

# PRG

# Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2006, Heft 1

Hauptschriftleiter:  
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Szangolies

Schriftleiter:  
Prof. Dr. rer.nat. Carsten Jürgens und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert

**Redaktionsbeirat** (Editorial Board): Clement Atzberger, Ralf Bill, Eberhard Gülch,  
Christian Heipke, Barbara Koch, Hans-Gerd Maas, Jochen Schiewe, Matthäus Schilcher  
und Monika Sester



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung  
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2006



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.



---

Herausgeber:

© 2006 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V.  
Präsident: Prof. Dr.-Ing. Thomas Luhmann, Fachhochschule Oldenburg Ostfriesland Wilhelmshaven, Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik, Ofener Str. 16, D-26121 Oldenburg, Tel.: +49-441-7708-3172, e-mail: Praesident@dgpf.de, www.dgpf.de  
Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Ostmarkstraße 92, D-48145 Münster, e-mail: klaus.komp@eftas.com

Published by:

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3 A, D-70176 Stuttgart. Tel.: 07 11/35 14 56-0, Fax: 07 11/35 14 56-99, 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

Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Szangolies, Closewitzer Str. 44, D-07743 Jena. e-mail: Klaus.Szangolies@t-online.de

Schriftleiter: Prof. Dr. rer. nat. Carsten Jürgens, Ruhr-Universität Bochum, Geographisches Institut, Gebäude NA 7/133, D-44780 Bochum, e-mail: carsten.juergens@rub.de und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 107, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@geobasis-bb.de

Erscheinungsweise: 7 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 118,- pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos.

Anzeigenverwaltung: Dr. E. Nägele, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3A, D-70176 Stuttgart, Tel.: 0711/35 14 56-0; Fax: 0711/35 14 56-99. 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](http://www.harzer.de)

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

## PFG – Jahrgang 2006, Heft 1

### Inhaltsverzeichnis

---

#### Originalbeiträge

LANG, S. & LANGANKE, T.: Object-based mapping and object-relationship modeling for land use classes and habitats .....	5
MÖLLER, M. & BLASCHKE, TH.: GIS-gestützte Bildanalyse der städtischen Vegetation als ein Indikator urbaner Lebensqualität .....	19
WOLF, M., HOCHSCHILD, V. & SCHMULLIUS, C.: Untersuchung der Eignung des X-SAR/SRTM - Höhenmodells für die Ableitung hydrologisch relevanter Reliefparameter .....	31
BALTSAVIAS, E., LI, Z. & EISENBEISS, H.: DSM Generation and Interior Orientation Determination of IKONOS Images Using a Testfield in Switzerland .....	41
ENGELS, C., DITTSCHIEDT, V. & MISCHKE, A.: Einsatz eines terrestrischen Laserscanners für die DGM-Erstellung bzw. Volumenermittlung im Vergleich mit herkömmlichen Verfahren .....	55

---

#### Berichte

ISPRS Workshop vom 7. bis 10. Juni 2005 in Banff, Kanada .....	63
CIPA Symposium vom 26.9. bis 1. Oktober 2005 in Turin .....	63
7. Konferenz Optische 3-D Messtechnik, 3.–5. Oktober 2005 in Wien .....	65
INTERGEO 2005 vom 3. bis 6. Oktober 2005 in Düsseldorf .....	66
INTERGEO 2005, Trendanalyse .....	67
DVW .....	74
DMV .....	75
DGK .....	76
ICA .....	77
ESA .....	78
DIN-Besprechung .....	79
Hochschulnachrichten – ETH Zürich .....	81
Vorankündigungen .....	81
Zum Titelbild .....	86
Neuerscheinungen .....	87



## Object-based mapping and object-relationship modeling for land use classes and habitats

STEFAN LANG, Salzburg, Österreich & TOBIAS LANGANKE, Nottingham, England

**Keywords:** remote sensing, multi-scale segmentation, one-level representation, image object characteristics, Natura-2000

**Abstract:** As a contribution to the discussion on classification approaches for very high spatial resolution (VHSR) remote sensing data, we explore the potential of object-based mapping and the usage of additional data layers and contextual information for class description. This paper presents two studies on land-use and habitat mapping in Natura-2000 sites in Austria. Both studies have been performed using VHSR data, namely a pan-sharpened QuickBird scene and digitalized aerial photographs. Image segmentation is demonstrated as an approach to aggregate image information to provide manageable landscape objects. These objects can potentially be of ecological significance as opposed to the pixels of the original image. It is shown that scenes of high spatial and spectral variability (as depicted on VHSR data) can be segmented with the aim of either one-level representation (OLR), or multi-scale segmentation (MSS). The first, applicable in landscapes with rather distinct features and clear boundaries, represents landscape elements, which can be directly classified by an advanced set of features, such as colour, form or texture. The latter, resulting in a hierarchical set of landscape objects, provides constituting elements for object relationship modeling (ORM) of complex target classes. Both approaches are discussed in terms of their appropriateness for specific landscape settings concerning complexity and spatial ambiguity of elements at a specific target scale. We also demonstrate how object-based habitat mapping can help to detect fine-scaled changes in the habitat types under consideration and how the approach can be used to support Natura-2000 monitoring.

**Zusammenfassung:** *Automatisierte objektbasierte Habitat- und Landnutzungskartierung über Zusatzinformation und Objektbeziehungsmodelle.* Als ein Beitrag zur Diskussion der Automatisierungsansätze zur Klassifikation höchstauflösender (VHSR) Fernerkundungsdaten im Bereich Naturschutz untersucht der vorliegende Artikel das spezifische Potenzial objektbasierter Klassifikation und der Einbeziehung zusätzlicher Datensätze bei der Klassenbeschreibung. Bedeutung und Einsatzmöglichkeiten werden anhand von zwei Fallstudien zur Habitat- und Landnutzungskartierung in Natura-2000 Gebieten in Österreich verdeutlicht. Bildsegmentierung wird als ein geeigneter Ansatz vorgeführt, wie detaillierte Bildinformation aggregiert werden kann, um handhabbare Landschaftsobjekte von ökologischer Relevanz zu erhalten. Es wird gezeigt, dass Szenen hoher räumlicher und spektraler Variabilität entweder durch einen einzigen geeigneten Objektlevel (OLR) oder multiskalare Bildsegmentierung (MSS) repräsentiert werden können. OLR, anwendbar in Landschaften mit homogen strukturierten Einheiten und klaren Grenzen, stellt Einheiten bereit, die durch Charakterisierung von Farbe, Form und Textur unmittelbar klassifiziert werden können. MSS hingegen generiert eine hierarchische Repräsentation von Landschaftsobjekten und bietet Objekte für die Modellierung komplexerer Klassen (ORM). Beide Ansätze werden für spezifische Landschaftsstrukturen besprochen, die unterschiedliche Komplexität bzw. räumliche Unschärfe aufweisen. Schließlich wird noch anhand des Beispiels zunehmender Verbuchung aufgezeigt, inwieweit objektbasierte Klassifikation genutzt werden kann, um feinmaßstäbige Veränderungen in Habitattypen quantitativ zu erfassen und somit das Monitoring von Natura-2000 Gebieten zu unterstützen.

## Introduction

User acceptance for satellite remote sensing data in local level nature conservation applications has been limited due to a spatial resolution that tends to mismatch the requirements of detailed assessment and monitoring tasks at hand. With recent increase in spatial resolution of satellite imagery (Ikonos, QuickBird), a growing interest from the nature conservation side can be observed (see e. g. KERR & OSTROVSKY 2003, WULDER et al. 2004, TURNER et al. 2003). However, with the advent of very high spatial resolution (VHSR) data not only chances, but also challenges of automated information extraction have significantly risen (LANG & BLASCHKE 2003). Some of the emerging advanced mapping and assessment methods are based on image segmentation approaches in combination with knowledge-based and rule-based classification of the delineated units. Current studies and projects concerning the Natura-2000 EU policy (e. g. SPIN, see WEIERS et al. 2004) seek to perform the task of status and change assessment on the basis of remote sensing data in a semi-automated manner. Reproducibility, transparency, transferability and the increased possibility for quantification have been reported by LANGANKE et al. 2004 as the central advantages of mapping approaches based on Earth observation (EO) within the framework of site assessment. Semi-automated classification methodologies for EO data provide a more objective outcome in the sense of the above mentioned requirements as compared to visual interpretation (*ibid.*). Due to its subjective character (ALBERTZ 1999, CAMPBELL 2001) reproducibility and transparency of visual interpretation is limited as even the same interpreter is not able to completely reproduce a visual interpretation a second time. Erroneous or biased results of the classification will propagate through any subsequent analysis like quantitative structural assessment or post-classification change detection.

The object-based approach discussed in this paper can facilitate mapping of complex

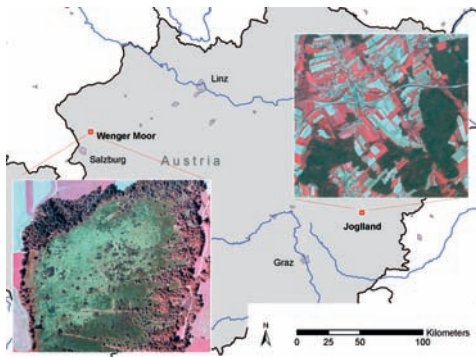
habitat structures (LANG & BLASCHKE 2003). Experienced field ecologists and remote sensing/visual interpretation specialists are challenged to collaborate on setting up a functioning rule set. The approach therefore bridges the gap between modeling and direct mapping, integrating methods of rule-based classifications of segmented remotely sensed imagery and GIS methods of spatial analysis. Within object-based mapping a cognition network (BINNIG et al. 2001) is established which serves as a conceptual framework for the number and parameterization of segmentation layers and the definition of classes. Especially when multiscale segmentation and object-relationship modeling (MSS/ORM, see BURNETT & BLASCHKE 2003) is being applied, such a conceptual outline seems to be indispensable. Any step and setting during the entire classification process is documented, and can be assessed and adopted if needed. Although the result is not necessarily more accurate, it can be reproduced and the process is to a high degree comprehensible. The formalized approach of analysis (i. e. the class definitions and composition and the documentation of the workflow and settings in the semi-automated process) technically allows for a transfer of the classification to other scenes (LANG & LANGANKE 2004, BENZ et al. 2004).

This paper aims to demonstrate the potential of object-based classification methods on two Natura-2000 sites in the Austrian provinces of Salzburg and Styria. Classification has been performed on high-resolution remotely sensed images utilizing expert knowledge. The authors will discuss the strengths of the approach but also demonstrate potential limits and problems which arise partly from the vagueness in class definition, partly from the segmentation algorithm itself.

## Study sites and data sets used

### Study sites

The first test area comprises a four square kilometre subset of the Styrian Joglland



**Fig. 1:** Locations of the two test sites: Joglland (Styria) and Wenger Moor (north-east of the city of Salzburg). The insets show samples of the data used: a QuickBird scene from 2004 (right) and a false-colour air-photo from 1976 (Amt der Salzburger Landesregierung, left)

around the town of Dechantskirchen (Fig. 1). The entire Joglland area is considered to form the habitat of various bird species listed in the Bird Directive 79/409/EEC (such as *Lanius collurio*, *Crex crex*, *Tetrao tetrix*, *Pernis apivorus*). The subset used in this study is dominated by a mosaic of agricultural fields (intensively used grassland, various types of crops), hedgerows (as of particular importance for *Lanius collurio*) and forest. A feasibility study for semi-automated classification of QuickBird data was carried out, focusing on object-based mapping using monotemporal VHSR data. This included the distinction between crop types and grasslands, the differentiation between forest types and the delineation of linear structural components (e. g. hedgerows) and land-use classes with ‘conceptual’ boundaries (e. g. orchards).

