbildung der Wärmeinsel sind dabei die veränderte Energiebilanz und das städtische Windfeld.

Die städtische Energiebilanz wird durch eine ganze Reihe von Faktoren beeinflusst. Durch die verwendeten Baumaterialien wird mehr Wärme gespeichert, der geringere Anteil an Vegetation führt zu einem reduzierten latenten und damit einem erhöhten fühlbaren Wärmestrom. Weiterhin beeinflussen die 3D-Geometrie der Straßenschluchten (verringerte Netto-Ausstrahlung durch reduzierte Himmelsicht) und die veränderte Chemie der Atmosphäre (z. B. Trübung durch Luftschadstoffe) die Strahlungsbilanz. Eine zusätzliche Größe in der städtischen Energiebilanz ist die Emission anthropogener Wärme.

Neben den Energieumsätzen vor Ort werden auch Austausch und Mischung innerhalb der städtischen Atmosphäre stark von der Bebauung beeinflusst. Dadurch bildet sich eine charakteristische veränderte planetare Grenzschicht (unterer Teil der Troposphäre, der vom turbulenten Impuls- und Wärmeaustausch mit der Erdoberfläche beeinflusst wird) heraus, die als urbane Grenzschicht (*urban boundary layer*, UBL) bezeichnet wird. Dabei wirken Baukörper und Bäume in der Stadt als Hindernisse für den Wind und erhöhen die Rauigkeit der Oberfläche. Städte werden dadurch zu den "roughest of all aerodynamic boundaries" (OKE 1978). Als Folge wird die mittlere Windgeschwindigkeit reduziert, während Böigkeit und turbulenter Impulsfluss zunehmen. In der Stadthindernisschicht (*urban canopy layer*, UCL) und der Stadtreibungsschicht (*urban roughness sublayer*, URS) wird die Strömung stark lokal bestimmt. Ab einer gewissen Höhe (*blending height*) wird das Windprofil dann aber vorwiegend von Höhe und Ausrichtung der Hindernisse bestimmt und

die Turbulenz ist gleichmäßig verteilt. Bei homogenem Untergrund stellt sich nach einer gewissen Streichdistanz im zeitlichen Mittel ein logarithmisches Windprofil ein, das durch zwei Parameter beschrieben wird. Die Rauigkeitslänge z_0 bestimmt, wie schnell die mittlere Windgeschwindigkeit mit der Höhe ansteigt. Die Verdrängungshöhe z_d beschreibt darüber hinaus, wie stark das gesamte Windprofil vom Boden abgehoben wird. Diese Parametrisierung wird auch in urbanen Gebieten häufig verwendet, obwohl eine ausreichende Homogenität der Oberfläche hier im Allgemeinen fraglich ist. In jedem Fall lassen sich aber verschiedene Größenordnungen von Rauigkeiten unterscheiden. In einer 1960 von DAVENPORT entwickelten und laufend fortgeschriebenen Klassifikation (DAVENPORT et al. 2000) werden acht Landschaftsarten mit unterschiedlicher Rauigkeit zwischen 'Sea' und 'Chaotic' unterschieden (*Davenport roughness class*, DRC).

Diese Rauigkeitsklassen werden auch im Stadtstrukturschema der *Local Climate Zones* (LCZ, teils auch *thermal climate zones*) von STEWART & OKE (2009) aufgegriffen, das in dieser Studie Verwendung findet. Unter Stadtstrukturen sollen hier nicht die in der Stadtforschung üblichen Stadtstrukturmodelle für den idealtypischen Aufbau und die Genese von Städten (etwa für einen bestimmten Kulturraum) sowie deren sozioökonomische Differenzierung verstanden werden, sondern vielmehr Stadtstrukturtypen im Sinne von zusammenhängenden morphologisch einheitlichen oder zumindest ähnlichen Teilen der Stadt. Solche Stadtstrukturen in Baublock-Skala sollen vergleichbare physikalische und entsprechend auch stadtklimatische Eigenschaften mit sich bringen. Leider findet aber sowohl in der Stadtklimatologie als auch in der urbanen Fernerkundung eine sehr große Anzahl unterschiedlicher Schemata und Typologien Verwendung, die in vielen Fällen eher aus einem pragmatischen Umgang mit der vorhandenen Datenlage (etwa bereits vorhandene Biotoptypenkartierungen) resultieren, als dass sie auf die spezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Untersuchung hin angepasst sind.

In der Fernerkundung wurden in den letzten zehn Jahren große Fortschritte in der Klas-

sifikation urbaner Strukturen auf Grundlage unterschiedlicher Datensätze und verbesserter Algorithmen gemacht. Dazu zählen insbesondere Hyperspektraldaten (FAUVEL et al. 2006, HELDENS et al. 2008, XIE et al. 2011), (very) high resolution satellite optical (TAUBENBÖCK et al. 2010) und SAR-Daten (DELL'ACQUA et al. 2003) sowie kombinierte Multisensor-Ansätze (MAKARAU et al. 2011). Dabei unterscheiden sich die verwendeten Klassen aber ganz erheblich je nach Datengrundlage und Studie. Auch wenn es gewisse Überschneidungen gibt und bestimmte Strukturtypen in allen Schemata auftauchen, folgt aus der teils unklaren Abgrenzung zwischen einzelnen Typen (oft

unter Vermischung von funktionalen und morphologischen Eigenschaften) sowie der mangelnden Übertragbarkeit zwischen den Typologien auch eine eingeschränkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Weiterhin sind die Ergebnisse räumlich mittlerweile sehr differenziert, was auf Grund der hohen Komplexität und Kontextabhängigkeit urbaner Strukturen die Aggregation zu Strukturtypen in der gewünschten Skala erschwert. Eine Lösungsmöglichkeit hierfür bieten objektorientierte Ansätze (WURM et al. 2009), womit zumindest eine weitgehende Automatisierung erreicht werden kann (WURM & TAUBENBÖCK 2010).

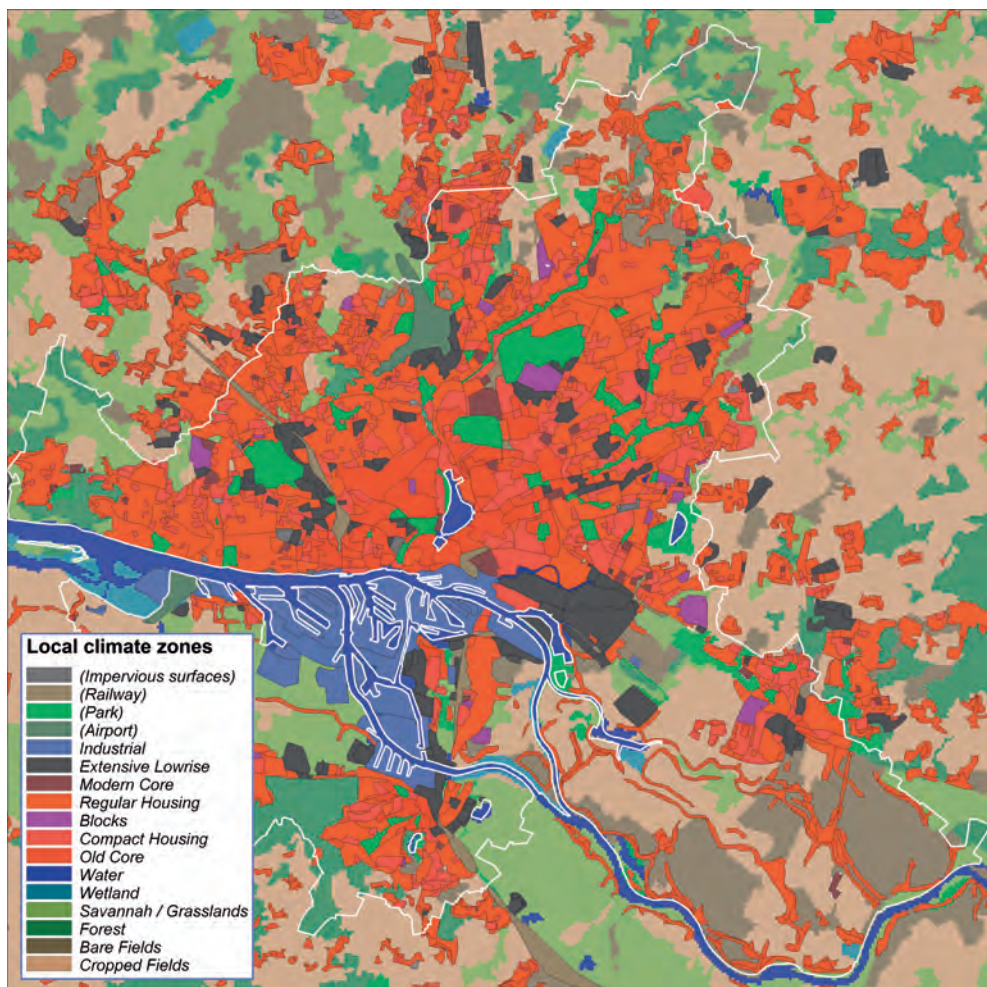


Abb. 2: Local Climate Zones nach STEWART & OKE in Hamburg 2005 (Datengrundlage nach DANEKE et al. 2011).

Das hierarchische *Local Climate Zone*-Schema von STEWART & OKE stellt eine große Chance dar, als Typologie von Stadtstrukturen, die explizit im Hinblick auf thermische Eigenschaften entwickelt wurde, sowohl zu einem Standard für stadtklimatische Untersuchungen als auch zu einer Schnittstelle zur urbanen Fernerkundung zu werden. Ein weiterer Vorteil gegenüber älteren Ansätzen ist, dass die Klassen nicht nur qualitativ beschrieben werden, sondern auch quantitative Merkmale haben (Himmelsichtfaktor, Bodenversiegelung, DRC, Albedo, Wärmeübergangskoeffizient und anthropogener Wärmefluss). Da sich viele dieser Eigenschaften prinzipiell aus Fernerkundungsdaten ableiten lassen (vgl. etwa ESCH et al. 2009 für Bodenversiegelung), besteht prinzipiell die Möglichkeit einer regelbasierten Klassifikation von LCZ. Da die Klassen im Hinblick auf ihre thermischen Eigenschaften eingeteilt wurden und eine entsprechende Homogenität aufweisen sollen, werden zur Klassifikation daher Merkmale gesucht, die in direkter Verbindung zu den stadtklimatischen Eigenschaften stehen.

Die hier verwendeten LCZ-Daten für Hamburg wurden in DANEKE et al. (2010, 2011) vorgestellt (siehe Abb. 2). Die urbane Serie des LCZ-Schemas nach STEWART & OKE enthält neun Klassen (*Modern Core, Old Core, Compact Housing, Industrial, Blocks, Extensive Lowrise, Regular Housing, Shantytown* und *Open Grounds*). Um der Komplexität europäischer Stadtmorphologien gerecht zu werden, wurde die Landnutzungskarte zunächst in einer weiter differenzierten Typologie erstellt, wobei die Unterklassen jeweils einer der ursprünglichen LCZ von STEWART & OKE (hier dargestellt) zugeordnet sind. Die Daten wurden von topographischen Karten sowie Luftbildern abgeleitet.

Da die Interaktion urbaner Oberflächen mit der Atmosphäre von diversen Faktoren und Prozessen geprägt ist, ist ihre Modellierung ausgesprochen komplex. Die Möglichkeiten für hochauflösende Stadtklimarechnungen sind daher bisweilen begrenzt, wie etwa CHING et al. feststellen: „*Current mesoscale weather prediction and microscale dispersion models are limited in their ability to perform accurate assessments in urban areas*“ (2009). Ein Ansatz dies zu verbessern sind Parametri-

sierungen der Hindernisschicht (MARTILLI et al. 2002, MASSON 2006). Diese lösen einen Teil der dreidimensionalen Energie- und Massenflüsse auf, benötigen jedoch zusätzliche Rechenzeit und „*from the quantitative point of view, they are still not very good*“ (MARTILLI 2007). So werden große Teile der bestimmenden stadtklimatischen Prozesse von heute verfügbaren Modellen noch nicht abgebildet. Hier gilt es, die Modelle laufend zu erweitern, wobei die Relevanz der einzelnen Prozesse zur gesamten stadtklimatischen Änderung entscheidend ist und mit der zusätzlich erforderlichen Rechenleistung abgewogen werden muss. Des Weiteren fehlen den Modellen aber auch oft hochauflösende Eingabedaten der komplexen Stadtstruktur. Hier stellt sich zum einen die Frage, wie viel Komplexität wirklich benötigt wird und welche Parameter relevant sind, um eine Stadt in klimatischer Hinsicht zu definieren (MARTILLI 2007). Zum anderen ist aber auch eine flächendeckende Verfügbarkeit in entsprechender Auflösung erforderlich, denn schließlich könnte selbst ein hochentwickeltes Modell keine relevanten Ergebnisse produzieren, wenn die Randbedingungen (also Gestalt und physikalische Eigenschaften der Oberfläche) nicht richtig vorgegeben werden.

Zur flächendeckenden und einheitlichen Erfassung dieser zentralen Oberflächeneigenschaften kann die Fernerkundung einen entscheidenden Beitrag leisten. So können beispielweise räumlich und spektral sehr hochauflösende Fernerkundungsdatensätze zur Bestimmung von Eingangsparametern für gebäudeauflösende Mikroskala-Modelle verwendet werden. HELDENS (2010) leitete etwa aus Hyperspektraldaten des *HyMap* Sensors mit Hilfe eines *spectral unmixing approachs* eine hochauflösende Klassifikation von Oberflächenmaterialien für München ab, die anschließend benutzt wurde, um mit dem prognostischen Mikroklimamodell ENVI-met (BRUSE & FLEER 1998) die thermischen Eigenschaften unterschiedlicher Stadtteile zu charakterisieren. Auch wenn die Ergebnisse sehr überzeugend sind, ist der Ansatz in der breiten Anwendung beschränkt – einerseits durch die hohen Anforderungen an die Eingangsdaten, zum anderen durch die starke räumliche und zeitliche Limitierung der untersuchten Do-

main auf Grund des großen Rechenaufwandes und der konkreten Modellimplementation.

Daher haben auch wesentlich einfachere Ansätze zur Modellierung stadtklimatischer Kenngrößen weiterhin ihre Berechtigung. BALÁZS et al. (2009) geben etwa eine Übersicht statistischer Modelle zur Simulation der Wärmeinselintensität, die großteils auf flächendeckenden Fernerkundungsparametern basieren. WENG (2009) gibt eine Übersicht aktueller Methoden zur Fernerkundung der UHI. Dazu gehören insbesondere Ansätze zur satellitenbasierten Messung von turbulenten Flüssen sowie Termen der Strahlungsbilanz (siehe auch PARLOW 2003, GRIMMOND 2006, FREY et al. 2007, FREY et al. 2011) und Modellierung des Bodenwärmestroms (RIGO & PARLOW 2007) sowie Ansätze zur direkten Ableitung von Lufttemperaturen. Letztere werden in Abschnitt 3.1 im Zusammenhang mit den thermischen Eigenschaften näher diskutiert, es sei jedoch bereits darauf hingewiesen, dass der Zusammenhang zwischen Oberflächen- und Lufttemperaturen ausgesprochen komplex und seine Beschreibung mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, die bis heute nicht zufriedenstellend gelöst sind (VOOGT & OKE 2003). Daher wird neben der hochauflösenden Charakterisierung urbaner Baumaterialien sowie der Messung und Modellierung stadtklimatischer Parameter hier auch die Ableitung von stadtklimatisch bedeutsamen Strukturtypen in der Baublock-Skala als großer Mehrwert für die Planung angesehen, da sie eine schnelle Bewertung der räumlichen Verteilung innerstädtischer Risikogebiete erlaubt.

3 Neue Parameter zur Beschreibung urbaner Oberflächen

In diesem Abschnitt werden neue Parameter zur Beschreibung mikroklimatisch relevanter Stadtstrukturen vorgestellt. Dabei sollen jedoch nicht einzelne Baumaterialien identifiziert werden, die sich aufgrund der hohen Komplexität urbaner Strukturen nur mit hohem Aufwand und objektbasierten Ansätzen zu den gesuchten Stadtstrukturen aggregieren lassen, sondern die Parameter sollen direkt

mit den thermischen und aerodynamischen Eigenschaften der Strukturtypen verbunden sein. Ein weiteres Kriterium ist die hohe Verfügbarkeit der Ausgangsdaten. Die Parameter, die bereits einzeln veröffentlicht wurden (siehe BECHTEL 2011 und BECHTEL et al. 2011), werden daher in diesem Abschnitt auf ihre diesbezügliche Plausibilität und im folgenden Abschnitt auf ihre gemeinsame Eignung zur Klassifikation von LCZ untersucht.

3.1 Thermische Eigenschaften

Der häufigste Fernerkundungs-Ansatz in der Stadtklimatologie ist der Vergleich von *in situ* gemessenen Lufttemperaturen mit Strahlungstemperaturen von thermalen Infrarotsensoren (ELIASSON 1992, GALLO & OWEN 1999, ROTH et al. 1989, VOOGT & OKE 2003, NICHOL et al. 2009, WONG et al. 2009, FABRIZI et al. 2011). Damit sind allerdings bis heute eine Reihe von Problemen verbunden, die zuerst von ROTH et al. (1989) und später von VOOGT & OKE (2003) diskutiert wurden. Ein zentrales Problem resultiert aus der auf Teile der aktiven Oberfläche begrenzten und damit nur eingeschränkt repräsentativen Erfassung von unterschiedlichen Oberflächenmaterialien durch den Sensor. Dächer haben beispielsweise meist eine geringe Albedo und eine geringe Wärmeleitfähigkeit, um den Wärmeverlust zu minimieren. Dadurch heizen sie sich jedoch im Laufe des Tages besonders stark auf und weisen einen großen Tagesgang in ihrer Oberflächentemperatur auf. VOOGT & OKE (1997) haben daher die *complete urban surface temperatures* eingeführt, die ein gewichtetes Mittel aller Oberflächen darstellen. Allerdings sind diese aufwendig zu erheben und die Autoren stellen fest, dass die Vorhersagefähigkeit für Lufttemperaturen dadurch nur leicht verbessert wird. Ein weiteres Problem ist die Kopplung zwischen Oberflächen- und Lufttemperatur, die durch Mikroadvektion und turbulenten Austausch bestimmt wird.

Ein zweiter wichtiger Ansatz zur Charakterisierung der thermischen Oberflächeneigenschaften von Stadtstrukturen ist die Anpassung eines Tagesgangsmodells an multitemporale Messungen von Oberflächentemperaturen (vgl. etwa FRANK 2001, WANG et al. 2010).

Dafür wird sowohl eine hohe räumliche als auch zeitliche Auflösung benötigt, die bislang nur durch Thermalscannerbefliegungen befriedigt werden kann. Solche Befliegungen sind aber mit großem Aufwand und hohen Kosten verbunden. Daher wird hier ein anderer Ansatz vorgeschlagen, der sich stattdessen auf den Jahresgang der Oberflächentemperaturen zur Überflugszeit stützt (BECHTEL 2011). Dies hat den Vorteil, dass langjährige Archive mit entsprechenden Satelliten-Daten ausgewertet werden können.

Hierfür wurden zunächst kostenlos verfügbare Landsat-Daten (TM von Landsat 5 und ETM+ von Landsat 7) aus den Jahren 2000 bis 2010 ausgewertet. Die Überflugszeit liegt gegen 11 Uhr MEZ, variiert jedoch leicht. Die Szenen wurden mit Perl und dem SAGA-Kommandozeileninterpreter (www.saga-gis.org) wie folgt prozessiert. Zunächst wurden die Digital Numbers (DN) des Thermalbandes mit Hilfe der mitgelieferten Metadaten zur am Sensor gemessenen *radiance* kalibriert (CHANDER et al. 2009). Anschließend wurden sie mit einem flächengewichteten Mittel auf Zielraster unterschiedlicher Auflösungen (zwischen 100 m und 1000 m) resampled, wobei Wasserflächen ausgeschlossen wurden. Zur Atmosphärenkorrektur wurde der *Atmospheric Correction Parameter Calculator* der NASA verwendet (BARSI et al. 2005), der auf dem *radiative transfer code* MODTRAN 4 und Reanalyse-Daten des *National Centers for Environmental Prediction* (ein Teil des US-Wetter-

dienstes) für den jeweiligen Zustand der Atmosphäre beruht.

Zur Berechnung der Oberflächentemperatur ist weiterhin die Emissivität der Oberfläche erforderlich (siehe auch WENG 2009). MODIS bietet tägliche Emissivitäts-Messungen in etwa 1 km Auflösung aus einem *split window* Ansatz. Da die Emissivitäten für die MODIS Bänder 31 (10.78–11.28 μm) und 32 (11.77–12.27 μm) in einer Beispielszene (MOD11A2, version 5 from 2007-05-15) eine relativ geringe räumliche Varianz aufwiesen, wurde jedoch vereinfachend eine einheitliche Emissivität von 0.98 festgelegt, die etwa dem Mittel der beiden Bänder entspricht (0.979 und 0.983) und gut mit Literaturwerten übereinstimmt. Für die verfügbaren wolkenfreien Szenen wurde eine Sinusfunktion als Jahresgang angepasst. Dafür wurden Mittelwert sowie Amplitude mit einer *least square* Optimierung ermittelt. Die beiden extrahierten Parameter werden im Folgenden als „*Mean Annual Surface Temperature*“ (MAST) und „*Yearly Amplitude of Surface Temperature*“ (YAST) bezeichnet, wobei die Oberflächentemperatur für die mittlere Überflugszeit gilt.

Zur Weiterentwicklung der Parameter gegenüber BECHTEL (2011) wurde außerdem eine Phasenverschiebung θ gegenüber dem Zyklus der solaren Einstrahlung (höchste und niedrigste Einstrahlung zur Sommer- und Winter-sonnenwende) eingeführt. Diese erlaubt einen besseren Fit an die Messwerte, da zwar die solare Einstrahlung zur Sommersonnenwende

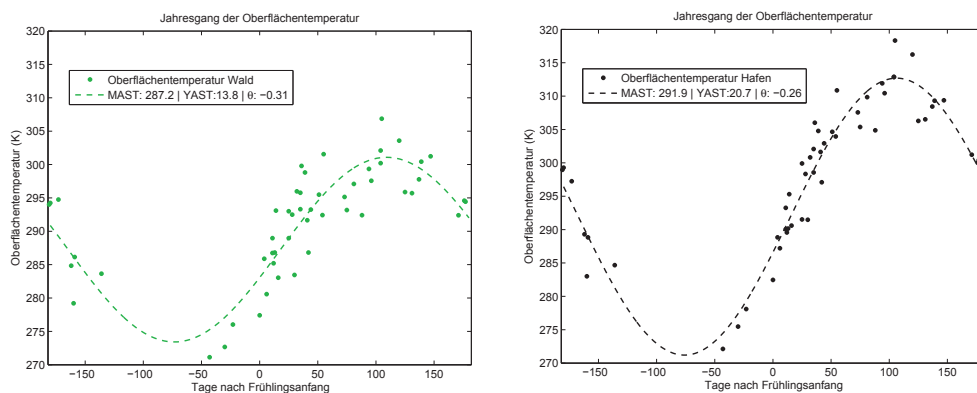


Abb. 3: Jahresgang (relativ zum 21. März) der Oberflächentemperatur (K) für unterschiedliche Landnutzungen: Wald (links), stark versiegelte Hafenfläche (ohne Wasserflächen, rechts).

am größten ist, der klimatologische Jahresgang der Lufttemperatur, der eine wichtige Randbedingung für die Energiebilanz der Oberfläche darstellt, jedoch auf Grund der Trägheit des Systems im Jahr nach hinten verschoben ist.

In Abb. 3 sind die gemessenen Oberflächentemperaturen und die angepassten Jahresgänge für je eine 1 km² große Rasterzelle mit Wald (grün) und ein hoch versiegeltes Hafengebiet (ohne Wasserflächen, schwarz) dargestellt. Neben dem deutlich erkennbaren Jahresgang zeigt sich erwartungsgemäß, dass die Oberflächentemperaturen im Wald gegenüber dem Hafen sowohl einen geringeren Mittelwert (287.3 K gegenüber 291.9 K) als auch eine geringere Amplitude (13.8 K gegenüber 20.7 K) aufweisen. Es ist aber auch deutlich erkennbar, dass die Oberflächentemperatur streut und somit von weiteren Faktoren abhängt. Daher wurde ergänzend untersucht, welche synoptischen atmosphärischen Bedingungen einen starken Zusammenhang mit den Residuen aufweisen. Einen sehr hohen Erklärungswert (erklärte Varianz $R^2 > 60\%$) zeigten dabei etwa die Anomalien der Lufttemperaturen des jeweiligen Tages (Differenz zum klimatologischen Mittel). Praktisch zu vernachlässigen ist dagegen die genaue Überflugszeit, die nur um wenige Minuten schwankt ($R^2 < 1\%$). Weiterhin ist festzustellen, dass die Verfügbarkeit von wolkenfreien Szenen über das

Jahr sehr ungleich verteilt ist, wodurch die Verhältnisse im Winter schlechter angenähert werden. Dies soll künftig durch eine entsprechende Gewichtung bei der Anpassung des Jahresgangs verbessert werden.

Abb. 4 zeigt die räumliche Verteilung der beiden Parameter auf einem 1 km² Raster für Hamburg. Es wird deutlich, dass die stärker versiegelten Flächen (Innenstadt nördlich der Elbe sowie Hafengebiete im Westen der Elbinsel) nicht nur eine höhere mittlere Oberflächentemperatur (MAST) sondern auch eine größere Amplitude im Jahresgang (YAST) aufweisen. In BECHTEL & SCHMIDT (2011) wurde gezeigt, dass beide Muster stark mit einem aus floristischen Proxy-Daten abgeleiteten Langzeit-Wärmeinselmuster korreliert sind (Produkt-Moment-Korrelation R für MAST: 0.56, YAST: 0.65). Weiterhin ist insbesondere YAST stark mit dem Anteil versiegelter Flächen korreliert ($R = 0.81$). Daher wäre weiter zu untersuchen, inwiefern sich Bodenversiegelung als wichtiger Parameter der energetischen und hydrologischen Eigenschaften von städtischen Oberflächen aus den Jahresgängen ableiten lässt.

3.2 Rauigkeit

Diese neuen Parameter zur Charakterisierung der Rauigkeit urbaner Oberflächen wurden

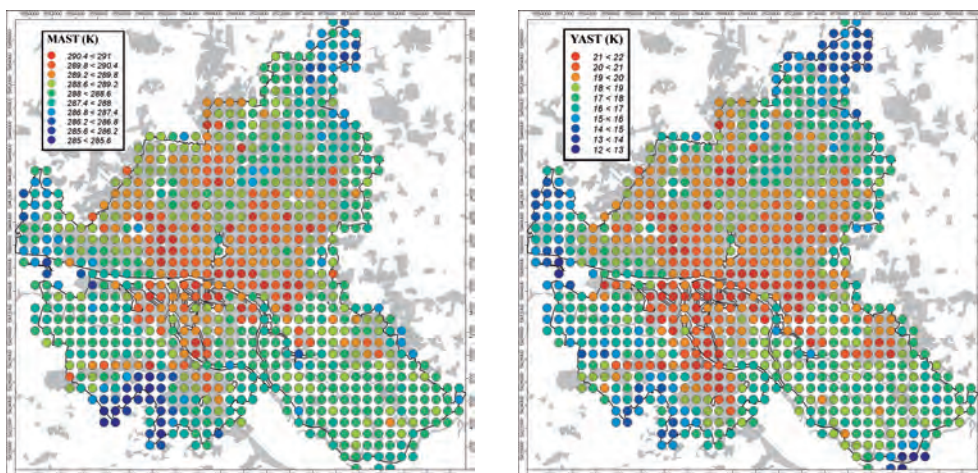


Abb. 4: Räumliche Verteilung der Parameter MAST (links) und YAST (rechts) auf einem 1 km² Raster für Hamburg. Wasserflächen wurden ausgeschlossen.

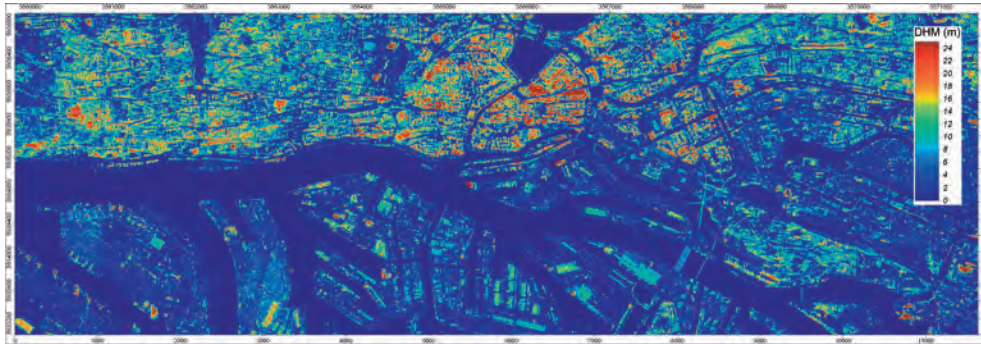


Abb. 5: Digitales Höhenmodell (DHM) aus interferometrischen Radardaten (NEXTMap® von Intermap Technologies). Innenstadt mit hohen Gebäuden nördlich der Elbe in der Mitte, Hafen mit einzelnen Hallen und Containerflächen im Süden. Unterschiedliche Oberflächenrauigkeiten sind deutlich in Textur und Statistik der Höhen zu erkennen.

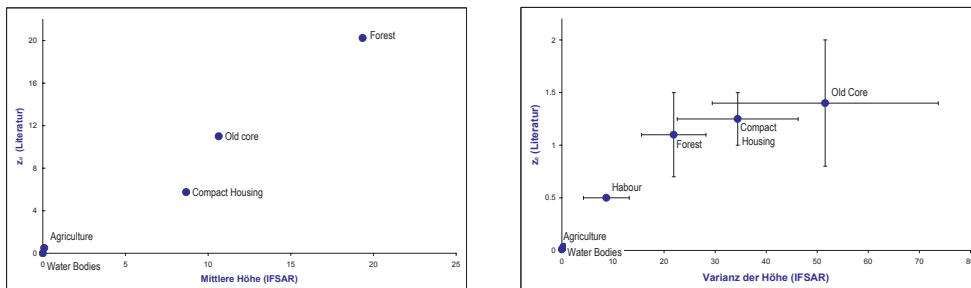


Abb. 6: Vergleich der statistischen Höhenfilter im IFSAR-DHM für unterschiedliche Landnutzungstypen/Local Climate Zones mit Rauigkeitsparametern aus der Literatur. Links: Mittlere Höhe der Landnutzungsklasse im DHM (x-Achse) gegen Verdrängungshöhe z_d (Literaturwerte, y-Achse). Rechts: Varianz der Hindernishöhen (x-Achse) im Vergleich zur Literatur-Rauhigkeitslänge z_0 (y-Achse) (verändert nach BECHTEL et al. 2011).

zuerst in BECHTEL et al. (2011) vorgestellt und auf Eignung zur Ableitung der Rauigkeitsparameter z_0 und z_d getestet. Grundlage sind die NEXTMap® Produkte der Firma Intermap Technologies. Diese werden aus interferometrischen Radarbefliegungen (IFSAR) erstellt und haben eine räumliche Auflösung von ca. 5 m. Das verwendete digitale Höhenmodell (DHM) stellt die Höhendifferenz zwischen Oberfläche und Gelände dar. Auch wenn das Modell Rauschen enthält und nicht alle Gebäude einzeln aufgelöst werden, so sind doch verschiedene Stadtmorphologien und deren grundlegende Merkmale wie Höhe und Anordnung von Gebäuden klar erkennbar (vgl. Abb. 5).

Zur Ermittlung der Rauigkeitsparameter wurden für bestimmte Quellbereiche (*footprints*, zunächst vereinfacht als Sektor in

Windrichtung angenommen, jedoch problemlos zu erweitern) Mittelwert und Varianz der Hindernishöhen im DHM berechnet. Die Hypothese, dass der Mittelwert mit der Verdrängungshöhe und die Varianz mit der Rauigkeitslänge in Verbindung stehen, hat sich dabei in ersten Tests bewährt. Abb. 6 verdeutlicht dies durch den Vergleich der ermittelten Werte für verschiedene Stadtstrukturen mit entsprechenden Angaben aus der Literatur (für genauere Erläuterungen siehe BECHTEL et al. 2011).

In LANGKAMP et al. (2011) wird weiterhin die aus dem IFSAR-DHM abgeleitete ‚Rauigkeit‘ (also Höhenvarianz) unterschiedlicher Stadtstrukturen mit den zugeordneten Davenport-Rauigkeitsklassen verglichen. In Tab. 1 wird ein Teil der Ergebnisse zusammengefasst. Aufgelistet werden die jeweiligen Stadt-

Tab. 1: Zusammenhang zwischen Davenport Rauigkeitsklasse (DRC) und Höhenvarianz für verschiedene *Local Climate Zones* (LCZ). Klassen der urbanen Serie sind fett gedruckt (verändert nach LANGKAMP et al. 2011).