The second case-study captures and evaluates fine-scaled change dynamics in a threatened raised bog in the foothill area of the Alps within the province of Salzburg. With an overall size of 298 hectare the Wenger Moor (Fig. 1) is a small remnant of a raised bog, situated at an altitude of 510 m. Dynamics in the bog mainly reflect human-induced changes due to activities within the bog itself (such as drainage, peat extraction, afforestation logging) and in its immediate

surrounding (intensive agriculture). Today the former active raised bog is characterised by a complex and intermingled mosaic of remaining raised bog and several stages of degradation such as *Calluna vulgaris* encroached areas (heath bog) *Pinus mugo* (bush bog), and trees (tree bog). Aerial photographs document these changes between 1976 and 1999. Object-relationship modeling has been used to identify the four degradation stages. This included three steps: 1) image segmentation on two distinct levels, 2) classification of high resolution images of two different dates and 3) quantifying and highlighting changes in the habitat types under consideration.

## Data

QuickBird data have been acquired for the Joglland study. The data were resolution-merged leading to a ground-resolution of 0.6 m. Spatial enhancement of the QuickBird data was achieved by using a pan-sharpening approach after LIU (2000), a procedure that is optimized to maintain the original spectral values to a large extent (> 90%), as being compared to methods based on principal component analysis.

For the Wenger Moor study we used two scanned aerial photographs of the bog area, a colour-infrared air-photo from 1976 and a colour air-photo from 1999. Both aerial photographs have been co-registered and re-sampled to a spatial resolution of 0.37 m. A subset (28.8 ha) was used with the core area of the eastern part of the bog (see Fig. 1).

## Methods

### Segmentation strategy: one-level representation (OLR) vs. multi-scale segmentation (MSS)

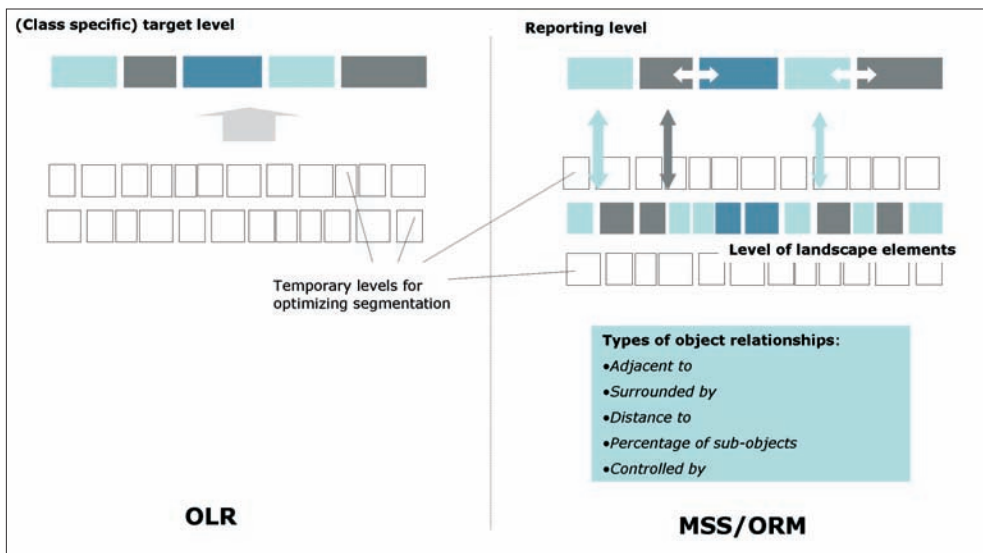
Image segmentation (HARALICK & SHAPIRO 1985) aims at partitioning an image exhaustively into homogeneous regions. Detailed image information is aggregated in segments that can be labelled and classified according to their spectral and spatial properties as well as their interrelationships. Image seg-

mentation is considered to be a crucial step in image analysis (PAL & PAL 1993), and by forming the conceptual link to human perception it may be an essential prerequisite for image understanding (GORTE 1998). While an enormous range of different segmentation approaches does exist (ZHANG 2001), the operational use of them within remote sensing applications is still limited (BLASCHKE & STROBL 2001, CHEN 2003). On the other hand the flexibility in performing scale-specific segmentation has led to a growing interest from landscape ecological applications of this approach. Within landscape ecology the hierarchical representation of process-relevant spatial units in various scale domains is one of the fundamental pillars (WU 1999). Segmentation can be used to provide a consistent set of image primitives to be used as landscape objects (LANG & LANGANKE 2004, BURNETT & BLASCHKE 2003).

Image segmentation in both studies has been performed using the software eCognition (BENZ et al. 2004). The algorithm being implemented follows a region-based, local mutual best fitting approach (BAATZ & SCHÄPE 2000), which performs merges in a

local vicinity of the image segments according to a fitting gradient (“gradient of degree of fitting”). In a scene being dominated by homogenous geographic features with distinct boundaries (e. g. agricultural fields, or forest types that are more characterized by texture than by spatial arrangement) one single level reflecting the appropriate scale domain is likely to be found. This level may be generated by iterative segmentation, but it will be used as the only level for classification (one-level representation, OLR, see Fig. 2, left). In more complex images with less distinct boundaries, the hierarchical structure of the represented landscape may be better reflected by multi-scale segmentation (MSS, see Fig. 2, right). MSS (BURNETT & BLASCHKE 2003) produces a nested hierarchy revealing homogenous units on different levels of aggregation. These units are subsequently used for defining classes by object-relationship modeling (ORM, *ibid.*, see next chapter). Within MSS/ORM a cognition network guides the number of segmentation layers required for the class modeling (LANG & LANGANKE 2004).

In the Jogland study we used OLR, since a single scale domain has been visually



**Fig. 2:** Two segmentation strategies: one-level representation (OLR, left) vs. multi-scale segmentation (MSS, right). OLR utilizes one single optimized level. In MSS/ORM two or more levels are used for class modeling.



**Tab. 1:** Segmentation levels, methods and parameterization for the two test sites. SP = scale parameter (final levels in bold); STD = standard (SP controls average size of segments); SD = spectral difference (SP controls average spectral distance between segments); ColW = colour weighting (against form); CompW = compactness weighting (against curvilinearity).

		<i>SP</i>	<i>Method</i>	<i>ColW</i>	<i>CompW</i>
<b>Joglland</b>	<b>OLR</b>				
	Crop types	50/80/120/140/ <b>170</b>	STD	0.5	0.5
	Forest types	<b>200</b>	STD	0.5	0.5
	Linear elements	50/80/120/ <b>140</b>	STD	0.5	0.5
	Orchard	10/ <b>20</b>	STD	0.5	0.1
<b>Wenger Moor</b>	<b>MSS</b>				
	Level 0	<b>15</b>	SD	n.a.	n.a.
	Level -1	<b>150</b>	STD	0.8	0.1

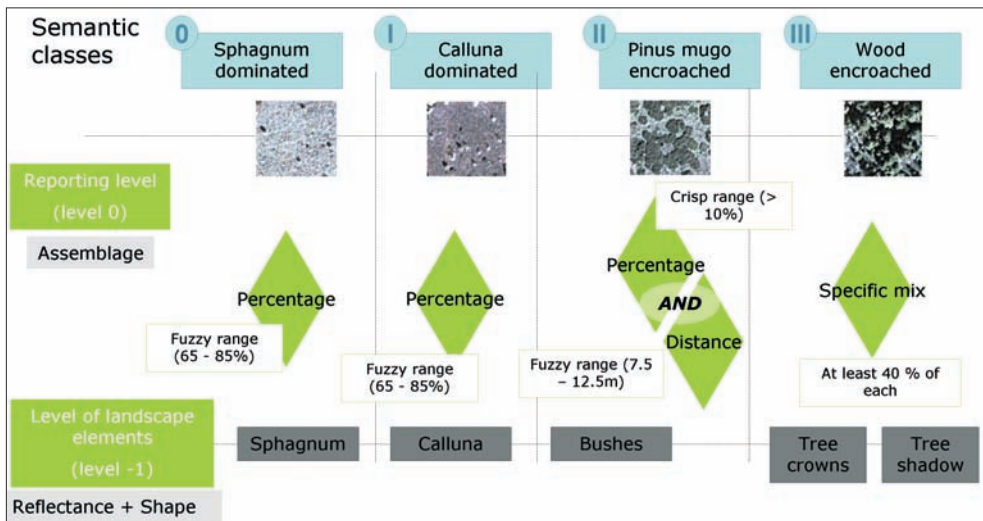
identified for the required level of detail. The parameters being used for the segmentation are shown in Tab. 1. In the Wenger Moor case study two such levels were created, namely the level of elementary landscape objects and the reporting or mapping level. The first level of segmentation represents basic landscape elements. Segmentation has to be fine enough to generate objects to be included in later classifications. This level is classified by collecting representative samples for each basic class throughout the image. A second, more aggregated segmentation level is created containing the target objects of the mapping level.

### Labeling and classification

Several sub-studies have been performed to investigate different strategies, each of them considered appropriate for the respective category of land use types. A complementary ground survey based on 159 control points has been conducted in the Joglland area. Points were collected under the premise to cover all spectrally distinguishable units and in particular to document the differentiation of different grassland and crop types, as well as different forest types. Ground survey and acquisition time of the satellite data were three months apart, there-

fore in some cases we additionally had to examine the actual stage three months before.

Crop types have been classified on a subset of 35.9 ha using a sample-based nearest neighbour classifier in spectral feature space. To differentiate between different forest types the third principal component (PC-3) has been used as an extra layer in a subset of 40.8 ha. The standard deviation of PC-3 was used as an additional feature in the classification process. The sub-scene has been classified in sequences: first we distinguished classes of different texture behaviour and secondly we combined it with the spectral information of the NIR band. Linear elements such as hedgerows and denser tree rows usually exhibit similar spectral signatures as deciduous trees. Hedgerows have been addressed by modeling the horizontal spatial relationships of their components, i. e. the continuous tree or shrub line next to an elongated shadow object, all being adjacent to agricultural fields. Orchards, though being easily recognized by a human interpreter due to their specific spatial arrangement of single trees in an otherwise homogeneous matrix (mostly grass vegetation), are hardly captured by segmentation, since outer boundaries are missing. In this case we successfully applied LIST, a tool for



**Fig. 3:** Cognition network Wenger Moor. The graphic shows how the four degradation stages (semantic classes) can be modeled using both spectral and structural characteristics.

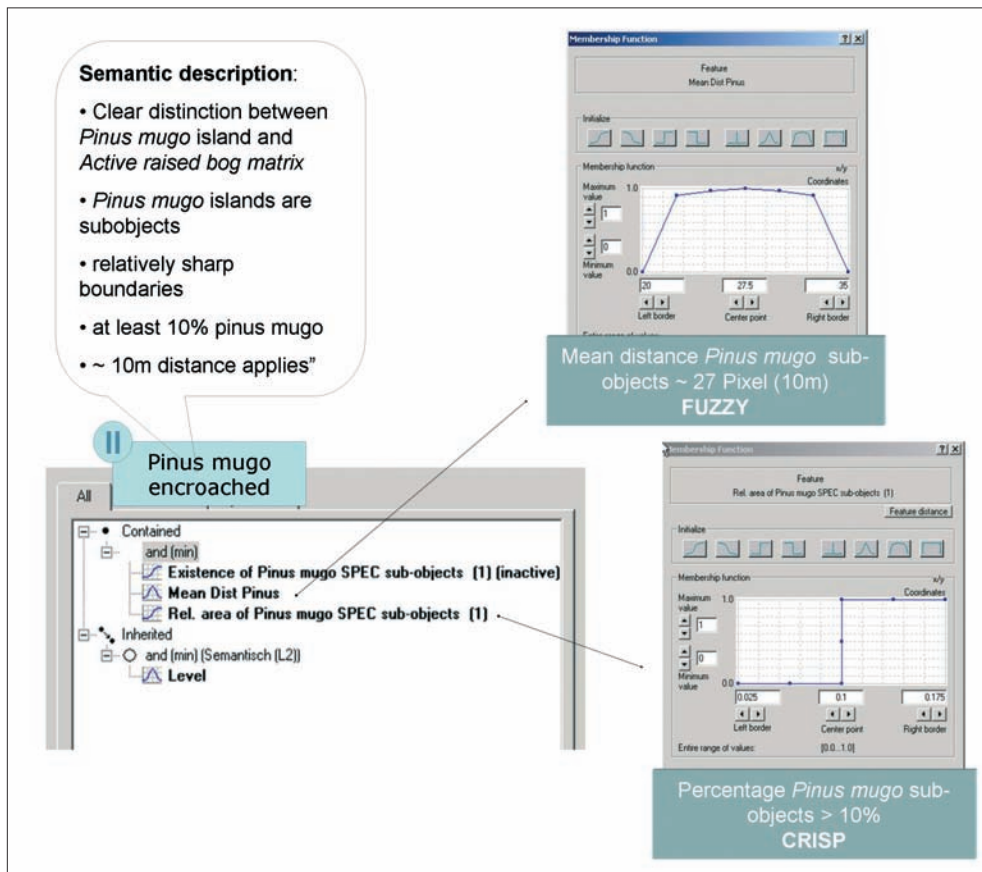
quantifying manually delineated features in terms of the spatial distribution of machine-derived sub-units (LANGANKE et al. 2004).

In the second case study we used ORM. The cognition network being established (Fig. 3) foresees two levels of segmentation, the first being referred to as the level of elementary landscape objects (level -1), the second being considered the reporting or mapping level (level 0). Level -1 reflects the constitutional homogenous elements in the landscape of interest. It has been classified by collecting representative samples for each class throughout the image. Spectral information was not sufficient to separate all classes, as some of them showed high spectral correlation. While a variety of object features could be used for separating samples, many of them are statistically intercorrelated. A statistical de-correlation analysis (feature space optimization, FSO) could be performed to identify  $n$  features which manage to separate the classes at best. However, this would not determine, if these features are really distinctive for the specific classes. For example, if the feature length/width ratio is selected by FSO, only coincidentally the samples may show this characteristic. Additional heuristics leveraging

spatial properties were encoded using fuzzy rules: the spatial feature 'distance of sphagnum to intensively used grassland' prevents objects adjacent to grassland from being classified as sphagnum. On the mapping level (level 0) classes were established according to the specific stages of degradation in the bog such as (remaining) open raised bog areas, *Calluna vulgaris* encroached areas, *Pinus mugo* bushes and tree dominated areas. The cognition network defines class composition on level 0 by modeling the spatial arrangements of the constituting sub-objects on level -1. Representative image sections were selected and their 'body plans' were documented as structural signatures (LANG & LANGANKE 2004) according to their typical structural characteristics. Expert knowledge has been incorporated to consider the relevant heuristics of a semantic class. An example for the heuristics being used for defining the class *Pinus mugo* encroached bog is given in Fig. 4.

### Change analysis

Post-classification change detection (SINGH 1979) has been applied on the 1976 and 1999 classification results. Changes were charac-



**Fig. 4:** For the definition of the semantic class *Pinus mugo encroached bog* the relative area of sub-objects (fuzzy rule) and an average distance (crisp rule) are used.

terized according to the increase of advanced degradation stages, mainly the spread of *Pinus mugo* bushes. A map overlay was performed and a set of sixteen change classes was produced. Additionally a transition matrix was computed which shows the transition from the original *Sphagnum* layer to each of the other degradation stages.

## Results

### Classification on OLR data layers

#### *Sample-based overall classification*

A sample-based overview classification, only using the original four bands of Quick-

Bird would generate high confusion between forest type classes and agricultural fields. In a test run we only obtained poor results (percent correct: 54.1%). Spectral profiles collected for the investigation of ambiguous classes showed broad overlaps.

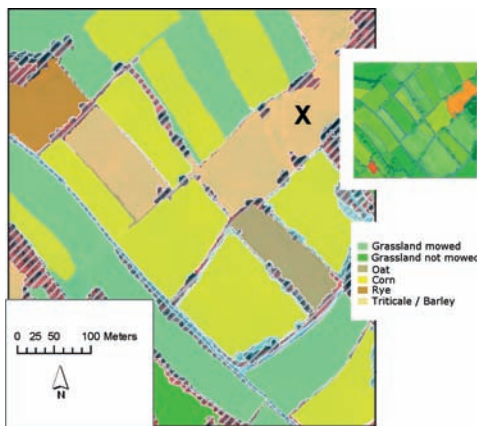
#### *Crop fields vs. grassland*

Since grassland in the study area is mainly intensively used, most parcels have already been mowed at the time of image acquisition in early May. These fields are characterized by a high portion of bare soil. Furthermore hay bundles lying on the ground are detectable and help differentiate grassland from corn (*Zea mays* L.) fields. Crop fields (other

than corn) at the time of capturing are characterized by higher biomass content, showing uneven textures in shades of red. Classification problems arose with grassland not yet being mowed, which exhibits a fuller red colour with an even texture. As a special case freshly mowed parcels were captured. Shortly after being mowed these fields show a light red to orange signature. Parcels, which at this phenological stage show limited photosynthetic activity, are mostly corn fields (with the exception of disturbed surfaces or freshly made up fallow ones).

### Crop types

On false-colour representations of the QuickBird data, the early growth stage corn fields appear in bluish tones in the original data. All other grain types were already in the growth stage with a certain portion of biomass at this time. In the study area this applies for crop types with ears (barley, wheat, rye, triticale) more clearly than to crops with panicles (here only oats). The result of the crop type classification is depicted in Fig. 5. For evaluating the classification stability we used membership assessment, assigning each segment a value reflecting the degree of best class membership. Addition-



**Fig. 5:** Automated delineation of agricultural fields and differentiation of crop types. Note that assignment of the field X is ambiguous due to its reflection behaviour (*left*). Analysis of classification stability revealing high uncertainty for field X (orange colour) (*top right*).

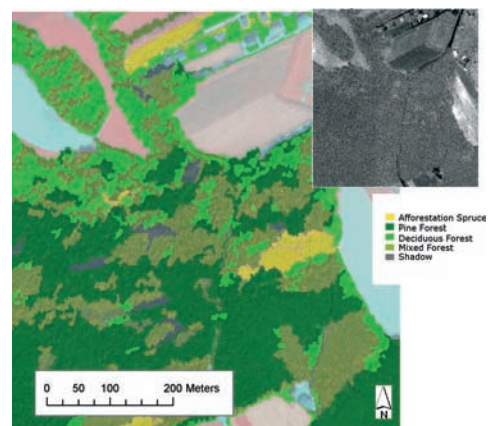
ally we examined every single polygon, and verified its label. Of these 104 segments, 98 (i. e. 94.2%) were classified correctly. Main confusion appeared at the edges of single parcels, where agricultural roads, tracks and field edges have been merged with the actual parcels in the segmentation process.

### Forest types

The distinction of different forest types has been successfully performed using additional data layers. Based on the third principal component a texture image has been calculated (see Fig. 6). Using the specific roughness, young spruce stocks could be identified, which otherwise due to their high spectral reflectance in near infrared were mistaken as deciduous trees. Pure pine forest could be separated from mixed woodland. 93 generated random points were used for evaluation, of which 90 points (96.8%) were correctly classified.

### Linear elements

Hedges and tree rows are theoretically detectable, if neighbourhood rules can be applied successfully. But this requires relevant objects (e. g. corn field and hedge objects)



**Fig. 6:** Classification of different forest types. A texture image of PC-3 of the QuickBird data (*upper right corner*) was used to identify afforestation areas (spruce).

to be produced directly adjacent to each other. Due to graded transitions between the dark shaded areas and the bright neighbouring field, the neighbour-rule often fails. Problems of aggregation will arise, if on higher levels of segmentation the desired boundaries of the entire hedge are not produced.

*Hybrid approaches*

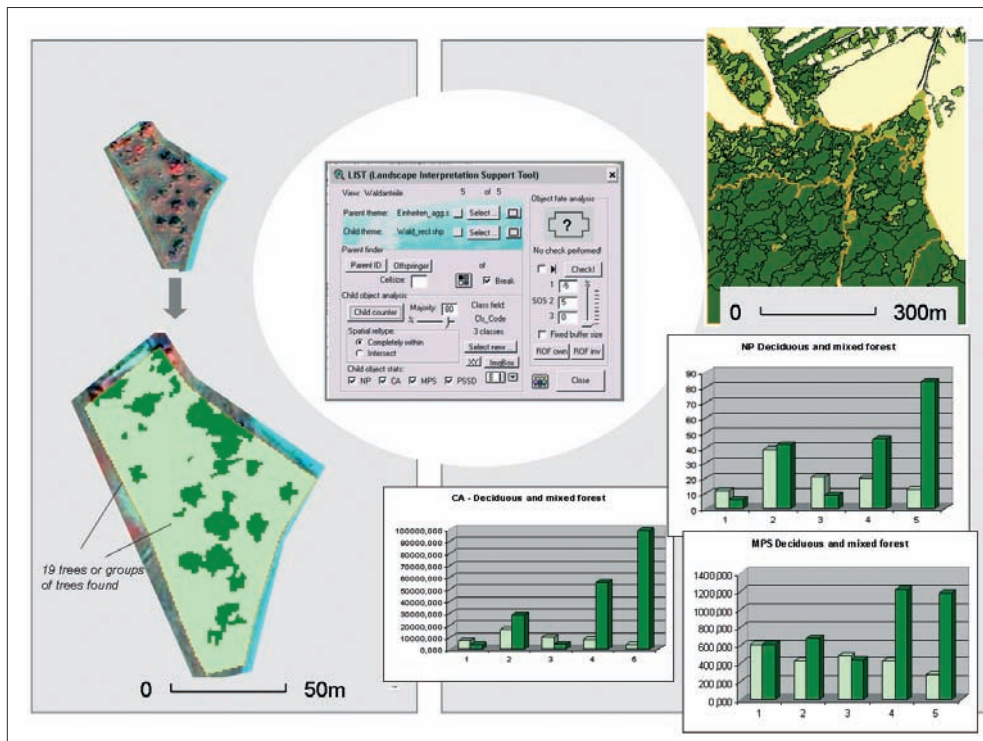
Manually delineated outlines of an orchard are used as predefined boundaries in the segmentation process. Alternatively, in this case, a convex hull could have been created around the trees using a certain buffer size. Using LIST, the number of deciduous trees and their averaged distance is then determined automatically (Fig. 7).

A similar procedure has been used to distinguish between forest classes, where aggrega-

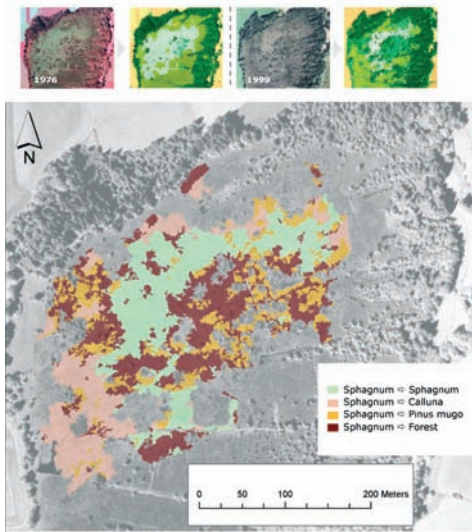
tion would be difficult without visual delineation (e. g. mixed woodland). Deciduous and coniferous trees, which are classified automatically, were used for quantification and structural analysis of the delineated units (see Fig. 7, right).

**Classification of degradation stages using ORM on MSS data layers**

The classification results of the degradation stages in the Wenger Moor is shown in Fig. 8 and Tab. 2. In 1999 bush encroachment has increased significantly as compared to the situation in 1976, where the different degradation stages have yet to show. Accuracy assessment has been performed using a random selection of 93 centroids of randomly selected 25 m<sup>2</sup> cells. The same set of points has been used for both time slices. Since the data show a past status of the mire and due



**Fig. 7:** Quantitative analysis using the ArcView extension LIST. *Left:* counting of trees within a manually delineated orchard. *Right:* Forest composition of manually defined units, being analyzed by the number of sub-objects (NP) of deciduous or coniferous/mixed woodland. Furthermore the respective total area (CA) and mean patch size (MPS) were calculated.