Enhanced LCZ (DANEKE et al. 2011)	LCZ (STEWART & OKE 2009)	DRC	Variance of heights
Waterbody	Open Sea or Lake	1	4.4
Pastures	Cropped Fields	3.5	13.8
Wetlands	Wetland	2.5	15.0
Harbour	Industrial Processing	5	18.9
Industry & Commerce	Extensive Lowrise	5	19.9
Regular Housing	Regular Housing	5.5	20.4
Terrace housing	Compact Housing	6	21.0
Perimeter Block Buildings	Old Core	6.5	26.5
Blocks	Blocks	7	26.9
Village Core	Compact Housing	6	29.7
High Rise Commercial	Modern Core	8	39.1
Dense Multistory	Old Core	6.5	39.2
Urban Core	Old Core	6.5	65.7
Forest	Forest	7.5	71.6
Spearman Rang Correlation – DRC ~ Variance of heights		all classes	0.90
		urban classes	0.77

strukturtypen nach DANEKE et al. (2011) mit korrespondierenden LCZ und DRC sowie die Varianz der Höhen im DHM für Hamburg. LCZs, die mehrere DRC umfassen, wurde ein mittlerer Wert zugewiesen, der zwar als Klasse nicht existiert, jedoch im Sinne der Rangordnung zweckmäßig ist. Der Zusammenhang zwischen Rauigkeit und Höhenvarianz wird auch hier deutlich und die Spearman Rang-Korrelationskoeffizienten betragen 0.90 für alle und 0.77 für die urbanen Klassen. Damit kann klar festgehalten werden, dass der Parameter einen Mehrwert zur Bestimmung aerodynamischer Eigenschaften urbaner Oberflächen und der differenzierten Beeinflussung des Windfeldes in Städten darstellt.

4 Klassifikation

Neben der stadtklimatischen Modellierung ist auch die automatische Klassifikation von klimarelevanten Stadtstrukturen von großem Mehrwert, da auf diese Weise mit vergleichs-

weise geringem Aufwand potentielle Risikogebiete identifiziert werden können. Daher soll an dieser Stelle auf die Eignung der vorgestellten Parameter zu Klassifikation von LCZ eingegangen werden. Alle vorgestellten Parameter stehen jeweils mit Eigenschaften in Verbindung, die in die Klassifikation thermisch homogener Stadtstrukturen nach STEWART & OKE (2009) eingehen. In BECHTEL (2011) wurde gezeigt, dass sich dichte und weniger dichte LCZ im Mittel signifikant in den thermischen Parameter YAST und MAST unterscheiden. Allerdings gibt es auf dem gewählten km² Raster subskalige Mischung von Stadtstrukturen. Daher wurde die Analyse in schrittweise höheren Auflösungen bis 100 m wiederholt. Dabei zeigte sich, dass die Streuung innerhalb der Klassen zwar zunimmt, aufgrund der größeren Stichprobe aber ebenso die Signifikanz des Ergebnisses. Die Parameter tragen also wesentlich zur Unterscheidbarkeit der Klassen bei, sind dafür aber noch nicht hinreichend.

Abb. 7 zeigt, dass die Kombination von thermischen und aerodynamischen Parame-

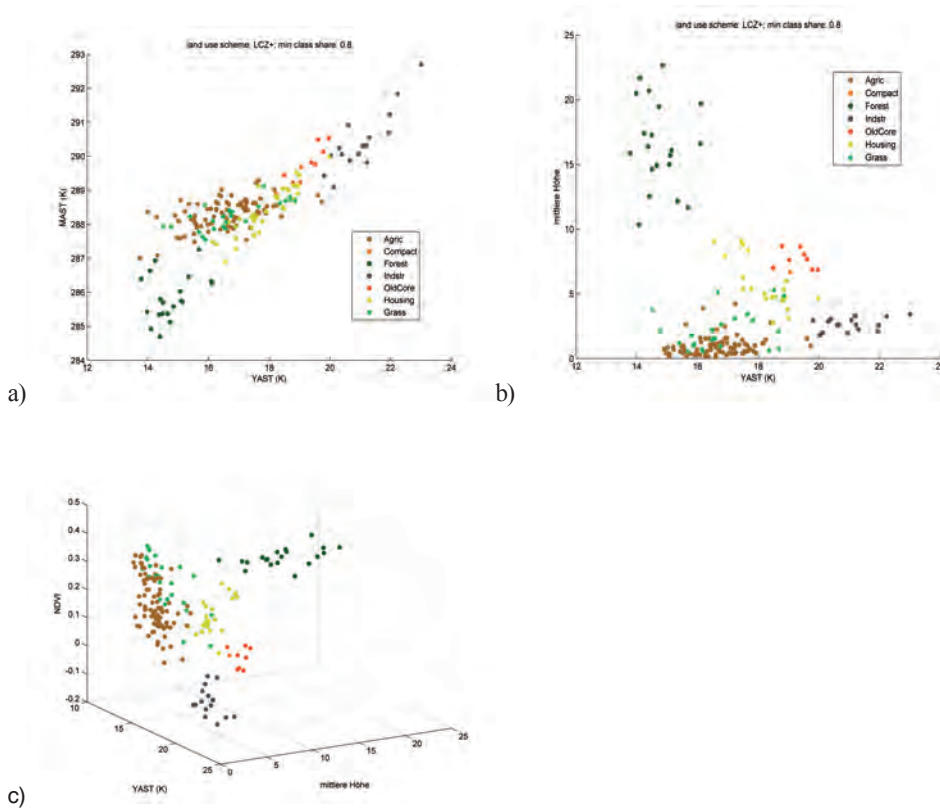


Abb. 7: Local Climate Zones (LCZ) im Merkmalsraum von verschiedenen Parametern. a) YAST und MAST; b) YAST und mittlere Höhe im IFSAR-DHM, c) YAST, mittlere Höhe und Vegetationsindex (NDVI), 1 km Raster, dominante Landnutzungsklasse mit mindestens 80% Flächenanteil.

tern eine deutliche Verbesserung der Differenzierbarkeit klimatisch relevanter Stadtstrukturen bringt. In Abb. 7a ist zunächst ein zweidimensionaler Merkmalsraum nur aus den thermischen Parametern YAST und MAST in 1 km² Auflösung dargestellt (Zugehörigkeit zu einer Klasse bei mindestens 80% Bedeckung der Gesamtfläche). Während beide Parameter deutlich korreliert sind, unterscheidet sich etwa Wald (Forest, dunkelgrün) von Feldern (Agric[ultural], braun) hauptsächlich im Parameter MAST. Insgesamt gibt es eine große Überlappung zwischen den Wahrscheinlichkeitsdichten der einzelnen Klassen, die sich alleine anhand der thermischen Eigenschaften nicht unterscheiden lassen. In Abb. 7b ist dann ein kombinierter Merkmalsraum aus einem thermischen (YAST) und einem aerodynamischen Parameter (mittlere

Höhe – hier nicht im Sektor, sondern der Rasterzelle) dargestellt. Die Unterscheidbarkeit der Klasse *Housing* wird hierdurch beispielsweise erheblich verbessert, auch wenn nach wie vor eine nicht zu vernachlässigende Überlappung zwischen anderen Klassen (insbesondere *Agric* und *Grass*) festzustellen ist. In Abb. 7c wurde schließlich ein Vegetationsindex (Normalised Difference Vegetation Index, NDVI) als drittes Merkmal hinzugenommen, was zur besseren Diskriminierung der Klassen beiträgt, wobei die nichturbanen Klassen *Agric* und *Grass* weiterhin eine große Überlappung aufweisen. Der kombinierte Merkmalsraum aus thermischen, aerodynamischen sowie Vegetationseigenschaften erweist sich daher als geeignet, um thermische Stadtstrukturen zu differenzieren.

5 Ausblick

Es wurde gezeigt, dass die neuen Oberflächenparameter geeignet sind, relevante thermische (YAST und MAST aus multitemporalen Landsat-Daten) und aerodynamische (Höhenverteilung im ISFAR-DHM) Eigenschaften städtischer Oberflächen zu beschreiben. Die flächendeckende Generierung von Eingangsdaten für stadtklimatische Modellierungen erfordert jedoch noch weitere Untersuchungen. Daneben wird die Methode der Temperatur-Jahresgänge weiterentwickelt, auf andere Sensoren erweitert und die Parameter werden weiter auf ihren Zusammenhang mit synoptischen und anderen Randbedingungen untersucht. Dadurch wird einerseits das Ergebnis allgemeiner und robuster, andererseits lassen sich Rückschlüsse auf äußere Bedingungen ziehen.

Weiterhin wurde das Potenzial zur automatischen Klassifikation von klimarelevanten Stadtstrukturen aufgezeigt, die einen hohen Mehrwert für Planung und Klimafolgenabschätzung darstellen würde. Dabei kam eine für europäische Stadtstrukturen angepasste Typologie lokaler Klimazonen zum Einsatz, welche eine ‚relativ‘ homogene Lufttemperatur in der Stadthindernisschicht aufweisen sollen. Die verschiedenen LCZ unterscheiden sich dabei deutlich sowohl in den Rauigkeitsparametern als auch in den thermischen Oberflächeneigenschaften. Diese Parameter müssen durch weitere Verfahren ergänzt werden. Daneben gilt es, die besten Merkmale und Algorithmen zur Klassifikation zu bestimmen, wobei auch die geometrischen und Kontext-Eigenschaften der städtischen Strukturen berücksichtigt werden sollten.

Danksagung

Ich danke Intermap Technologies für die Forschungskooperation und den NEXTMap® Datensatz sowie der NASA für die kostenlose Abgabe der Landsat-Daten. Der DFG und der Bundesregierung danke ich für die Finanzierung des Exzellenzclusters CliSAP, die diese Arbeit ermöglichte.

Literatur

- BALÁZS, B., UNGER, J., GÁL, T., SÜMEGHY, Z., GEIGER, J. & SZEGEDI, S., 2009: Simulation of the mean urban heat island using 2d surface parameters: Empirical modelling, verification and extension. – *Meteorological Applications* **16**: 275–287.
- BARSI, J.A., SCHOTT, J.R., PALLUCONI, F.D. & HOOK, S.J., 2005: Validation of a Web-Based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band Instruments. – *Earth Observing Systems X. SPIE* **5882**, August 2005.
- BECHTEL, B. & SCHMIDT, K.J., 2011: Floristic mapping data as a new proxy for the mean urban heat island and comparison of predictors in Hamburg. – *Climate Research*, in press, doi: 10.3354/cr01009.
- BECHTEL, B., 2011: Multitemporal Landsat data for Urban Heat Island assessment and classification of Local Climate Zones. – *JURSE, Joint Urban Remote Sensing Event* **2011**: 129–132.
- BECHTEL, B., LANGKAMP, T., AMENT, F., BÖHNER, J., DANEKE, C., GÜNZKOFER, R., LEITL, B., OSSENBRÜGGE, J. & RINGELER, A., 2011: Towards an urban roughness parameterisation using interferometric SAR data taking the Metropolitan Region of Hamburg as an example. – *Meteorologische Zeitschrift* **20** (1): 29–37.
- BRUSE, M. & FLEER, H., 1998: Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. – *Environmental Modelling & Software* **13**: 373–384.
- CHANDER, G., MARKHAM, B.L. & HELDER, D.L., 2009: Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. – *Remote Sensing of Environment* **113**: 893–903.
- CHING, J., BROWN, M., MCPHERSON, T., BURIAN, S., CHEN, F., CIONCO, R., HANNA, A., HULTGREN, T., SAILOR, D., TAHA, H. & WILLIAMS, D., 2009: National Urban Database and Access Portal Tool. – *Bulletin of the American Meteorological Society* **90** (8): 1157–1168.
- DANEKE, C., BECHTEL, B. & LANGKAMP, T., 2010: Classification scheme of urban structures based on climatic characteristics, designed for land use modeling applications. – *International Seminar on Urban Form 2010, Hamburg*, www.isuf2010.de/Papers/Daneke_Christian.pdf (2.7.2011).
- DANEKE, C., BECHTEL, B., BÖHNER, J., LANGKAMP, T. & OSSENBRÜGGE, J., 2011: Conceptual approach to measure the potential of Urban Heat Islands from Landuse datasets and Landuse projections.

- Lecture Notes in Computer Science **6782/2011**: 381–393, doi: 10.1007/978-3-642-21928-3_27.
- DAVENPORT, A.G., GRIMMOND, C.B., OKE, T.R. & WIERINGA, J., 2000: Estimating the roughness of cities and sheltered country. – 12th AMS Conference on Applied Climatology: 96–99.
- DELL'ACQUA, F., GAMBA, P. & LISINI, G., 2003: Improvements to urban area characterization using multitemporal and multiangle SAR images. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing **41** (9): 1996–2004, doi:10.1109/TGRS.2003.814631.
- ELIASSON, I., 1992: Infrared thermography and urban temperature patterns. – International Journal of Remote Sensing **13**: 869–879.
- ESCH, T., HIMMLER, V., SCHORCHT, G., THIEL, M., WEHRMANN, T., BACHOFER, F., CONRAD, C., SCHMIDT, M. & DECH, S., 2009: Large-area assessment of impervious surface based on integrated analysis of single-date Landsat-7 images and geospatial vector data. – Remote Sensing of Environment **113**: 1678–1690.
- FABRIZI, R., DE SANTIS, A. & GOMEZ, A., 2011: Satellite and ground-based sensors for the Urban Heat Island analysis in the city of Madrid. – JURSE, Joint Urban Remote Sensing Event **2011**: 349–352, doi:10.1109/JURSE.2011.5764791.
- FAUVEL, M., CHANUSSOT, J. & BENEDIKTSSON, J.A., 2006: Evaluation of Kernels for Multiclass Classification of Hyperspectral Remote Sensing Data. – IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP **2006**, doi:10.1109/ICASSP.2006.1660467.
- FRANK, R., 2001: Thematic Classification and Determination of Surface Parameters from Airborne Multitemporal Thermal Imagery. – Logos, Berlin.
- FREY, C., RIGO, G. & PARLOW, E., 2007: Urban radiation balance of two coastal cities in a hot and dry environment. – International Journal of Remote Sensing **28** (12): 2695–2712, doi: 10.1080/01431160600993389.
- FREY, C.M., PARLOW, E., VOGT, R., HARHASH, M. & ABDEL WAHAB, M.M., 2011: Flux measurements in Cairo. Part 1: in situ measurements and their applicability for comparison with satellite data. – International Journal of Climatology **31** (2): 218–231, doi:10.1002/joc.2140.
- GALLO, K.P. & OWEN, T.W., 1999: Satellite-based adjustments for the urban heat island temperature bias. – Journal of Applied Meteorology **38**: 806–813.
- GRIMMOND, C.S.B., 2006: Progress in measuring and observing the urban atmosphere. – Theoretical and Applied Climatology **84**: 3–22.
- HELDENS, W., 2010: Use of airborne hyperspectral data and height information to support urban micro climate characterisation. – Dissertation Universität Würzburg, opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2010/4893/ (2.7.2011).
- HELDENS, W., ESCH, T., HEIDEN, U. & DECH, S., 2008: Potential of hyperspectral remote sensing for characterisation of urban structure in Munich. In: Remote Sensing – New Challenges of High Resolution. – EARSeL Joint Workshop, Bochum, **2008**: 94–103.
- KUTTLER, W., 2004: Stadtklima. Teil 1: Grundzüge und Ursachen. – UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxologie **16** (3): 1–13.
- LANGKAMP, T., BECHTEL, B., DANEKE, C., HERTWIG, D., PEECK, C., CONRAD, O. & BÖHNER J., 2011: Calibrating Urban Roughness Parameters with SAGA GIS based on a DEM for use in Urban Climate Modeling. – SAGA – Third Degree. – Hamburger Beiträge zur Physischen Geographie und Landschaftsökologie **21** (accepted).
- MAKARAU, A., PALUBINSKAS, G. & REINARTZ, P., 2011: Multi-sensor data fusion for urban area classification. – JURSE, Joint Urban Remote Sensing Event **2011**: 21–24.
- MARTILLI, A., 2007: Current research and future challenges in urban mesoscale Modelling. – International Journal of Climatology **27**: 1909–1918.
- MARTILLI, A., CLAPPIER, A. & ROTACH, M., 2002: An urban surface exchange parameterisation for mesoscale models. – Boundary-Layer Meteorology **104**: 261–304.
- MASSON, V., 2006: Urban surface modelling and the meso-scale impact of cities. – Theoretical and Applied Climatology **84**: 35–45.
- MATZARAKIS, A., 2001: Die thermische Komponente des Stadtklimas. – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg **6**.
- NICHOL, E.J., FUNG, W.Y., LAM, K.S. & WONG, M.S., 2009: Urban heat island diagnosis using ASTER satellite images and 'in situ' air temperature. – Atmospheric Research **94**: 276–284.
- OKE, T.R., 1978: Boundary layer climates. – 372 S., John Wiley & sons, New York.
- OSSENBRÜGGE, J. & BECHTEL, B., 2010: Klimawandel und Stadt – der Faktor Klima als neue Determinante der Stadtentwicklung. – Klimawandel und Klimawirkung. – Hamburger Symposium Geographie **2**: 97–118.
- PARLOW, E., 2003: The urban heat budget derived from satellite data. – Geographica Helvetica **2**: 99–111.
- RIGO, G. & PARLOW, E., 2007: Modelling the ground heat flux of an urban area using remote sensing data. – Theoretical and Applied Climatology **90**: 185–199, doi:10.1007/s00704-006-0279-8.
- ROTH, M., OKE, T.R. & EMERY, W.J., 1989: Satellite-derived urban heat islands from three coastal cit-

- ies and the utilization of such data in urban climatology. – *International Journal of Remote Sensing* **10**: 1699–1720.
- SOUCH, C. & GRIMMOND, S., 2006: Applied climatology: Urban climate. – *Progress in Physical Geography* **30**: 270–279.
- STEWART, I.D. & OKE, T.R., 2009: Newly developed “thermal climate zones” for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer. – Preprints, T.R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment.
- TAUBENBÖCK, H., ESCH, T., WURM, M., ROTH, A. & DECH, S., 2010: Object-based feature extraction using high spatial resolution satellite data of urban areas. – *Journal of Spatial Science* **55** (1): 111–126.
- VOOGT, J.A. & OKE, T.R., 2003: Thermal remote sensing of urban climates. – *Remote Sensing of Environment* **86**: 370–384.
- VOOGT, J.A. & OKE, T.R., 1997: Complete urban surface temperatures. – *Journal of Applied Meteorology* **36**: 1117–1132.
- WANG, J., BRAS, R.L., SIVANDRAN, G. & KNOX, R.G., 2010: A simple method for the estimation of thermal inertia. – *Geophysical Research Letters*, **37**, doi:10.1029/2009GL041851.
- WENG, Q., 2009: Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. – *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **64**: 335–344.
- WONG, M.S., NICHOL, J. & KWOK, K.H., 2009: The urban heat island in Hong Kong: Causative factors and scenario analysis. – JURSE, Joint Urban Remote Sensing Event.
- WURM, M. & TAUBENBÖCK, H., 2010: Fernerkundung als Grundlage zur Identifikation von Stadtstrukturtypen. – *Fernerkundung im urbanen Raum. Erdbeobachtungen auf dem Weg zur Planungspraxis*. – 192 S., WBG, Darmstadt.
- WURM, M., TAUBENBÖCK, H., ROTH, A. & DECH, S., 2009: Urban structuring using multisensoral remote sensing data: By the example of the German cities Cologne and Dresden. – Konferenzbeitrag, elib.dlr.de/58970/ (17.6.2011).
- XIE, H., HEIPKE, C., LOHMANN, P., SOERGEL, U., TONG, X. & SHI, W., 2011: A New Binary Encoding Algorithm for the Simultaneous Region-based Classification of Hyperspectral Data and Digital Surface Models. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **2011** (1): 17–33, doi:10.1127/1432-8364/2011/0072.

Adresse des Autors:

Dipl.-Geogr. BENJAMIN BECHTEL, Universität Hamburg, KlimaCampus, Institut für Geographie, Bundesstraße 55, D-20146 Hamburg, Tel.: +49 40 42838-4962, Fax: +49 40 42838-4981, e-mail: benjamin.bechtel@uni-hamburg.de

Manuskript eingereicht: Mai 2011
Angenommen: Juni 2011



Zwei-skaliger Ansatz zur Aktualisierung landwirtschaftlicher Referenzkulissen (LPIS)

OLIVER BUCK, BENEDIKT PETER & CORDT BÜKER, Münster

Keywords: RapidEye, Digitale Orthophotos, Change Detection, Land Parcel Identification System (LPIS), Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS)

Summary: *Two-Scale Approach for the Update of the Land Parcel Identification System (LPIS).* The LPIS forms part of the IACS (Integrated Administration and Control System) introduced and adapted since 1992 to enable a uniform agricultural policy in Europe. It should facilitate the geographical identification and control of agricultural parcels within a GIS environment. Agricultural parcels undergo changes, for example through urban development and land use conversion. It is thus needed to permanently control and update the LPIS parcels. To detect changes within agricultural parcels, aerial photography and satellite remote sensing can be used. In this article the results of a change detection approach using digital aerial photographs and multi-temporal RapidEye satellite images at different scales will be presented. The results from our two test sites in North Rhine-Westphalia and Saxony-Anhalt show, that such an approach can support the LPIS update process.

Zusammenfassung: Das Land Parcel Identification System (LPIS) ist Teil des seit 1992 schrittweise eingeführten Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) zur Umsetzung einer einheitlichen Agrarpolitik in Europa. Es ermöglicht in diesem Zusammenhang in einer GIS-Umgebung die Identifikation, Verortung und administrative Prüfung der landwirtschaftlichen Parzellen. Da sich landwirtschaftliche Parzellen durch z. B. Baumaßnahmen und Nutzungsänderungen ändern können, wird verlangt, dass sie einer ständigen Überprüfung und Aktualisierung unterzogen werden. Um Veränderungen in den LPIS Parzellen zu detektieren, können Luftbild- und Satellitenbilddaten eingesetzt werden. In diesem Artikel werden die Ergebnisse eines zwei-skaligen Change-Detection-Verfahrens unter Nutzung digitaler Luftbilder und multitemporaler RapidEye Satellitenbilder vorgestellt. Die Ergebnisse aus den beiden Testgebieten in Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt zeigen, dass ein solches Verfahren die Aktualisierung landwirtschaftlicher LPIS-Referenzkulissen unterstützen kann.

1 Einleitung

Mit Hilfe des seit 1992 schrittweise eingeführten und angepassten Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) wird eine einheitliche Agrarpolitik in der Europäischen Union durchgesetzt. Das Land Parcel Identification System (LPIS) ist Teil des InVeKoS. Grundlage für die Erstellung und Aktualisierung des LPIS bildet die EG Verordnung VO (EG) Nr. 1782/03, die durch zahlreiche Verordnungen angepasst und aktualisiert wurde (zuletzt 73/2009 und 1120-1122/2009). Das LPIS ermöglicht in einer GIS-Umgebung

die Identifikation, Verortung und administrative Prüfung der landwirtschaftlichen Parzellen, die von den Landwirten im Rahmen der flächenbezogenen Antragsstellung als Referenz genutzt werden. Die Gesamtheit der Referenzparzellen formt somit eine landwirtschaftliche GIS Referenzkulisse, die ausschließlich förderfähige Flächen enthalten darf. Für die Definition dieser Referenzparzellen werden in Deutschland durch die Agrarverwaltungen der Länder unterschiedliche Referenzsysteme genutzt (Abb. 1):

- Feldblock: Von dauerhaften Grenzen umgebene, zusammenhängende landwirtschaft-

lich genutzte Fläche, die von einem oder mehreren Betriebsinhabern mit einer oder mehreren Kulturen bestellt, stillgelegt oder aus der Produktion genommen ist.

- **Feldstück:** Zusammenhängende landwirtschaftlich genutzte Fläche, die von einem Betriebsinhaber mit einer oder mehreren Kulturen bestellt, stillgelegt oder aus der Produktion genommen ist.
- **Flurstück:** Eine im Kataster abgegrenzte Fläche, über die das Eigentum an den Flächen definiert ist. Die Flächenabgrenzung orientiert sich dabei nicht an der Landbedeckung und Nutzung.
- **Schlag:** Zusammenhängende landwirtschaftlich genutzte Fläche eines Betriebsinhabers, die mit einer Kultur bestellt, stillgelegt oder aus der Produktion genommen ist.

Da sich landwirtschaftliche Parzellen durch z. B. Baumaßnahmen und Nutzungsänderungen ändern können, wird verlangt, dass die Referenzparzellen einer ständigen Überprüfung und Aktualisierung unterzogen werden. Die Bedeutung regelmäßig aktualisierter Referenzkulissen als zentrales geografisches



Abb. 1: Übersicht der LPIS Referenzsysteme in Deutschland.

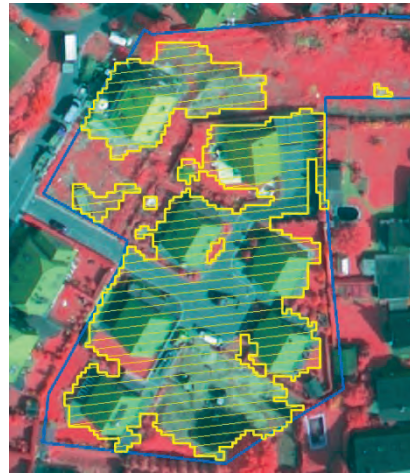


Abb. 2: Anpassungsbedarf LPIS (blau) durch Siedlungserweiterung.

InVeKoS Bezugssystem wird unterstrichen angesichts eines Gesamtbudgets der direkten Agrar-Beihilfen der EU Kommission von über 39 Mrd. Euro im Jahr 2011 (Europäisches Parlament 2011). Gründe für fehlerhafte Referenzparzellen können sein (Abb. 2):

- Landnutzungsänderungen
- Unvollständige oder fehlerhafte Ersterfassung
- Fehlerhafte Bearbeitung

Für die Aktualisierung der Referenzkulissen werden über die EU Mitgliedstaaten und deren nachgeordneten verantwortlichen Fachbehörden verschiedene Verfahren und Informationsquellen genutzt. Hierzu zählen u. a. die systematische Analyse neuer Luftbilddaten, die Aktualisierung im Zuge der InVeKoS Kontrollen sowie damit verbundener Vor-Ort-Checks im Gelände. Gemäß Artikel 17 der VO (EG) Nr. 73/2009 sind für die kartographischen Informationen, die zur Erstellung und Aktualisierung des LPIS genutzt werden, ein Mindestmaßstab von 1:10.000 anzuwenden, entsprechend einer räumlichen Auflösung von mindestens 1m für Orthobilder.

Um die Aktualität der LPIS Referenzkulissen zu beurteilen, wurde bis 2009 die sogenannte 75%/90% Regel angewandt, entsprechend Art. 6 (2) der VO (EG) Nr. 796/2004. Diese besagte, dass mindestens 75% aller Referenzflächen zu mindestens 90% jährlich im

Zuge der Agrar-Beihilfen beantragt werden mussten. Seit Februar 2010 ersetzen neue Qualitätselemente die 75%/90% Regel (DEVOS & KAY 2010). Hierzu zählt z. B. die korrekte Quantifizierung der förderfähigen Fläche im gesamten LPIS, wie auch innerhalb der einzelnen Parzellen, sowie die Aktualität (oder zeitliche Genauigkeit) eines dieser Qualitätselemente. Gemäß VO (EG) Nr. 1122/2009 ist eine jährliche Berichterstattung zu diesen Qualitätselementen erforderlich.

Um Veränderungen in den LPIS Referenzparzellen zu detektieren, die Aktualisierung damit zu unterstützen und gemäß der EU-Vorgaben zu gewährleisten, können Luftbild und Satellitenbilddaten eingesetzt werden. Die Anwendung sogenannter Change Detection Verfahren konnte in verschiedenen Aufgabebereichen erfolgreich demonstriert werden (für Reviews möglicher Verfahren siehe MAS 1999 oder LU et al. 2004). Über einen automatisierten Vergleich der zu aktualisierenden Daten (Vektor- oder Rasterdaten) mit neuen Bilddaten können Veränderungsbereiche, d. h. Bildbereiche/-elemente, deren Veränderung zuvor definierten Kriterien entsprechen, ausgewiesen werden. Dabei ist die Berücksichtigung und Bedeutung unterschiedlicher Maßstäbe zur Erkennung von Landschaftsveränderung elementar in der Anwendung von Fernerkundungssensoren (WOODCOCK & STRAHLER 1987). Durch die Verwendung multitemporaler Bilddaten unterschiedlicher räumlicher Auflösung können mehrere Vorteile kombiniert werden. Multitemporale Bildreihen ermöglichen eine Berücksichtigung der phänologischen Bestandsentwicklung, die vor allem bei der Bewertung landwirtschaftlicher Flächen eine große Rolle spielen. Über die Kenntnis des spezifischen Rückstrahlverhaltens landwirtschaftlicher Kulturarten im Jahresverlauf können diese klassifiziert werden. Hierbei wird oft auf Vegetationsindices zurückgegriffen (WIEGAND et al. 1991, ITZEROTT & KADEN 2006). Solche multitemporalen Satellitenbildfolgen sind durch neue Systemkonstellationen (z. B. RapidEye, SANDAU 2010) auch für großflächige Gebiete (z. B. ganze Bundesländer) realisierbar. Mit dem Ausbau der europäischen Weltraumkomponente GMES (Global Monitoring for Environment and Security, www.gmes.info) gemäß der VO

(EG) Nr. 911/2010 werden zudem in naher Zukunft multitemporale Satellitenbilder der Sentinel-Baureihe mit einer Bodenauflösung von 10 m kostenfrei zur Verfügung stehen. Satellitendaten mit einer Auflösung von 5–10 m entsprechen jedoch nicht den Vorgaben, um exakte Abgrenzungen bzw. Veränderungen im Rahmen einer LPIS-Fortführung vorzunehmen. Zur Erfassung der Veränderungen müssen Bilddaten mit einer Auflösung von mindestens 1 m herangezogen werden. Diese stehen wiederum in allen Bundesländern in der Regel im Rahmen regelmäßiger Landesbefliegungen zur Verfügung, die üblicherweise jedoch nur ein Drittel der Landesfläche pro Jahr abdecken. Daher eignet sich besonders die Kombination multitemporaler Satellitendaten mit Luftbilddaten, um Änderungen in der Landschaft möglicherweise auch im jährlichen Rhythmus und unabhängig vom Fortschritt der Landesbefliegung zu identifizieren.

In diesem Artikel sollen erste Ergebnisse eines solchen zwei-skaligen Change-Detection-Verfahrens anhand zweier Testgebiete in Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt präsentiert und diskutiert werden. Die Verfahren wurden im Rahmen des nationalen Verbundvorhabens DeCOVER 2 entwickelt. Ziel von DeCOVER 2 ist der Aufbau automatisierter Bildverarbeitungsprozessketten zur Aktualisierung bestehender Landbedeckungsdaten und Unterstützung von Fachprozessen im Agrar- und Umweltmonitoring (BUCK 2010).

2 Daten und Methoden

Für die Entwicklung und Demonstration des Verfahrens wurden zwei Testgebiete in Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt ausgewählt (Abb. 3). In beiden Testgebieten wurde jeweils ein Gebiet von 35 km² untersucht. Es wurde darauf geachtet, dass die Gebiete verschiedene Charakteristika aufweisen. So sind sowohl größere zusammenhängende Acker- und Grünlandflächen vorhanden, als auch größere Waldflächen und Bereiche in der Nähe von Siedlungsflächen. Gerade bei letzteren sind dauerhafte Änderungen in den landwirtschaftlichen Flächen wahrscheinlich. Sowohl in Sachsen-Anhalt als auch in Nordrhein-Westfalen stützt sich das verwendete System

zur Identifizierung landwirtschaftlicher Parzellen auf Feldblöcke.

Als Aktualisierungsgrundlage standen die LPIS Referenzkulissen als Esri© GIS Polygon-Shapes aus den Jahren 2005 (NRW) und 2006 (Sachsen-Anhalt) zur Verfügung (Tab. 1). Als sehr hoch aufgelöste Bilddaten (Very High Resolution (VHR) Bilddaten) standen digitale Ortho-Luftbilddaten (DOP) aus 2009 und 2010 zur Verfügung. Als multitemporale Bilddaten wurden RapidEye-Satellitendaten aus 2009 und 2010 verwendet. Die Bilddaten standen im Level 3A orthorektifiziert zur Verfügung und wurden zusätzlich mit dem ATCOR 2 Verfahren atmosphärenkorrigiert. Allerdings zeigte sich bei näherer Betrachtung der VHR- und RapidEye-Daten, dass diese nicht

immer deckungsgleich waren. Daher war es nötig, die RapidEye-Bilder zu Beginn des Verfahrens auf die amtlichen Luftbilder mit Hilfe einer zusätzlichen Orthorektifizierung anzupassen.

Die Methode zur Change-Detection innerhalb der LPIS Geometrien wurde mit Hilfe der Software Definiens Developer 7 (eCognition) als objektbasierter Ansatz entwickelt und durchgeführt. Ein solcher Ansatz zur Interpretation der Bildinformation besitzt großes Potential vor allem in der Anwendung über mehrere Maßstabsebenen (BLASCHKE 2010) und wurde erfolgreich im landwirtschaftlichen Umfeld eingesetzt (z. B. VÖLKER & MÜTERTHIES 2008, TANSEY et al. 2009). Bei der Klassifikation werden hier nicht die einzelnen

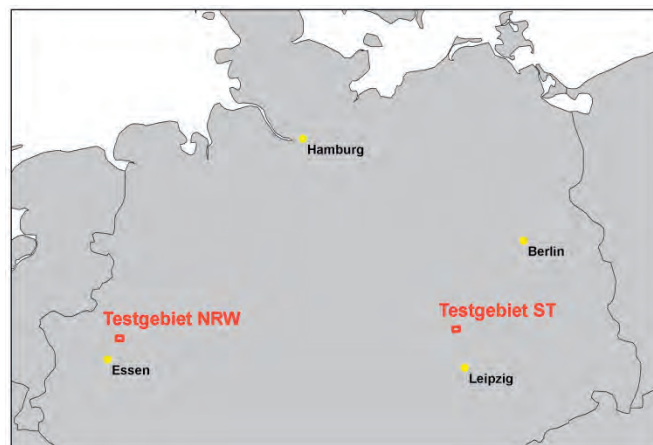


Abb. 3: Lage der Testgebiete in Nordrhein-Westfalen (NRW) und Sachsen-Anhalt (ST).

Tab. 1: Datenbestand in den Testgebieten Nordrhein-Westfalen (NRW) und Sachsen-Anhalt (ST).