**Fig. 8:** Classification and quantification of changes in the Wenger Moor study. *Top row:* classification of false-colour air-photo from 1976 and colour air-photo from 1999. *Below:* Post classification change detection with transitions of *Sphagnum* to three different degradation stages.

to restricted access, ground truthing has been done by visual interpretation. However, assigning the correct reference values is problematic, since smooth transitions occur, when degradation stages gradually transform from one to another. Therefore 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> choice has been accepted in these transition zones (the class ‘Active raised bog’ has been excepted from this rule). 1<sup>st</sup> choice acceptance led to percent correct

values smaller than 80% in either case (1976: 77.4%; 1999: 73.1%). 2<sup>nd</sup> choice acceptance led to 87.6% 1976 and 83.7% in 1999 when allowing bush and tree confusion in transition zones; 82.8% in 1976 and 83.8% in 1999, when allowing heath and bush confusion. Taking both cases we finally reached 83.9% in 1976 and 89.3% in 1999. In 1976 slight overestimation of active raised bog was observed. Note that this could also refer to an underestimation in the reference interpretation. Point-based accuracy assessment seems to be very limited in scenes of high complexity and smooth transitions.

### Quantification of changes

The change map (Fig. 8) shows the respective transitions from the original *Sphagnum* area towards each of the designated degradation stages in the Wenger Moor test site within the 23 years between 1976 and 1999. Pink tones indicate change from *Sphagnum* towards *Calluna vulgaris*, orange towards *Pinus mugo*, and red towards forest. Loss of the core bog area has been calculated as 3.3 ha in favour of the degradation stages heath (0.2 ha), bushes (2.1 ha) and trees (1.0 ha).

### Discussion

We demonstrated to which extent approaches and strategies based on remotely sensed data can be used for fine-scaled classifications in the context of Natura-2000

**Tab. 2:** Results of the bog classification of two time slices 1976 and 1999. DG = degradation stage (0-III); CA = entire class area, NP = number of patches, MPS = mean patch size.

Class (DG)	1976			1999		
	CA (ha)	NP	MPS (ha)	CA (ha)	NP	MPS (ha)
Active Raised Bog (0)	5.98	3	1.99	2.13	17	0.13
Heath Bog (I)	7.51	8	0.94	4.85	25	0.19
Bush Bog (II)	0.48	21	0.02	3.59	207	0.02
Tree Bog (III)	10.11	15	0.67	14.57	95	0.15

habitat mapping. The potential of an object-based classification for deriving relevant target classes from VHSR data in a semi-automated manner has been examined, and critical issues and limits have been shown. Possibilities to facilitate the classification by rule sets or additional data derived by image processing were discussed. Using segmentation-based classification approaches, changes have been detected and spatially analyzed on aggregated levels. Monitoring and change detection methodologies are required in nature conservation, e. g. for the regular assessment of the conservation status of Natura-2000 sites all over Europe. In some cases this approach will be able to complement or even replace fieldwork, and at least enable better targeting the areas that warrant further study (WEIERS et al. 2004).

#### *Data material and usability*

QuickBird data with an enhanced spatial resolution of 0.6 m and the spectral range including the VNIR band provide means to classify habitats and land use types in a target scale dimension reaching up to 1:10,000. The pan-sharpening product has proved to be suitable for increasing spatial resolution while at the same time maintaining spectral behaviour for detecting the target classes to be addressed. The majority of the target classes can therefore be derived from QuickBird data. But still the difference between a 0.25 m aerial photograph and a 0.6 m QuickBird image can be critical when trying to identify single trees or plant species, even if satellite data have high radiometric resolution (11 bit). A reasonable cost-benefit ratio and the possibility to order and program user-defined areas by polygonal boundaries are further assets making QuickBird attractive for studies that focus on a rather small overall study area. As compared to the usage of aerial photographs, the entire workflow from ordering to processing is digital, i. e. no information is lost due to analogue procedures and mosaicking. Continuing monitoring and change detection is supported by high repeating rates. However, re-

ceiving the data is depending on data providers and can be influenced by the political situation or other uncontrollable factors such as unfavourable weather conditions.

#### *OLR, ORM and methodological constraints*

OLR has turned out to be suitable for delineating landscape elements with rather distinct boundaries. Even in seemingly heterogeneous (forest) habitats specific forest types in OLR could be identified due to texture homogeneity. Semi-automated classification to a certain degree allows for delineating different forest types. This applies to deciduous forest, mixed woodland, coniferous forest and spruce afforestation. Image processing techniques, such as PCA, provide additional data layers, which can be used for class definition. Also larger single trees, e. g. individual oaks within a pine forest can be detected, but due to its high structural heterogeneity of coniferous forest with mixed ages it remains a domain of manual interpretation, though supplemented by quantification of the portion of deciduous trees. Approaches using crown shapes for classification (see HIRSCHMUGL et al. 2004) appear to be promising when applied on images with spatial resolution smaller than 0.3 m.

Some classes turned out to be rather problematic for verification on the ground. This mainly applies for land-uses that showed a wide range of spectral signatures due to different land management on the different parcels. Classification based on samples using nearest neighbour classifiers and a uniform set of features proved to be successful in crop type differentiation on a limited area. At the very point of data capturing (beginning of May) a clear distinction is possible for corn against other crop species due to the phenology of growth. Judging hedges in terms of their suitability as habitats for bird species in the study area is likewise limited. The specific composition and the proportion of larger trees in relation to the under storey is relevant. While tree rows can be differentiated from lower hedges with ease, the spe-

cies composition is hardly derivable from the QuickBird data.

The *gradient problem* occurs when features seem to have distinct boundaries, but transitions are being produced by the region-based segmentation algorithm. These transition zones may only be several pixels in width, but often cause segments to be generated. These small and elongated objects lead to a situation in which neighbouring objects are in fact not strictly adjacent. In some cases acceptable, e.g. when considering gradients (MÜLLER 1998) or ecotones (ODUM 1959) in the landscape, they usually hinder the application of spatial rules like 'is adjacent' or 'is surrounded by'. In this case the arrangement can only be modelled by distance rules, which are very processing-time intensive.

Another problem is concerned with the delineation of aggregated target classes like an orchard (*orchard problem*). The automated delineation of an orchard will fail, where an outer limiting polygon is missing on any of the segmentation levels. The individual trees are spectrally separable from the surrounding meadow, but the outline border of the orchard itself (which is considered a conceptual border) cannot be delineated automatically. The surrounding grassland is spectrally nearly identical to the meadow within the orchard. Such a task is accomplished by the human brain without major effort (although the human ability to aggregate suffers from subjectivity). If such classes shall be included, we suggest combining the strengths of human aggregation with the power of machine-based delineation and quantification. As an operational solution for integration advantages of either approach, we used manually derived geometry from visual interpretation as a) predefined outlines for the segmentation or b) spatially coinciding features on different scales, the hierarchical relationships of which can be analyzed.

At the same time we realize that this hybrid approach can only be seen as a step on the way towards developing fully automated image analysis. This brings up the question whether full automation is feasible at all,

given the relatively high expenditure of time for the implementation of the rule sets.

### *Cross-study usability and transferability*

By making expert knowledge explicit the process of classifying becomes more transparent. Object-based mapping in general is a means of semi-automatically providing landscape units and the respective labels in an objective manner. In case of the Wenger Moor the spatial distribution of the four degradation stages has been generated by a rule set, which can be fully reconstructed. Based on a production system the outcome strictly depends on the underlying object relationship model. At the same time it is flexible for adaptations by changing the parameterization. The establishment of a cognition network encapsulates the required knowledge for building up a rule set. Though not empirically proved as yet in this case, the transferability seems to be rather a matter of adapting the parameterization (SCHÖPFER et al. 2005).

When modeling aggregated and complex classes, difficulties arise in assessing the accuracy in the end, because working over several scales is required. In the end accuracy has to be judged on the reporting level. Getting visual prove from an expert may be easy, but to perform a quantitative assessment sophisticated methods of locational, attributive and geometrical accuracy have to be included.

### **Acknowledgements**

The work conducted in the Joglland case study has been financed by the Austrian FFF (The Austrian Research and Technology Promotion Fund) funded project SIMPL (simulation model for planning in nature conservation). We kindly acknowledge close collaboration with Dipl.-Ing. MAGDALENA FUCHS and Dipl.-Ing. DANIEL BOGNER from e&b. We very much appreciate cooperating with PANTELIS XOFIS who was supportive in providing us with the Erdas Imagine Model of the pan-sharpening ap-



proach we used. Work of the Wenger Moor study has been supported by the EU project SPIN (Spatial Indicators for European Nature Conservation, Contract No. EVG2-2000-0512). We gratefully thank the authority for Nature Conservation of the Salzburg provincial government for fruitful discussions and data provision.

## References

- ALBERTZ, J., 1999: Methoden der Mustererkennung. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Fernerkundung und Ökosystem-Analyse, **17**: 37–51.
- BAATZ, M. & SCHAEPE, A., 2000: Multi-resolution segmentation. An optimization approach for high-quality multi-scale image segmentation. – In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (eds.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*: 12–23.
- BENZ, U., HOFMANN, P., WILLHAUCK, G., LINGENFELDER, I. & HEYNEN, M., 2004: Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **58**: 239–258.
- BINNIG, G., BAATZ, M., KLENK, J. & SCHMIDT, G., 2002: Will Machines start to think like humans? – *Europhysics News*, **33** (2).
- BLASCHKE, T. & STROBL, J., 2001: What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. – *GIS*, **6**: 12–17.
- BURNETT, C. & BLASCHKE, T., 2003: A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis. – *Ecological Modeling*, **168**: 233–249.
- CAMPBELL, J.B., 2002: *Introduction to Remote Sensing*. – The Guilford Press, New York.
- CHEN, Q.-X., LUO, J.C., ZHOU, C.-H. & PEI, T., 2003: A hybrid multi-scale segmentation approach for remotely sensed imagery. – *Proceedings of IGARSS 2003 IEEE*, 7/2003, Toulouse.
- GORTE, B., 1998: Probabilistic segmentation of remotely sensed images. – *ITC Publication Series*, **63**.
- HARALICK, R.M. & SHAPIRO, L., 1985: Image segmentation techniques. – *Computer Graphics and Image Processing*, **29**: 100–132.
- HIRSCHMUGL, M., AMLACHER, K. & SCHARDT, M., 2004: Methodik zur automatisierten Baumartendifferenzierung basierend auf CIR-Orthophotos. – In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (eds.): *Angewandte Geoinformatik 2004*: 227–236.
- KERR, J.T. & OSTROVSKY, M., 2003: From space to species: ecological applications for remote sensing. – *TRENDS in Ecology and Evolution*, **18** (6): 299–305.
- LANG, S. & LANGANKE, T., 2004: Monitoring von Verbuschungs- und Verwaltungsstadien im Natura-2000 Gebiet Wenger Moor: objektbasierte Bildanalyse und GIS. – In: WALZ, U., LUTZE, G., SCHULTZ, A. & SYRBE, R.-U. (eds.): *IÖR-Schriften, Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung*, **43**: 191–203.
- LANG, S. & BLASCHKE, T., 2003: Hierarchical object representation. Comparative multi-scale mapping of anthropogenic and natural features. – *ISPRS Archives*, **24** (3/W8): 181–186.
- LANGANKE, T., BLASCHKE, T. & LANG, S., 2004: An object-based GIS/remote sensing approach supporting monitoring tasks in European-wide nature conservation. – *First Mediterranean Conference on Earth Observation*, April 21–23, 2004, Belgrade, 245–252.
- LIU, J.G., 2000: Smoothing Filter-based Intensity Modulation: a spectral preserve image fusion technique for improving spatial details. – *International Journal of Remote Sensing*, **21** (18): 3461–3472.
- MÜLLER, F., 1998: Gradients in ecological systems. – *Ecological Modeling*, **108**: 3–21.
- ODUM, E.P., 1959: *Fundamentals of ecology*. – Saunders, Philadelphia.
- PAL, N.R. & PAL, S.K., 1993: A review on image segmentation techniques. – *Pattern Recognition*, **26**: 1277–1294.
- SCHÖPFER, E., LANG, S. & BLASCHKE, T., 2005: A “Green Index” incorporating remote sensing and citizen's perception of green space. – *ISPRS Archives*, Vol. No. XXXVII-5/W1, pp. 1–6.
- SINGH, A., 1989: Digital change detection techniques using remotely-sensed data. – *International Journal of Remote Sensing*, **10**: 989–1003.
- TURNER, W., SPECTOR, S., GARDINER, N., FLADELAND, M., STERLING, E. & STEININGER, M., 2003: Remote sensing for biodiversity science and conservation. – *TRENDS in Ecology and Evolution*, **18** (6): 306–314.
- WEIERS, S., BOCK, M., WISSEN, M. & ROSSNER, G., 2004: Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scales using remote sensing and GIS methods. – *Landscape and Urban Planning*, **67**: 43–65.