	Testgebiet ST	Testgebiet NRW		
	Aufnahmedatum	Aufnahmedatum	Spektrale Auflösung	Räumliche Auflösung
Luftbilddaten	12.–14.04.2009 (Kamera: DMC)	3.4.2009 / 19.5.2009 (Kamera: DMC)	Sichtbar (RGB) und Nahes Infrarot	ST: 0,4 m NRW: 0,2 m
RapidEye Daten	16.07.2010 21.08.2010	31.08.2009 15.10.2009	Sichtbar (RGB), Red-Edge und Nahes Infrarot	5 m
LPIS Feldblockdaten	2006	2005	n/a	n/a

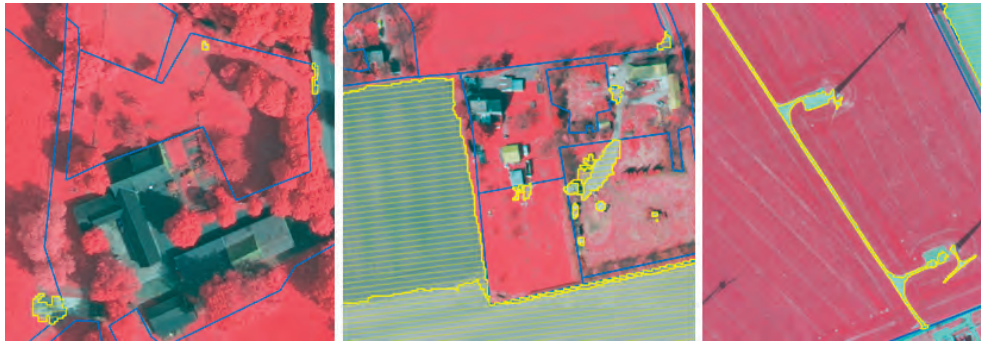


Abb. 4: Potenzielle Änderungen (gelb) der LPIS-Referenzen (blau) nach Segmentierung und Klassifikation nur auf Basis der Luftbilddaten. Es werden sowohl kleinräumige bzw. schmale Änderungen erkannt (alle drei Abbildungen), als auch größere im Luftbild vegetationslose Ackerflächen als Änderung ausgewiesen (Mitte).

Bildpixel betrachtet, sondern auf verschiedenen Auflösungsebenen Bildsegmente extrahiert. Diese können dann in hierarchischen Ebenen miteinander in Verbindung gesetzt werden. Somit stehen neben den spektralen Eigenschaften der Objekte auch Informationen bezüglich der Nachbarschaft, Textur sowie die Beziehungen der unterschiedlichen Objektebenen zueinander für eine sinnvolle Klassifikation zur Verfügung (BAATZ & SCHÄPE 1999).

Im Folgenden wird das angewendete Verfahren näher erläutert. Für beide Testgebiete wurden die hochauflösten Luftbilddaten und je zwei RapidEye-Aufnahmen verwendet (Tab. 1). Ebenso wurden die zur Verfügung gestellten LPIS-Shapes in den Prozess einbezogen. Diese stellen als Polygon-Geometrien die Bezugsflächen dar, innerhalb derer die Bewertung von Veränderungen erfolgt. Alle nachfolgenden Segmentierungs- und Klassifikationsschritte wurden somit auf diese Geometrie begrenzt. Innerhalb dieser Bezugsflächen wurden durch eine Bildsegmentierung spektral homogene Bereiche definiert, die als Basis für die weitere Bewertung und Klassifikation dienen. Hierbei wurde der in eCognition implementierte Segmentierungsalgorithmus (Multiresolution Segmentation, BAATZ & SCHÄPE 2000) genutzt. Um auch sehr kleine Änderungen wie z. B. Windkraftanlagen zu detektieren, wurden die Segmentierungen auf den hochauflösten Luftbildern durchgeführt. Dabei stand neben den Kanälen des sichtbaren Spektrums (RGB) auch der nahe

Infrarot-Kanal zur Verfügung. Es hatte sich gezeigt, dass bei gleichzeitiger Nutzung aller Kanäle zur Segmentierung nicht immer alle kleinräumigen Objekte (z. B. schmale Zufahrtswege) sinnvoll erfasst wurden. Zur Optimierung wurde eine iterative Segmentierung unter Nutzung der Einzelkanäle (R, IR) und einer Spectral Difference Segmentation (DEFINIENS 2007) durchgeführt. Jedes Objekt eines Segmentierungsschritts wurde anschließend mit Hilfe des NDVI-Features (Normalised Difference Vegetation Index) untersucht, und als nicht landwirtschaftliche Fläche (LPIS-Änderung) ausgewiesen, sofern kein Vegetationsbestand detektiert wurde.

Die somit auf alleiniger Basis des Luftbildes ausgewiesenen potenziellen LPIS Veränderungsflächen wurden in einem nächsten Prozessschritt multitemporal untersucht, um zu prüfen, ob diese Flächen innerhalb der gesamten untersuchten Zeitspanne ohne Vegetationsbestand sind, und somit nicht von einer landwirtschaftlichen Anbaunutzung auszugehen ist. Wie Abb. 4 zeigt, werden auf Basis des Luftbildes sowohl sehr kleine Flächen (z. B. kleine Versiegelungen), als auch großräumige Ackerflächen, die zum Aufnahmezeitpunkt des Luftbildes ohne Vegetation waren (z. B. durch Umbruch, Aussaat etc.) detektiert. Alle diese potenziellen Flächen wurden nun mit den beiden zur Verfügung stehenden RapidEye-Bildern auch darauf überprüft, ob Vegetation vorhanden war oder nicht. Dies führt bei sehr kleinen Objekten zu keinen guten Ergebnissen, da diese bei einer RapidEye Bodenauflö-

sung von 5 m nicht als homogene Spektralinformationen untersucht werden können, unter der Annahme, dass hierfür mindestens 3×3 Bildpixel nötig sind. Daher wurden alle potenziellen Änderungsobjekte kleiner als 100 m^2 nicht weiter untersucht, sondern direkt als Veränderungs-Flächen ausgewiesen. Die Flächen größer 100 m^2 wurden nun in den beiden RapidEye Bildern auf Vegetation untersucht. Der RapidEye-Satellit verfügt neben den Kanälen des sichtbaren Spektrums und des nahen Infrarots auch über einen Red-Edge Kanal (690–730 nm, RE Kanal). Um diesen für die Bewertung von Vegetation sehr informativen Spektralbereich zu nutzen, wurde der NDVI mit Hilfe des Red-Edge Kanals berechnet. Zusätzlich wurde der WDVI (Weighted Difference Vegetation Index) (CLEVERS 1989) als gewichtete Differenz von NIR und RE Kanal eingesetzt:

$$\text{WDVI} = \text{NIR} - c \cdot \text{RE}, \text{ mit} \\ c = \text{NIR}_{\text{Boden}} / \text{RE}_{\text{Boden}} \quad (1)$$

Der Parameter c wurde empirisch aus einer Trainingsstichprobe von 5 vegetationsfreien Flächen ermittelt.

Die ersten Ergebnisse zeigten, dass häufig Schattenflächen fälschlicherweise als Change-Objekte ausgewiesen wurden. In den meisten Fällen waren dies Schattenwürfe von Einzelbäumen oder Baumreihen an den Rändern der Feldblöcke. Diese sehr dunklen Flächen wurden somit nochmals auf Basis der spektralen Signatur selektiert und zusätzlich anhand einer Baum-Waldmaske unter Beachtung des Sonneneinfallswinkels geprüft. Hierbei wurde festgestellt, ob in einer bestimmten Richtung dieser Schattenwürfe Baumbestand vorhanden war, und somit diese Flächen nicht als Veränderungsflächen zu bewerten waren. Die Baum-Waldmaske wurde aus den beiden Red-Edge Kanälen der RapidEye-Szenen berechnet.

Durch die Verwendung der multitemporalen RapidEye-Daten konnten nun viele auf Basis des Luftbildes als potentielle Change-Flächen gewertete Gebiete ausgeschlossen werden, da sie in der Analyse über eine längere Zeitspanne Vegetationsbestände bzw. -verläufe aufweisen. Somit fallen fast alle Ackerflächen, die im Luftbild (Aufnahmezeitpunkt

zeitiges Frühjahr) noch vegetationslos waren, weg. Zum Abschluss wurden die Ergebnisse aus eCognition direkt in ein Esri© GIS Polygon-Shape exportiert.

3 Ergebnisse

Durch die Verwendung des sehr hoch aufgelösten Luftbildes konnten kleinräumige und schmale Änderungen in den LPIS Referenzen in beiden Testgebieten ausgewiesen werden (Abb. 5). Großflächige permanente Änderungen wie z. B. Baugebiete oder größere Erweiterungen von landwirtschaftlichen Gebäuden wurden durch die zusätzlichen multitemporalen RapidEye Information differenziert (Abb. 6). Allerdings konnten auch durch die Verwendung von zwei zusätzlichen RapidEye Bildern nicht alle Versiegelungsflächen von Ackerflächen getrennt werden. Vereinzelt liegen Ackerflächen vor, die in allen drei Aufnahmezeitpunkten keine oder kaum Vegetation aufweisen. Diese werden somit ebenfalls als große Veränderungsflächen ausgewiesen (Abb. 7).

Für die Validierung der Ergebnisse und zur Ermittlung der Klassifikationsfehlerraten wurden in beiden Testgebieten Zufallsstichproben aus der Gesamtmenge der LPIS Referenzgeometrien gezogen. In Nordrhein-Westfalen wurden 200 LPIS Flächen selektiert. In Sachsen-Anhalt wurden, bedingt durch die wesentlich größeren Referenzflächen, 70 Flä-

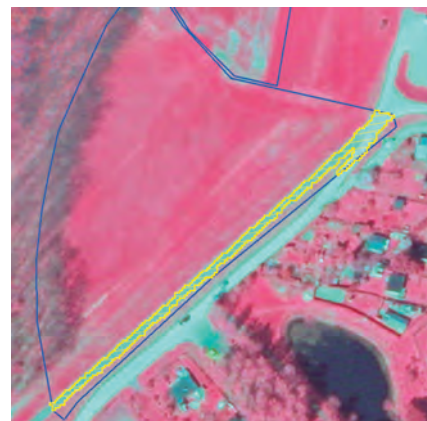


Abb. 5: Erkennung kleinräumiger Veränderungen im Testgebiet Sachsen-Anhalt.

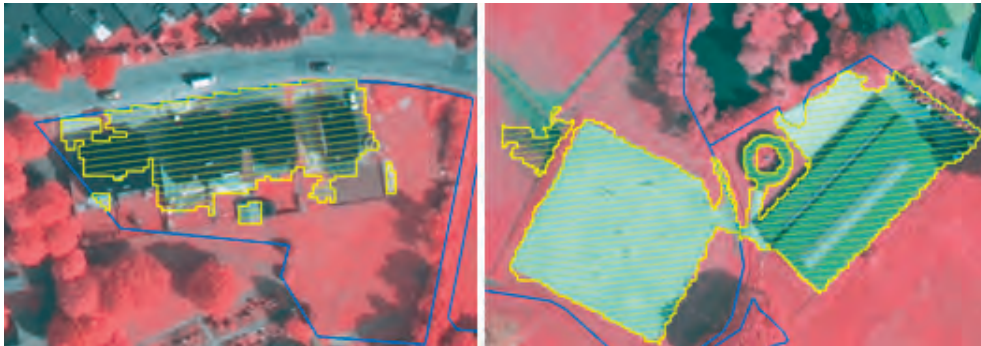


Abb. 6: Großflächige Änderungen innerhalb von LPIS-Referenzparzellen im Testgebiet NRW.

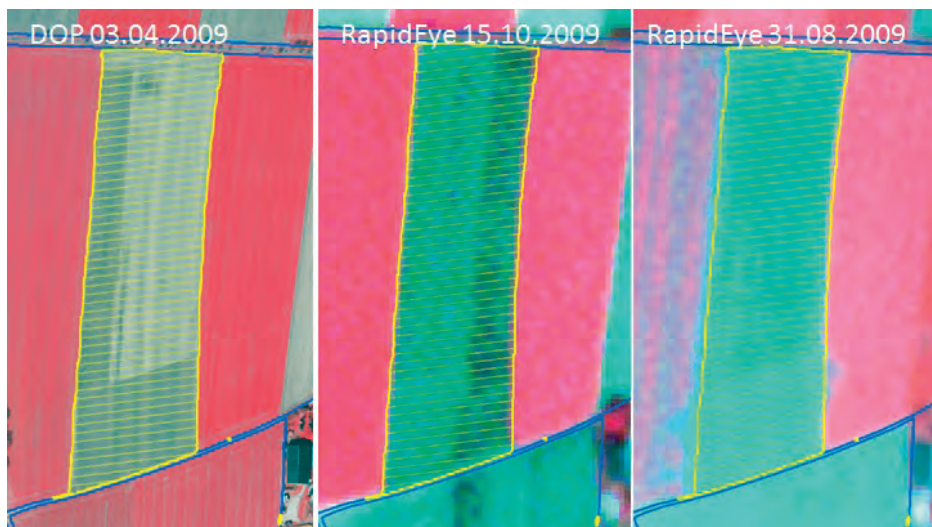


Abb. 7: Fehlerhafte Ausweisung als Change Fläche. Ackerfläche ist an allen drei zur Verfügung stehenden Zeitpunkten nicht bewachsen.

Tab. 2: Ergebnisse der Validierung.

Untersuchungsgebiete (35 km ²)	NRW	Sachsen-Anhalt
Anzahl untersuchte LPIS Flächen	591	137
Fläche insg.	1566,14 ha	2078,44 ha
Validierungsstichprobe	NRW	Sachsen-Anhalt
Anzahl untersuchte LPIS Flächen	200	70
Fläche insg.	496,36 ha	1047,1 ha
Ergebnis	NRW	Sachsen-Anhalt
True positive: Change vorhanden/Change detektiert	97 (48,5%)	22 (31,4%)
True negative: kein Change vorhanden/kein Change detektiert	51 (25,5%)	24 (34,3%)
False positive: Change detektiert/kein Change vorhanden	43 (21,5%)	22 (31,4%)
False negative: kein Change detektiert/Change vorhanden	9 (4,5%)	2 (2,9%)

chen für die Validierung genutzt, die aber einen größeren Landschaftsausschnitt abbilden (Tab. 2).

Die Validierung erfolgte durch einen unabhängigen Bildinterpreten, der nicht mit der Klassifikation betraut war. Für die Validierung wurden die in der Klassifikation genutzten Luftbilder und RapidEye-Daten als Bildgrundlage genutzt, und je ausgewählte LPIS Referenzfläche folgende Zustände notiert:

- Change vorhanden/Change detektiert (True positive)
- kein Change vorhanden/kein Change detektiert (True negative)
- Change detektiert/kein Change vorhanden (False positive)
- kein Change detektiert/Change vorhanden (False negative)

Sowohl in Nordrhein-Westfalen als auch in Sachsen-Anhalt wurden weniger als 5% der vorhandenen realen LPIS Veränderungen nicht erkannt (False Negative). In beiden Testgebieten werden mit dem entwickelten Verfahren noch zu viele nicht vorhandene Veränderungen ausgewiesen (False Positive). Von den validierten Flächen wurden 21,5% (NRW) bzw. 31,4% (ST) zur Aktualisierung markiert, ohne dass eine reale Veränderung durch den Interpreten erkennbar war. Korrekte Veränderungen (True Positive) wurden in fast der Hälfte der Flächen in NRW (48,5%) und in knapp einem Drittel der Flächen in ST (31,4%) aufgefunden. Knapp ein Viertel der Flächen in NRW und ein Drittel der Flächen in ST wurden korrekt als nicht verändert markiert (True Negative).

4 Diskussion und Ausblick

Durch die Anwendung des Verfahrens in zwei verschiedenen Testgebieten konnte die prinzipielle Übertragbarkeit des Verfahrens demonstriert werden. Obwohl in beiden Testgebieten Feldblöcke als Referenzsystem eingesetzt werden, sind die Methoden auch auf die anderen LPIS Referenzsysteme anwendbar, da lediglich die Geometrien des LPIS als Bezugsfläche genutzt werden. Diese beruhen in allen Systemen auf Polygonen. Als maßgeblicher für die Übertragung erwies sich die Verfüg-

barkeit geeigneter multitemporalen Bilddaten. Im Vergleich der beiden Testgebiete wurden in Sachsen-Anhalt eine höhere Anzahl nicht vorhandener Veränderungen detektiert (False positive). In diesem Testgebiet standen uns keine RapidEye Satellitendaten aus dem Luftbild-Befliegungsjahr 2009 zur Verfügung. Somit wurden Satelliten-Daten aus der Vegetationsperiode 2010 genutzt. Durch den frühen Bildflugtermin (April 2009) können landwirtschaftliche Sommerkulturen in 2009 vegetationslos erscheinen. Sollten im Zuge einer Fruchtfolgen-Bewirtschaftung auf diesen Flächen in 2010 Winterkulturen angebaut worden sein, könnten diese zum Zeitpunkt der RapidEye Aufnahmen (Juli und August 2010) schon abgeerntet, und somit ebenfalls wieder vegetationslos erscheinen. Durch die Nutzung von mehr als zwei Satellitenbildern pro Vegetationsperiode kann dieser Fehler minimiert werden, doch würde dies eine operationelle Anwendung dieses Verfahrens aus Kosten- und Ressourcengründen erschweren.

Bei Vorlage aktueller Bilddaten werden die LPIS Feldblöcke in den beiden untersuchten Bundesländern bisher visuell geprüft und bei Bedarf manuell geändert auf Basis der vorliegenden Luftbilddaten. Mit einer automatischen Klassifikation, in der eine Unterscheidung zwischen förderfähiger und nichtförderfähiger Fläche stattfindet, können die Feldblöcke identifiziert werden, an denen Anpassungen vorzunehmen sind. Durch das präsentierte Verfahren wurden weniger als 5% der vorhandenen realen Veränderungen nicht erkannt. Auf Kosten dieses niedrigen Auslassungsfehlers erfolgte jedoch auch eine Überschätzung d. h. Fehlansweisung nicht vorhandener Veränderungen. Zu einem großen Teil wird diese Überschätzung jedoch durch Veränderungen kleiner 100 m² hervorgerufen, die nur auf der monotemporalen Luftbildbasis bewertet wurden (27 von 43 False positive Fehlern in NRW, 12 von 22 in ST). Diese Flächen stellen z. B. kleinräumige vegetationslose Auswinterungsstellen innerhalb der Anbauflächen dar, und können mit dem bestehenden System nicht korrekt bestätigt werden. Das wesentliche Potential unseres Verfahrens könnte sich durch die Anwendung in einem operationellen Kontext zeigen. Durch das Verfahren könnten zwischen 25 und 30% (True

negative) der LPIS-Flächen von Beginn an für eine nachfolgende manuelle Überarbeitung unberücksichtigt bleiben. Dies würde zu einer nicht unwesentlichen Zeitersparnis führen.

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit multitemporaler optischer Satellitenbilddaten in einem Auflösungsbereich bis 10 m, wie sie z. B. durch das neue Satellitensystem RapidEye oder die geplanten Sentinel-Missionen der Europäischen Raumfahrtagentur bereitgestellt werden, gewinnt die Entwicklung und Anwendung multitemporaler automatisierter Bildanalyse im landwirtschaftlichen Bereich an Bedeutung. Über die Kombination verschiedener Maßstabebenen (VHR Luftbilddaten und RapidEye Satellitendaten), können die Vorteile einer hohen geometrischen Auflösung mit der Verfügbarkeit mehrerer Bildaufnahmen während der Vegetationsperiode gemeinsam genutzt werden. Dies konnte in unserem Verfahren zur Erkennung von Veränderungen in der LPIS Referenzen erfolgreich demonstriert werden.

Danksagung

Das Projekt DeCOVER 2 wird gefördert von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter den Förderkennzeichen FKZ 50EE0908, 50EE0909, 50EE0910, 50EE0911, 50EE0912, 50EE0913, 50EE0914, 50EE0915. Wir danken zudem dem DLR für die Bereitstellung der Daten aus dem RapidEye Science Archiv, sowie der GeobasisNRW und dem Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt für die Bereitstellung der digitalen Luftbilddaten.

Literatur

BAATZ, M. & SCHÄPE, A., 1999: Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks. – Proceedings of the 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing, Enschede.

- BAATZ, M. & SCHÄPE, A., 2000: Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. – *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium 1999*: 12–23.
- BLASCHKE, T., 2010: Object based image analysis for remote sensing. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **65** (1): 2–16.
- BUCK, O., 2010: DeCOVER 2 – The German GMES extension to support land cover data systems: Status and outlook. – *ESA Living Planet Symposium Bergen, Norway. ESA Special Publication SP-686 on CD.*
- CLEVERS, J.G.P.W., 1989: The application of a weighted infra-red vegetation index for estimating leaf area index by correcting for soil moisture. – *Remote Sensing of the Environment* **29**: 25–37.
- DEFINIENS 2007: *Definiens Developer 7 – Reference Book.* – Definiens, München.
- DEVOS, W. & KAY, S., 2010: LPIS quality inspection: EU requirements and methodology. – *JRC Technical Notes: Office for Official Publications of The European Communities, Luxembourg.* <ftp://mars.jrc.ec.europa.eu/LPIS/Documents/11691.pdf> (12.05.2011).
- EUROPÄISCHES PARLAMENT 2011: *Haushaltspläne. Europäisches Parlament. 2011/125/EU, Euratom. Endgültiger Erlass des Gesamthaushaltsplans der Europäischen Union für das Haushaltsjahr 2011. Titel 05 Landwirtschaft und Entwicklung des ländlichen Raums. Amt für Öffentlichkeitsarbeit, Brüssel, Belgien.*
- ITZEROTT, S. & KADEN, K., 2006: Spektrale Normkurven – eine notwendige Voraussetzung für die Klassifizierung der Fruchtartenverteilung aus Fernerkundungsdaten. – *Photogrammetrie–Fernerkundung–Geoinformation (PFG)* **2006** (3): 205–216.
- LU, D., MAUSEL, P., BRONDIZIO, E. & MORAN, E., 2004: Change Detection Techniques. – *International Journal of Remote Sensing* **25** (12): 2365–2407.
- MAS, J.F., 1999. Monitoring land-cover changes. A comparison of change detection techniques. – *International Journal of Remote Sensing* **20** (1): 139–152.
- SANDAU, R., 2010: Status and trends of small satellite missions for earth observation. – *Acta Astronautica* **66** (1–2): 1–12.
- TANSEY, K., CHAMBERS, I., ANSTEE, A., DENNISS, A. & LAMB, A., 2009: Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas. – *Applied Geography* **29** (2): 145–157.

VÖLKER, A. & MÜTERTHIES, A., 2008: Landschaftsökologische Modellierung und automatisierte Erfassung von Landschaftselementen für das Monitoring und die Bewertung einer nachhaltigen Kulturlandschaft. – Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation **17**: 161–170.

WIEGAND, C.L., RICHARDSON, A.J., ESCOBAR, D.E. & GERBERMANN, A.H., 1991: Vegetation indices in crop assessments. – *Remote Sensing of Environment* **35** (2–3): 105–119.

WOODCOCK, C.E. & STRAHLER, A.H., 1987: The Factor of Scale in Remote Sensing. – *Remote Sensing of Environment* **21**: 311–322.

Anschrift der Autoren:

OLIVER BUCK, BENEDIKT PETER, Dr. CORDT BÜKER,
EFTAS Fernerkundung Technologietransfer
GmbH, Oststraße 2-18, D-48145 Münster, Tel.:
+49-251-13307-0, Fax: +49-251-13307-33, e-mail:
vorname.nachname@eftas.com

Manuskript eingereicht: Mai 2011

Angenommen: Juni 2011



Analyse hyperspektraler Signaturen mit doppelten Weibull-Funktionen

KAI SCHMIDT, Bonn

Keywords: Hyperspectral signatures, Weibull function, Parameter estimation, Discriminant analysis

Summary: *Analysis of hyperspectral signatures by double Weibull functions.* It is considered as an advantage for the analysis of hyperspectral signatures if the complete information of a spectral sensor is taken into account. Therefore a new algorithm based on additive double Weibull functions is introduced. The model is applicable to the wavelength range from visible light (VIS) to near infrared (NIR) and up to short wave infrared (SWIR). It includes sufficient accuracy ($R^2 = 0.99$) and reduces the complex sensor information to a few model parameters. The resulting parameter vector characterises the object and is open for statistical analysis. As an example the diagnosis of plant diseases is used for the introduction of a two step procedure: In the first step the model is fitted to the signature data, taken from healthy and infected plants. In the second step the resulting parameter vectors are analysed by a discriminant analysis. The introduced procedure contains a high discriminatory power and is suitable for object classification and the distinction of virtually similar spectral profiles.

Zusammenfassung: Bei der Analyse hyperspektraler Signaturen wird es als Vorteil angesehen, die gesamte Information eines Sensors zu verwenden. Zu diesem Zweck wird ein alternativer Transformationsalgorithmus auf der Basis additiv gekoppelter Weibull-Funktionen eingeführt. Dieses Modell ist auf alle Wellenlängen im sichtbaren, Nahinfrarot- und kurzwelligen Infrarotbereich anwendbar. Das Modell lässt sich an beliebige Spektralprofile mit sehr hoher Genauigkeit anpassen ($R^2 = 0.99$) und reduziert die komplexe Sensorinformation auf einige wenige Parameter. Der resultierende Parametervektor charakterisiert den Objektzustand und ist statistisch auswertbar. Am Beispiel der Diagnose von Pflanzenkrankheiten wird ein 2-Schritt Verfahren vorgestellt. Im ersten Schritt wird das Modell an die Signaturen von gesunden und infizierten Pflanzen angepasst. Die resultierenden Parametervektoren werden dann in einem zweiten Schritt mit Hilfe der Diskriminanzanalyse ausgewertet. Das vorgestellte Verfahren beinhaltet eine hohe Trennschärfe und eignet sich für die Klassifizierung und Unterscheidung auch nah beieinander liegender Signaturen.

1 Einleitung

Spektrale Reflexionsmessungen sind in der Fernerkundung seit mehreren Jahrzehnten in der Anwendung. Während die räumliche und spektrale Auflösung solcher Sensoren drastisch verbessert wurde, ist die Analyse der gewonnenen Informationen immer noch nicht sehr befriedigend. Die Herausforderung besteht weiterhin darin, das gescannte Objekt anhand der sensorischen Information (z. B. spektral, direktional und räumlich) zu klassifizieren. Hyperspektrale Signaturen sind das Ergebnis der von einem Objekt reflektierten

Strahlung und zeigen ein charakteristisches Muster der Reflexionsintensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Dieses variiert mit Art und Zustand des Objekts. Für ein durch einen entsprechenden Sensor aufgenommenes Objekt bestehen multiple Zustände, die sich in unterschiedlichen Signaturen darstellen (GUYOT 1990). Laut BUSCHMANN (1993) reicht eine Detektionsart für ein klares Bild über das Messobjekt nicht aus. Daher sind für die Interpretation der Signaturen oft weitere Attribute aus anderen Bereichen notwendig. Die Schwierigkeit besteht darin, eine Verknüpfung oder Klassifikation zwischen dem rein technischen

Messergebnis und den Eigenschaften eines Objektes zu erstellen. Ist das Objekt bekannt, repräsentieren die Spektralkurven definierte Zustände, die in ihrer Charakteristik einen bestimmten Zustand des Objekts beschreiben. Bei bekannten Objekten wie Pflanzen bzw. Pflanzenbeständen, resultiert die spektrale Signatur in diversen und höchst komplexen Spektralprofilen, die die artspezifischen, strukturellen und zeitabhängigen variablen physiologischen und biochemischen Konditionen einer Pflanze oder eines Bestandes charakterisieren.

Zur Analyse und Objektklassifikation werden mehrheitlich folgende Techniken angewandt:

1. Erste Ableitung der spektralen Signatur zur Verdeutlichung sensitiver und signifikanter Wellenlängenbereiche und zur Eliminierung von Bodensignalen bzw. Hintergrundstörgrößen (STEVEN et al. 1990);
2. Analyse und Modellierung der spektralen Einhüllenden («band depth analysis») zur Hervorhebung von spezifischen Absorptionsbanden (KOKALY & CLARK 1999);
3. Zerlegung der Spektren und Transformationsanalyse der relativen Differenzen von z. B. gesundem zu befallenen Pflanzengewebe (MUHAMMED 2005);
4. Partial Least Square Regression (PLS) Techniken basieren auf multifaktoriellen Regressionsfunktionen oder Splines mit optimierten Variablenzahlen (HAALAND & THOMAS 1988, VISCARRA-ROSSEL et al. 2006) oder andere multivariate Verfahren (LARSOLLE & MUHAMMED 2007);
5. Support Vektor Machines (SCHÖLKOPF & SMOLA 2002);
6. Modellierung der spektralen Signatur auf der Basis physikalisch basierter Reflexionsmodelle und Inversion derselben zur Parameterschätzung (JACQUEMOUD et al. 2009, DARVISHZADEH et al. 2008);
7. Wavelet Transformation als Weiterentwicklung einer Fourier-Transformation (JAHN et al. 2006);
8. Distanzmessung zum Vergleich zweier Spektren, Zerlegung des Spektrums auf objektrelevante Wellenlängen (KESHAVA 2004);
9. Indexbildung.

Mehrheitlich erfolgt eine Reflexionsspektrenanalyse durch Indizes. In der Regel bedeutet das eine Reduktion der Information auf wenige Wellenbereiche oder Informationsreduktion auf einige (signifikante) Spektralbereiche. BLACKBURN (2006), BUSCHMANN (1993), JENSEN (2007) oder JONES (2010) haben die Mehrzahl dieser Indizes zusammenfassend dargestellt und deren Verwendungsmöglichkeiten beschrieben. Zu diesen Indizes zählen:

- Multispektrale Indizes: SR (Simple Ratio), NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) und zahlreiche weitere;
- Hyperspektrale Vegetationsindizes: MCARI (Modified Chlorophyll Absorption Reflectance Index): Verhältnis der Wellenlängen von 700 nm, 670 nm und 550 nm;
- Parameterisierung des Red-Edge (BARET et al. 1992);
- Normalised ratio indices: Verhältnis aller möglichen 2er Kombination, die für ein Problem relevant sein könnten.
- Formindizes ("angle indexes") berechnet aus 3 oder mehr Spektralkanälen (KHANNA et al. 2007).

Die Klassifikation erfolgt per Regression von gewähltem Index zu gemessener objektbezogener Größe, z. B. Biomasse in Gewichtseinheiten. Die Verwendung spezifischer Bänder führt zu Informationsverlusten und die Auflösung der Informationen, die nach dem aktuellen Stand der Sensortechnik realisiert werden könnte, wird in den Indizes vernachlässigt. Weitere Nachteile sind die rasche asymptotische Sättigung (BUSCHMANN 1983), die geringe Übertragbarkeit (JENSEN 2007) und eine in hohem Maß bestehende Rauschempfindlichkeit (ATZBERGER et al. 2010). Anstatt die üblichen Indizes für die Analyse zu verwenden, wird es als Vorteil angesehen, den gesamten Wellenlängenbereich entsprechend der verwendeten Sensortechnik für die Analyse und Klassifikation eines Objekts zu verwenden. Ziel dieser Arbeit ist die Vorstellung eines für alle Signaturen anwendbaren Grundmodells, welches flexibel genug ist, die unterschiedlichen Verläufe von spektralen Signaturen hochgenau abzubilden.

2 Modell

Zur allgemeinen Modellierung eines spektralen Profils in beliebigen Intervallen von 400 bis 2500 nm wird ein alternativer Transformationsalgorithmus auf der Basis additiv gekoppelter doppelter Weibull-Funktionen eingeführt (SCHMIDT 2009). Das Ziel ist, aufgenommene Spektren über die gesamten Wellenlängen zu quantifizieren, d. h. auf numerische Werte abzubilden, um sie analysierbar und vergleichbar zu machen. Einfache Weibull-Funktionen sind Bestandteil von Statistik-Standardwerken (HARTUNG 1991, RICHTER & SÖNDGERATH 1990).

Weil das im Bereich des sichtbaren und des nahinfraroten Lichts aufgenommene Spektrum der Wellenlänge nm durch folgende generelle Funktion beschrieben wird,

$$F_{(nm)} = A + \sum_{i=1}^n B_i \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{nm}{nm_{\alpha_i}}\right)^{\alpha_i}} \right) \cdot e^{-\left(\frac{nm}{nm_{\beta_i}}\right)^{\beta_i}} \quad (1)$$

kann durch Änderung der Parameter A, B₁ bis B_n, α₁ bis α_n und β₁ bis β_n obige Funktion an jede hyperspektrale Signatur angepasst werden. Dieses Modell ist auf alle Wellenlängen im sichtbaren, Nahinfrarot- und kurzwelligen Infrarotbereich anwendbar.

Es wird ein Parametervektor ermittelt, der eine vereinfachte Übermittlung des Ergebnisses und eine Auswertung durch Vergleich mit anderen Parametervektoren ermöglicht. Diese Analyse verwendet die Gesamtinformation der momentan technisch möglichen Auflösung entsprechender Sensoren. Dies gilt insbesondere schon für eine Funktion mit n = 2, die im Bereich bis 1000 nm aussagekräftig ist. Eine weitere Verbesserung wird erreicht, wenn gilt n = 3 (bis 1200 nm) oder n = 4 (bis 1400 nm). Für Spektren von 1800 bis 2500 nm sind Funktionen der Größe n = 5 oder n = 6 notwendig. Gleichung 1 kann noch in Halbschritte unterteilt werden, je nachdem, ob ein aufsteigender bzw. absteigender Teil einer Amplitude berücksichtigt werden soll.

Als Beispiel für n = 1.5, also für den Wellenlängenbereich von 400 bis 900 nm, d. h. den sichtbaren und den nahen Infrarotbereich, lassen sich die charakteristischen Signaturen

bezüglich der gemessenen Reflexionen folgendermaßen beschreiben:

$$F_{(nm)} = A + B_1 \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{nm}{nm_{\alpha_1}}\right)^{\alpha_1}} \right) \cdot e^{-\left(\frac{nm}{nm_{\beta_1}}\right)^{\beta_1}} + B_2 \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{nm}{nm_{\alpha_2}}\right)^{\alpha_2}} \right) \quad (2)$$

Parameterbeschreibung:

nm ist die Wellenlänge im Messintervall. Der Parameter A beschreibt die Reflexionsgrundlinie eines Objekts [Einheit: % Reflexion]. B₁ und B₂ dienen der Modellanpassung auf der Y-Achse [Einheit: % Reflexion]. Die drei Parameter nm_{α1}, nm_{β1}, nm_{α2} beschreiben die Wendepunkte [Einheit: nm], die Potenzparameter α₁, α₂, β₁ den Grad der Steigungen der Funktion [Einheit: dimensionslos].

Damit sind die Gesamtinformationen des spektralen Signaturintervalls zwischen 400 und etwa 900 nm auf 9 sekundäre Parameter verdichtet, wobei der gesamte Informationsbereich des Sensors verwendet wird. Die zusätzliche Berücksichtigung des mittleren Infrarotbereichs erfordert die entsprechende Erweiterung um n = 3, 4, ..., n mit jeweils 5 zusätzlichen Parametern für jede Amplitude. Die Parameter der Funktion lassen sich anhand der gemessenen Spektren mit den üblichen Verfahren (Kleinste Abweichungsquadrate; Trust-Region Algorithmus; Maximum Likelihood) schätzen. Anfangswerte müssen im näheren Bereich der Lösung liegen, da sonst diese Verfahren an lokale Optima approximieren, die nicht den Funktionsverlauf beschreiben. Des Weiteren empfiehlt es sich, die Bereiche der Wendepunkteparameter a priori einzugrenzen, um spezifische Kurvaturen der Funktion aufrecht zu erhalten.

Zur Analyse der Parameterschätzung wurde PASW 18 (vormals SPSS) und MS Excel verwendet.

3 Regressionsanalyse

Zur Beurteilung der Güte des Modells wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Dazu wurden die Reflexionen von Zuckerrübenblät-

tern mit tragbaren, nicht abbildenden Spektrometern mit integrierter Beleuchtung gemessen („Plant Probe“ mit „Leaf clip“). Diese Methode liefert je nach spektralem Sensor ein von äußeren Lichteinflüssen ungestörtes spektrales Profil im Wellenlängenbereich von 400 bis 900, bzw. 2500 nm. Das Modell mit $n = 1.5$ für Signaturen bis 900 nm, (Abb. 1 a), und mit $n = 6$ bis 2500 nm, (Abb. 1b) wurde an diese spektralen Profile angepasst.

Nach Anpassung des Modells an die Signatur in Abb. 1a mit Hilfe der NLR (Nonlinear Regression) Prozedur von PASW ergaben sich folgende Parameterschätzer (Tab. 1):

Die 95% Konfidenzbänder sind sehr eng, was aber nicht nur an der Güte des Modells liegt, sondern auch an der Intensität und Struktur der zugrundeliegenden Daten. Eine Parameterredundanz ist nicht festzustellen. Tab. 1 demonstriert den Parametervektor, der für dieses eine Beispiel das reflektierende Zuckerrübenblatt charakterisiert. Jede weitere Messung resultiert in einem individuellen Parametervektor mit ähnlicher Güte. Insgesamt wurden mehrere hundert Reflexionsspektren gefittet.

Die Korrelationen zwischen den Parametern sind moderat (Tab. 2). Hohe Korrelationen von Wendepunkten zu Exponenten (farblich

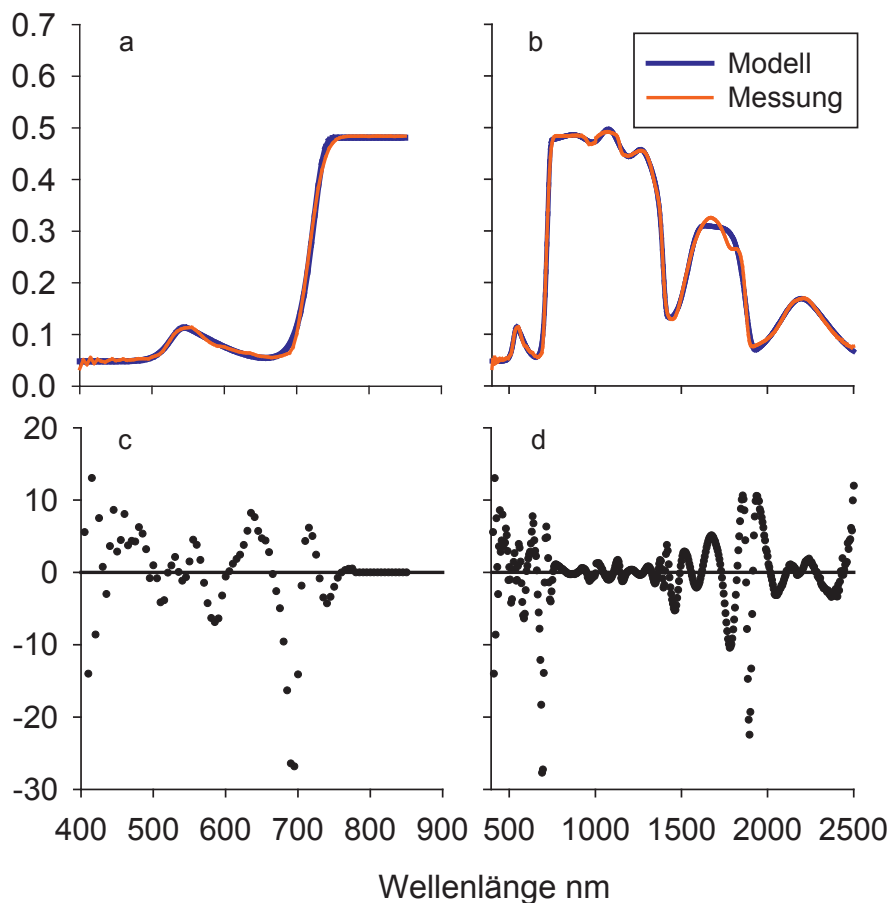


Abb. 1: Spektrale Signatur eines gesunden Zuckerrübenblatts, Modellanpassung und standardisierte Residuen; a) bis 900 nm; b) bis 2500 nm; c) Residuen bis 900 nm; d) Residuen bis 2500 nm.

markiert) liegen in der intrinsischen Natur der Weibull-Funktion, die für die Parameteranpassung aktiv ausgenutzt werden können und müssen.

Der numerische R^2 -Wert liegt im Bereich > 0.995 bei Mischsignaturen nicht-abbildender Verfahren. Aufgrund der höheren Streu-

ung des Einzelsignals bei abbildenden Verfahren oder Freilandmessungen ist der numerische R^2 -Wert im Bereich von > 0.98 . Obwohl über 99% der Varianz durch das Modell erklärt sind, zeigen standardisierte Residuenplots in einigen Wellenlängenbereichen doch nennenswerte Abweichungen (Abb. 1c, d). Die

Tab. 1: Parameterschätzer und Konfidenzbereiche bis 900 nm.

Parameter	Schätzer	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			untere Grenze	obere Grenze
A	,114	,001	,112	,115
B_1	,162	,050	,064	,261
nm_{α_1}	531,909	1,159	529,631	534,186
α_1	60,066	4,913	50,410	69,722
nm_{β_1}	560,000	18,842	522,971	597,029
β_1	9,085	2,021	5,113	13,058
B_2	,509	,001	,507	,510
nm_{α_2}	721,173	,125	720,928	721,418
α_2	53,667	,609	52,469	54,864

Tab. 2: Korrelationsmatrix der Parameterschätzer.

	A	B_1	nm_{α_1}	α_1	nm_{β_1}	β_1	B_2	nm_{α_2}	α_2
A	1,000	-,288	-,100	,442	,206	,311	-,897	,120	,161
B_1	-,288	1,000	,800	-,321	-,993	-,978	,246	,138	,284
nm_{α_1}	-,100	,800	1,000	-,460	-,785	-,711	,082	,109	,195
α_1	,442	-,321	-,460	1,000	,270	,275	-,396	,034	,047
nm_{β_1}	,206	-,993	-,785	,270	1,000	,975	-,172	-,152	-,303
β_1	,311	-,978	-,711	,275	,975	1,000	-,265	-,148	-,322
B_2	-,897	,246	,082	-,396	-,172	-,265	1,000	-,018	-,189
nm_{α_2}	,120	,138	,109	,034	-,152	-,148	-,018	1,000	-,170
α_2	,161	,284	,195	,047	-,303	-,322	-,189	-,170	1,000

Tab. 3: ANOVA und erklärte Modellvarianz.

Quelle	Quadratsumme	FG	Mittel der Quadrate
Regression	56,620	9	6,291
Residuen	,044	452	,000
Nicht korrigierter Gesamtwert	56,664	461	
Korrigierter Gesamtwert	15,518	460	

$$R^2 = 1 - \text{Residuenquadratsumme} / (\text{Korrigierte Quadratsumme}) = .997$$

Tab. 4: Parametervektor für Signaturen bis 2500 nm und Modellgröße $n = 6$.

Parameter	Schätzer	Parameter	Schätzer	Parameter	Schätzer
A	5.0	B_3	5.4	B_5	23.1
B_1	23.6	nm_{α_3}	1068.2	nm_{α_5}	1538.0
nm_{α_1}	530.9	nm_{β_3}	1143.7	nm_{β_5}	1865.3
nm_{β_1}	562.1	α_3	8.497	α_5	26.856
α_1	42.638	β_3	64.796	β_5	56.013
β_1	8.168	B_4	38.6	B_6	8.82
B_2	43.8	nm_{α_4}	1037.9	nm_{α_6}	2109.4
nm_{α_2}	719.5	nm_{β_4}	1393.4	nm_{β_6}	2342.1
nm_{β_2}	1036.3	α_4	23.942	α_6	59.782
α_2	54.417	β_4	46.524	β_6	45.019
β_2	20.530				

weiterhin systematischen Abweichungen der Residuen sind durch weitere kleine Amplituden im spektralen Profil bedingt.

Das Modell ist beliebig auf den technischen Wellenlängenbereich des Sensors erweiterbar, verdeutlicht durch ein Beispiel für Signaturen bis 2500 nm ($R^2 > 0.995$). Auch unter Verwendung von 31 Parametern ist das System numerisch noch auswertbar (Tab. 4).

Anwendungsbeispiele

Beispiel *Rhizoctonia solani*

Die Gleichung ist universell anwendbar auf verschiedene Signaturen, die in dem System Pflanze vorkommen können und nicht nur für

eine Idealsignatur. HILLNHÜTTER (2011) hat sehr unterschiedliche Signaturen für bei verschiedenen Befallsintensitäten von *Rhizoctonia solani* an Zuckerrübenblättern beobachtet (Abb. 2 a,b,c). Die Messungen wurden ebenfalls mit nicht abbildenden Spektroradiometern mit integrierter Beleuchtung durchgeführt.

Die Parameterschätzer für die nm_{α_1} , nm_{β_1} Parameter ergeben ein konsistentes Bild und entsprechen näherungsweise den Absorptionsbereichen von Anthocyan und Carotinoiden, und den oberen Absorptionsmaxima von Chlorophyll a und b. nm_{α_2} beschreibt den Wendepunkt im "Red-Edge" Bereich. Die Absolutwerte der Parameter A, B_1 , B_2 ändern sich

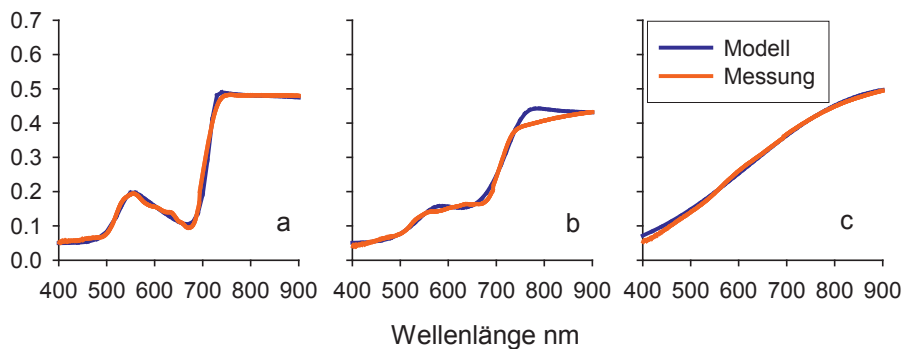


Abb. 2: Modellanpassung an verschiedene Stresszustände von Zuckerrübenblättern verursacht durch *Rhizoctonia solani* (a) mittlerer Stress; b) hoher Stress; c) letaler Stress) (Daten von HILLNHÜTTER 2011).

mit der Skalenebene (hier Blatt, Pflanze, Bestand) bzw. Art und/oder Sorte oder sonstigen Faktoren und dienen der Klassifikation eines Objekts. Im gesunden Blattzustand haben die Potenzparameter Wertebereiche der oberen Approximation, höhere Werte führen kaum zu Änderungen des Funktionsverlaufs.

Leichte bis mittlere Stresssymptome (Abb. 2a) werden vorerst durch marginale Veränderung der Parameter nm_{β_1} und nm_{α_2} angezeigt (Tab. 5). Zunehmender Stress führt zu einem veränderten Signaturverlauf (Abb. 2b) und damit zu einem veränderten Parametervektor, ausgedrückt in einer Verkleinerung der Potenzparameter α_1 und α_2 und einer Vergrößerung des Parameters β_1 . Damit lassen sich frühzeitig Stresssymptome in den Parametern identifizieren und über die Stresslevel auf der

Ebene der relativen Parameteränderung quantifizieren. Die Tendenz abnehmender/zunehmender Werte für die Potenzparameter verstärkt sich mit zunehmendem Stresszustand der Pflanze. Zusätzlich zeigen sich Veränderungen in den Parameterbereichen, die den Nahinfrarot-Bereich betreffen (Tab. 5). Ist die Intensität eines Stresses letal (Abb. 2c), so definiert die Zerstörung der Blattstruktur die untere Approximation des Parametervektors. Die physiologisch begründbaren Parameter der Wendepunkte, die bisher wenig auf die stressbedingten Änderungen reagiert haben, sind in Wertebereiche verschoben, die nicht mehr mit den photosynthetisch aktiven Bereichen übereinstimmen. Die Abweichungen in den Parameterwerten spiegeln den Grad der Zellstrukturzerstörung wider (Tab. 5).

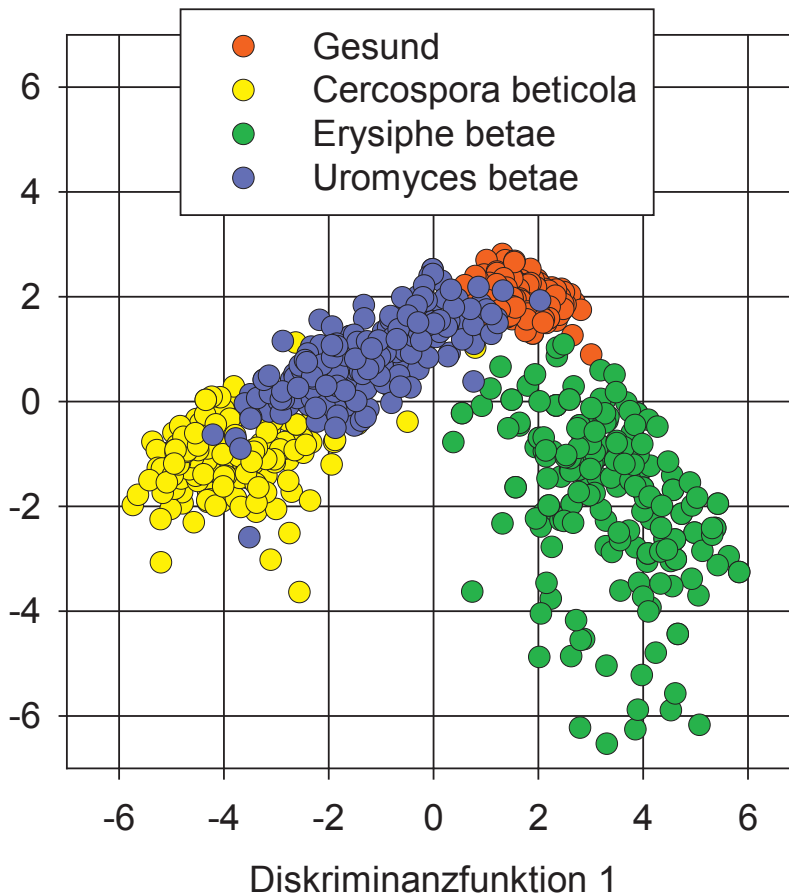


Abb. 3: Kanonische Diskriminanzfunktionen der Pathogendiagnose (Daten MAHLEIN et al. 2010).

Beispiel *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* & *Uromyces betae*

Das Verfahren ist weiterhin an Signaturen verschiedener Blattkrankheiten am Zuckerrübenblatt getestet worden. MAHLEIN et al. (2010) haben mit *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* und *Uromyces betae* infizierte Zuckerrüben über 3 Wochen hinweg im Tagesrhythmus mit einem Hyperspektralsensor („Plant probe“ mit „Leaf clip“) gemessen. Dazu wurden täglich je 30 Messungen an gesunden und den pathogenspezifisch infizierten Zuckerrüben durchgeführt. Geprüft wurde anhand der Daten, ob mit Hilfe des Modells (Gl. 2) die drei Pathogene der Zuckerrübe anhand ihrer spezifischen Signatur zu unterscheiden sind. Die Auswertung benötigte ein 2-Schritt Verfahren: Im ersten Schritt wurde das Modell an jede der Signaturen von gesunden und infizierten Pflanzen angepasst. Die resultierenden Parametervektoren wurden dann in einem zweiten Schritt mit Hilfe der Diskriminanzanalyse ausgewertet. Dabei wird jeder Vektor über die Diskriminanzfunktionen einer der pathogenspezifischen Klassen zugeordnet.

Im frühen Infektionsverlauf (7 Tage nach Inokulation) ist eine Unterscheidung in gesund und krank möglich, im späteren Verlauf der Krankheit (17 Tage nach Inokulation) ist eine spezifische Klassifizierung ($p = 0.95$) des zugrundeliegenden Erregers möglich (Abb. 3).

Der Vorteil der Anwendung einer Diskriminanzanalyse liegt nicht nur in der Klassifikation der Signaturen, sondern dass die komplexen Parametervektoren auf 2 (oder 3) Dimensionen komprimiert werden und visuell dargestellt werden können. Der Zustand „Gesund“ ist durch eine relativ enge Diskriminanzfläche charakterisiert. Die einzelnen Krankheiten sind deutlich zu differenzieren, die Varianzen darstellbar (Abb. 3). Natürlich kommt es an den Grenzbereichen zu Überlappungen, wo keine eindeutige Klassifikation möglich ist. Es muss erwähnt werden, dass die in Abb. 3 dargestellten Strukturen erst zum Ende der Beobachtungen möglich waren, wenn die Krankheiten symptomatisch stark ausgeprägt waren.

Die Parameterschätzungen an den Signaturen lassen einen gewissen Trend hinsichtlich

Tab. 5: Mittlere Parameterbereiche/-vektoren bei gesunden Zuckerrübenblättern und bei zunehmender Befallsintensität unterschiedlicher Blattkrankheiten.

Parameter	Gesundes Blatt	Leichter Stress, undefiniert, frühzeitig	Mittlerer Stress	Strukturelle Veränderungen, starker Stress	Tote Pflanze
A	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03
B1	0.15	0.15	0.2-0.4; >0.8**	0.2-0.4	>0.4
nm_{a1}	530	530	530	550	530
α_1	40	40	30-40	20	<20
nm_{b1}	560-570	580-600	>600	>600	>600
β_1	8-11	8-11	11-19	>20	30-40
B2	0.42	0.42	0.5	0.5	>1
nm_{a2}	719-723	710-718	710-700	<700	<700
α_2	50-54	50-54	40-49	20-39	5-19
		Ursache nicht erkennbar	Erysiphe, Uromyces	Cercospora, Rhizoctonia	Rhizoctonia

** nur für *Erysiphe betae*

des Krankheitsverlaufs und der zunehmenden Gewebeänderungen erkennen. Es ergaben sich die in Tab. 5 aufgeführten Kenngrößen hinsichtlich des Verlaufs der behandelten Krankheiten.

Diskussion

Die additiv gekoppelten doppelten Weibull-Funktionen erlauben die Abbildung hyperspektraler Signaturen mit hoher Genauigkeit und ermöglichen die Berücksichtigung der Gesamtinformation der derzeit technischen sensorischen Auflösung. Sind prinzipiell einfachere Modelle möglich? SUNSHINE & PIETERS (1993) verwenden für ein spezifisches, geologisches Problem eine modifizierte Gauss-Verteilung. Diese Gauss-Funktionen sind für die Anwendung auf das zu beobachtende Muster von Vegetationskurven nicht übertragbar. Im Gegensatz dazu ist das Weibull-Modell auf alle Wellenlängen im sichtbaren, Nahinfrarot- und kurzwelligen Infrarotbereich anwendbar und nicht nur auf Pflanzen beschränkt. Das Modell lässt sich an beliebige spektrale Profile mit sehr hoher Genauigkeit anpassen ($R^2 > 0.99$) und komprimiert die komplexe spektrale Signatur ohne Informationsverlust auf einige wenige, sekundäre Parameter. Es beinhaltet eine hohe Trennschärfe und eignet sich für die Klassifizierung und Unterscheidung auch nah beieinander liegender Signaturen. Der resultierende Parametervektor charakterisiert den Objektzustand und ist statistisch mit Standardmethoden auswertbar. Anhand der Komplexität der zugrundeliegenden Funktion ist es offensichtlich, dass es sich hierbei nicht um ein simples Regressionsproblem handelt. Um die gewünschte Güte in der Anpassung und den Erhalt der Kurvaturen zu erreichen, muss a) die Startwertabhängigkeit der numerischen Parameterschätzverfahren berücksichtigt und b) der zu durchsuchende Parameterraum eingeschränkt werden. Die Startwerte müssen nah dem Bereich der Lösung gewählt werden, da ansonsten die Verfahren an lokale Optima approximieren, die numerisch zwar die Abbruchkriterien erfüllen, aber im schlechtesten Fall eine Gerade quer durch eine Amplitude als Lösung ergeben.

Die Ermittlung der Startwerte ist bei den Wendepunkten der Funktion und der Parameter A , B_1 und B_2 einfach durchzuführen, da diese direkt aus der Signatur abgelesen werden können. Die Exponenten, insbesondere das Verhältnis von z. B. α_2 zu β_1 ist etwas schwieriger und verlangt eine gewisse Sensitivität für das Modellverhalten auf Parameteränderung.

Anhand der verwendeten Beispiele wurde demonstriert, inwieweit das Verfahren zur Diagnose von Blattkrankheiten und zur Definition von Stresszuständen an Pflanzen verwendet werden kann. Der Zustand „Gesund“ ist durch einen engen Parametervektor definiert, Stress, oder besser Abweichungen von „Gesund“, sind bei Auftreten erster Symptome erkennbar. Anhand dieser Daten sind 5 Parameter für die Bestimmung eines undefinierten Stresszustands ausreichend; für eine Diagnose sind aber 9 Parameter, d. h. das gesamte Spektrum bis 900 nm, notwendig. Eine eindeutige Diagnose ($p > 0.9$) ist erst im späteren Infektionsverlauf nach Ausprägung der spezifischen Symptome möglich.

Die Diskriminanzanalyse hat sich als zuverlässiges Anschlussverfahren zur Klassifikation der Signatur herausgestellt. Aber im Zusammenhang mit der Anzahl der zu schätzenden Parameter muss die Anzahl der Messwerte hoch sein, ansonsten tendiert die Diskriminanzanalyse zu Pseudoklassifikationen. Desweiteren ist die Übertragbarkeit der geschätzten Diskriminanzfunktionskoeffizienten noch nicht geklärt. Wenn die Signaturen wesentlich simplere Strukturen aufweisen, wie z. B. in Abb. 2c, ist das Modell im statistischen Sinne überparameterisiert, da einfachere Modelle mit weniger Parametern möglich wären.

Die weiteren Einsatzmöglichkeiten des Modells haben einen eher technischen Hintergrund. Das Verfahren kann zur Kurvenglättung der Signaturen verwendet werden. Ferner kann eine Signatur in Form ihres Parametervektors ohne großen Informationsverlust abgespeichert werden und den Speicherbedarf drastisch reduzieren. Dies ist vor allem für bildgebende Verfahren von Bedeutung.

Das hier vorgestellte Verfahren verwendet die gesamte technische Information eines Hyperspektralsensors. Das Modell ist offen für

weitere statistische Analysen und ist universell anwendbar. Das Verfahren wird als eine neue Technik in der Transformation hyperspektraler Signaturen angesehen, unterstützt aber auch bestehende Auswerteverfahren.

Danksagung

Der Autor dankt Dr. A.-K. Mahlein und Dr. C. Hillnhütter (INRES Pflanzenkrankheiten, Universität Bonn) für die zur Verfügung gestellten Daten.

Literatur

- ATZBERGER, C., GUERIF, M., BARET, F. & WERNER, W., 2010: Comparative analysis of three chemometric techniques for the spectroradiometric assessment of canopy chlorophyll content in winter wheat. – *Computers and Electronics in Agriculture* **73** (2): 165–173.
- BARET, F., JACQUEMOUD, S., GUYOT, G. & LEPRIEUR, C., 1992: Modeled analysis of the biophysical nature of spectral shifts and comparison with information content of broad bands. – *Remote Sensing of Environment* **41** (2–3): 133–142.
- BLACKBURN, G.A., 2006: Hyperspectral remote sensing of plant pigments. – *Journal of Experimental Botany* **58** (4): 855–867.
- BUSCHMANN, C., 1993: Fernerkundung von Pflanzen – Ausbreitung, Gesundheitszustand und Produktivität. – *Naturwissenschaften* **80**: 439–453.
- DARVISHZADEH, R., SKIDMORE, A., SCHLERF, M. & ATZBERGER, C., 2008: Inversion of a radiative transfer model for estimating vegetation LAI and chlorophyll in a heterogeneous grassland. – *Remote Sensing of Environment* **112** (5): 2592–2604.
- GUYOT, G., 1990: Optical Properties of vegetation canopies. – In: CLARK, J.A. & STEVEN, M.D. (eds.): *Applications of Remote Sensing in Agriculture*. – Butterworth, London, Kap. 2: 19–43.
- HAALAND, D.M. & THOMAS, E.V., 1988: Partial least-squares methods for spectral analyses. 1. Relation to other quantitative calibration methods and the extraction of qualitative information. – *Analytical Chemistry* **60**: 1193–1202.
- HARTUNG, J., 1991: *Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. – 8. Auflage, 976 S., Oldenbourg.
- HILLNHÜTTER, C., 2011: Non-destructive evaluation of complex interactions between *Heterodera schachtii* and *Rhizoctonia solani* on sugar beet as affected by cultivar resistance. – Dissertation, Universität Bonn.
- JACQUEMOUD, S., VERHOEF, W., BARET, F., BACOUR, C., ZARCO-TEJADA, P.J., ASNER, G.P., FRANCOIUS, C. & USTIN, S.L., 2009: PROSPECT + SAIL models: A review of use for vegetation characterization. – *Remote Sensing of Environment* **113** (1): 56–66.
- JAHN, B.R., LINKER, R., UPADHYAYA, S.K. SHAVIV, A., SLAUGHTER, D.C. & SHMULEVICH, I., 2006: Mid-infrared Spectroscopic Determination of Soil Nitrate Content. – *Biosystems Engineering* **94** (4): 505–515.
- JENSEN, J.R., 2007: *Remote sensing of the environment: an earth resource perspective*. – 2nd edition, Prentice Hall series in geographic information science.
- JONES, H. & VAUGHAN, R., 2010: *Remote sensing of vegetation: Principles, Techniques and Applications*. – 384 S., Oxford Press.
- KESHAVA, N., 2004: Distance metrics and band selection in hyperspectral processing with applications to material identification and spectral libraries. – *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing* **42** (2): 1552–1565.
- KHANA, S., PALACIOS-OREUTA, A., WHITING, M.L., USTIN, S.L., RIANO, D. & LITAGO, J., 2007: Development of angle indexes for soil moisture estimation, dry matter detection and land-cover discrimination. – *Remote Sensing of Environment* **109** (2): 154–165.
- KOKALY, R.F. & CLARK, R.N., 1999: Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression. – *Remote Sensing of Environment* **67** (3): 267–287.
- LARSOLLE, A. & MUHAMMED, H.H., 2007: Measuring crops status using multivariate analysis of hyperspectral field reflectance with application to disease severity and plant density. – *Precision Agriculture* **8**: 37–47.
- MAHLEIN, A.-K., STEINER, U., DEHNE, H.W. & OERKE, E.C., 2010: Spectral signatures of sugar beet leaves for the detection and differentiation of diseases. – *Precision Agriculture* **11**: 413–431.
- MUHAMMED, H.H., 2005: *Hyperspectral Crop Reflectance Data for Characterising and Estimating Fungal Disease Severity in Wheat*. – *Biosystems engineering* **91**: 9–20.
- RICHTER, O. & SÖNDGERATH, D., 1990: *Parameter estimation in ecology, the link between data and models*. – 1. Auflage, 219 S., VCH, Weinheim.
- STEVEN, M.D., MALTHUS, T.J., DEMETRIADES-SHAHJ, T.H., DANSON, F.M. & CLARK, J.A., 1990: High-spectral resolution indices for crop stress. – *Ap-*

- plications of Remote Sensing in Agriculture, Butterworth, London, Kap. **14**: 209–227.
- SUNSHINE, J.M. & PIETERS, C.M., 1993: Estimating modal abundances from the spectra of natural and laboratory pyroxene mixtures using the modified Gaussian model. – *Journal of Geophysical Research* **98**: 9075–9087.
- SCHMIDT, K., 2009: Verfahren zur Identifikation und Ermittlung des Zustandes von Pflanzen und anderen Objekten mittels Fernerkundung. – Patent 10 2009 040 944.0 beim Deutschen Patent- und Markenamt, 1–19.
- SCHÖLKOPF, B. & SMOLA, A., 2002: Learning with Kernels: Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond (Adaptive Computation and Machine Learning). – 644 S., MIT Press, Cambridge, MA.
- VISCARRA-ROSSEL, R.A., WALVOORT, D.J.J., MCBRATNEY, A.B., JANIK, L.J., & SKJEMSTAD, J.O., 2006: Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. – *Geoderma* **131**: 59–75.

Adresse des Autors:

DR. KAI SCHMIDT, INRES IPE, Universität Bonn, Karlrobert-Kreiten-Str. 13, 53115 Bonn, Tel. +49 228 733118, e-mail: kai.schmidt@uni-bonn.de

Manuskript eingereicht: Mai 2011
Angenommen: Juni 2011





Remote Sensing and GIS Studies of the Hegau Volcanic Area in SW Germany

BARBARA THEILEN-WILLIGE, Berlin

Keywords: Remote sensing, GIS, Morphometric maps, Hegau-ring structure

Summary: GIS integrated geomorphologic and structural-geologic evaluations of satellite imageries and SRTM- and ASTER-DEM-data from the Hegau-area in SW-Germany provide information of the structural pattern of the sub-surface. The area is characterized by Tertiary volcanic domes, Tertiary molasse sediments forming ridges and scarps and flat to undulated, Quaternary glacial-related morphologic sequences. Traces of circular features can be identified on morphometric maps derived from DEM data and on LANDSAT- and satellite radar imageries providing information of the volcanic structures. Linear features visible on the different satellite imageries are mapped and correlated with known tectonic data. It becomes evident how far the landscape development of the Hegau-area has been influenced by sub-surface, magmatic structures.

Zusammenfassung: Fernerkundung und GIS Studien im Vulkangebiet des Hegau im Südwesten Deutschlands. Satellitenaufnahmen und digitale Höhendaten auf der Basis der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) sowie ASTER DEM Daten des Hegau-Gebietes westlich des Bodensees wurden mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung aufbereitet und zusammen mit anderen Geodaten in ein Geo-Informationssystem (GIS) integriert und ausgewertet. Die Auswertungen der verschiedenen Bild- und Kartenprodukte liefern Hinweise auf Untergrundstrukturen in der Vulkanlandschaft des Hegau-Gebietes. Es zeigt sich, dass der Einfluss der während des Tertiärs aufgestiegenen Magmen auf die regionale, geomorphologische Entwicklung und strukturelle Situation im Hegau weit ausgedehnter ist als bisher bekannt. Es zeichnet sich eine deutlich sichtbare Ringstruktur von ca. 5–6 km Durchmesser ab.

1 Introduction

The Hegau-area is situated at the northern border of the Molasse Basin in the Alpine foreland at the German / Swiss border near the Lake Constance. The area is characterized by Tertiary volcanic domes, Tertiary molasse sediments forming ridges and scarps and flat to undulated, Quaternary glacial-related morphologic sequences such as morainic walls, dead ice lakes and terraces built at a base level of 400–500 m.

Miocene tuff, basalt and phonolite as a result of volcanic activities within the Hegau Volcanic province (SCHREINER 1992) are in their present shape almost erosional features formed by glacial, periglacial, fluvial and landslide activities mainly during the Pleistocene and Holocene. The volcanic pipes have

been considered so far to be single pipes without close structural relationships.

Remote sensing techniques offer useful tools that can aid in evaluating the geomorphologic and geologic setting of the eroded volcanic landforms.