- WU, J., 1999: Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. – *Canadian Journal of Remote Sensing*, **25** (4): 367–380.
- WULDER, M.A., HALL, R.J., COOPS, N.C. & FRANKLIN, S.E., 2004: High spatial resolution remotely sensed data for ecosystem characterization. – *BioScience*, **54** (6): 511–521.
- ZHANG, Y.J., 2001: *Image segmentation*. – Since Press, Peking.

## Addresses of authors:

Dr. rer. nat. STEFAN LANG  
Zentrum für Geoinformatik (Z\_GIS)  
University of Salzburg  
Hellbrunnerstrasse 34, 5020 Salzburg Austria  
e-mail: stefan.lang@sbg.ac.at

Dr. rer. nat. TOBIAS LANGANKE  
Centre for Environmental Management  
School of Geography  
University of Nottingham  
Nottingham NG7 2RD, England  
e-mail: tobias.langanke@nottingham.ac.uk

Manuskript eingereicht: März 2005

Angenommen: Juli 2005

## GIS-gestützte Bildanalyse der städtischen Vegetation als ein Indikator urbaner Lebensqualität

MATTHIAS MÖLLER, Tempe, Arizona & THOMAS BLASCHKE, Salzburg

**Keywords:** remote sensing, vegetation index, object-based image analysis, orthophoto, urban green

**Abstract:** *GIS-based Image Analysis of Urban Vegetation as an Indicator of Urban Quality of Life.* Urban areas are the most densely populated regions of Earth today. These settlement areas are far from natural in status and much more adapted to the special needs of our functional, economic life. We have developed an indicator for the estimation of surrounding vegetation for each building as a measurement for urban life quality. The categorization of "feeling comfortable and/or natural" in urban areas introduces qualitative, human-centered perspective to remote sensing. In a case study in the Phoenix Metropolitan area (Arizona, USA) digital orthophotos are classified into major urban land use/land cover classes following an object-based approach. Building footprints and vegetation are classified with a high accuracy. For all buildings in the study area ten surrounding circles (buffers) are created and the fraction of vegetation for each circle is calculated. The percentage of vegetated area inside every fringe represents the newly designed fraction of surrounding vegetation (FSV). This FSV is a useful tool for city planners and allows a direct measurement of life quality centered for each single building but mapped in an aggregated manner so that areas across parts of a city are comparable and planning measures can be based upon this index.

**Zusammenfassung:** Städtische Gebiete gehören zu den am dichtesten besiedelten Gebieten der Erde und stellen eine stark veränderte Umwelt dar. Sie sind weitgehend funktional ausgerichtet, um die Bedürfnisse unseres modernen Lebens zu befriedigen. In dieser Studie wird ein Indikator zur Einschätzung urbaner Lebensqualität vorgestellt. Dieser Index ist auf den Menschen zentriert und folgt der Hypothese des „Wohlfühlens in einer naturnahen Umgebung“ über den Parameter Vegetation. In dieser Untersuchung wurden Orthophotos eines Teils der Metropole Phoenix, USA, analysiert. Zunächst wurden die Hauptklassen urbaner Nutzung aus Fernerkundungsdaten extrahiert (Vegetation, Gebäude, Boden, Oberflächenwasser). Anschließend wurden für alle Gebäude je 10 konzentrische Ringe und in Folge der Vegetationsanteil jedes Ringes berechnet. Aus dem prozentualen Anteil von Vegetation im jeweiligen Abstandsring wird ein neuer Index berechnet, der *fraction of surrounding vegetation* (FSV). Der FSV unterstützt Planungen, da er als eine direkte Messgröße für die Abschätzung des menschlichen Wohlfühlens in Abhängigkeit der umgebenden Vegetation betrachtet werden kann.

---

### 1 Einleitung

Städtische Räume sind die Wachstumszellen und Lebenszentren von mehr als der Hälfte der Erdbevölkerung (UN 2002). Hier werden die ökonomischen Werte erwirtschaftet und konsumiert. Um das System „Stadt“

funktionstüchtig zu halten, ist ein ausgeklügeltes Netzwerk an Logistik zwingend notwendig. Lebensadern und -zentren dieses Systems sind Straßen und Bauwerke; sie stellen das Umfeld unseres städtischen Lebensraumes dar. Mit dem natürlichen Lebensraum des Menschen hat die künstliche

Stadt nicht mehr viel gemeinsam. Nichtsdestotrotz ist der Mensch ein Teil der Natur und benötigt für die individuelle Gesundheit einige naturbedingte Voraussetzungen (WHO 1946). Zu diesen zählt insbesondere das Vorhandensein von belebter, grüner Vegetation im nahen Wohnumfeld. Mit Vegetation bestandene Orte werden oft und gerne von Menschen aufgesucht, denn schon das Grün der Pflanzen wirkt positiv auf das psychische Wohlempfinden (FROHN 2004). Durch die von Vegetation verbesserte Luftqualität ist auch ein positiver Einfluss in physischer Hinsicht gegeben.

Die Erfassung von Vegetation ist daher eine wichtige Grundvoraussetzung für die Beurteilung der städtischen Lebensqualität. Zukünftige Planungen können auf diesen Informationen basieren, gezielte Strategien und Fördermaßnahmen etwa zum Anpflanzen von Vegetation sollten auf einer genauen Vegetationsinventur aufsetzen. Da eine vollständige terrestrische Kartierung aufwändig und daher zumindest nicht regelmäßig durchführbar ist, werden häufig Luftbilder interpretiert oder Fernerkundungsdaten mittels Bildverarbeitung klassifiziert (MÖLLER 2001, 2003). Prinzipiell gelangt man auf diese Weise zu flächendeckenden Aussagen des Vegetationsbestands, basierend auf einer „Draufsicht“. Dazu werden prozentuale Flächenanteile von „Grün“ und „Nicht-Grün“ berechnet und z. B. „vegetation fraction“ (GITELSON et al. 2002) oder Biomasse-Indikatoren verwendet. Die Ergebnisse sind meist nur mit Zusatzerhebungen oder zusammen mit Zusatzdaten auch in qualitativer Hinsicht interpretierbar.

## 2 Methodik

In dieser Studie wird zunächst eine Methode beschrieben, Vegetation aus digitalen Ortholuftbildern zuverlässig zu erfassen. In einem zweiten Schritt werden aus denselben Fernerkundungsdaten Gebäudegrundrisse abgeleitet. Im abschließenden Teil der Untersuchung wird mittels GIS-Analyseoperationen jedes Gebäude, ausgehend von seinem Mittelpunkt, daraufhin analysiert, wieviel Anteile welcher Art von Vegetation in

gewissen Abständen um das Objekt anzufinden ist. In einem Vorläuferprojekt wurde ein ähnlicher Ansatz zur Erfassung und Bewertung von urbanem Grün von SCHÖPFER et al. (2005) für die Stadt Salzburg, Österreich, beschrieben. Diese Methode wurde dahingehend abgeändert, dass nunmehr keine externen Geobasisdaten, wie die Gebäudegrundrisse aus Katasterdaten, benötigt werden. Einzige Quelle zur Ableitung und Bewertung von Grün in dieser Untersuchung sind die digitalen Luftbilddaten.

Eine grundlegende Hypothese bzw. eine neue Arbeitsrichtung ist der Objekt-basierte Ansatz der Bildverarbeitung, der auf einer Segmentierung aufsetzt. Unter Segmentierung versteht man in der digitalen Bildverarbeitung die Gruppierung benachbarter Bildelemente (Pixel) zu Pixelgruppen (Regionen, Segmenten, Bildprimitiven) aufgrund von Ähnlichkeitskriterien (Spektralsignatur, Textur). Im Gegensatz zur Klassifikation und zum Clustering sind unter Segmentierung Verfahren zu verstehen, welche die Pixel nicht aufgrund ihrer Ähnlichkeit im Merkmalsraum zusammenfassen, sondern im Bild an sich (Ortsraum). Es handelt sich also nicht nur um eine Zusammenfassung spektral ähnlicher Pixel, sondern es wird gleichzeitig dem räumlichen Zusammenhang Rechnung getragen. Segmentierungsansätze existieren in verschiedenen Bereichen der Bildverarbeitung, insbesondere in physikalischen Anwendungen und in den Materialwissenschaften, seit den 80er Jahren. In Anwendungen von Erdbeobachtungsdaten ist erst seit ca. dem Jahr 2000 ein sprunghafter Anstieg der Verwendung von Segmentierungsverfahren als Vorstufe der Bildklassifikation zu beobachten. Diese Zunahme fällt zusammen mit der Etablierung der so genannten „1m-Generation“ der optischen Erdbeobachtungssatelliten (Ikonos, Quickbird, OrbView) (BLASCHKE & STROBL 2001) und mit der Verfügbarkeit kommerzieller Software, die Bildverarbeitung und GIS-Operationen verbindet (FLANDERS et al. 2003, BENZ et al. 2004). Es wird vielfach behauptet und für verschiedenste Anwendungen auch belegt, dass in hochauflösenden Daten diese Form der Re-

gionalisierung Vorteile gegenüber der multivariaten Betrachtung von Pixeln ergibt (BENZ et al. 2004, LANG 2005, MEINEL et al. 2001, MÖLLER 2004), auch wenn diese Gegenüberstellung stark vereinfacht ist, da z. B. Texturparameter ebenfalls die Kontextinformation mit abdecken (BLASCHKE 2003). BURNETT & BLASCHKE (2003) haben eine auf ökologischer Theorie basierende Methodologie entwickelt, über mehrere Segmentierungen Beziehungen zwischen Objekten und deren Unterobjekten, z. B. „Wald“ und „Einzelbaum“ zu modellieren. Auf dieser Methodologie basieren mittlerweile zahlreiche Anwendungen. Einen Überblick dazu sowie zum Segmentierungsprozess im Rahmen einer Bildklassifikation geben HAY et al. (2003), BENZ et al. (2004) und BLASCHKE et al. (2004).

### 3 Untersuchungsraum, Datenaufbereitung und Bilddatenanalyse

#### 3.1 Untersuchungsgebiet

Für die vorliegende Studie wurde exemplarisch ein Testgebiet mit einer Größe von  $2\text{ km} \times 2\text{ km}$  in der Stadt Tempe (Arizona, USA) ausgewählt. Es handelt sich um ein Gebiet mit gemischter Bebauung: typische Einfamilienhäuser dominieren, im Süden liegt ein Gewerbegebiet und im Nordosten befinden sich Teile der Arizona State University (Abb. 1). Die Stadt Tempe ist Teil der Metropole Phönix und liegt naturräumlich in der Sonora Wüste, die sich durch ein trockenheißes Klima auszeichnet.