2 Objectives and Approach

This study is dealing with multi-technique approaches, such as combinations of remote sensing, geomorphological, geophysical, and geological data in order to get a more detailed knowledge of the structural pattern in the Hegau volcanic area and the landscape development. It considers the support provided by a Geographic Information System (GIS) integrated with a spatial database. For the objec-

tives of this study the following remote sensing data have been evaluated: LANDSAT ETM data, satellite radar imageries such as from the ENVISAT, SRTM, SIR-C, L-, C-, X-Band satellites, TerraSAR-X data as well as aerial photographs.

Available geological, geophysical and geodetic data were collected and integrated as layers into a GIS applying the GIS-software ArcView GIS 10. For the processing of the satellite data the digital image processing software ENVI developed by ITT Visual Information Solutions was used. It was examined to what extent by overlays and linkages of the data among themselves additional information of the structural pattern of the Hegau-area is won and relationships can be represented in a more descriptive manner. Various digital image processing tools delivered by ENVI Software were tested in order to find the best suited LANDSAT Enhanced Thematic Mapper (ETM) band combinations or contrast stretching parameters.

Digital elevation model (DEM) data were merged with LANDSAT ETM, ENVISAT ASAR and TerraSAR-X data. SRTM data provided by the Shuttle Radar Topography Mission from DLR and NASA (90 m resolution, interpolated to 50 m) and Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – ASTER (ASTER Global Digital Elevation Model – DEM data, 30 m spatial resolution) were used for getting a geomorphologic overview and for morphometric and structural analysis. SRTM and ASTER data derived image products were used such as shaded relief and slope degree maps.

For the structural analysis lineament analysis was carried out. Linear anomalies on the satellite imageries and morphometric maps were mapped visually. As the methodology of lineament analysis is a very important component of this study a short introduction into the background information seems to be useful for those readers who are not familiar with this methodology: The term lineament is a neutral term for all linear, rectilinear or slightly bended image elements. Lineaments often represent the surface expression of faults, fractures or lithologic discontinuities. Lineaments are expressed as scarps, linear valleys, narrow depressions, linear zones of abundant

watering, drainage network, peculiar vegetation, landscape and geologic anomalies. The essential importance of lineament maps is related to the inventory of larger regional tectonic patterns (for example: BANKWITZ 1992). Lineament analysis can contribute to the detection of structural features that in the field might not be visible or can be mapped only based on time and cost-intensive field investigations. Due to the different properties of the satellite data such as acquisition parameters, time of acquisition, illumination, vegetation phenomenological status, or different digital image processing methods, the detectability and expression of linear features varies. Therefore linear image features were mapped as LANDSAT lineaments, SRTM lineaments, ENVISAT radar lineaments or TerraSAR-X radar lineaments. On the available radar imageries lineaments were almost visible due to textural and gray tone anomalies or morphological, linear anomalies.

3 Geologic Setting

During late Cretaceous and Tertiary times, SW-Germany was affected by extensive rifting and related magmatism, which formed the Rhine Graben rift. The volcanic activity was related to the initial rifting processes of the Oberrheingraben, which produced fracture zones as pathways for magma ascent and was active between 80 and 1.8 Mio. years (SCHREINER 1992). A number of volcanic centres developed both within and at the margins of the rift zone. A prominent area of Tertiary magmatism in SW Germany is the Hegau volcanic field. The Hegau volcanic province belongs like Kaiserstuhl, Steinsberg and Katzenbuckel to the Tertiary volcanism of SW-Germany.

In the Hegau-area there is a general N-S trend of intrusions. These include the volcanic pipes of Hohenstoffeln, Hohenhöwen and Höwenegg, which are all aligned along a N-S trend, and the occurrence of various NNE to NNW trending dykes (DE WALL et al. 2004). This alignment of intrusions with comparable magma composition points to the ascent along a tectonic lineament (SCHREINER 1992, 2008, GEYER et al. 2003). Multiple magma pulses and pipes – with ages ranging since Upper Mi-

ocene from approximately 15 to 8 Mio. years, showing variations in geochemical or mineralogical composition – have contributed to the final magmatic architecture. The Hegau field ranges in its mineralogic composition from olivine melilite nephelinite to phonolite (DUNWORTH & WILSON 1998).

Ascent of magma requires hydraulically open pathways that allow magmas to move upward from crustal or subcrustal reservoirs to the surface. A strong correlation between fractures and vent alignments has been identified in many volcanic fields. These geometric relationships have been ascribed to the exploitation of favourably oriented pre-existing structures by the ascending magma (MAZZARINI et al. 2008). The volcanic bodies in the Hegau-area are distributed in the intersecting zones of deep-seated structures such as the Hegau-Bonndorfer-Graben (NW-SE-orientation) and Hegau-Lineament (NNE-SSW orientation). It can be observed in the Hegau-area that small volcanic bodies and evidence for vents such as the N-S-trending, olivine-melil-

itic dyke of Riedheim south of the Hohenstoffeln stock volcano, are distributed over a broader region (Fig. 1).

This arrangement might be due to a larger size of magma reservoirs leading to the greater dispersal of ascending magmas. Aeromagnetic reconnaissance lead to the detection of aeromagnetic anomalies related to the larger volcanic bodies (SMIT 1989, GABRIEL & VOGEL 2010). The aeromagnetic anomaly pattern is dominated by NNW-SSE striking, anomalies and characterized by high gradients between positive and negative anomalies. Broader circular positive anomalies about 6–7 km in diameter dominate the magnetic field (Fig. 2). The positive magnetic anomalies correspond to volcanic intrusive bodies. Available geologic cross sections visualize the magmatic bodies as being single intrusive bodies within horizontal, flat strata as for example presented by SCHREINER (1992).

The former ice margins during the Pleistocene and the corresponding relicts of drainage channels were witnessed by an almost

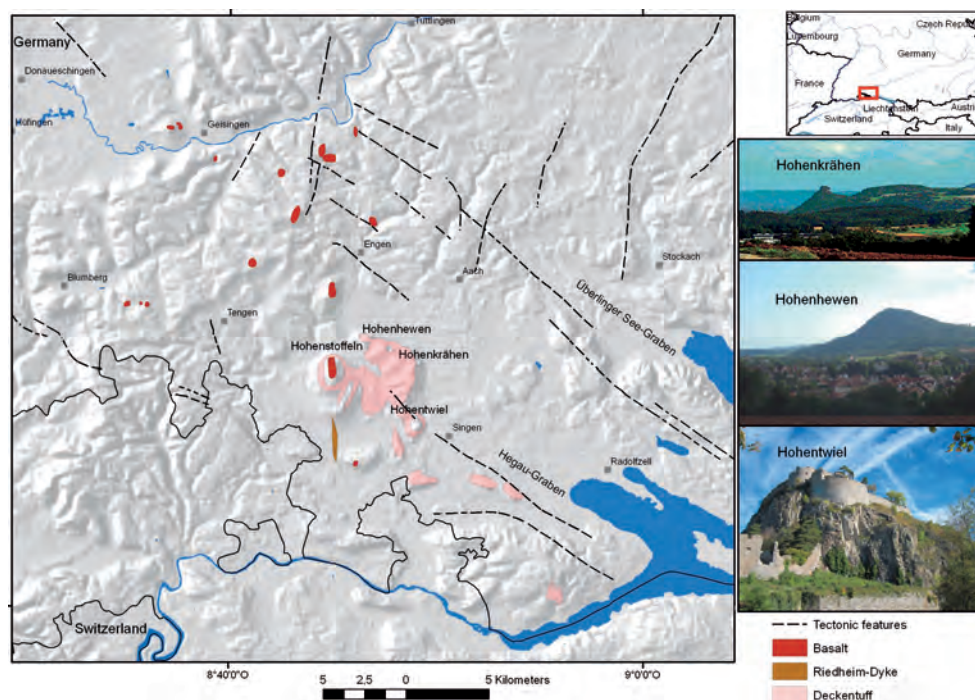


Fig. 1: Position of the Hegau volcanic area and field photos. Geologic shapefiles: LGRB, 1998

continuous distribution of related landforms and deposits. Fluvioglacial valleys were carved out that were sequentially re-filled and partly re-eroded, resulting in a system of gravel aggradation terraces. The melting of the glaciers might have had an effect on the surface: the increased fluvial erosion eroded or at least transported more sediments already accumulated by the glaciers during a relatively short period of time and, thus, contributed to the erosion and shaping of the domes formerly covered by Tertiary sediments.

4 Evaluation of Morphometric Maps based on SRTM and ASTER DEM Data

As the landscape development is – among other factors – closely related to lithologic, sur-

face-near, geologic structures and tectonic conditions, a lot of information considering the structural setting of the upper subsurface can be derived by the analysis of morphometric maps.

When analysing the morphometric maps of the Hegau-area and the drainage pattern derived from SRTM and ASTER DEM data and topographic maps, it becomes obvious that a smaller circular feature with the Hohenstoffeln intrusive body at the centre can be identified, showing a diameter of approximately 5–6 km.

A larger, oval shaped structure of about 12 km in diameter is surrounding the smaller one. Concentrically arranged valleys, drainage systems, hills and domes are characteristic geomorphologic features within the circular structure. Curvature maps confirm the existence of a circular structure as well. The

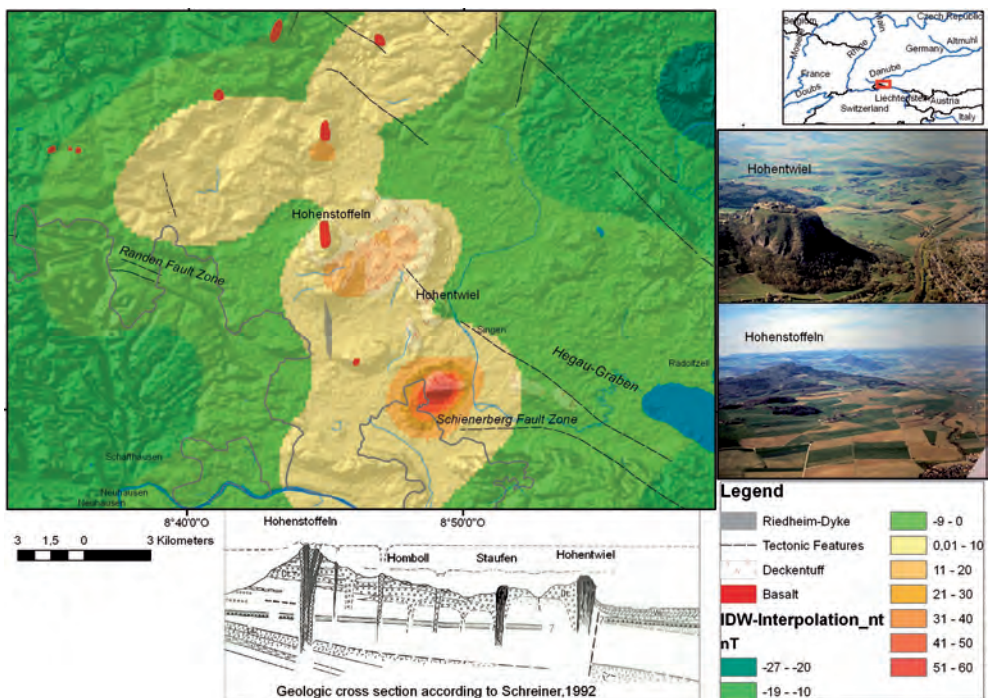


Fig. 2: Aeromagnetic anomalies tracing volcanic rocks in the Hegau-area.

Geologic shapefiles: LGRB, 1998

Aeromagnetic data: ©Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG), GEOZENTRUM Hannover, 2009, aeromagnetic anomaly (nT)

Height: 1000m N.N., reference field Definitive Geomagnetic Reference Field (DGRF) 1980, epoche 1980

Aerial photographs: Theilen-Willige, 1997

IDW = Inverse Distance Weighted Interpolation

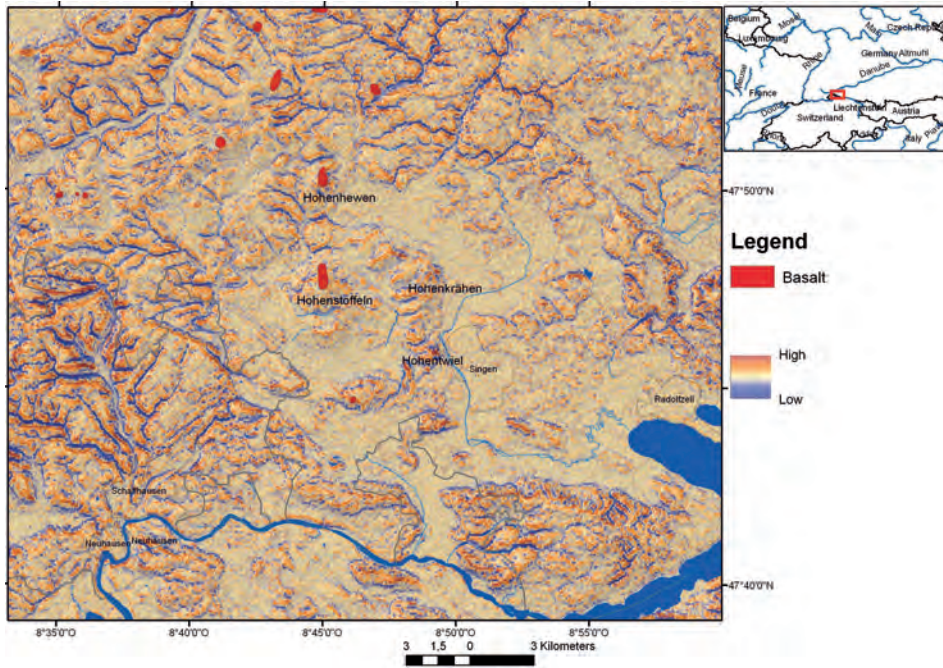


Fig. 3: Curvature calculation in ArcGIS based on ASTER DEM data.

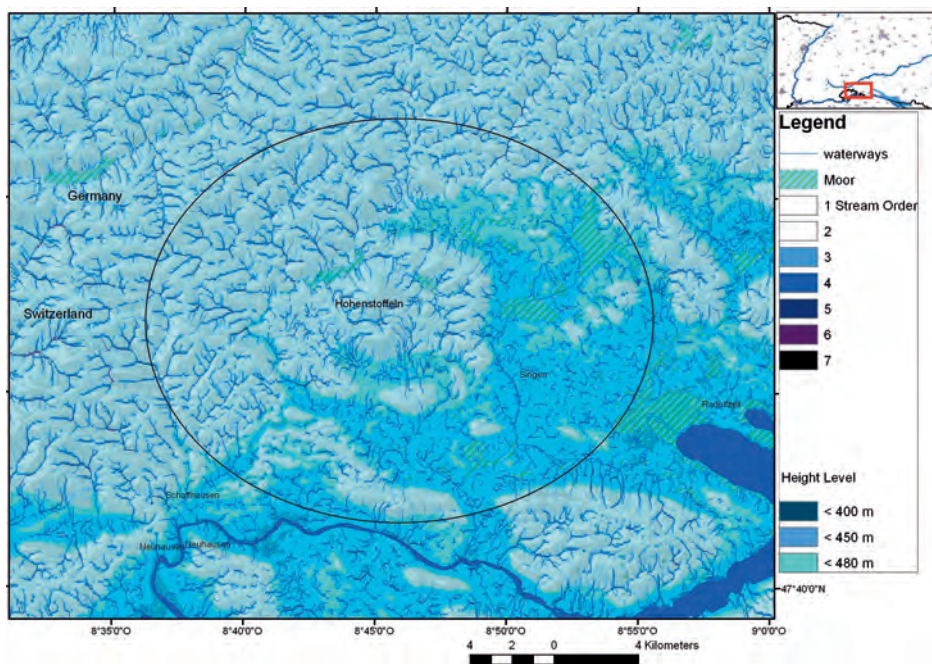


Fig. 4: Drainage pattern in the Hegau-area based on stream order-calculations using ASTER DEM data.

concentrically arranged drainage pattern traces this circular structure (Figs. 3 and 4). Calculating and visualizing slope gradients $> 30^\circ$ the ring shaped arrangement of hills and ridges becomes clearly visible (Fig. 5).

Curvi-linear features visible on the morphometric maps and LANDSAT imageries of the Hegau volcanic area can be mapped (as ring-structure, Fig. 5). Whether these curvi-linear features – arranged in a circular or ovoid form – are tracing circumferential faults or ring faults or just lithologic and morphologic boundaries, this has still to be investigated. One of the possible explanations for the development of the circular arrangement might be selective erosion, especially during the Pleistocene. The volcanic rocks with different mineralogic compositions have been more resistant to glacial and fluvial erosion than the surrounding molasse sediments and as result have been formed to domes. Thus, erosion exposed the before buried volcanic rocks.

Another assumption explaining the circular structure of the Hegau volcanic area might be updoming of the strata due to the uprising

magmatic bodies in the depth as found by similar investigations of MATHIEU et al. (2008). The ascending magma could have been accompanied by updoming of the overlying rocks. These possibly deformed strata – when eroded – could have led to the development of the circular structures, and to ring faults. Many comparative field observations have shown that most ring faults are, indeed, located above the lateral ends of the associated magma chamber (GUDMUNDSSON 2008, 1997).

The extent of the outline of the Hegau volcanic complex obviously has to be assumed larger than known before. The concentric arrangement of the volcanic bodies seems to be related to a larger structural context. The volcanic bodies cannot be explained as just being only single pipes anymore.

The development of larger wetlands, moors and swamps is almost related to the lowlands and valleys in the Hegau-area. Recent valley-fills and moor and wetland development follow in their arrangement the concentric pattern around the volcanic dome of Hohenstoffeln at the centre. Their position shows also a

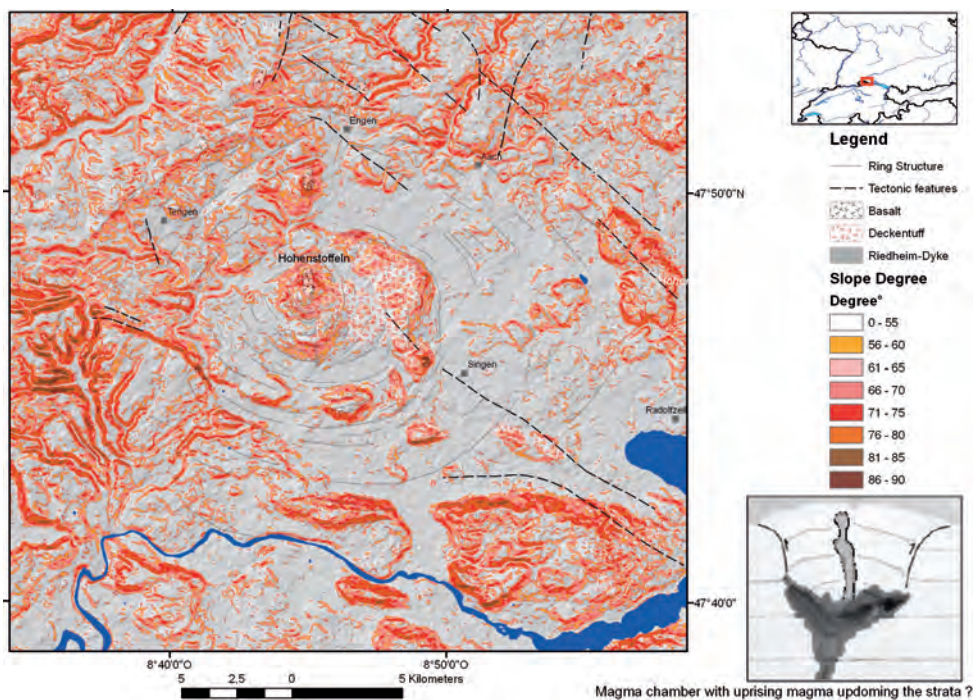


Fig. 5: Slope gradient map with slopes of $> 30^\circ$ degree.

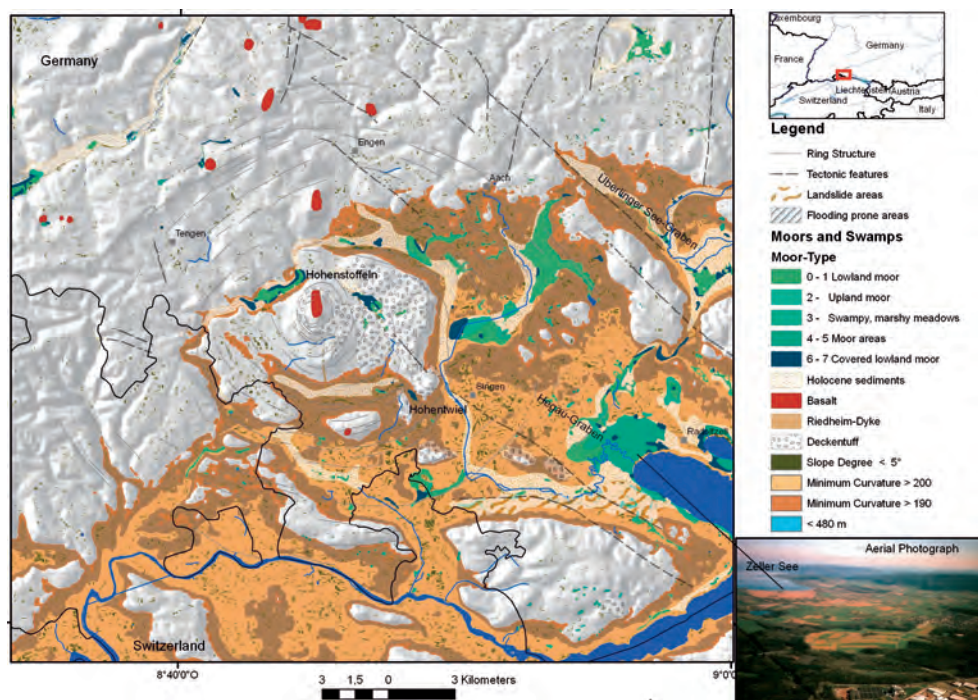


Fig. 6: Extraction of the flat areas with low slope degrees and high *Minimum Curvature* -values (calculated in ENVI based on ASTER DEM data) for enhancing the concentric, geomorphologic pattern and the structural influence on almost recent landscape development (concentric valley fill, moor development, landslide occurrence).

coincidence with larger fault zones oriented in NW-SE direction, such as in the Hegau-Graben and Überlinger See-Graben (positions shown in Figs. 1 and 6).

The Minimum Curvature map (calculated in ENVI, result: a gray-tone map with values between 0–255, whereby the value of 255 is representing the flattest area) and the Curvature map calculated in ArcGIS 10 contribute to the detection of circular features (Fig. 6). When extracting the lowest slope gradients and the highest Minimum Curvature-values and merging these information with the spatial distribution of moors and wetlands and the distribution of the Holocene sediments (being almost recent valley fills), the concentric pattern of the volcanic area is clearly traced. In the ring valleys and depressions Pleistocene and Holocene sediments were deposited concentrically. The landscape development has obviously been affected to a great deal by subsurface structures.

5 Influence of Subsurface Structures on Landscape Development

As shown before the landscape development has been influenced by subsurface structures. Some of these structures can be visualised by lineament analysis (Fig. 7a, b, c).

The larger fault zones in this area are clearly traced as linear morphologic features (scarps, linear ridges or linear drainage) on the morphometric maps, on the satellite radar imageries and LANDSAT imageries. Some of the known faults and fracture zones are traced as linear arrangements of pixels on the satellite imageries. Fig. 7b (see white arrow) shows linear anomalies on the TerraSAR-X-radar scene that can be obviously correlated with subsurface structures: When comparing the lineaments with faults on the geologic map of the same area, the NW-SE oriented Randenfalt zone can be detected. The WSW-ENE

striking lineaments on the radar scene are not represented on the geologic map. The question, whether these clearly visible lineaments on the radar image are tracing neotectonic features not detected so far by field reconnaissance, remains for further investigations.

Further on, the question arises how far the landscape development could have been influenced not only by structural, lithologic and climatic conditions, but also by long-term, aseismic vertical height changes and seismic activity, and to which extent the volcanic structures might have had an impact on these processes.

Fig. 8 provides a rough overview of vertical height changes interpolated (Inverse Distance Weighted – IDW-interpolation) based on control point data of MÄLZER (1988). The vertical control points are part on the Swiss-Baden-Wuerttemberg levelling net. The movement rates of these points were stated in relation to the reference point Laufenburg (No. 117) situated in gneiss. The area Donaueschingen – Tuttlingen – Stockach is characterized by subsidences ($> 0,5$ mm/year), which turn into an

uplift tendency of $0,2$ mm/year near the Lake of Constance (MÄLZER 1988). Data of earthquakes during the past decades were included from different sources.

The GIS integrated visualisation of height changes combined with morphometric maps and field data contributes to a better understanding of morphodynamic processes such as landslides, or erosion and accumulation processes. For example: The occurrence of larger wetlands and areas prone to landslides is concentrated in the transition zone between positive and negative height changes as the Seeried near Radolfzell at the Zeller See or near Bodman at the northwestern border of Lake Überlingen. Landslides mainly occur in the outcrops of molasse sediments (Untere Süßwassermolasse) near Bodman, Ludwigshafen and Sipplingen (THEILEN-WILLIGE 1999). During the earthquake of 16.11.1911 with a magnitude of 6,1 landslides in the Lake Constance area were reported by SIEBERG & LAIS (1925), especially near Überlingen and Markdorf.

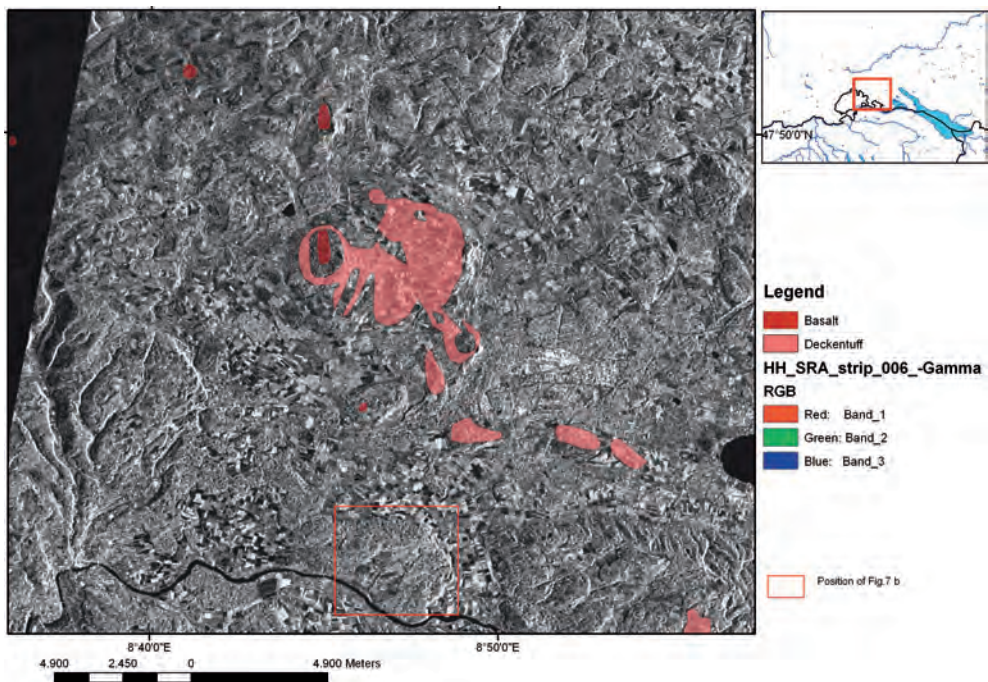


Fig. 7a: Linear grey-tone and textural anomalies visible on a TerraSAR-X radar scene.

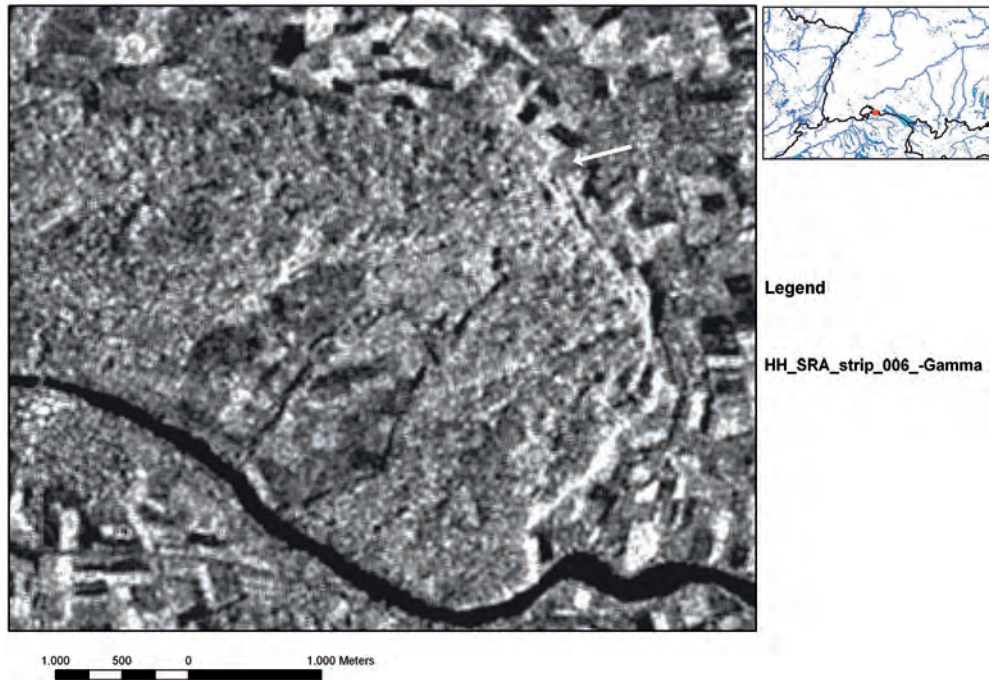


Fig. 7b: Linear textural and grey-tone anomaly south of Hohenstoffeln (IMAGE_HH_SRA_strip_006, image provided by DLR, Oberpfaffenhofen).

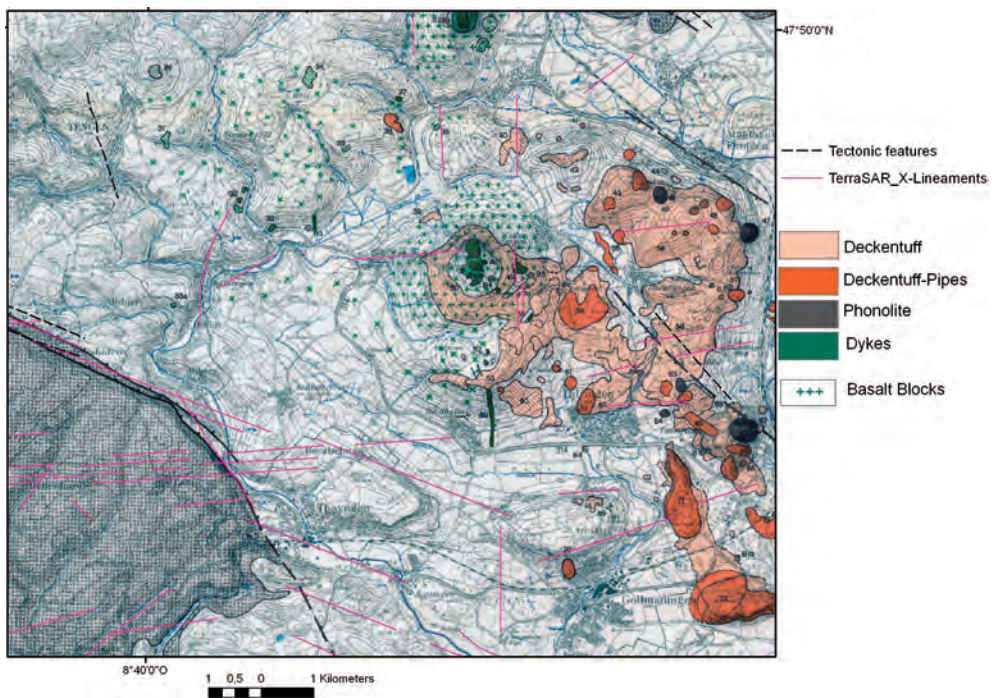


Fig. 7c: Geologic map for comparison merged with mapped lineaments (MÄUSSNEST 1982).

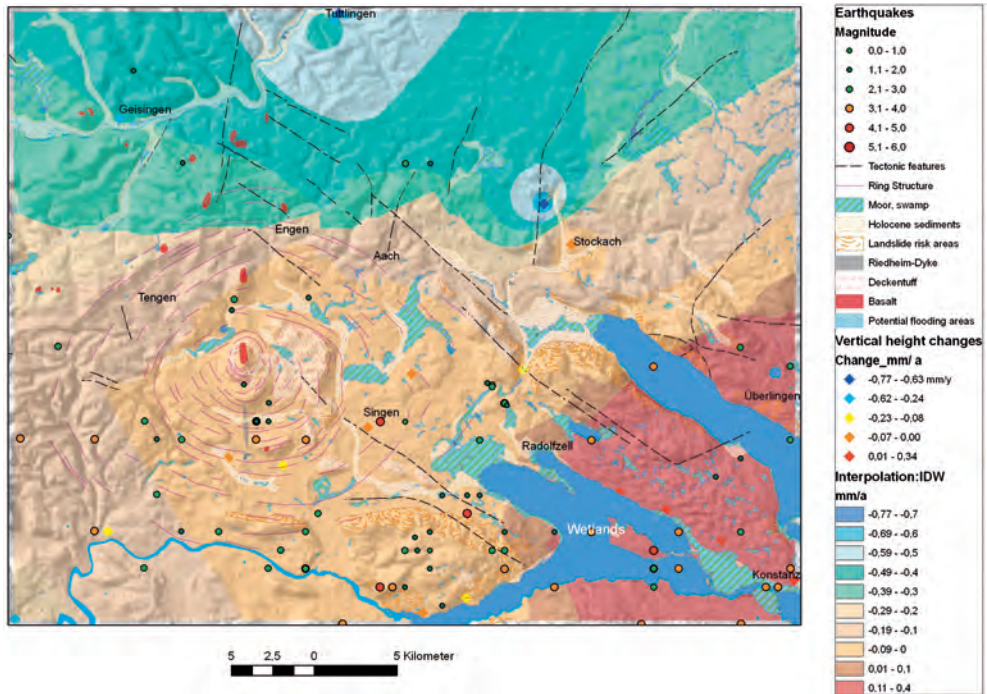


Fig. 8: Vertical height changes and seismicity comprising earthquake data from 250–2011 (SED, LGRB).

6 Conclusions

The evaluations of the geomorphometric maps, satellite imageries, geologic, geodetic and geophysics data clearly show the close relationship between subsurface structures and the landscape development in the Hegau-area. The Miocene volcanic magmatic bodies have influenced the development of the tectonic / structural pattern, as well as erosional and depositary processes during the Pleistocene and Holocene to a great extent. The evaluation of morphometric maps and geologic data indicates a circular arrangement and pattern of the volcanic rocks.

Acknowledgements

The European Space Agency is kindly acknowledged for supporting this study by providing ENVISAT ASAR and ERS satellite imageries from the test sites in the scope of the ENVISAT AO Proposal ID, AEO.211.

In the scope of the OASYS project supported by the European Commission, Research DG, Environment Programme, Global Change and Natural Disasters (Project N°: EVG1-2001-00061, www.vce.at/oasys) further research was carried out. The author thanks for this support.

The German Aerospace Centre (DLR, Oberpfaffenhofen) is kindly acknowledged for providing TerraSAR-X high-resolution X-Band Synthetic Aperture Radar data in the scope of the proposal GEO0012 – Monitoring and validation of Earth Surface Processes submitted by Dr. B. Riedel, TU Braunschweig. The author is grateful for the assistance of Dr. B. Riedel supporting the digital image processing of the TerraSAR-X radar data.

The support of EU, FP 7, Large Collaborative Research Project, IRIS – Integrated European Industrial Risk Reduction System, CP-IP 213968-2, is kindly acknowledged.

The author thanks the Leibniz Institute for Applied Geophysics, GEOZENTRUM Hannover for providing aeromagnetic data.

Mr. Jürgen Strehlau, Institute of Geosciences, Christian-Albrechts-University of Kiel, is acknowledged for his support of this work.

References

- BANKWITZ, P., 1992: Interpretation of Remote Sensing Data and Development of Geological Models. – *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe D* **1**: 65–105.
- DE WALL, H., KONTRY, A. & VAHLE, C., 2004: Magnetic susceptibility zonation of the melilititic Riedheim dyke (Hegau volcanic field, Germany): evidence for multiple magma pulses? – *Journal of Volcanology and Geothermal Research* **131**: 143–163.
- DUNWORTH, E.A. & WILSON, M., 1998: Olivine Melilitites of the SW German Tertiary Volcanic Province: Mineralogy and Petrogenesis. – *Journal of Petrology* **39** (10): 1805–1836.
- GABRIEL, G. & VOGEL, D., 2010: Anomalien des erdmagnetischen Totalfeldes der BRD, 1:1 Mio. – Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover.
- GEYER, O., SCHOBER, TH. & GEYER, M., 2003: Sammlung geologischer Führer 94. – Die Hochrhein-Regionen zwischen Bodensee und Basel. – Gebr. Bornträger, Berlin – Stuttgart.
- GUDMUNDSSON, A., 2008: Magma-Chamber Geometry, Fluid Transport, Local Stresses, and Rock Behavior During Collapse Caldera Formation. – In: GOTTSMANN, J. & MARTI, J. (eds.): *Caldera Volcanism: Analysis, Modeling, and Response*. – Elsevier, Amsterdam, 314–346.
- GUDMUNDSSON, A., MARTI, J. & TURON, E., 1997: Stress fields generating ring faults in volcanoes. – *Geophysical Research Letters* **24** (13): 1559–1562.
- MÄLZER, H. & ZIPPELT, K., 1986: Kriechende Spannungsumwandlungen: Rezente vertikale und horizontale Bewegungen. – SFB 108, Berichtsband **1981–1983**: 59–85.
- MÄLZER, H., RÖSCH, H., MISSELWITZ, I., EBERT, M. & MOOSMANN, D., 1988: Höhenänderungen in der Nordschweiz und im Südschwarzwald bis zum Bodensee. – *NAGRA Technischer Bericht* **88-05**: 72 p., Baden, Schweiz.
- MÄUSSNEST, O., 1982: Karte der Vorkommen von Vulkangesteinen im Hegau. – *Abhandlungen des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg* **10**: 48 p.
- MATHIEU, L., VAN WYK DE VRIES, B., HOLOHAN, E.P. & TOLL, V.R., 2008: Dykes, cups, saucers and sills: Analogue experiments on magma intrusion into brittle rocks. – *Earth and Planetary Science Letters* **271** (2008): 1–13.
- MAZZARINI, F., FORNACIALI, A., BISTACCHI, A. & PASQUARE, F.A., 2008: Fissural volcanism, polygenetic volcanic fields, and crustal thickness in the Payen Volcanic Complex on the central Andes foreland (Mendoza, Argentina). – *Geochemistry Geophysics Geosystems* **9**: Q09002, doi:10.1029/2008GC002037.
- SCHNEIDER, G., 1993: Beziehungen zwischen Erdbeben und Strukturen der Süddeutschen Großscholle. – *Neues Jahrbuch für Geologie-Paläontologie, Abhandlungen* **189** (1–3): 275–288.
- SCHNEIDER, G., 1996: Erdbebengefährdung in Mitteleuropa – Hinweise aus Geodäsie und Gravimetrie auf Scherzonen mit seismischem Bewegungscharakter. – *Deutscher Verein für Vermessungswesen, Landesverein Baden-Württemberg* **43** (1): 47–56.
- SCHNEIDER, G., 2004: Erdbeben – Eine Einführung für Geowissenschaftler und Bauingenieure. – 1. Auflage, 246 S., Spektrum Akademischer Verlag, München.
- SCHREINER, A., 1992: Erläuterungen zu Blatt Hegau und westlicher Bodensee. – *Geologische Karte 1:50.000 von Baden-Württemberg*. – Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart.
- SCHREINER, A., 2008: Hegau und westlicher Bodensee. – *Sammlung geologischer Führer* **62**: 90 S., 3. Auflage, Stuttgart.
- SIEBERG, A. & LAIS, R., 1925: Das mitteleuropäische Erdbeben vom 16.11.1911, Bearbeitung der makroseismischen Beobachtungen. – *Veröffentlichungen der Reichsanstalt für Erdbebenforschung* **4**, Jena.
- SMIT, P., 1989: Seismotektonische und aeromagnetische Untersuchungen in der Region Ramsen (Kanton Schaffhausen). – *Diplom-Arbeit an der Abteilung für Naturwissenschaften der ETH Zürich, Institut für Geophysik, Zürich*.
- STANGE, S. & STREHLAU, J., 2004: Ober- und Unterkrustenbeben der Molasse nördlich der Alpen: Herdflächenlösungen und Spannungsfelder. – www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download_pool/erdbeben_in_der_molasse_poster.pdf (02.03.2011).
- STREHLAU, J. & THEILEN-WILLIGE, B., 2009: Remote sensing and GIS study of an eroded Miocene volcanic area (Hegau, SW Germany). – *Geophysical Research Abstracts* **11**: EGU2009-0, EGU General Assembly 2009, meetingorganizer.copernicus.org/EGU2009/EGU2009-12092.pdf (02.03.2011)
- THEILEN-WILLIGE, B., 1999: Erdbebengefährdung im Bodenseegebiet – Fernerkundungsmethoden bei der Erfassung von untergrundbedingten Effekten bei Erdbeben im westlichen Bodensee-Gebiet. – *Habilitationsschrift, TU Berlin*

THEILEN-WILLIGE, B., 2008: Strukturgeologische Auswertungen von Satellitenaufnahmen und digitalen Höhendaten vom Hegau-Gebiet / SW-Deutschland. – Jahrbuch 2008 **65**: Hegau-Geschichtsverein e.V., Singen, 5–10.

Earthquake Data:

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover: www.bgr.bund.de/DE/Themen/ErdbebenGefahrungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Seis-Online/seis-online_node.html

International Seismological Centre: www.isc.ac.uk/search/custom/index.html

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Freiburg: www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbereiche/erdbebendienst/jahresbulletins

SED - Swiss Seismological Service: www.seismo.ethz.ch/prod/catalog

Stress Data of the WSM: dc-app3-14.gfz-potsdam.de/pub/stress_data/stress_data_frame.html

Satellite Data free of Charge:

Global Land Cover Facility: glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp

Digital Elevation Data free of Charge:

srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp
glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp
www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp

Shapefiles:

LGRB, 1998: Geowissenschaftliche Übersichtskarten von Baden-Württemberg, 1 : 350.000, CD Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg: Moorkataster: brsweb.lubw.baden-wuerttemberg.de/brs_web/home.xhtml?AUTO_ANONYMOUS_LOGIN

Address of the Author:

Prof. Dr. habil. BARBARA THEILEN-WILLIGE, Institute of Applied Geosciences, Berlin University of Technology, Ernst-Reuter-Platz 1, Sekr. BH 3-1, 10587 Berlin, e-mail: barbara.theilen-willige@t-online.de

Manuskript eingereicht: Februar 2011

Angenommen: Juni 2011

Berichte der Arbeitskreise der DGPF

Arbeitskreis Bildanalyse und Bildverstehen

Arbeitsgebiete – Terms of Reference

- Geometrische Bildverarbeitung
- Merkmalsextraktion und -nutzung
- Semantische Modellierung

Bericht von der Jahrestagung 2011

Dem Arbeitskreis lag eine größere Anzahl von Beitragsanmeldungen vor, die allesamt für die Publikation im Tagungsband angenommen wurden. Daraus entstanden 3 Sitzungen in denen insgesamt 9 Beiträge dem Publikum vorgestellt wurden. Inhaltlich spannte sich der Bogen von konzeptionellen Betrachtungen über konkrete algorithmische Fragestellungen bis hin zu Anwenderaspekten und bot damit eine bunte Mischung verschiedener Inhalte.

Den Einstieg in die Präsentationen übernahm STEFAN CAVEGN, der in seinem Referat *Automatisierte Verkehrszeichenkartierung aus mobil erfassten Stereobildern* einen stereo- und farbasierten Lösungsansatz vorstellte, mit dem die automatische Erkennung von Verkehrszeichen möglich ist. Grundlage ist eine Segmentierung anhand von Farbwerten und ein Ebenheitskriterium, das sich auf eine aus dem Stereomodell abgeleitete Tiefenkarte stützt. Die vorgestellten Ergebnisse gehen auf eine Masterarbeit zurück, die auch mit dem *Karl Kraus Nachwuchspreis* ausgezeichnet wurde. Im Folgenden beschäftigte sich ALBERT WIEDEMANN in seinem Vortrag *Geometrisches Potenzial von Schrägbildern aus dem System AOS* mit den Möglichkeiten, im Flugzeug mehrere Kameras mit unterschiedlichen Blickrichtungen simultan einsetzen und zur Generierung geometrisch homogenen Datenmaterials verwenden zu können. Die Untersuchungen zeigten das grundsätzliche Potenzial, sofern die Aerotriangulation auf diese spezielle Sensoranordnung mathematisch Rücksicht nimmt. Anschließend präsentierte CHARLOTTE STEINMEIER unter der Überschrift

High Precision Mapping of Green Roofs Ergebnisse einer Studie, die sich mit der 3-dimensionalen Rekonstruktion von urbanen Regionen mit Hilfe eines kommerziell erwerblichen Softwaresystems sowie eines publizierten wissenschaftlichen SGM-Algorithmus auseinandersetzte. Es konnte gezeigt werden, dass die eingesetzten Techniken ein realistisches Abbild der untersuchten Stadtregion lieferten und somit auf diesem Weg Inhalte für ein digitales Stadtmodell geliefert werden können. Zum Abschluss der Sitzung trug ELKE KRÄTZSCHMAR zum Thema *Eine Düne wie die andere, Automationsgestützte Bildanalyse als Maßgabe der Erfassung unterschiedlicher Dünentypen* vor. Das gezeigte Projekt dokumentierte die Schwierigkeit, aus nicht eindeutig abgrenzbaren Bildstrukturen, wie sie beispielsweise bei Dünen gegeben sind, eine reproduzierbare und objektive Aussage ableiten zu können.

Der zweite Tag begann mit einer frühen Sitzung, in der 3 Themen präsentiert wurden. JAN SIEGEMUND begann mit der Vorstellung einer Methodik zur automatischen Erkennung von Bordsteinen. In seinem Vortrag *Detektion und Rekonstruktion von Bordsteinen und Straßenoberflächen aus Stereobildfolgen mit Hilfe von Conditional Random Fields* stellte er eine Algorithmik vor, die sich auf Tiefenkarten stützt, die in Echtzeit aus Stereomodellen gewonnen werden, die ein fahrender PKW aufzeichnet. Zur Lösung der Fragestellung und zur Stabilisierung von Detektion und Rekonstruktion werden restriktive Modellannahmen über den horizontalen Verlauf des Bordsteins, sowie der Struktur der angrenzenden Oberflächen, wie Straße und Gehweg, eingeführt und mathematisch modelliert. Im Folgenden berichtete FREDIE KERN über *Geometrische Qualität von aus Einzelphotos zusammengesetzten Panoramen*. Panoramen sind mittlerweile eine interessante Informationsquelle, die mit jeder herkömmlichen Kamera aufgenommen und über entsprechende Stitching Verfahren zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden können. Die gezeigten Arbeiten dokumentierten allerdings, dass die

geometrische Modellierung innerhalb der Standardverfahren noch verbesserungswürdig ist und die erwünschte Pixelgenauigkeit noch nicht erreicht wird. Den Abschluss der Sitzung bildete ein Vortrag von CHRISTOPH STRAUB, der *Möglichkeiten der automatisierten Generierung von Oberflächenmodellen in Waldgebieten aus digitalen Luftbildern* vorstellte. Die Untersuchungen stützten sich auf automatisch generierte Oberflächenmodelle, für die amtliches Luftbildmaterial herangezogen wurde. Durch Abzug der Topographie entstanden Bewuchshöhenmodelle, die als Grundlage für die Waldbewirtschaftung dienen können. Ein Vergleich mit genauen Laserdaten zeigte die Korrektheit der ermittelten Bewuchshöhen und damit die Chancen dieser Vorgehensweise.

Am letzten Tag beschloss die dritte Sitzung des Arbeitskreises die Reihe. JOHANNES SCHNEIDER stellte einen Ansatz zur *Bündelausgleichung für Multikamerasysteme* vor. Dieser Ansatz verwendet Richtungsvektoren anstelle von Bildkoordinaten und euklidischer Objektkoordinaten und erlaubt damit auch die Berücksichtigung von unendlich weit entfernten Punkten sowie die Modellierung für omnidirektionale Kameras. Die im Rahmen einer

Studienarbeit erfolgte Implementation setzt die Kenntnis der Inneren und gegenseitigen Orientierung der Einzelkameras voraus. Ergebnisse wurden für eine Bildfolge des Multikamerasystems Ladybug3 gezeigt. Daran anschließend berichtete RIBANA ROSCHER über *Logistische Regression für die semantische Segmentierung in der Photogrammetrie und Fernerkundung*. Die logistische Regression gehört zu den diskriminativen Klassifikatoren, die sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit in Anwendungen wie der Unterscheidung von Vorder- und Hintergrund auszeichnen. Die sehr weit reichende Einsetzbarkeit des Ansatzes wurde an Beispielen wie der Objektverfolgung in Bildfolgen und der Klassifizierung von Fernerkundungsdaten gezeigt.

Außerdem fand in den diesjährigen Sitzungen ein Übergang der Arbeitskreisleitung statt. Nach achtjähriger Tätigkeit hat der bisherige Leiter, FRANK BOOCHS, die Führung des Arbeitskreises an UWE WEIDNER übergeben, der dann auch schon während der Tagung die Moderation der letzten Sitzung übernommen hat.

UWE WEIDNER, Karlsruhe
FRANK BOOCHS, Mainz

Berichte von Veranstaltungen

5th International Conference on 3D Geoinformation – Conference Report

The 5th International Conference on 3D Geoinformation (3D GeoInfo 2010), held in Berlin, Germany November 3–4, 2010 attracted about 175 participants from 21 different countries for two days of lively discussion and debate. 3D GeoInfo 2010 provided a forum for international researchers from academia, industry and government in the field of 3D geoinformation to discuss all aspects of data collection and modelling, data management, data analysis, and visualisation.

The conference was jointly organised by the Institute of Geodesy and Geoinformation Sci-

ence, Technische Universität Berlin, ISPRS Commission IV, Working Group 8, Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC), European Spatial Data Research (EuroSDR), and the German Society for Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation (DGPF).

The conference was opened by the Vice President of the Technische Universität Berlin, WOLFGANG HUHN. On behalf of the organisers SISI ZLATANOVA (Delft University of Technology, The Netherlands) gave words of welcome in the name of ISPRS, followed by ANDRÉ STREILEIN (Board member of Swisstopo, Switzerland – EuroSDR). Conference chair THOMAS H. KOLBE (Technische Universität Berlin, Germany) highlighted the importance of on-going research and the objectives

of the conference. From the numerous contributions received by the program committee, the most valuable were selected in a double-blind review process for oral and poster presentation. Thus the conference provided an excellent overview of the current status and future developments of various aspects of research, education and practical application.

3D GeoInfo 2010 featured 8 technical sessions comprising 30 oral presentations, poster sessions, computer demonstrations and an industry exhibition. Each daily scientific track was furthermore introduced by a keynote speech presented by MAIK THOMAS, Helmholtz Centre Geoforschungszentrum Potsdam, Germany, for the first day and RON LAKE, (CEO of Galdos Systems Inc., Canada) for the second day.

During his introductory keynote presentation MAIK THOMAS pointed out, that 3D Geoinformation will play an important role for Earth system modelling in the future. On one hand the complex relationship between numerous monitored Earth system data of different kinds and the biological, ecological and climatic models has to be described. On the other hand the need for an exact determination of the relevant model parameters requires techniques which are especially provided by Geoinformation Sciences, and their techniques for the interpretation of spatially distributed 3D data. Among others, future challenges are to develop generic data formats, concepts for efficient processing chains and interoperable software architectures to answer the question "How can we change the vast amount of data to information?"

RON LAKE stressed that information sharing in use and creation of city models is a main prerequisite for success and sustainability. Since cities are complex and dynamic, city models must meet the challenge of responding to this dynamic nature. There is a need for an event driven sharing infrastructure. Tools for automated aggregation, integration, distribution and sharing of data are necessary. Not only planners and architects have to be involved in the design and evolution, but also engineers and the general public. In any case city models should provide rich semantics and can best be exploited through the use of collaboration and sharing over the Web.

Session 1: Energy Assessment with 3D City Models

LARS BODUM (Aalborg University, Denmark) reported on the project 'EnergyCity'. The 3D city model of Frederikshavn in the north part of Denmark was enhanced into an energy system. Offering a graphical user interface for adjusting energy parameter, users can immediately realize how the change of energy consumptions matters, which may help to convey decisions by energy planning experts and politicians and to realize a more sustainable while feasible energy scenario.

DANIEL CARRION (Technische Universität Berlin, Germany) proposed a method for the estimation of the energetic rehabilitation state of buildings. Combining data from the 3D City model of Berlin with real measured heating energy data, energy relevant building characteristics can be determined. Using these



Keynote speakers Maik Thomas (left) and Ron Lake (right) introduced by conference chair Thomas H. Kolbe.

results, estimations of the energetic rehabilitation state are derived.

Session 2: 3D Spatial and Semantic Building Modelling

Modelling of building interiors was in the focus of the report of PAWEŁ BOGUSŁAWSKI (University of Glamorgan, Wales, UK). The feasibility of an appropriate data structure that had been developed during the last years was ascertained by two complex, linked university building models.

LÉON VAN BERLO (TNO, The Netherlands) described the development of a CityGML extension called GeoBIM to get semantic IFC data into a GIS context. The conversion of IFC to CityGML (including the GeoBIM extension) is implemented in the open source Building Information Modelserver.

A related topic 'Towards Interoperating CityGML and IFC Building Models: A Unified Model Based Approach' was covered by MOHAMED EL-MEKAWY (Future Position X, Sweden). He presented the development of a unified building model used as intermediate model for the two-step conversion from IFC to CityGML and vice versa. This approach was demonstrated successfully on a real hospital building in Sweden.

The last speaker in session 2, ANDRÉ BORRMAN (Technische Universität München, Germany), introduced a spatial query language for 3D building and 3D city models that provides metric (closerThan, fartherThan, etc.), directional (above, below, northOf, etc.) and topological operators (touch, within, contain, etc.) for use in SQL statements. Moreover, he presented the algorithms developed for implementation of these spatial operators.

Session 3: 3D Data Acquisition, Management and Processing

The contribution of LANGYUE WANG (York University, Canada) covered an integrated framework for the reconstruction of full 3D building models, in which both 3D indoor and outdoor model are constructed in a collaborative manner by fusing airborne laser scanning (ALS) data, terrestrial laser scanning (TLS)

data, and architectural plans. A preliminary test proved the feasibility of his concept.

MARTIN CHRISTEN (University of Applied Sciences Northwestern Switzerland) presented a technique to create a Delaunay triangulation for terrain visualisation on a virtual globe. This method can be used to process large-scale elevation datasets with billions of points even on computers with little RAM. All data is being transformed to a global spatial reference system. If grid based elevation data is used as input, a reduced TIN is calculated. Furthermore, a level of detail approach for large-scale out-of-core spherical terrain rendering for virtual globes was presented.

MARTIN HOPPEN (RWTH Aachen University, Germany) introduced a new method for combining 3D simulation systems with object-oriented geo data sources. Synchronising on schema and on object level in both worlds grant high flexibility and avoid unnecessary offline data conversion. The speaker emphasised the huge potential of this approach for single- as well as for multi-client applications and presented the adaptability to different fields of applications.

Session 4: 3D Geo-Visualisation

Session 4 started with an excursus in the field of perception psychology that was given by ANJA MATATKO (University of Trier, Germany). She reported on an empirical study to find out which factors of depth perception must be applied to improve cognition of spatial environments. Recommendations to map makers, allowing enhanced interpretation of thematic 3D cityscapes were given.

XIAO XIE (Wuhan University, P.R. China) proposed an extended semantic model based on CityGML that supports a geology class in the thematic model and adjusts the building model introducing new classes suitable for indoor navigation. Moreover, she reported on the development of a semi-automatic data integration tool. Two exploration cases demonstrated the utilisability of the approach.

Interactive rendering techniques for high-lighting in 3D geovirtual environments were the topic of MATTHIAS TRAPP (Hasso-Plattner-Institute, University of Potsdam, Germany). Highlighting is an important component with-

in a visualization framework and enables the user to easily perceive active or selected objects in the context of the current interaction task. Various highlighting techniques were introduced; its suitability for interactive rendering with high geometrical complexity was identified.

Session 5: Enriching 3D City Models

Automatic texture mapping is an important task in enrichment of the common 3D city models. DOROTA IWASZCZUK (Technische Universität München, Germany) introduced a concept for assignment of textures to partially occluded faces of 3D city models stored in CityGML. She emphasised that topological information between buildings as priori information of invisible faces should be used to improve the efficiency of the automatic texturing process.

In order to support risk analysis and planning of emergency response actions, caused by cascading effects of different utility networks, modelling these infrastructures in 3D space is required, considering mutual dependencies. THOMAS BECKER (Technische Universität Berlin, Germany) explained requirements and introduced a novel framework for an integrated 3D modelling. Utility network components are modelled according to their 3D topography and by a complementary graph structure embedded into 3D space.

IHAB HIJAZI (Universität Osnabrück, Germany) reported on the joint activities of the university Osnabrück, TU Delft, TU Berlin, and TNO for modelling utilities. Since interior utility is modelled using BIM and exterior using GIS, BIM/GIS integration is essential. Preliminary ideas and directions for how to acquire information from BIM/Industry Foundation Class (IFC) and map it to CityGML utility network Application Domain Extension (ADE) were given and illustrated by several examples.

Session 6: 3D / 4D Spatial Modelling Concepts

During the process of modelling the real world by creating a mathematical model the Euclidian geometry of space has to be mapped to the

computational model with its finite precision. This can lead frequently to errors or unexpected results. In order to provide a rigorous logic in 2D or 3D within the computational arithmetic, PETER VAN OOSTEROM (University of Technology, OTB, The Netherlands) presented the concept of a regular polytope. This logic allows the derivation of a rich set of computable predicates and spatial functions. The applicability of this approach was proven on Cadastral data.

W.L. (PIM) BIL (Gemeente Amstelveen, The Netherlands) proposed to model space on the 4D unit sphere, which means that space is considered to be the stereographic projection of the 4D unit sphere. The advantages of this approach were demonstrated by an example in two dimensions: Rejecting a 2D Voronoi diagram on the 3D unit sphere causes that Delaunay triangulation in the plane corresponds to the convex hull on the 3D unit sphere. As a straightforward example, Voronoi cells around given points in space are determined from the convex hull in the model. As a proof of principle the theory has been implemented in software.

For modelling continuous phenomena raster structures or – to overcome the shortcomings of raster – Voronoi diagrams are used in most cases. Since construction and manipulation is complex and requires specialised tools for spatial applications, HUGO LEDOUX (Delft University of Technology, The Netherlands) proposed the use of the 3D discrete Voronoi diagram (DVD). In his talk he explained intuitively the algorithms to construct and manipulate the discrete 2D and 3D DVD, and demonstrate its use in practice with an own built prototype.

EDWARD VERBREE (Delft University of Technology, the Netherlands) focused on Delaunay tetrahedralization and discussed how to handle degenerated cases. He introduced as ‘glue’ between two degenerated neighbour tetrahedrons an extra type of ‘non-geometrical’, flat, zero-volume tetrahedron. The four vertices of these flat tetrahedrons lie on the same circumsphere as the vertices of their neighbouring tetrahedrons. This makes it possible to perform a tetrahedralization without exact arithmetic, and without geometrical or symbolic perturbations.

Session 7: Analysis of 3D Geospatial Information

VINCENT THOMAS (Université Laval, Québec, Canada) reported on a citizen-based 3D modelling solution to enable mobile augmented reality applications on a smartphone. Data acquisition is achieved in a three step approach: retrieval of 2D coordinates of a building of interest, computation of the altitude at its top corners, and finally the 3D modelling process and the augmentation of the reality. The proposed solution has been designed for the specific context is an unprepared environment and was tested on an iPhone.

Simplifying navigation in a 3D world is the concern of MICKAËL BRASEBIN (Institut Géographique National, France). In his presentation he proposes adding a visual clue – a disc – as overlay to maps. This disc is composed of different sectors, giving the user information on points of interest (POI) such as sights, restaurants, etc., but the disc can also represent injured people, vulnerable buildings etc. in crisis scenarios. The information is controlled by three sector parameters: colour - representing the density of POI, angle – indicating the direction of a group of POIs, and width of the disk portion – providing the proximity of the nearest POI in this angular division. This information is updated with users' navigation, and will be available on mobile devices in future.

The contribution of JULIA GANITSEVA (Blom, Romania) concentrates on quality control of 3D urban models. She proposed a workflow that allows quality estimation of 3D models by automatically identifying and checking landmarks, and by estimating their quality, concluding on the quality of the complete 3D model. Landmark extraction was implemented successfully in a Java environment and evaluated using the 3D city model of Stuttgart that is based on CityGML.

Including interior space in 3D city models is more and more needed for sustainable management and development. IHAB HIJAZI (University of Osnabrück, Germany) reported on the development of a prototype 3D information system (BIM4GeoA) based on open source software and open specification in order to use BIM for geo-analysis. The proto-

type is composed of three components: the IFC parser, the graphical user interface (3D viewer) based on Google Earth and KML, and the 3D functionalities implemented in Postgres/PostGIS RDBMS.

Control and quality enhancement of 3D city models are essential but a major challenge. VOLKER COORS (University of Applied Sciences Stuttgart, Germany) presented an approach for the validation of geometry and topology and introduced first steps towards an automated healing. He reported on a flexible test suite that is implemented in a standalone Java application (QSCity3D) analyzing quality and detecting model errors that partly can be corrected automatically. A report includes uncorrected errors and allows to verify the analysis and to straighten the model manually in case errors could not be corrected automatically.

Session 8: 3D Urban Modelling and Applications

The advances in 3D geo information and GIS open techniques for new applications can change long-established processes. In this context JAN B.F. VAN ERP (TNO, The Netherlands) emphasised new challenges for the user-system interaction. He highlighted two use-scenarios in urban planning and crisis management, and identified important user-system research areas which should be in the focus of the community: intuitive data access and manipulation, multi-stakeholder participatory design and decision, and multisensory experience.

JOACHIM BENNER (Karlsruhe Institute of Technology, Germany) introduced a concept for automatic building application checking, suitable for land-use planning and building licensing. He proposed a workflow that integrates building data from different sources and formats (IFC, DXF), virtual 3D city models (CityGML), and information regulated by law stored as XPlanGML document. Specifications and implementation are in progress.

The following speaker, JANTJEN STOTER (Kadaster NL, TU Delft and Geonovum, The Netherlands), presented the ongoing work of a research project that aims at establishing a reference model for 3D geo-information in The

Netherlands. 50 organisations, suppliers as well as users, are involved in four working groups, specifying the needs for 3D geoinformation, identifying the ability of 3D geo data, defining the new 3D standard NL, and designing and implementing a 3D testbed. Results and recommendations were planned to be presented in spring 2011.

JACYNTHÉ POULIOT (Université Laval, Québec, Canada) reported on the efforts to introduce a 3D cadastre in the province of Quebec. Based on the 2D cadastral plan and a so called complementary plan (PC) containing 3D information, a semiautomatic procedure was proposed that enables the construction of a volumetric representation from the PC image file. The presentation focused on the various data processing steps (vectorization, 3D modelling, and data exchange), reported on time and efforts, and emphasised the potential usages of such cadastral volumetric representation.

In the last oral presentation AITOR MORENO (Vicotech, Spain) introduced methods for interactive virtual fire simulation used for training of fire fighters and controllers. The program consists of a fire-spreading algorithm that includes terrain topology, material, and weather conditions. Different models are available distinguishing forest fires and fires in urban environments that use a fire distinguisher model for authentic simulation. Moreover, two model approaches are available, optimised for outdoor and building fires. Future versions will include CityGML models, for more realistic and enhanced training.

The acceptance rate for oral presentations was in both tracks, full paper review and ex-

tended abstract review, below 50%. The selected full paper contributions are published in the *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* series:

KOLBE, KÖNIG, NAGEL (2011): *Advances in 3D Geo-Information Sciences*. (Springer Verlag), ISBN-10: 9783642126697, ISBN-13: 978-3642126697.

The additional proceedings volume published within the International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Vol. XXXVIII-4, Part W/15, includes all other conference papers and extended abstracts that were accepted for oral and poster presentation. Free access to these contributions is granted using the online ISPRS archive: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4-W15/index.html>.

The industry exhibition, poster session, and registration were situated in the “Lichthof” (Atrium), the most scenic and central place of the University main building.

An extensive field of professional software products, systems architecture, data modelling, installation services and consulting services for both the public and private sectors was presented by six companies in the “industry exhibition” during both conference days.

- Galdos Systems Inc., Vancouver, Canada,
- Conterra, Gesellschaft für Angewandte Informationstechnologie mbH, Muenster, Germany,
- GTA Geoinformatik GmbH, Neubrandenburg, Germany,
- Rhino terrain, 3D GIS Terrain Modeling Software, Gerardmer, France,



Technical track of the “5th International Conference on 3D Geoinformation”. Lesson room and Lichthof.

- CPA Systems GmbH, Sankt Augustin, Germany,
- Virtualcity Systems, Berlin, Germany

A special conference highlight was the ceremony for the student scholarship awards. These awards were sponsored by DHI-WASY, Germany, an international consulting and research organisation with competence within

the fields of water, climate, energy, and environment.

JULIA GANITSEVA (Blom, Romania) and IHAB HIJAZI (Universität Osnabrück, Germany) were awarded for the best evaluated student papers. Congratulations to the winners!

In addition to the busy major conference days a further platform – the “Scientific Brunch” – was offered on Friday, 5th Novem-



Company presentation, “Lichthof” Technische Universität Berlin.



Student Scholarship Award granted to JULIA GANITSEVA and IHAB HIJAZI.



Scientific Brunch, Geodätenstand, Technische Universität Berlin.



Participants of the "5th International Conference on 3D Geoinformation", "Lichthof" Technische Universität Berlin.

ber for exchange of ideas and discussing selected fields of interest.

This well accepted Scientific Brunch achieved constructive dialogue with all participants in a relaxed atmosphere. Main topics focused on: 3D Ethics Charter, EU Cost Action TU0801 on Semantic Enrichment of 3D City Models for Sustainable Urban Development, i3D Virtual Globe & Open Globe SDK going Open Source – presentation and call for

Expression of Interest, 3D voxel-based GIS models of archaeological records, and a presentation of the new IJ3DIM Journal.

On behalf of the organizing committee we would like to thank all the participants, authors, and industry partner who have contributed to the success the 5th International Conference on 3D Geoinformation.

GERHARD KÖNIG, HARTMUT LEHMANN, Berlin

ISPRS Hannover Workshop 2011 „High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information“, 14.–17. Juni 2011

Insgesamt folgten 96 Teilnehmer aus 26 Ländern der Einladung der Organisatoren vom Institut für Photogrammetrie und GeoInformation zum diesjährigen Hannover Workshop „High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information“. Der von den ISPRS-Arbeitsgruppen I/4, III/4, IV/2 und VII/2 ausgerichtete Workshop konzentrierte sich auf Aspekte der Informationsgewinnung aus Fernerkundungsdaten.