Das Untersuchungsgebiet ist, verglichen mit dem durchschnittlichen Durchgrünungsgrad der gesamten Metropole, relativ dicht mit Vegetation bestanden. In dieser Gegend greifen alte Wasserrechte, die eine wöchentliche Flutung des gesamten Grundstückes garantieren.

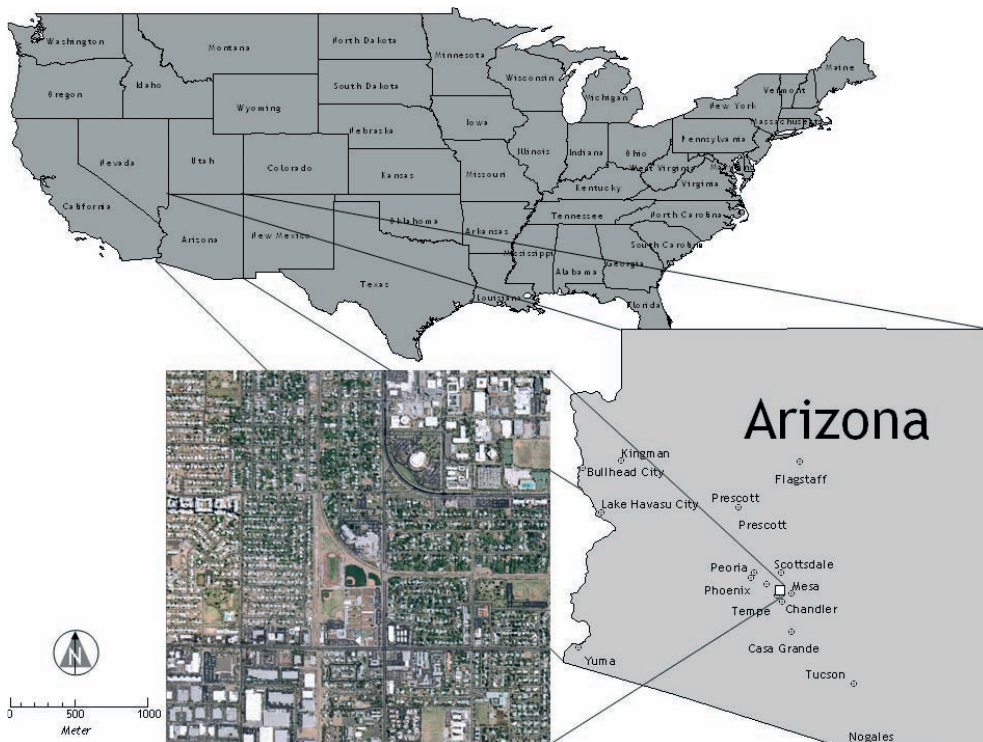


Abb. 1: Untersuchungsgebiet Tempe, Arizona, USA.

### 3.2 Vorverarbeitung der Bilddaten

Für diese Untersuchung wurden digitalisierte Echtfarben Ortholuftbilder verwendet, die in einer räumlichen Auflösung von 0.61 m (2 Fuß) vorliegen. Die Bilder wurden im September 2003 von der Fa. Landiscor aufgenommen. Die Bilddaten wurden auf eine räumliche Auflösung von 1 m formatiert, um so eine Vergleichbarkeit mit Satellitenbilddaten (Ikonos, Quickbird, Orbview) zu einem späteren Zeitpunkt zu gewährleisten. Da die spektrale Information des Nahen Infrarots fehlt, wurde mit Hilfe der u. g. Formel ein künstlicher Kanal *Normalized Differenced Green/Red Vegetation Index* ‚ndgrvi‘ erzeugt:

$$NDGRVI = \frac{dn_{green} - dn_{red}}{dn_{green} + dn_{red}} \quad (1)$$

Der NDGRVI repräsentiert, ähnlich der so genannten *red edge* (vgl. JENSEN 2004), belebte Vegetation in relativ hohen Pixelwerten, geringe oder fehlende Vegetation in niedrigen Werten. Entsprechend sind die mit Vegetation bestandenen Flächen auch visuell eindeutig auszumachen. Im Einzelnen können folgende Werte in etwa für die Differenzierung von Vegetationstypen festgestellt werden:

**Tab. 1:** Typischer NDGRVI für Vegetation.

Vegetationstyp	NDGRVI
Bodendeckendes Gras, vital	0.13–0.25
Bodendeckendes Gras, Stress durch Wassermangel	0.01–0.07
Baum, Busch, vital	0.16–0.35

### 3.3 Bildsegmentierung

Zunächst werden die multispektralen Orthobilddaten zusammen mit dem Datensatz des NDGRVI in homogene Objekte segmentiert. Die Segmentierung stellt eine Zwischenstufe zwischen Vorverarbeitung und Klassifikation dar, da durch diesen Bearbeitungsschritt die Geometrie der später zu klassifizierenden Objekte geschaffen wird.

Unterschiedliche Segmentierungen können dabei in der Regel nicht generell als „richtig“ oder „falsch“ bezeichnet werden (BLASCHKE & STROBL 2001). Sie sollten dem Anwendungszweck und dem Auswertungsmaßstab entsprechend zielführend sein, d. h. die zu klassifizierenden Objekte gegeneinander abgrenzen. Eine nach diesen Kriterien geringe Segmentierungsqualität wirkt sich nachteilig auf die Klassifikationsgüte aus, da die Klassifikation anhand der Mittelwerte der Segmenteigenschaften (Spektralsignatur, Streuung, Form, Nachbarschaftseigenschaften etc.) erfolgt (NEUBERT & BLASCHKE 2004). Ein aktuell verbreitetes Bildanalysewerkzeug ist die Software eCognition (Definiens 2004), das über die Segmentierung hinaus auf eine segmentbasierte Klassifikation von Bilddaten abzielt.

In Tab. 2 sind die Segmentierungsparameter dargestellt, die die Zielobjektkategorien und –objekte Gebäude, Vegetation und versiegelte bzw. unversiegelte Flächen bestmöglich repräsentieren. Die Auswahl der Segmentierungsparameter ist nach wie vor ein kritischer Schritt in diesem Ansatz (NEUBERT & BLASCHKE 2004). Die Software unterstützt zwar das Abschätzen sinnvoller Parameter durch verschiedene Hilfsmittel und Statistiken, die Entscheidung liegt jedoch beim Anwender. Für eine ausführliche Diskussion der Segmentierungslevels und Forschungsansätze zur Bestimmung „robuster“ oder „signifikanter“ Ebenen sei auf LANG (2002) und TUFTE (2003) verwiesen.







Die Segmentierungsparameter in Tab. 2 beziehen sich auf die Software eCognition

**Tab. 2:** Segmentierungsparameter.

level	segmentation mode	scale parameter	shape-factor	compactness	smoothness
3	spectral diff.	12			
2	Normal	30	0.1	0.8	0.2
1	Normal	10	0.1	0.5	0.5

*Gewichtung: Echtfarbenorthophoto alle Kanäle mit Gewichtung 1, NDRGVI ohne Gewichtung*

**Tab. 3:** Regelbasierte Klassendefinitionen.

Hauptklasse	Unterkategorie	Definition I	Definition II
Gebäude		 Area 34–50 m <sup>2</sup>	 Shape Index 2.5–3.5
	Rotes Gebäude		Std. Nearest Neighbor
	Weißes Gebäude		Std. Nearest Neighbor
	Dunkles Gebäude		Std. Nearest Neighbor
Boden		 keine Vegetation	
	Versiegelte Flächen		Std. Nearest Neighbor
	Parkplatz		Std. Nearest Neighbor
	Roter Boden/Sport		Std. Nearest Neighbor
	Offener Boden		Std. Nearest Neighbor
Vegetation		 NDGRVI 146.7–149	Std. Nearest Neighbor
	Rasenflächen	 keine Bäume	
	Bäume, Büsche	 Ortho, blau, 105–107	
Wasser		Std. Nearest Neighbor	

und auf den Algorithmus von BAATZ & SCHÄPE (2000). Während die Methodologie von BURNETT & BLASCHKE (2003) von mehreren levels ausgeht, die in ihrer spezifischen Kombination den Schlüssel zum Verständnis der Landschaft darstellen (siehe LANG et al. 2004), sind anthropogene Objekte stärker von ihrer Form geprägt (LANG & BLASCHKE 2003) und weisen nicht notwendigerweise hierarchische Beziehungen auf. Daher wird in der folgenden Klassifikation nur das level 3 verwendet.

### 3.4 Klassifikation

In der überwachten Objekt-basierten Klassifikation werden zunächst die Hauptklassen definiert, die anschließend durch die beschreibenden Parameter weiter unterteilt und gegeneinander abgegrenzt werden. In diesem Ansatz gibt es zwei prinzipielle Klassifikationsmethoden, die auf multispektralen Charakteristika aufsetzen: standard nearest neighbor, nearest neighbor (Definiens

2004). Weitere Definitionen zur Abgrenzung der Klassen gegeneinander sind Regelbasiert (vgl. Tab. 3). Die folgenden Hauptklassen werden für das Untersuchungsgebiet verwendet:

- Gebäudeflächen,
- Wasserflächen,

**Tab. 4:** Klassifikationsergebnis.

Hauptklasse	Unterkategorie	Fläche in ha
Gebäude	Rotes Gebäude	0.24
	Weißes Gebäude	26.44
	Dunkles Gebäude	38.02
Boden	Versiegelte Flächen	113.45
	Parkplatz	13.26
	Roter Boden/Sport	0.84
	Offener Boden	68.30
Vegetation	Rasenflächen	55.76
	Bäume, Büsche	82.70
Wasser		0.75

- vegetationsfreie Geländeoberfläche, unterteilt in offenen Boden und versiegelte Flächen,
- Vegetation, unterteilt in die Unterklassen bodendeckende Rasenflächen und höhere Vegetation wie Büsche und Bäume.

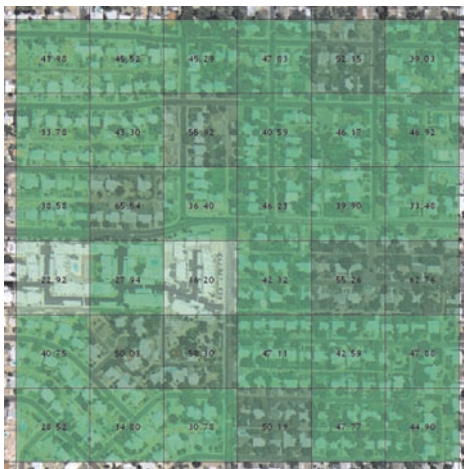
Die einzelnen Klassen sind wie folgt definiert:

Die Klassifikationsgenauigkeit wurde anhand von 50 zufällig über das Untersuchungsgebiet verteilter Punkte evaluiert (random point Methode, vgl. ERDAS 2003). So konnten eine Klassifikationsgenauigkeit von 82% und ein Kappa Index von  $\kappa = 0.76$  ermittelt werden.

#### 4 Analyse der Klassifikationsergebnisse

##### 4.1 Ermittlung des Durchgrünungsgrades

Zunächst wird ein Durchgrünungsgrad oder Grünindex ähnlich wie bei SCHÖPFER et al. (2005) ermittelt, der den durchschnittlichen Anteil von Vegetation je Flächeneinheit angibt. Er wird direkt aus den beiden Klassen „Bäume & Büsche“ und „bodendeckende Rasenflächen“ ermittelt. Diese Klassen gehen mit jeweils gleicher Gewichtung in die Berechnung ein. Der Vegetationsanteil wird



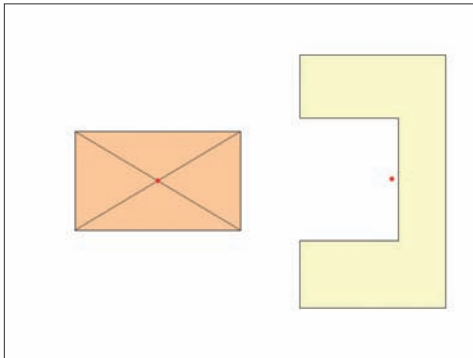
**Abb. 2:** Grünindex über die Fläche gemittelt über einen Teil des Untersuchungsgebietes.