Die einleitende Keynote gab die Präsidentin der ISPRS Kommission IV, MARGUERITE MADDEN von der Universität Georgia (USA). Sie berichtete von einem Projekt in den USA, in dem hochaufgelöste Orthobilder und Laserscannerdaten zur Kartierung von Nationalparks verwendet werden. Die auf diese Weise gesammelte detaillierte Geoinformation hat jüngst – zusammen mit aktuellen Satellitenbildern – geholfen, die Auswirkungen der Tornados dieses Frühjahrs zu analysieren.

In insgesamt drei eingeladenen Vorträgen wurde auf verschiedene Aspekte der Photogrammetrie und Fernerkundung eingegangen. KONRAD SCHINDLER, ETH Zürich, referierte über die Fusionierung von heterogenen Geländemodellen. Bestehende, meist aus Satellitenmissionen generierte Höhenmodelle, zeigen teilweise große Unterschiede auf, die auf grobe Fehler in den einzelnen Datensätzen zurückzuführen sind. Soll eine höhere Genauigkeit durch Fusionierung der Modelle erreicht werden, ist wegen dieser Ausreißer eine einfache Mittelung der Höhendaten nicht sinnvoll. Aus dem Grund stellte SCHINDLER einen Ansatz vor, bei dem einzelne Höhenmodelle abschnittsweise zusammengeführt werden; mit Hilfe von Vorwissen über das mögliche Auftreten von Geländestrukturen werden grobe Fehler ausgefiltert.

NEIL ACKROYD vom Ordnance Survey (Großbritannien) stellte aktuelle Entwicklungen bei der Geodaten-Produktion beim OS vor. Eine Kernaufgabe ist es, der Forderung nach einem kurzen Aktualisierungszyklus der Basisdaten nachzukommen. Der OS erfasst zu

diesem Zweck in jedem Jahr rund 50.000km² durch Befliegung, ergänzt durch systematische Datenerfassung vor Ort. Eine weitere Herausforderung besteht zurzeit in der Überwachung der Aufbauarbeiten zu den olympischen Spielen, die im nächsten Jahr in London stattfinden. Hierfür werden hochaufgelöste Luftbilder in kurzen Zeitabständen erfasst.

CLAUS BRENNER (Google Inc., USA) beleuchtete verschiedene Aspekte der Geodatenproduktion bei Google. Besonders interessant dabei ist, wie Bildinterpretationsaufgaben für sehr große Gebiete automatisch durchgeführt werden. Beispielsweise werden einfache Gebäudeumrisse vollautomatisch aus Luftbildern und daraus berechneten Höhenmodellen extrahiert. Um diese Aufgabe in einer akzeptablen Zeit zu erledigen, werden mehrere tausend Rechner mit Hilfe einer MapReduce genannten Parallelisierungstechnik gleichzeitig eingesetzt.

Neben den genannten eingeladenen Vorträgen wurden in zehn technischen Sitzungen und zwei Postersitzungen insgesamt 62 wissenschaftliche Beiträge präsentiert. Wie in den vergangenen Jahren hat die Firma Z/I Imaging aktuelle Sensorentwicklungen im Rahmen einer Masterclass vorgestellt.

Die wissenschaftlichen Beiträge sind in Band XXXVIII-4/W19 der Reihe der ISPRS Tagungsbände (Archives) erschienen. Die Autoren der Beiträge wurden außerdem eingeladen, Ihre Aufsätze für ein Sonderheft der PFG einzureichen.

Der jedes zweite Jahr in der Pfingstwoche stattfindende Workshop ermöglicht es den Teilnehmern, in angenehmer Atmosphäre mit Kollegen über wissenschaftliche Themen zu diskutieren. Insbesondere die Mischung aus wissenschaftlichen Fachvorträgen und Präsentationen von Geräte- und Softwareherstellern macht dieses Ereignis für viele Kollegen aus Wissenschaft und Praxis interessant.

MARKUS GERKE, ITC, Universität Twente,
Enschede, Niederlande

Kartographie – Wirklichkeit, Wahrnehmung, Wissen

Symposium Königsutter der DGfK-Kommission Angewandte Kartographie – Geovisualisierung, 30. Mai – 01. Juni 2011

Wahrnehmung der Wirklichkeit schafft Wissen. Wissen beeinflusst auch die Wahrnehmung der Wirklichkeit. Wirklichkeit wird sogar neu geschaffen durch wahrnehmbar gemachtes Wissen. Wie das praktisch geht, erfahren die Teilnehmer des Symposiums der Kommission Angewandte Kartographie – Geovisualisierung. Vortragsthemen wie „Mit Blaulicht durch das Stadtmodell“, „Der Virtuelle Wald“ oder „4D-GIS“ veranschaulichten die Wechselwirkung von Wirklichkeit, Wahrnehmung und Wissen. Die Aufgabe der Kartographie bei der Modellierung und Visualisierung von Wirklichkeit und Wissen zu deren Erschließung und Nutzung wurde deutlich gemacht. Seinem Anspruch, aktuelle Standards, Trends und Entwicklungen aufzuzeigen und durch praktische Anwendungen zu belegen, wurde das Symposium Königsutter voll gerecht. Dem entsprach auch der Wechsel zwischen Vorträgen und Workshops, in denen das Gehörte praktisch vertieft werden konnte. Schwerpunktthemen waren in diesem Jahr die Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie bei Bund, Ländern und Kommunen, die Erfassung und Modellierung von 3D-Objekten sowie deren Integration in Simulations- und Trainingsumgebungen.

Veranstaltung, Teilnehmer

Neben dem Anwendungsbezug ist die Breite der Themen ein Merkmal des Symposiums Königsutter. Dieses Konzept, das wieder über einhundert Teilnehmer anzog, berücksichtigt die wachsende Integration von Vermessung, Photogrammetrie und GIS mit der Kartographie. Es vermittelt dem Kartographen wertvolle Kompetenzen in der Datenerfassung und -verarbeitung sowie im Umgang mit den rechtlichen Rahmenbedingungen, die ihn zur eigenständigen Durchführung von Projekten befähigen. Sowohl die Teilnehmer als auch die

ausstellenden Fachfirmen zeigten sich mit dem Symposium sehr zufrieden, das alle zwei Jahre im Wechsel mit dem „großen“ Kartographentag stattfindet. Die gute Mischung der Teilnehmer aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft garantierte einen regen Erfahrungs- und Informationsaustausch. Das gemeinsame Arbeiten und Zusammensein im Tagungshotel sowie der enge Bezug zum Tagungsort machen die Effektivität und den Erlebnischarakter des Symposiums Königsutter aus.

Eröffnungsvorträge

In den Eröffnungsvorträgen spannten namhafte Referenten das Themenspektrum in seiner ganzen Breite auf – von der Weltraumtechnologie der Satelliten und Roboter über Seekarten der Zukunft bis hin zur Produktstrategie der Vermessungsverwaltung. WOLFGANG DRAKEN, Leiter der niedersächsischen Vermessungsverwaltung und als Vorsitzender der AdV derzeit Deutschlands „oberster Vermesser“, stellte unter dem Motto „Kartographie im Jahr 2015“ die gemeinsamen Aktivitäten der Vermessungsverwaltungen der Länder zur Bereitstellung bundesweiter Geobasisdaten in amtlicher Qualität vor. Durch die Integration der Daten der Geotopographie, des Liegenschaftskatasters und der Festpunkte (ATKIS, ALKIS, AFIS) im gemeinsamen AAA-Datenmodell werden Synergien frei, um z.B. die Digitalen Topographischen Karten DTK 25 und DTK 50 wieder in bundesweit einheitlicher Graphik abzuleiten. Gleichzeitig, so kündigte Draken an, wird die AdV noch in diesem Jahr eine Empfehlung für ein amtliches Vektorkartenwerk verabschieden, das mit einer graphisch homogenen Maßstabsreihe und ausgewählten Inhalten auf die Bedürfnisse der Internethalter zugeschnitten ist. Bei den 3D-Daten stellen das DGM 10 und ab 2013 die Gebäude im LoD 1 (Klötzchenmodell) die bundesweit verfügbaren Top-Produkte dar. Luftbilder gibt es alle drei Jahre neu in 20 cm Bodenauflösung. Mit ihrer Strategie der flächendeckenden, vollständigen, interessenneutralen und systematisch aktualisierten Bereitstellung der Geobasisdaten sah DRAKEN die amtliche Kartographie klar positioniert neben den freien Geodaten wie OpenStreetMap.

Navigationsatelliten garantieren den einheitlichen Raumbezug als Basis für die gemeinsame Verarbeitung von Karten und Geodaten. Einen Einblick in den aktuellen Stand beim europäischen Satellitenprogramm Galileo gab HUBERT BISCHOFF, megatel GmbH, der den Aufbau des Raumsegmentes von Galileo aus nächster Nähe begleitet. Nach Klärung der Finanzierung hat die Realisierung dieses Hochtechnologie-Projektes wieder Fahrt aufgenommen, und eine ganze Serie von Satelliten ist im Bau. Bei den Diensten strebt Galileo eine Kooperation mit den Systemen GPS und GLONASS an, damit der Nutzer beliebige GNSS-Satelliten additiv für seine Positionsbestimmung heranziehen kann.

Dass die Weltraumtechnologie auch terrestrischen Anwendungen Nutzen bringt, wissen wir spätestens seit der Teflonpfanne. JÜRGEN ROSSMANN, der an der RWTH Aachen den Forschungsbereich Mensch-Maschine-Interaktion leitet, gelang es in seinem eindrucksvollen Eröffnungsvortrag, die Faszination der Raumfahrtrobotik auf die Erde herabzuholen. Durch die Einbeziehung von Geoinformationen werden kinematische, so genannte 4D-Geoinformationssysteme, entwickelt. Sie sind für den Einsatz in terrestrischen Simulator-Lösungen von hoher praktischer Relevanz und ermöglichen z.B. das Einsatztraining im Sicherheits- und Rettungsbereich, mit Hubschrauber, Kraftfahrzeug oder zu Fuß in einer realitätsnahen Umgebung. Eine Anwendung für die Forstwirtschaft wird aktuell im Projekt „Virtueller Wald NRW“ entwickelt: Aus LIDAR-Daten wird eine virtuelle Realität konstruiert, die dann als Trainingsgelände für Harvesterfahrer zur Verfügung steht, ohne dass ein einziger realer Baum zu Bruch geht. Der Visualisierung der „virtuellen Wirklichkeit“ kommt dabei entscheidende Bedeutung an der Schnittstelle Mensch – Maschine zu.

Zurück auf kartographisch festen Boden führte MATHIAS JONAS vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie die Zuhörer mit seinem Beitrag über die Zukunft der Seekarte. Schon wegen der unterschiedlichen Geschwindigkeit der Schifffahrt gegenüber der Raumfahrt gilt die Branche bei der Kartennutzung eher als konservativ. Dieser Umstand ermöglichte immerhin eine weltweite Vereinbarung einheitlicher Datenformate und Signa-

turen der elektronischen Seekarte. JONAS zeigte die Entwicklungsmöglichkeiten der heutigen, statischen Karte auf, z.B. durch 3D-Darstellung von verkehrswichtigen Bauwerken oder die dynamische Visualisierung positionsbezogener Informationen. Voraussetzung dafür ist die zeitnahe Übermittlung der Informationen an das Schiff auf hoher See.

Vorträge und Workshops

Im Mittelpunkt der Vorträge standen die Geodateninfrastruktur und hier insbesondere die Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie durch die öffentliche Verwaltung. Vertreter aus Bund, Ländern und Kommunen stellten Anforderungen und Chancen, Lösungen und offene Fragen dieser komplexen Aufgabe vor. Einen fachlichen Schwerpunkt bildete die Wasserwirtschaft, wobei deutlich wurde, welchen Umfang heute bereits der Vollzug von EU-Recht durch die Verwaltung einnimmt. Dies gilt insbesondere für die Erfüllung von Berichtspflichten, wofür Geoinformationen und Sachdaten aus verschiedenen Fachbereichen in unterschiedlicher Struktur zusammenzuführen sind. Standardkonforme Daten und Dienste sind hierfür eine unerlässliche technische Voraussetzung, die Koordination verschiedener Fachbereiche zur Einrichtung definierter Arbeitsprozesse eine organisatorische und kommunikative Herausforderung. In der Diskussion wurde deutlich, dass die Frage, welche Verwaltung von welchen der 34 Themen der INSPIRE-Richtlinie betroffen ist, insbesondere auf kommunaler Ebene noch keineswegs ausreichend beantwortet ist. Für die Kartographie stellt sich in einer GDI die Aufgabe, über Geodatendienste (z.B. WMS) verfügbare vielfältige Daten, die (fast) beliebig überlagert werden können, für eine sinnvolle Nutzung passend zu signaturieren.

Gelegenheit zur Vertiefung und praktischen Behandlung der Themen boten die Workshops, denen ein ganzer Tag eingeräumt wurde. Hier konnten die Teilnehmer selbst aktiv Inhalte erarbeiten, z.B. am eigenen Notebook mit Hilfe der angebotenen Software, um aus Geodaten eine Karte zu erstellen und sie im Internet zu publizieren oder in eine WebApp einzubauen. Den Anbietern von kommerzieller oder freier Software boten die



Workshop

Workshops eine geeignete Plattform, um ihre Produkte mit interessierten Nutzern auszuprobieren und zu diskutieren.

Einen erfrischenden Kontrapunkt setzte der Vertreter eines Bildkartenverlages aus der Region, der 3D-Stadtpläne von Braunschweig bis New York mit bildhaft gezeichneter Textur herstellt. Er offenbarte nicht nur, dass sein Unternehmen bereits 1954 „Street Views“ als Datengrundlage einsetzte (damals mit dem VW-Käfer als Trägerfahrzeug), sondern vermittelte auf unwiderstehliche Art die sinnliche, emotionale Dimension von Karten. Bleibt als Botschaft: Mit Karten kann man Menschen glücklich machen.

Fachfirmen

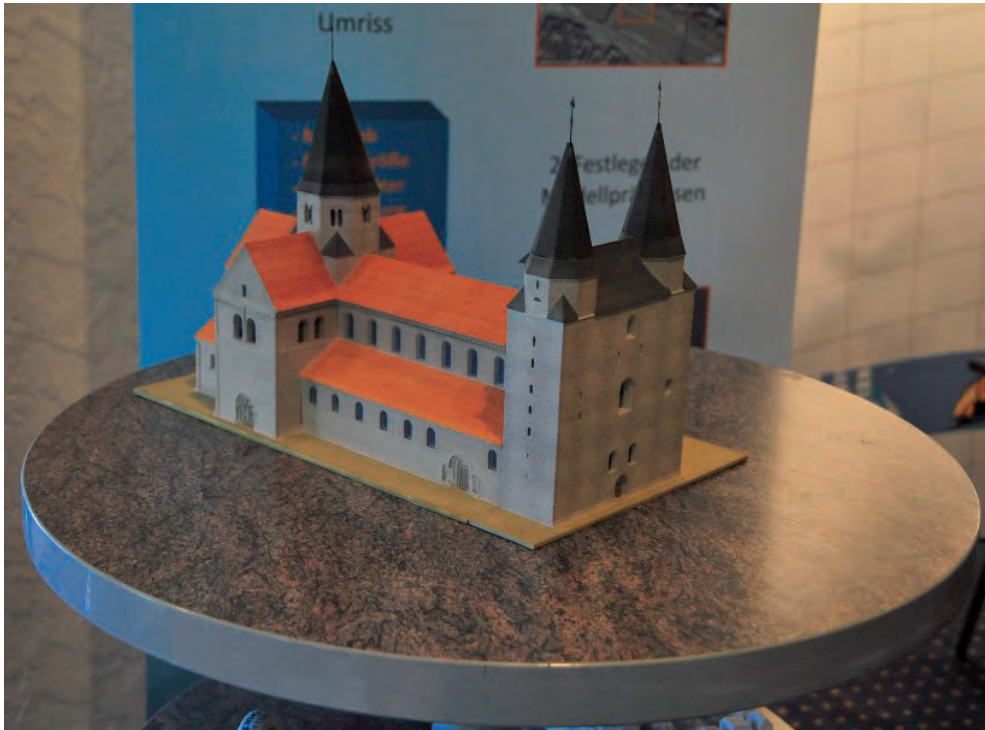
Zur praktischen Umsetzung heutiger Visualisierungsaufgaben bot eine Auswahl von Fachfirmen ihre Lösungen an. Dabei wurde das Angebot an Kartographie-Software für anspruchsvolle Aufgabenstellungen ergänzt durch Technologie für die Laser-Objektaufnahme und für die hochwertige Analogausgabe. Als Besonderheit wurde die Herstellung farbiger Architekturmodelle durch schichtweisen 3D-Druck gezeigt.

3D-Projekt mit lokalem Bezug und Erlebnisharakter

Ein Markenzeichen des Symposiums ist der enge Bezug zum Tagungsort Königslutter am

Elm, einer kleinen Stadt mit großer Vergangenheit zwischen Braunschweig und Magdeburg. Wahrzeichen ist die imposante romanische Stiftskirche, von Kaiser Lothar von Süpplingenburg in bewusster Konkurrenz zum Salier-Dom von Speyer erbaut und heute eine besondere Herausforderung für die 3D-Aufnahme, Modellierung und Visualisierung. THOMAS KERSTEN, HafenCity Universität Hamburg, nahm die Herausforderung an und setzte sie mit seinen Studierenden erfolgreich um. In einem Workshop mit Tutorial-Charakter erläuterte das Team eingehend die Aufgabenstellung sowie die Lösungsmethoden samt erforderlicher Technologie und präsentierte die Ergebnisse, angefangen von der Polygonierung bis hin zur exakten Baudokumentation samt 3D-Architekturmodell. Besonders eindrucksvoll wirkte die Wiedergabe der leuchtend bunten Innenbemalung, die nach jahrelanger Renovierung zur Freude aller Beteiligten jüngst wieder hergestellt wurde. So einstimmig, konnten die Teilnehmer bei der anschließenden Domführung das Original auf sich wirken lassen.

War schon das Projekt 3D-Erfassung des Kaiserdoms von BERNHARD HORST, Hannover, angeregt worden, so setzte der emeritierte langjährige Leiter des Symposiums Königslutter noch eins drauf: einen Abend mit der Kabarettistin und Sängerin MECHTHILD KERZ, der die Anstrengungen eines langen Semintages vergessen ließ. Mit einem furiosen Musik-Kabarett von quietschlustig bis tiefernt



Romanische Stiftskirche von Königslutter

eroberte die Künstlerin die Herzen des Publikums, das beim Mitsingen gar nicht mehr aufhören wollte. Unter dem Titel „Blind Date mit mir“ schlüpfte KERZ in verschiedene Rollen und machte so humorvoll wie leidenschaftlich deutlich, dass beim Blind Date immer einer fehlte, nämlich der geliebte und liebende Partner.

Organisation, Ausblick

Die perfekte Organisation und der angenehme Tagungsort schaffen beste Bedingungen für ein effektives Seminar, in dem konzentriertes Arbeiten ebenso gefördert wird wie der Kontakt unter den Teilnehmern durch Begegnung und gemeinsames Erleben. Die ausführlichen Tagungsunterlagen mit Dokumentation aller Vorträge und Workshops auf Datenträger, für die Teilnehmer schon zu Beginn verfügbar, runden das Bild ab und stehen beispielhaft für die hervorragende Vorbereitungsarbeit der von CHRISTOPH AVERDUNG geleiteten Kommission. Alle, die das nächste Symposium Kö-

nigslutter erleben wollen, sollten sich den Termin 6.–8. Mai 2013 vormerken. Mehr unter www.angewandte-kartographie.de.

MICHAEL RÖSLER-GOY, München

4. Hamburger Anwenderforum für Terrestrisches Laserscanning am 23. Juni 2011

Wo steht das Terrestrische Laserscanning (TLS) im Jahre 2011? So könnte der Untertitel des 4. Anwenderforums TLS an der HCU gelautet haben. Wenn man die sechzehn Vorträge des Anwenderforums Revue passieren lässt, ist man geeignet zu antworten: Das TLS steht am Anfang einer weiteren Entwicklungsstufe, so auch der Tenor von THOMAS KERSTEN in seiner Begrüßungsrede. Standpunkte aufbauen war gestern; das TLS wird mobil; es wird nicht mehr allein vom Stativ aus gescannt. Schon länger werden beim Airborne Laserscanning (ALS) Flugzeuge und Hub-

schrauber genutzt, um Landschaften und Objekte von oben zu erfassen. Beim Mobile Mapping sind Schienenfahrzeuge und Autos die Träger der Scansysteme. Neu hinzugekommen ist die Verbindung zwischen hydrographischen Sensoren zur Erfassung des Gewässeruntergrundes mit einem synchron betriebenen TLS auf einem Schiff zur Erfassung der Uferbereiche – genannt Shipborne Laser Scanning. Selbst für ein Pedestrianborne Laserscanning existiert eine erste funktionstüchtige Lösung mit völlig neuen Perspektiven für interessante Erfassungsaufgaben.

Das Veranstaltungsprogramm umfasste 16 Vorträge, die die Themenbereiche TLS-Prüfung, TLS-Anwendungen und Auswertung sowie die oben angedeutete Vielfalt des mobilen Laserscannings aufgriffen.

FREDIE KERN (i3mainz) und KLAUS MECHELKE (HCU Hamburg) präsentierten in zwei Vorträgen ihre mehrjährigen Erfahrungen bezüglich der kennwertgrößen-orientierten Prüfung und diskutierten die Ergebnisse für die aktuelle Gerätegeneration. Gespannt verfolgte das Auditorium den Vorträgen von PHILIPP STRECKER (Stollenwerk & Kuckuck, Bergheim) und FRANZ DAWIDZINSKI (Landeskriminalamt Hamburg), die über den erfolgreichen Einsatz des TLS bei verschiedensten Fragestellungen aus ihrer täglichen Praxis berichteten.

Mit einem stärkeren Fokus auf der Ableitung von Modellen aus Punktwolken beschäftigten sich die Vorträge von MARTIN PILHATSCH (Diplom-Ingenieur Pilhatsch, Bonn), THOMAS KERSTEN (HCU Hamburg), NICOLE OBERTREIBER (ÖbVI Petersen, Gelsenkirchen) und HENRIK ANNUTH (FH Wedel). Dabei stieß das von Herrn ANNUTH überaus verständlich dargestellte Verfahren zur „Dreiecksvermaschung von Punktwolken durch Smart Growing Cells“ auf besonders großes Interesse. Der TLS-Einsatz für Visualisierungsaspekte wurde am Beispiel des Kaiserdoms in Königslutter am Elm von THOMAS KERSTEN behandeln und am Beispiel des Opernquartiers in Köln von MARTIN PILHATSCH.

STEPHAN NEBIKER (FHNW Muttenz) eröffnete mit einem lehrreichen Überblicksvortrag zu den aktuellen Verfahren und Systemen im Mobile Mapping-Bereich den nächsten Vortragsreigen zu mobilen Systemen und Anwendungen. Im Kontrast zu den vielfach laserba-

sierten Mobile Mapping Systemen erläutert HANNES EUGSTER (iNovitas AG, Muttenz) ein rein bildgestütztes 3D-System zur Erfassung von Infrastrukturanlagen im Straßenbereich. Befruchtet durch die Matchingansätze der Computer Vision erfährt hier die Stereobildauswertung eine viel versprechende Modernisierung. Mit einer – im ersten Moment – „merkwürdigen“ Idee konnte CHRISTIAN HESSE (dhp:i, Hamburg) in seinem Vortrag dem TLS neue Erfassungsbereiche erschließen. Warum nicht einen Scanner statt auf einem Fahrzeug zu montieren, einfach in der Hand halten und sonst unbefahrte Bereiche, wie z.B. Fußgängerunterführungen mit ihren Treppen, im „vorbeigehen“ erfassen. Dank moderner Positionierungssensorik wie GPS und IMU ist auch dies zu realisieren. Speziell für langgestreckte Objekte wurde das kinematische Messsystem TIGER entwickelt. PHILIPP SCHNEIDER (Angermeier Ingenieure, Giebelstadt) erläuterte den Aufbau und die Funktionsweise des gummibereiften Trägerwagens und stellte in seinem Vortrag die damit erzielbare hohe Genauigkeit heraus. Von GUNNAR GRÄFE (3D Mapping Solutions GmbH, Oberhaching) wurde das System MoSES im Einsatz zur Erstellung von 3D-Katasterkarten für Städte und Gemeinden vorgestellt.

Bei den Pilotprojekten am Schweizerischen Oberrhein von VOLKER BÖDER (HCU Hamburg) wurden zwei bislang sehr verschiedene Sensorsysteme und Fachgebiete zusammengeführt. Wird ein Schiff zur Gewässergrundvermessung per Sonar mit einem Mobile Scanning System ergänzt, so kann eine Punktwolke abgeleitet werden, die einen nahezu nahtlosen Übergang zwischen Unter- und Überwasserbereich darstellt. Dies ist nicht nur für den Hydrographen, sondern auch für Betreiber von Hafenanlagen oder bei Biotopkartierung im Uferbereich von großem Nutzen. FELIX EITEL (Nebel + Partner, Schleswig) präsentierte die Ergebnisse aus seiner Bachelorarbeit zur Genauigkeitsuntersuchung von Gelände- und Straßendaten, die per ALS, Mobile Mapping und Tachymetrie gewonnen wurden. Nach Venedig führte der Vortrag von NIKOLAUS STUDNICKA (RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Horn). Dort wurden die Fassaden der Paläste am Canal Grande vom Boot aus gescannt. Die dabei erzielte Punktdichte

erlaubt eine schnelle Ableitung von Architekturplänen, die auch Bauschäden erkennen lassen.

Der 62 Personen umfassende Teilnehmerkreis setzte sich etwa aus gleich vielen Vertretern aus den Bereichen Hochschulen, Behörde, Ingenieurbüro und Herstellern zusammen. So ergaben sich immer sehr praxisbezogene Diskussionen zu den – durchweg hochwertigen – Vorträgen und interessante Gespräche in den großzügig bemessenen Pausen. Um-

rahmt wurde die Veranstaltung, die vom DG-PF-Arbeitskreis Optische 3D-Messtechnik, dem DVW-Landesverein Hamburg/Schleswig-Holstein und der HafenCity Universität Hamburg ausgerichtet wurde, durch eine gut besetzte Firmenausstellung. Das wieder einmal perfekt organisierte Anwenderforum wurde abgerundet durch einen ebenso harmonischen Grillabend.

FREDIE KERN, Mainz



Firmenausstellung und Vortragsauditorium beim 4. Hamburger Anwenderforum für Terrestrisches Laserscanning

10. Internationales 3D-Forum Lindau

In der Inselhalle fand am 29. und 30. März d.J. das 10. Internationale 3D-Forum Lindau statt. Mit den Schwerpunktthemen „Mobile Mapping – Mehr als ein Trend“, „Landesweite 3D-Modelle“ und „Neueste 3D-Visualisierungstechnologien“ lockten die Veranstalter Dipl.-Ing. Claus Bihl (Stadt Lindau) und Dr.-Ing. Achim Hellmeier (Ingenieurbüro Real.IT, Aalen) das Fachpublikum aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung in die schöne Inselstadt und es gelang ihnen einmal mehr ein hochinteressantes abwechslungsreiches Programmpaket zu schnüren. Die Jubiläumsveranstaltung brachte nicht nur einen neuen Besucherrekord mit ca. 170 Teilnehmern, auch das Interesse der Firmen, sich und ihre Produkte und Leistungen im Rahmen einer Firmenausstellung zu präsentieren, übertraf alle Erwartungen.

Wer hätte gedacht, dass eine Naturkatastrophe wie das Pfingsthochwasser von 1999, von dem auch Lindau heimgesucht und schwer in Mitleidenschaft gezogen wurde, der Startschuss für die Erfolgsgeschichte „3D-Forum Lindau“ sein würde. In Ihrer Begrüßungsrede erinnerte die Lindauer Oberbürgermeisterin Petra Meier to Bernd-Seidl an die Geschehnisse von damals und wie sich im Rahmen der anschließenden Planung der Hochwasserfreilegung, mit Hilfe einer Laserbefliegung, die richtigen Leute, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort über den Weg gelaufen sind – Claus Bihl und Achim Hellmeier hatten die Idee in Lindau ein Treffen der 3D-Fachwelt zu organisieren.

Die Ehre des Eröffnungsvortrages hatte Prof. Dr. Jürgen Döllner vom Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam mit dem Thema „Was war – Was ist – Was kommt? Realität und Visionen zum Thema 3D-Stadtmodelle“. Da Herr Dieter Becker (Stadt Köln) leider krankheitsbedingt kurzfristig ausgefallen ist, konnte sein Beitrag aus der Verwaltungsprä-

xis „Viel gefragt und populär – Das 3D-Stadtmodell von Köln“ leider nur kurz betrachtet und diskutiert werden. Für deutlich mehr Gesprächsstoff sorgte anschließend das Thema „Landesweiter Aufbau von 3D-Gebäudemodellen – Dargestellt am Beispiel Hessen“ von Dipl.-Ing. Gerd Köhler (Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation, Wiesbaden). Sehr interessant, und für viele eine neue praktische Anwendung war die „Ableitung von Baumformen und Biomasse aus dichten 3D-Punktwolken“, erklärt von Prof. Dr.-Ing. Peter Krystek von der Hochschule für angewandte Wissenschaften München. Ebenfalls sehr praxisbezogen war der Beitrag von Dipl.-Ing. Frank Schmidt aus der Schweiz (Bau- und Verkehrsdepartement Basel), „Mobile Mapping – Ein effizientes Verfahren in der 3D Straßenraum Bestandsaufnahme“. Eine ähnliche Anwendung mit neuesten Aufnahmeverfahren zur 3D-Bestandsaufnahme beleuchtete Dr. Werner Grüninger (Stadt Mannheim) mit „Georeferenzierte 360° Panoramaaufnahmen für Fachchalensysteme der Stadt Mannheim“. In die Tiefe drang nun M.Sc. Inf. Michael Krämer vom Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung,

IGD, Darmstadt vor, unter dem Titel „3D im Untergrund – Das Projekt Deep City und weitere Anwendungen“. Den letzten Vortrag des ersten Tages präsentierte Dr. Christian Runde (Virtual Dimension Center vdc, Fellbach) mit dem Titel „Neuesten 3D Visualisierungstechnologien“.

Zur Feier der 10. Veranstaltung lud die Stadt Lindau die Teilnehmer anschließend zum Sektempfang ins Historische Rathaus ein. Neben ein paar netten offiziellen Worten zum Jubiläum der Oberbürgermeisterin gab der Stadtarchivar Heiner Stauder interessante Einblicke in die Geschichte des historischen Rathauses und der Insel Lindau.

Der endgültige Ausklang des ersten Tages, inklusive Klärung aller noch offenen Fragen, fand bei einer zünftigen Brotzeit und einem wohlverdienten Schluck Bier, wie jedes Jahr, im historischen „Gasthaus zum Sünfzen“ statt.

Am zweiten Tag standen die drei Vertiefungsthemen „Stereovisualisierung“, „Videoformate“ und „3D-Geodatenserver/Datenqualität“ auf dem Programm, die von den Referenten Dr. Christian Runde, Prof. Dr.-Ing. Günter Pomaska (Fachhochschule Bielefeld) und Prof.



Dr.-Ing. Volker Coors (Hochschule für Technik, Stuttgart) aufbereitet und erläutert wurden.

Am Nachmittag fanden Firmen-Workshops der Unternehmen Intergraph und UVM Systems statt. Zudem veranstaltete die CityGML Standard Working Group des OGC einen sehr gut besuchten CityGML Workshop.

Das nächste Internationale 3D-Forum Lindau findet am 20.-21. März 2012 statt (siehe auch: www.3d-forum.li).

Andreas Lindenmüller
Stadtwerke Lindau

Mitteilungen der DGPF

Photogrammetrisches Wörterbuch nach jahrelanger Fleißarbeit fertig gestellt

Kürzlich wurde das photogrammetrische Wörterbuch fertig gestellt und auf der Homepage der DGPF freigeschaltet. Der etwa 3000 Fachbegriffe umfassende Datenbestand wurde seit mehreren Jahrzehnten von DR.-ING. GERHARD LINDIG, Frankfurt (M.), unter Einbindung von vielen Fachleuten im deutschsprachigen Raum zusammengetragen. Zu je-

dem Begriff existieren eine Definition sowie die englische und französische Übersetzung. Das Wörterbuch wurde von Studierenden der Hochschule Neubrandenburg in eine MySQL-Datenbank umgesetzt und mit einer Bedienoberfläche versehen. Diese erlaubt diverse Suchabfragen und einen Ausdruck der Ergebnisse. Das Übersetzungsportal der LEO GmbH (www.leo.org) hat Interesse an einem Link zu diesem Wörterbuch bekundet.

WOLFGANG KRESSE, Neubrandenburg

Persönliches

Nachruf auf Hans-Günter Gierloff-Emden

Am 2.7.2011 verstarb in Hamburg HANS-GÜNTER GIERLOFF-EMDEN, emeritierter Ordinarius für Geographie und Geographische Fernerkundung der Universität München, in seinem 89. Lebensjahr. Er war der Begründer der Fernerkundung in der deutschsprachigen Hochschulgeographie. HANS-GÜNTER GIERLOFF-EMDEN wurde 1923 in Wilhelmshaven geboren und wuchs nahe der Nordsee und in der Marinetradition auf. Im Zweiten Weltkrieg war er Marineoffizier und nach Kriegsende nahm er unter widrigsten Umständen ein naturwissenschaftliches Studium an der Universität Hamburg auf, das er 1950 mit dem ersten Staatsexamen in den Fächern Geographie, Mathematik und Biologie, sowie mit der Promotion in Geographie, Nebenfach Ozeanographie, abschloss. Er gehörte zu der sehr eigenen Generation unter den Hochschullehrern in Deutschland, die in ihrer Jugend und zu Beginn ihrer akademischen Karriere durch die besondere Situation des Krieges und der ersten Nachkriegszeit geprägt wurde.



1954/55 gelang ein Forschungsaufenthalt in El Salvador, dessen wissenschaftliche Ergebnisse 1958 in der Habilitationsschrift „Die Küste von El Salvador“ vorgelegt wurden. Nach Gastprofessuren in Berkeley und in Baton Rouge und der Ernennung 1963 zum apl. Professor erfolgte der Ruf auf einen Lehrstuhl für

Geographie an der Universität München, wo er seinen Dienst im Mai 1965 antrat. Mit großer Tatkraft baute er den neuen Lehrstuhl personell und instrumentell auf.

Neben die bisherigen Forschungs- und Lehrschwerpunkte Meere und Küsten sowie Nord- und Zentralamerika trat nunmehr immer stärker die Luftbild- und Satellitenbilddauswertung. Schon in Hamburg hatte er einen Kurs zur Luftbilddauswertung begründet, und frühen Arbeiten zur Kartographie folgte 1961 die Monographie „Luftbild und Küstengeographie am Beispiel der deutschen Nordseeküste“. In München gründete er am Lehrstuhl eine Abteilung zur Luftbilddauswertung. Zusammen mit HELLMUT SCHROEDER-LANZ verfasste er eine dreiteilige „Luftbilddauswertung“ als erstes Lehrbuch und mit JOHANN BODECHTEL 1969 die „Weltraumbilder der Erde“ als erste Interpretation von Satellitenbildern. In der Folge arbeitete er fortdauernd über Fernerkundung mit besonderem Interesse für das kartographische Potential der Aufnahmen und für ihre küstengeographische und ozeanographische Anwendung.

1976 erreichte HANS-GÜNTER GIERLOFF-EMDEN die Erweiterung der Lehrstuhlbezeichnung in „Geographie und Geographische Fernerkundung“, 1986 die Einführung des Wahlfaches „Geowissenschaftliche Fernerkundung“ in die Diplomprüfungsordnung. Damit hatte er sich in der Geographie als Pionier der Fernerkundung etabliert. Seine Fernerkundungsaktivitäten gipfelten 1989 in der „Fernerkundungskartographie“ im Rahmen der von ERIC ARNBERGER herausgegebenen Enzyklopädie der Kartographie und ihrer Randgebiete. In der folgenden Zeit faszinierte ihn das Potenzial von satellitengestützten Altimeter-Messungen zur Erfassung des Meeresbodenreliefs – Arbeiten, die er auch nach seiner 1991 erfolgten Emeritierung fortführte. In den letzten Jahren lebte er zurückgezogen in Hamburg.

HANS-GÜNTER GIERLOFF-EMDEN besaß eine ausgeprägte Fähigkeit zu sehr anregenden, oft unkonventionellen Ideen und Gedanken und ein breites fächerübergreifendes naturwissen-

schaftlich-technisches Interesse und Wissen. Hinzu kam ein großes Beharrungsvermögen in der Analyse argumentativer Schwachstellen sowie die tiefverwurzelte Neigung Problemen auf den Grund zu gehen. Dies belegt auch die eindrucksvolle Reihe von Dissertationen

seiner Schüler. Er hatte das Glück zu erleben, wie die von ihm mitbegründete Fernerkundung in den Geowissenschaften sich zu großer Blüte entwickelte. Sein Anteil hieran bleibt unvergessen.

FRIEDRICH WIENEKE, München

Hochschulnachrichten

Leibniz Universität Hannover

HEIT DIPL.-ENG. ABDALLA ALOBEID promovierte am 20.06.2011 an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Leibniz Universität Hannover mit der Arbeit „*Assessment of Matching Algorithms for Urban DSM Generation from Very High Resolution Satellite Stereo Images*“ zum Dr.-Ing.

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. CHRISTIAN HEIPKE, Hannover, Koreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. MONIKA SESTER, Hannover, Prof. rer.nat. MARTIN KAPPAS, Universität Göttingen.

Kurzfassung: Die automatische Erstellung dreidimensionaler Oberflächenmodelle in städtischen Bereichen ist wegen der Verdeckungen, großen Höhenänderung an Gebäuden und unterschiedlicher Dachgestaltungen eine komplexe Aufgabe. In dieser Arbeit werden Methoden zur automatischen Bildzuordnung in Stadtgebieten basierend auf hochauflösenden Satellitenstereobildpaaren untersucht. Motivation für die Verwendung von Satellitenbildern sind die Beschränkungen der Verwendung von Luftbildern und Laserscannaufnahmen in vielen Ländern, sowie die wirtschaftlichere Verfügbarkeit von Satellitenbildern für begrenzte Bereiche.

Hauptgrund für die Untersuchungen und Verfahrensentwicklungen sind die Fortschritte im Bereich der automatischen Bildzuordnung, besonders die Verbesserungen der Erfassung der Oberflächenstruktur in städtischen Bereichen, die besondere Ansprüche an die automatische Bildzuordnung stellen. Folgende drei Verfahren zur Erstellung von digitalen Oberflächenmodellen, wurden untersucht: die Kleinste-Quadrate-Zuordnung (LSM) mit Regionswachstum, die pixelbasier-

te Zuordnung mit dynamischer Programmierung (DP) und die semiglobale Zuordnung (SGM). Die Kleinste-Quadrate-Zuordnung basiert auf normierten Grauwerten und bestimmt als korrespondierende Bildpunkte die Zentren der zugeordneten Submatrizen. Dieser Algorithmus hat einen sehr eingeschränkten Konvergenzradius und benötigt gute Näherungswerte. Das zweite Verfahren ist in der Lage, in Epipolarbildern plötzliche Höhenunterschiede an Gebäuden zu bestimmen, es benötigt keine Submatrizen, sondern vergleicht die Grauwertprofile korrespondierender Epipolarzeilen kombiniert mit einer Kostenfunktion, die Bedingungen und Zuordnungsgewichte für erfolgreiche Zuordnungsabschnitte und Verdeckungen berücksichtigt. Die semiglobale Zuordnung wurde als alternative Methode eingeführt, die Nachteile der LSM und der DP vermeidet. Sie ist ebenfalls pixelbasiert und vermeidet die Streifenfehler der DP durch Verwendung mehrerer geglätteter Grauwertprofile für den zu bearbeitenden Punkt in den Epipolarbildern.

Das Hannoversche Programm DPCOR konnte für die Kleinste-Quadrate-Zuordnung verwendet werden, während die beiden anderen Methoden in Visual C++ realisiert wurden. Die Charakteristik der drei Methoden wurde intensiv anhand von fünf IKONOS-Stereobildpaaren, die eine Objektpixelgröße von 1m haben, und eines GeoEye-1 Stereobildpaars mit einer Objektpixelgröße von 0,5m untersucht. Die Testgebiete sind flach bis hügelig und dicht bebaut mit zusätzlichen einzeln stehenden großen Gebäuden.

Die automatische Bildzuordnung wird durch viele Faktoren beeinflusst, wie den Konvergenzwinkel des Stereobildpaars, die Blickrichtung, den Sonnenstand, Schatten und

unterschiedliche Bildqualität. Diese Einflussfaktoren werden detailliert diskutiert. Aus korrespondierenden Bildpunkten erfolgte die Berechnung von Objektkoordinaten mittels rationaler Polynomkoeffizienten (RPC), sowie durch geometrische Rekonstruktion. Die Objektpunktgenauigkeit wurde anhand unabhängiger Referenzdaten überprüft und liegt in dem erwarteten Bereich.

Eine Untersuchung der Einstellparameter für die verwendeten Algorithmen erfolgte in allen Testgebieten. Parameterkombinationen, die zu den jeweils optimalen Ergebnissen führten, erhielten den Vorzug. Eine Kontrolle erfolgte durch visuellen Vergleich der DSM mit den Satellitenbildern. Ein Vergleich der mit den drei Algorithmen erzeugten Höhenmodelle zeigt, dass LSM wegen der benutzten Submatrizen zu unscharfen Gebäudeändern und zu Lücken in Gebieten mit schwachem Kontrast, Straßen mit bewegten Autos und in Verdeckungsbereichen führt, während DP die Gebäudeänderer klarer zeigt, allerdings Objektdetails auf den Gebäuden unterdrückt. Streifenhafte Zuordnungsfehler in Richtung der Epipolarzeilen lassen sich durch Medianfilter reduzieren. Die durch SGM erzielten Ergebnisse zeigen die Gebäudekonturen klar. Wegen der Verwendung mehrerer Grauwertprofilrichtungen gibt es keine Streifenfehler und komplexe Dächer lassen sich gut erfassen. Die quantitative statistische Untersuchung der erzeugten DSM mittels unabhängiger Referenzdaten wird detailliert erläutert. Als Standardabweichung der Höhen flacher Dächer wurde etwa $\pm 1,2$ m erreicht, während Giebel- und Walmdächer mit etwa $\pm 1,8$ m durch LSM, mit $\pm 3,2$ m durch DP und mit etwa $\pm 1,6$ m durch SGM bestimmt werden.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 293 erschienen.

Leibniz Universität Hannover

Herr DIPL.-MATH. DIMITRI BULATOV promovierte am 29.04.2011 an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Leibniz Universität Hannover mit der Arbeit „*Textured*

3D reconstruction of urban terrain from UAV-borne video sequences“ zum Dr.-Ing.

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. CHRISTIAN HEIPKE, Hannover, Koreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. HANSJÖRG KUTTERER, Hannover, Prof. Dr.-Ing. habil. STEFAN HINZ, Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Kurzfassung: Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Implementierung generischer, vom Modellwissen weitgehend unabhängiger Lösungsstrategien zur texturierten 3D Rekonstruktion urbaner Gebiete aus Videosequenzen. Solche Videosequenzen können sowohl mit einer Tageslicht- als auch Infrarotkamera aufgenommen werden; in unseren Anwendungen handelt es sich überwiegend um luftgetragene Aufnahmen. Die zahlreichen zivilen aber auch militärischen Anwendungsfelder der 3D Erschließung der Szene mit minimalem Aufwand verlangen von den zu entwickelnden Verfahren besondere Robustheit gegenüber Videosequenzen suboptimaler Qualität und kritischen Sensorbewegungen. Auch spielen ein einschätzbarer, parallelisierbarer Rechenaufwand und die Eignung der Verfahren, mit einem theoretisch unendlichen Datenstrom annähernd Schritt zu halten, eine wichtige Rolle.

In dieser Arbeit wird vorausgesetzt, dass eine Euklidische Rekonstruktion durch Kameramatrizen (Orientierungen) sowie eine dünne Punktwolke vorliegt. Die entwickelten Methoden sind also in den Forschungsgebieten *Rekonstruktion dichter 3D Punktwolken aus Mehrkamerasystemen* sowie *Kompression dieser Punktwolken in Dreiecksvermaschungen* angesiedelt.

Um eine dichte Punktwolke aus einem Bildverbund zu erhalten, müssen Korrespondenzen einer dichten Menge der Pixel eines so genannten Referenzframes in anderen Bildern wiedergefunden werden. Formeln zur schnellen Berechnung der vom Referenzframe in andere Bilder projizierten Punkte sind unentbehrlich; die schnellste Möglichkeit ist durch die Disparitätensuche in epipolar rektifizierten Bildern gegeben. Danach werden die Kostenfunktionen (auch Datenkosten genannt) zur effektiven Suche der Punktkorrespondenzen aggregiert. Da diese Datenkostenterme allein auch bei Mehrkamerasystemen nicht

ausreichen, um die Tiefenwerte in schwach texturierten Bereichen sowie Bereichen von Verdeckungen und sich wiederholender Muster zu rekonstruieren, muss ein zusätzlicher Glattheitsterm eingeführt werden, der sich auf die Annahme stützt, dass die Tiefen eines überwiegenden Anteils der Pixel ungefähr gleich sind wie die Tiefen ihrer Nachbarn. Da das Finden eines exakten Minimums einer Gesamtkostenfunktion, die aus einem Datenterm, einem 2D Glattheitsterm und einem zusätzlichen, zwecks Ausgleichung von (insbesondere bei Schrägsichtaufnahmen typischen) Diskretisierungsartefakten eingeführten Dreiecksterm besteht, in der Praxis unmöglich ist, werden Approximationsverfahren angewandt. Die *Verallgemeinerung des semiglobalen Algorithmus* auf Mehrkammersysteme und die *Benutzung sowie Evaluierung der Dreiecksvermaschungen aus den bereits detektierten Punkten* stellen den wissenschaftlichen *Hauptbeitrag zum bildbasierten Teil* der Funktionsbibliothek dar.

Unter der Annahme, dass sich die Gebäudeoberflächen anhand von Dreiecksvermaschungen zu texturierten Flächensegmenten aggregieren lassen, wurden im Rahmen dieser Dissertation zahlreiche Verfahren zur Rekonstruktion der Oberflächen aus Punktwolken untersucht, weiterentwickelt und bewertet. Am robustesten gegenüber sehr variabler Punktdichte, Rauschen und Ausreißern (weit von der Oberfläche entfernt liegende Punkte, die beispielsweise durch Spiegelungen, Verdeckungen und kleine bewegte Objekte entstehen) hat sich der auf *L_1 -Splines basierende Algorithmus* gezeigt, der den *Hauptbeitrag des punktbasierten Teils* der Arbeit darstellt. Hier kann sowohl die Rekonstruktion einer skalaren Funktion als auch der Übergang zu einer automatisch parametrisierten 3D Oberfläche stattfinden. Im letzten Schritt solcher globalen Verfahren wird zu jedem Dreieck der Vermaschung ein Referenzframe gewählt, in dem das Dreieck vollständig sichtbar ist (Texturierung).

Zur Visualisierung der Ergebnisse wurden zahlreiche Datensätze getestet, die zum Teil anspruchsvolle historische Gebäude darstellen, zum anderen Teil aber zerstörte Gebiete, deren genaue Rekonstruktion mit Hilfe modellbasierter Verfahren kaum möglich ist. Zur

quantitativen Bewertung der Verfahren wurde für einen synthetischen und einen realen, mit einer sehr dichten Laserpunktwolke als Ground Truth gegebenen Datensatz die *Hausdorff-Distanz* als Maß für Vollständigkeit und Korrektheit einbezogen.

Im letzten Teil der Arbeit wird zusammenfassend auf die Stärken und Schwächen der vorgestellten Verfahren eingegangen und mögliche Ansätze zur Behebung dieser Schwächen werden erläutert. Zusammenfassend wird aus der Arbeit ersichtlich, dass sich das vorgestellte Konzept zur qualitativ ansprechenden Rekonstruktion von Gebäuden und urbanem Gelände aus Luftvideos hervorragend eignet.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 291 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 661 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Leibniz Universität Hannover

Frau DIPL.-ING. ANNE GROTE promovierte am 08.04.2011 an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Leibniz Universität Hannover mit der Arbeit „*Automatic road network extraction in suburban areas from aerial images*“ zum Dr.-Ing.

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. CHRISTIAN HEIPKE, Hannover, Koreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. MONIKA SESTER, Hannover, Prof. Dr.-Ing. MARKUS GERKE, Universität Twente, Enschede.

Kurzfassung: In dieser Arbeit wird eine neue Methode zur Extraktion von Straßennetzen in Vorstadtgebieten aus optischen Luftbildern entwickelt. Die Straßenextraktionsmethode ist regionenbasiert; Straßenregionen werden aus einem segmentierten Bild extrahiert und miteinander zu einem Straßennetz verbunden. Wissen über die Eigenschaften von Straßen, besonders in Vorstadtgebieten, wird im gesamten Extraktionsprozess genutzt. Auf diese Weise werden die Besonderheiten von Vor-

stadtgebieten berücksichtigt, zum Beispiel dass Straßenmarkierungen in Vorstadtgebieten relativ selten sind, im Gegensatz zu Innenstadtbereichen. Digitale Oberflächenmodelle werden als zusätzliche Informationsquelle genutzt, und Kontextobjekte werden zusätzlich zu den Straßen extrahiert, um die Auswahl der korrekten Straßen zu vereinfachen.

Der wissensbasierte Ansatz besteht aus mehreren aufeinander folgenden Schritten, angefangen mit einer Segmentierung. In jedem Schritt werden Objekte anhand einer Kombination von radiometrischen und geometrischen Merkmalen gruppiert oder ausgewählt. Die radiometrischen Merkmale überwiegen in den ersten Schritten, während in späteren Schritten die geometrischen Merkmale an Relevanz gewinnen. Die Segmentierung wird mit dem Normalized-Cuts-Algorithmus durchgeführt, einem graphbasierten Algorithmus, mit dem Wissen über die gewünschten Objekte in die Segmentierung integriert werden kann. Ein weiterer Vorteil des Normalized-Cuts-Algorithmus ist die Einbeziehung globaler Eigenschaften des Bildes, so dass der Algorithmus trotz Störungen in der Objektoberfläche gleichmäßige Segmente erzeugen kann. Nach der Segmentierung werden die Segmente gruppiert, um die Effekte der Übersegmentierung zu beseitigen. Danach werden Straßenstücke aus den gruppierten Segmenten extrahiert. Aufgrund von Störungen in der Straßenoberfläche oder aufgrund von Objekten, die die Straße verdecken, wird eine Straße häufig nicht vollständig von Kreuzung zu Kreuzung von einem einzigen Straßenstück abgedeckt. Daher werden im nächsten Schritt Straßenstücke, die wahrscheinlich zu der gleichen Straße gehören, miteinander zu Teilgraphen verbunden. Die Teilgraphen können Verzweigungen enthalten, die mehrere mögliche Straßenverläufe repräsentieren. Diese widersprüchlichen Verläufe entstehen durch die Existenz von falsch extrahierten Straßenstücken. Um die Verzweigungen aufzulösen, werden die Verbindungen in den Teilgraphen bewertet, und die Verbindungen, deren Bewertung darauf schließen lässt, dass sie falsch sind, entfernt. Für die Bewertung werden die geometrischen Beziehungen zwischen den verbundenen Straßenstücken und Kontextobjekte, die in den Lücken zwischen

den Straßenstücken gefunden werden, benutzt. Kontextobjekte sind Objekte, die in der Umgebung von Straßen gefunden werden können. Einige Arten von Kontextobjekten, zum Beispiel Fahrzeuge, bieten unterstützende Hinweise für eine Straßenhypothese in einer Lücke zwischen zwei Straßenstücken. Andere Arten von Kontextobjekten, zum Beispiel Gebäude, widersprechen einer Straßenhypothese, wenn sie sich in der Lücke befinden. Nach der Bewertung und Anpassung der Teilgraphen wird ein Straßennetz generiert. Dazu werden die Straßen durch approximierten Mittellinien repräsentiert. Das Netz wird durch die Suche nach Kreuzungen an den Enden der Straßen generiert. Straßen, die wahrscheinlich fälschlicherweise extrahiert wurden, vor allem kurze Straßen, die isoliert sind oder parallel zu anderen Straßen mit kurzem Abstand verlaufen, werden entfernt. Am Ende des Prozesses besteht das extrahierte Straßennetz aus Linien, die die Straßemittellinien repräsentieren, und Punkten, die die Kreuzungen repräsentieren.

Ergebnisse für zwei verschiedene Datensätze werden vorgestellt. Die Datensätze bestehen aus orthorektifizierten Luftbildern, die Szenen aus Vorstadtgebieten zeigen, und den dazugehörigen digitalen Oberflächenmodellen. Die Ergebnisse werden mit Hilfe von Qualitätsmaßen bezogen auf die Straßenextraktion (z.B. Vollständigkeit und Korrektheit) und die Topologie des Netzwerks (z.B. topologische Vollständigkeit und Korrektheit) quantitativ analysiert. Der Einfluss einiger für die Extraktion genutzter Merkmale wird getestet, indem die Extraktion ohne diese Merkmale durchgeführt wird und die Ergebnisse mit den ursprünglichen Ergebnissen verglichen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass der Ansatz für die Extraktion von Straßen in Vorstadtgebieten geeignet ist.

Die Dissertation ist in der Schriftenreihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover“ (ISSN 0174-1454) als Heft Nr. 292 erschienen. Gleichzeitig ist die Arbeit in der Reihe C der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (ISSN 0065-5325) unter der Nr. 662 online veröffentlicht (www.dgk.badw.de).

Veranstaltungskalender

2011

3.–7. Oktober: **32nd Asian Conference on Remote Sensing in Taipei, Taiwan**. Infos: <http://acrs2011.org.tw> – in Conjunction with **ISPRS VI/1,2 Workshop on E-Learning**. Infos: <http://misc.gis.tu-berlin.de/typo3-igg/ISPRS/workshop11>

5.–7. Oktober: **Photogrammetric Image Analysis 2011 (PIA11)** in München. Infos: www.pia11.tum.de

8.–9. November: Workshop **3D-Stadtmodelle** in Bonn. Infos: www.3d-stadtmodelle.org

16. November: **Internationaler GIS Day Schweiz** in Zürich. Infos: www.gisday.ch

29.–30. November: **2. European LIDAR Mapping Forum (ELMF)** in Salzburg. Infos: www.lidarmap.org/ELMF/

7.–8. Dezember: **Wo?-Kongress 2011 – Geo-Mobility** in Gelsenkirchen. Infos: www.ikt.nrw.de

2012

25.–26. Januar: **GIS & GDI in der Wasserwirtschaft** in Kassel. Infos: www.dwa.de

1.–2. Februar: **11. Oldenburger 3D-Tage**. Infos: www.jade-hs.de/fachbereiche/bauwesen-

und-geoinformation/abteilung-geoinformation/oldenburger-3d-tage/

14.–16. März: 32. Wissenschaftlich-Technische **Jahrestagung der DGPF** in Potsdam. Infos: www.dgpf.de/neu/jahrestagung/informationen.htm

20.–21. März: **Internationales 3D-Forum Lindau**. Infos: www.3d-forum.li

8.–10. Mai: 11. **Österreichischer Geodätentag** in Velden am Wörthersee. Infos: www.ogt2012.at

14.–15. Juni: **8. GIS-Ausbildungstagung** in Potsdam. Infos: <http://gis.gfz-potsdam.de/index.php?id=238>

24. August – 3. September: **XXII ISPRS Congress 2012** in Melbourne, Australien. Infos: www.isprs2012-melbourne.org/

9.–11. Oktober: **INTERGEO 2012** und **60. Deutscher Kartographentag** und **3. Europäischer Kongress der CLGE** (Comité de Liaison des Géomètres Européens) in Hannover. Infos: www.intergeo.de

2013

25.–30. August: **26th International Cartographic Conference (ICC)** in Dresden. Infos: www.icc2013.org/

Neuerscheinungen

CAR, A., GRIESEBNER, G. & STROBL, J. (Hrsg.) 2011. Geospatial Crossroads @ GI_Forum '11. Proceedings of the Geoinformatics Forum Salzburg. 166 Seiten, Wichmann.

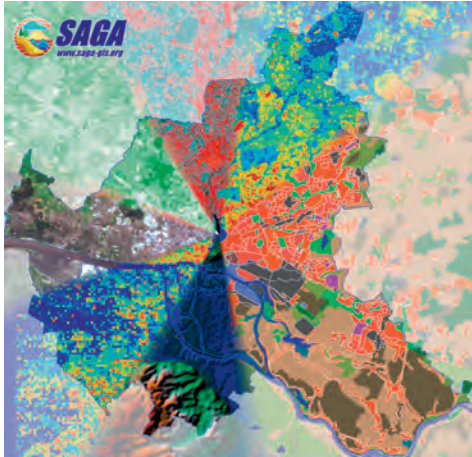
LUHMANN, T. & MÜLLER, C. (Hrsg.) 2011. Photogrammetrie – Laserscanning – Optische 3D-Messtechnik. Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2011. 382 Seiten, Wichmann.

KAUER, J., FISCHER, F., LOSSE, C. & BRACK, P., 2011. Aufbruch in die Geoinformationsgesellschaft mit Microsoft Bing Maps. 172 Seiten, Wichmann.

JEKEL, TH., KOLLER, A., DONERT, K. & VOGLER, R. (Hrsg.) 2011. Learning with GI 2011 – Implementing Digital Earth in Education. 214 Seiten, Wichmann.

Zum Titelbild

Satelliten- und flugzeuggestützte Oberflächenparameter zur Klassifikation von stadtklimatisch relevanten Stadtstrukturen in SAGA



Vor dem Hintergrund weltweiter Verstädterung und globalen Klimawandels gewinnt die räumliche Differenzierung städtischer Mikroklimata weiter an Bedeutung. Das durch die Bebauung gegenüber dem Umland veränderte Stadtklima ist dabei ausgesprochen komplex und wird von diversen Prozessen bestimmt, die stark von der Gestalt (Morphologie) der Stadt abhängen. Daher ist eine automatische Klassifikation von Stadtstrukturen im Hinblick auf ihre mikroklimatischen Wirkungen planerisch von großer Bedeutung. Das hierarchische Schema der Local Climate Zones (LCZ) von STEWART & OKE wurde explizit im Hinblick auf thermische Eigenschaften von Stadtstrukturen entwickelt und hat großes Potenzial, ein Standard für stadtklimatische Untersuchungen sowie eine Schnittstelle zur urbanen Fernerkundung zu werden.

Das Bild zeigt links verschiedene Fernerkundungsdatensätze für Hamburg sowie abgeleitete Oberflächenparameter, die direkt mit stadtklimatischen Prozessen verbunden sind und daher zu einer besseren stadtklimatischen Beschreibung urbaner Strukturen beitragen. Zu sehen sind unter anderem ein Rauheitsparameter, der aus dem interferometrischen

Radarprodukt NEXTMap® der Firma Intermap Technologies abgeleitet wurde, multispektrale und thermische Landsat-Daten, ein Vegetationsindex sowie ein Digitales Geländemodell (SRTM). Rechts sind die gewünschten Stadtstrukturen im LCZ-Schema dargestellt.

Die Datenintegration und Auswertung wurde mit SAGA, System für Automatisierte Geowissenschaftliche Analysen, durchgeführt. Das freie, quelltextoffene GeoInformations-System SAGA ist objektorientiert in C++ programmiert und unterstützt effektiv die Implementierung neuer Funktionen durch eine spezielle Anwendungsprogrammierschnittstelle. Alle Funktionen können durch eine graphische Benutzeroberfläche oder verschiedene Skriptsprachen aufgerufen werden. Daher eignet sich SAGA besonders als generische Modellumgebung zur Integration und automatisierten Verarbeitung von Geodaten sowie zur geowissenschaftlichen Methodenentwicklung und Prozessmodellierung. Eine Stärke von SAGA liegt in der Parametrisierung topographisch-determinierter topoklimatischer und hydrologischer Prozesse, wodurch die hier vorgestellten stadtklimatischen Parameter hervorragend ergänzt werden.

SAGA hat eine wachsende internationale Entwicklergemeinschaft und eine aktive User Group.

Weitere Informationen

Prof. Dr. JÜRGEN BÖHNER und Dr. OLAF CONRAD
SAGA User Group Association
c/o Institut für Geographie
Bundesstraße 55
D-20459 Hamburg
www.saga-gis.org
e-mail: user_group@saga-gis.org

BENJAMIN BECHTEL, CHRISTIAN DANEKE und
THOMAS LANGKAMP
Universität Hamburg
KlimaCampus
Bundesstraße 55
D-20459 Hamburg
e-mail: benjamin.bechtel@uni-hamburg.de

Korporative Mitglieder

Firmen

AEROWEST GmbH
 AICON 3D Systems GmbH
 Alpha Luftbild GmbH
 aphos Leipzig AG
 Becker GeoInfo GmbH
 Bernhard Harzer Verlag GmbH
 Blom Deutschland GmbH
 Brockmann Consult
 bsf swissphoto
 Büro Immekus
 CGI Systems GmbH
 con terra GmbH
 Creaso GmbH
 DEFINIENS AG
 DELPHI IMM GmbH
 Deutsches Bergbau-Museum
 EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH
 ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH
 ESRI Geoinformatik GmbH
 EUROPEAN SPACE IMAGING
 Eurosense GmbH
 fokus GmbH
 g.on experience gmbh
 GAF GmbH
 GeoCad GmbH
 GeoCart Herten GmbH
 GeoContent GmbH
 Geoinform. & Photogr. Engin. Dr. Kruck & Co. GbR
 geoplana Ingenieurgesellschaft mbH
 GEOSYSTEMS GmbH
 GGS - Büro für Geotechnik, Geoinformatik, Service
 Hansa Luftbild AG
 IGI - Ingenieur-Gesellschaft für Interfaces mbH
 ILV Ing.-büro für Luftbilddatenausw. und Vermessung
 Imetric 3D GmbH
 Infoterra GmbH
 INVERS - Industrievermessung & Systeme
 J. Linsinger ZT-GmbH
 Jena-Optronik GmbH
 KAZ Bildmess GmbH
 Leica Geosystems GmbH
 Luftbild Brandenburg GmbH Planer + Ingenieure
 Luftbilddatenbank-Würzburg
 Messbildstelle GmbH
 Microsoft Photogrammetry
 MILAN Geoservice GmbH
 PHOENICS GmbH
 PMS - Photo Mess Systeme AG
 RIEGL Laser Measurement Systems GmbH
 RWE Power AG, Geobasisdaten/Photogrammetrie
 technet GmbH
 TerraVista Umweltdaten GmbH
 TRIGIS Vermessung + Geoinformatik GmbH
 Trimble Germany GmbH
 trimetric 3D Service GmbH
 Wichmann, VDE Verlag GmbH
 Z/I Imaging Ltd.

Behörden

Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr
 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
 Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
 Bundesmin. für Ernäh., Landw. u. Verbraucherschutz
 DB Netz AG
 Hess. LA für Bodenmanagement und Geoinformation
 Innenministerium NRW, Gruppe Vermessungswesen
 Inst. für Umwelt- und Zukunftsforschung
 LA für Geoinformation u. Landentw., Baden-Württem.
 LA für Vermessung und Geoinformation, Bayern
 LB Geoinformation und Vermessung, Hamburg
 LB f. Küstenschutz, Nationalpark u. Meeresschutz, SH
 Landesvermessung und Geobasisinformation Nieders.
 Märkischer Kreis, Vermessungs- und Katasteramt
 Regierungspräsidium Tübingen, Abt. 8 Forstdirektion
 Regionalverband Ruhr
 Staatsbetrieb Sachsenforst Pirna
 Stadt Bocholt, Fachbereich 31
 Stadt Düsseldorf, Vermessungs- und Katasteramt
 Stadt Köln, Amt für Liegensch., Verm. und Kataster
 Stadt Wuppertal, Verm., Katasteramt und Geodaten
 Thüringer LA für Vermessung und Geoinformation

Hochschulen

BTU Cottbus, Lehrstuhl für Vermessungskunde
 FH Frankfurt a.M., FB 1, Studiengang Geoinformation
 FH Mainz, Inst. f. Raumbez. Inform.- und Messtechn.
 FH Oldenburg, Inst. für Angew. Photogr. und Geoinf.
 HCU HafenCity Universität Hamburg, Geomatik
 HfT Stuttgart, Vermessung und Geoinformatik
 HS Bochum, FB Vermessung und Geoinformatik
 HS Karlsruhe, FB Geoinformationswesen
 HTW Dresden, FB Vermessungswesen/Kartographie
 Ruhr-Uni Bochum, Geographisches Institut
 RWTH Aachen, Geodätisches Institut
 TU Bergak. Freiberg, Inst. f. Markscheid. u. Geodäsie
 TU Bergak. Freiberg, Inst. für Geologie, RSG
 TU Berlin, Computer Vision & Remote Sensing
 TU Braunschweig, Inst. für Geodäsie und Photogr.
 TU Clausthal, Inst. für Geotechnik und Markscheidew.
 TU Darmstadt, Inst. für Photogrammetrie und Kartogr.
 TU Dresden, Inst. für Photogrammetrie und Fernerk.
 TU München, FG Photogrammetrie und Fernerk.
 TU Wien, Inst. für Photogrammetrie und Fernerk.
 Uni Bonn, Inst. für Photogrammetrie
 Uni Göttingen, Inst. für Waldinv. und Waldwachstum
 LUH Hannover, Inst. für Kartogr. und Geoinformatik
 LUH Hannover, Inst. für Photogrammetrie und GeoInf.
 Uni Heidelberg, IWR Interdis. Zentr. f. Wiss. Rechnen
 Uni Karlsruhe, Inst. für Photogrammetrie und Fernerk.
 Uni Kassel, FB Ökologische Agrarwissenschaften
 Uni Kiel, Geographisches Institut
 Uni Stuttgart, Inst. für Photogrammetrie
 Uni Würzburg, Geographisches Institut
 Uni zu Köln, Geographisches Institut

Corrigendum to PFG 4/2011

Dear readers of PFG,

on page 243 of volume 4/2011 Table 1 has been published without consideration of the author's corrections.

Therefore, please find now here the correct version of Table 1.

We apologize for the inconvenience.

Schweizerbart Science Publishers

	Directed change detection: T1→T2		Directed change detection: T2→T1		Change detection using intersected objects		Change detection using MAD objects	
User's accuracy	No change T1: car, T2: road	0.98 1.00	No change T1: road, T2: car	0.96 0.97	No change T1: car, T2: road T1: road, T2: car	0.99 0.78 0.52	No change T1: car, T2: road T1: road, T2: car	0.99 0.66 0.69
Producer's accuracy	No change T1: car, T2: road	1.00 0.71	No change T1: road, T2: car	0.99 0.81	No change T1: car, T2: road T1: road, T2: car	0.99 0.76 0.94	No change T1: car, T2: road T1: road, T2: car	0.99 0.52 0.72
Overall accuracy		0.98		0.98		0.98		0.99
K1A		0.82		0.87		0.77		0.75

Tab. 1: Change detection accuracy assessment.