über ein  $100\text{ m} \times 100\text{ m}$  großes Raster gemittelt und die resultierenden Werte anschließend in vier Klassen eingeteilt. Anhand des Grünindex sind effektiv Gebiete mit geringem Vegetationsanteil und Gebiete mit hohem Vegetationsgrad zu unterscheiden (Abb. 2). Für mittelmaßstäbliche Planungen stellt der Grünindex auf Rasterzellenbasis in dieser Form eine sehr effiziente Datenbasis dar. In dem konkreten Beispiel ist festzustellen, dass Gebäude mit großen Grundrissen meist in Zellen liegen, die einen geringen Vegetationsanteil aufweisen. Auffallend sind drei Zellen mit Werten von 16.2%, 22.92% und 27.94% Vegetation. Hier nehmen einerseits die Gebäude selbst einen großen Flächenanteil der jeweiligen Zelle ein, andererseits sind die direkt umgebenden Flächen versiegelt und werden als Parkplätze genutzt. Es handelt sich bei diesem Komplex um eine mehrgeschossige Wohnanlage.

Die Zahlen in Abb. 2 geben für jede Zelle mit einer Größe von  $100\text{ m} \times 100\text{ m}$  den prozentualen Anteil der Vegetation an. Dieser Grünindex ist allerdings nur eingeschränkt brauchbar, wenn Aussagen über individuelle Gebäude hinsichtlich der unmittelbar umgebenden Vegetation gemacht werden sollen. Damit einher gehend kann auch für den Zugang zu, bzw. den Ausblick auf Vegetation der dort lebenden Personen nur auf Basis von Einzelhäusern eine konkrete Aussage gemacht werden. Um eine solche Analyse durchzuführen, muss jedes Gebäude individuell – jedoch automatisiert – betrachtet werden.

Da Gebäudegrundrisse in den USA – anders als z. B. in Deutschland – nicht im Kataster geführt werden, ist zunächst die automatisierte Erfassung dieser Außengrenzen notwendig. Da die Objekt-basierte Klassifikation hinsichtlich der Gebäudedetektion geometrisch genaue Ergebnisse liefert, können diese als Eingangsdaten verwendet werden. Zunächst wurden die Gebäude mit einer Grundfläche größer  $50\text{ m}^2$  extrahiert, um so die Objekte, die keine permanente Aufenthaltsfunktion aufweisen (also weder reine Wohn-, noch Arbeitsfunktion), von der weiteren Analyse auszuschließen. Bei letzteren handelt es sich im Wesentlichen um





**Abb. 3:** Zentroide unterschiedlicher Formen.

Nebengebäude, also Garagen, Schuppen und Anbauten, die mit dem Haupthaus in keiner direkten Verbindung stehen.

Für jedes Hauptgebäude wurde der Zentroid berechnet, der Flächenschwerpunkt des jeweiligen Grundrisses. Dabei kann es aufgrund der unregelmäßigen Form des Gebäudegrundrisses auch dazu kommen, dass der Zentroid außerhalb des eigentlichen Gebäudes liegt (Abb. 3). In diesen hier insgesamt 43 Fällen liegt der Abstand des Zentroids maximal 6 m vom eigentlichen Gebäude entfernt. Der minimale Abstand des Zentroids liegt bei 0.5 m, der Mittelwert der Abweichungen bei 1.85 m und die Varianz bei 1.53 m.

Zentroid: rot, links in der Mitte des Objektes, rechts außerhalb des Objektes gelegen.

#### 4.2 Analyse und Beurteilung des umgebenden Vegetationsanteiles

Ausgehend vom jeweiligen Zentroid wurden zehn Kreise mit jeweils 10 m Abstand zueinander berechnet, was einem maximalen Radius von 100 m entspricht. Der Wert wurde analog zur Größe der Rasterzelle für die Berechnung des Durchgrünungsgrades gewählt (s. o.). Abb. 4 zeigt, dass dieser Umkreis weit größer ausfällt als die uneingeschränkte Sicht vom jeweiligen Gebäude aus. Auch der Großteil der täglichen Aktionen im direkten Umkreis des Gebäudes (im Sinne der Lebensfunktion „wohnen“, nicht z. B. „sich versorgen“) dürfte deutlich geringer ausfallen als 100 m, liegt vielmehr in einer Spanne von 0 m–40 m.

Zehn Umkreise mit einem Abstand von je 10 m um den Zentroid eines Gebäudes.

Im nächsten Schritt wurden die Flächenanteile der beiden Vegetationsklassen berechnet, so wie sie in den einzelnen Kreisringen vorkommen. Die Gesamtfläche der Vegetation wurde dann in prozentualen Anteilen zur Gesamtfläche des jeweiligen Ringes berechnet. Das Ergebnis dieser GIS Operationen ist der Flächenanteil umgebender Vegetation (engl.: *fraction of surrounding vegetation* oder FSV). In Tab. 5 ist der FSV für alle 1863 Gebäude aufgelistet.

Wie erwartet, ist in einem Abstand von bis zu 10 m um den Flächenzentroid der Vegetationsanteil gering. Das erklärt sich dadurch, dass in diesem Kreis hauptsächlich die Gebäude selbst liegen (Abb. 4). Beson-

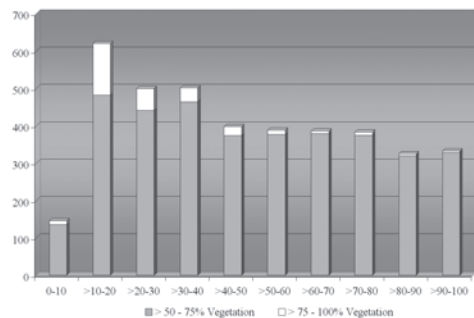
**Tab. 5:** Anzahl der Gebäude nach prozentualen Flächenanteil der umgebenden Vegetation (FSV) in Kreisringen von 10 m–100 m.

FSV	Abstand vom Gebäude in m									
	bis 10 m	> 10 bis 20 m	> 20 bis 30 m	> 30 bis 40 m	> 40 bis 50 m	> 50 bis 60 m	> 60 bis 70 m	> 70 bis 80 m	> 80 bis 90 m	> 90 bis 100 m
bis 25 %	1232	646	621	589	607	527	528	517	554	551
bis 50 %	485	596	742	772	858	947	948	962	983	979
bis 75 %	136	482	441	465	374	377	379	375	321	329
bis 100 %	10	139	59	37	24	12	8	9	5	4



**Abb. 4:** Zentroid für ein Gebäude und Umkreise.

ders wichtig für das menschliche Wohlbefinden ist die Abstandsclass  $>10\text{ m}-20\text{ m}$ , denn sie sollte im Wesentlichen die das Gebäude direkt umgebenden Anlagen repräsentieren. Dazu zählen primär private Gärten als die am häufigsten genutzten Erholungsanlagen. Entsprechend finden sich hier auch hohe Anteile von Vegetation für sehr viele Gebäude. Genau 621 Gebäude, das sind 33.13% aller Gebäude, weisen einen Vegetationsanteil von mehr als 50% im Kreisring von  $>10\text{ m}-20\text{ m}$  auf. Immerhin noch 94 Gebäude haben keine Vegetation im Kreisring  $>10\text{ m}-20\text{ m}$ . Hierbei handelt es sich jedoch nicht um Gebäude, die primär dem privaten Wohnen dienen, sondern fast ausschließlich um Gewerbekomplexe und Teile der Universität.



**Abb. 5:** Gebäude mit FSV  $\geq 50\%$ .

Mit einem deutlichen Abstand folgt die Klasse  $>20\text{ m}-30\text{ m}$ . Hier weisen noch 500 Gebäude oder 26.83% einen Vegetationsanteil von mehr als 50% auf. Sehr ähnlich ist



a) mit unterlegtem Luftbild

b) je dunkler der Farbton, desto höher der FSV<sub>a</sub>**Abb. 6:** Gemittelter prozentualer Flächenanteil (FSV<sub>a</sub>) von Vegetation um die Gebäude.

die nächste Abstandsklasse  $> 30\text{ m} - 40\text{ m}$  besetzt. Erst in der Klassen  $> 40\text{ m} - 50\text{ m}$  ist ein deutlicher Rückgang klar auszumachen, auch als Sprung in Abb. 5. Insbesondere der Vegetationsanteil in der Klasse  $> 75 - 100\%$  geht auf nur noch wenige Gebäude zurück.

Zusätzlich wurde auch der Vegetationsanteil gemittelt über alle Abstandsklassen für jedes Gebäude berechnet. Das Ergebnis, der gemittelte (*average*) Flächenanteil umgebender Vegetation (FSV<sub>a</sub>), veranschaulicht die Verteilung der umgebenden Vegetation. Helle, grüne Töne in Abb. 6a und b stehen für einen geringen Vegetationsanteil in der Umgebung bis 100 m, dunkle grüne Töne weisen auf einen hohen umgebenden Vegetationsanteil hin. Der größte FSV<sub>a</sub> für ein Gebäude wurde mit einem Wert von 82% ermittelt.

## 5 Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick

Die vorgestellte Studie sowie zahlreiche andere Forschungsarbeiten (BLASCHKE et al. 2001, MEINEL et al. 2001, SCHIEWE & TUFTE 2002, BURNETT et al. 2003, TUFTE 2003, MÖLLER 2004, LANG 2005) unterstreichen die Vorteile der auf Bildsegmentierung basierenden Methoden gegenüber pixelbasier-

ten Verfahren. Dies äußert sich oft nur geringfügig in der Klassifikationsgüte (MEINEL et al. 2001), vor allem, wenn diese ausschließlich über Zufallspunkte evaluiert wird. Unterschiede bestehen insbesondere in der Anzahl der unterscheidbaren Klassen, im Anteil unklassifizierter Flächen und in der Form und Verteilung der resultierenden Objekte. Das von Auswertungen auf Pixelbasis bekannte salt-and-pepper-Rauschen wird weitgehend überwunden. Dies wird durch eine gewisse Generalisierung durch die Bildung von Segmenten und Objekten erzielt. Falls in spezifischen Untersuchungen gerade die Details von Interesse sind, ist eine feinere multiskalare Segmentierung zu wählen (BURNETT & BLASCHKE 2003), oder eine Kombination aus Pixel-basierten und Objekt-basierten Verfahren (KOCH et al. 2003).

In dieser Untersuchung wurde ein kombinierter Fernerkundungs/GIS-Ansatz gewählt, der die individuelle Wohnperspektive betrachtet. Der Ansatz baut auf dem Grünraumindex von SCHÖPFER et al. (2005) auf, mit zwei wesentlichen Unterschieden: Er kommt ohne externe GIS-Daten aus, indem die notwendigen Gebäudegrundrisse aus den Fernerkundungsdaten selbst abgeleitet werden, und in der GIS-Analyse werden

konzentrische Kreise und damit pseudo-kontinuierliche Abstandsmaße für Vegetationsanteile individuell für jedes Gebäude berechnet.

Mit dem FSV wird ein neuer Index eingeführt, der eine aussagekräftige Maßeinheit für den Anteil von Vegetation in unterschiedlichen Kreisringen um Gebäude liefert. Er kann ausschließlich aus Echtfarben-Orthobilddaten ohne zusätzliche Informationen abgeleitet werden. Der FSV kann mit Hilfe von Objekt-basierten Bildverarbeitungsmethoden und GIS Operationen aus den Fernerkundungsdaten in einem operationalisierbaren Arbeitsprozess berechnet werden.

Der FSV ist als Bewertungsgröße für den Zugang und die Wahrnehmung umgebender Vegetation gedacht. Dabei wird in dieser Variante nicht unterschieden zwischen bodenaher (z. B. Grasflächen) und hoher Vegetation (Büsche, Bäume). Um den FSV weiter zu entwickeln, wird in laufenden und zukünftigen Arbeiten dieser Index zunächst dahingehend verfeinert, dass er zwischen diesen Hauptklassen an Vegetation unterscheidet. Er soll dann auch an anderen Regionen der Metropole Phoenix getestet werden. Besondere Aufmerksamkeit gilt hierbei der Fragestellung, inwieweit der Index eine Differenzierung der Siedlungsgebiete in *mesic* (durchgrünt, mit verhältnismäßig viel Vegetation) und *xeric* (eher trocken, mit naturnaher Vegetation) ermöglicht.

In dem gewählten Ansatz bereitet es momentan noch Probleme, die Zahl der Bewohner eines Gebäudes abzuleiten. Diese Größe ist aber notwendig, um die Anzahl der direkt Betroffenen exakt einschätzen zu können. Zwar unterscheiden sich die Gebäude – bezogen auf ihre jeweilige Hauptnutzung – hinsichtlich der Größe ihres Grundrisses, doch müssen hier weitere Kriterien getestet werden. In Zusammenarbeit mit der fortgesetzten Grünraumstudie in der Stadt Salzburg sollen schließlich auch neue Wege des accuracy assessments beschritten werden, die die subjektive Wahrnehmung der Einwohner in den Mittelpunkt stellen.

In einem nächsten Schritt soll der FSV auf andere Stadtgebiete weltweit ausge-

dehnt werden. Als Datengrundlage wird zukünftig sowohl auf hochauflösende Satellitenbilddaten wie auch auf extrem hochauflösende digitale Flugzeugscannerdaten (MÖLLER 2003) zurückgegriffen, die dann auch die Information des Infraroten Spektralbereiches beinhalten und somit eine detailliertere Erfassung und Differenzierung von Vegetation ermöglichen sollten.

### Danksagungen

Die Autoren danken dem Land Salzburg, das im Rahmen eines Wettbewerbs durch ein „Land Salzburg Research Fellowship“ die gemeinsame Forschungsarbeit ermöglicht hat, den Mitarbeitern der Arbeitsgruppe LARG am Zentrum für Geoinformatik der Universität Salzburg für die inhaltlichen Anregungen, JASON WALKER und ALEXANDER BUYANTUYEV, beide Arizona State University, für anregende Diskussionen und die Aufbereitung der Orthobilddaten sowie der Firma Definiens AG, München, für die Unterstützung dieser Arbeit.

### Literatur

- BAATZ, M. & SCHÄPE, A., 2000: Multi-resolution Segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. – In: STROBL, J. BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII: 12–23; Wichmann, Heidelberg.
- BENZ, U., HOFMANN, P., WILLHAUCK, G., LINGENFELDER, I. & HEYNEN, M., 2004: Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. – ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing **58**: 239–258.
- BLASCHKE, T., 2003: Object-based contextual image classification built on image segmentation. – IEEE/NASA workshop on Advances in Techniques for Analysis of Remotely Sensed data, proceedings, Washington DC, CD-ROM.
- BLASCHKE, T. & J. STROBL, 2001: What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. – GIS Zeitschrift für Geoinformationssysteme (6): 12–17.
- BLASCHKE, T., CONRADI, M. & LANG, S., 2001: Multi-scale image analysis for ecological monitoring of heterogeneous, small structured land-

- scapes. – Proceedings of SPIE, Toulouse, 35–44.
- BLASCHKE, T., BURNETT, C. & PEKKARINEN, A., 2004: New contextual approaches using image segmentation for object-based classification. – In: DE MEER, F. & DE JONG, S. (eds.): Remote Sensing Image Analysis: Including the spatial domain. – 211–236; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- BURNETT, C. & BLASCHKE, T., 2003: A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis. – Ecological Modelling **168** (3): 233–249.
- BURNETT, C., AAVIKSOO, K., LANG, S., LANGANKE, T. & BLASCHKE, T., 2003: An Object-based Methodology for Mapping Mires Using High Resolution Imagery. – In: JÄRVET, A. & LODE, E. (eds.): Ecological Processes in Northern Wetlands. – 239–244; Tallinn.
- Definiens, 2004: eCognition Professional User Guide 4. Definiens Imaging, München.
- ERDAS, 2003: ERDAS IMAGINE Tour Guides. – ica Geosystems GIS & Mapping, LLC, Atlanta, GA.
- FLANDERS, D., HALL-BEYER, M. & PEREVERZOFF, J., 2003: Preliminary evaluation of eCognition object-based software for cut block delineation and feature extraction. – Canad. J. Remote Sensing, **29** (4): 441–452.
- FROHN, J., (Hrsg.), 2004: Grün für Körper und Seele: Zur Wertschätzung und Nutzung von Stadtgrün durch die Bielefelder Bevölkerung. – Universität Bielefeld, Diskussionspapier Nr. 37.
- GITELSON, A., KAUFMAN, Y., STARK, R. & RUNDQUIST, D., 2002: Novel algorithms for remote sensing estimation of vegetation fraction. – Remote Sensing of Environment **80**: 76–87.
- HAY, G., BLASCHKE, T., MARCEAU, D. & BOUCHARD, A., 2003: A comparison of three image-object methods for the multiscale analysis of landscape structure. – ISPRS International Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, **57**: 327–345.
- JENSEN, J., 2004: Introductory Digital Image Processing. – 3rd Ed., 544 p.; Prentice Hall.
- KOCH, B., JOCHUM, M., IVITS, E. & DEES, M., 2003: Pixelbasierte Klassifizierung im Vergleich und zur Ergänzung zum objektbasierten Verfahren. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **2003** (3): 195–204.
- LANG, S., 2002: Zur Anwendung des Holarchie-konzeptes bei der Generierung regionalisierter Segmentierungsebenen in höchstauflösenden Bilddaten. – In: BLASCHKE, T. (Hrsg.): Fernerkundung und GIS. Neue Sensoren – Innovative Methoden. – 24–33; Wichmann Verlag, Heidelberg.
- LANG, S., 2005: Image Objects and Landscape Objects Interpretation, Hierarchical Representation and Significance. – PhD Thesis, Salzburg University.
- LANG, S. & BLASCHKE, T., 2003: Hierarchical object representation – a comparative study on multi-scale mapping of man-made and natural features. – International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation vol. XXXIV-3/W8, 181–186.
- LANG, S., BURNETT, C. & BLASCHKE, T., 2004: Multiscale object-based image analysis – a key to the hierarchical organisation of landscapes. – Ekológia, supplement, *pages pending*.
- MEINEL, G., NEUBERT, M. & REDER, J., 2001: Pixelorientierte versus segmentorientierte Klassifikation von IKONOS-Satellitendaten. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **2001** (3): 157–170.
- MÖLLER, M., 2001: New Remote Sensing Systems and GIS-Techniques for the Monitoring of Urban Ecological Processes. – In: EHLERS, M. (ed.): Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology. – Proceedings of SPIE, Vol. **4545**: 109–117.
- MÖLLER, M., 2003: Urbanes Umweltmonitoring mit digitalen Flugzeugscannerdaten. – Buch mit CD, 126 S.; Wichmann, Karlsruhe.
- MÖLLER, M., 2004: Monitoring Long Term Transition Processes of a Metropolitan Area with Remote Sensing. – In: Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2004, Anchorage, AK, CD ROM.
- NEUBERT, M. & BLASCHKE, T., 2004: Segmentierung von Fernerkundungsdaten als Grundlage zur Ableitung von Landschaftsstrukturmaßen. – In: WALZ, U., LUTZE, G., SCHULTZ, A. & SYRBE, R.-U. (eds.): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. – IÖR Schriften **43**: 91–108; Dresden.
- SCHIEWE, J. & TUFTE, L., 2002: Potential und Probleme multiskalarer Segmentierungsmethoden der Fernerkundung. – In: BLASCHKE, T. (Hrsg.): Fernerkundung und GIS: Neue Sensoren – Innovative Methoden. – 42–51; Wichmann-Verlag, Heidelberg.
- SCHÖPFER, E., LANG, S. & BLASCHKE, T., 2005: A “Green Index” incorporating remote sensing and citizen’s perception of green space. – International Archives of Photogrammetry, Re-

- mote Sensing and spatial information sciences, Vol. No. XXXVII-5/W1, 1–6; Tempe, AZ.
- TUFTE, L., 2003: Automatisierte Bestimmung von Bearbeitungsskalen für die multiskalige Auswertung von hoch auflösenden Fernerkundungsdaten. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **2003** (5): 383–394.
- United Nations, UN, 2002: World Urbanization Prospects – The 2001 revision Data Tables and Highlights. – ESA/P/ WP.173. [http://www.un.org/esa/population/publications/wup2001/wup\\_2001dh.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/wup2001/wup_2001dh.pdf) (10. August 2005).
- World Health Organization, WHO, 1946: Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19–22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948.
- Anschriften der Autoren:
- Dr. rer. nat. MATTHIAS MÖLLER  
Arizona State University, International Institute for Sustainability, PO Box 873211  
Tempe, AZ 85287, USA  
Tel.: +1-480-965 0987, Fax: +1-480-965 8087  
e-mail: matthias.moeller@asu.edu
- PD Mag. Dr. THOMAS BLASCHKE  
Universität Salzburg, Zentrum für GeoInformatik Salzburg, Hellbrunnerstraße 34  
A-5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +42-662-80445225, Fax: +43-662-8044 525  
e-mail: thomas.blaschke@sbg.ac.at
- Manuskript eingereicht: Juni 2005  
Angenommen: August 2005

## Untersuchung der Eignung des X-SAR/SRTM-Höhenmodells für die Ableitung hydrologisch relevanter Reliefparameter

MARKUS WOLF, Jena, VOLKER HOCHSCHILD, Tübingen & CHRISTIANE SCHMULLIUS, Jena

**Keywords:** remote sensing, hydrological modeling, DEM, DTM, X-SAR/SRTM elevation model

**Zusammenfassung:** In der vorliegenden Studie geht es um die Beurteilung hydrologisch relevanter Reliefparameter, die aus X-SAR/SRTM-Daten als Input für die Parametrisierung distributiver Flusseinzugsgebietsmodelle abgeleitet wurden. Anhand von angewandten geostatistischen Genauigkeitsanalysen, Geländemessungen und vergleichenden Analysen mit Referenzhöhen- und Geländemodellen in drei Thüringer Untersuchungsgebieten mit unterschiedlicher Relief- und Landschaftsausstattung (Ilm-Einzugsgebiet, Biosphärenreservat Rhön, Talsperre Zeulenroda) wird die Eignung dieses globalen Höhendatensatzes für die hydrologische Modellierung beurteilt. Aufbauend auf den durchgeführten Analysen wurde eine Methodik erarbeitet, um die Nutzungseinschränkungen von Radarhöhenmodellen, die sich aus den Interaktionseigenschaften der elektromagnetischen Wellen mit der Erdoberfläche für hydrologische Parameterableitungen ergeben, zu beseitigen. Damit wurden erhebliche Verbesserungen der hydrologischen Eigenschaften des SRTM-DHM erreicht. Diese Verbesserungen konnten anhand der abgeleiteten hydrologisch relevanten Reliefparameter im Vergleich zum Referenzmodell des Thüringer Landesvermessungsamtes, einem ERS-DHM sowie einem hoch aufgelösten E-SAR-DHM nachgewiesen werden. Dabei hat sich gezeigt, dass das Single-Pass-System durchaus in der Lage ist, auch Mittelgebirgslandschaften, wie in der Rhön, zuverlässig und ohne signifikante geometrische Abbildungsfehler nachzubilden.

**Summary:** *Investigation on the use of X-SAR/SRTM elevation models for the derivation of hydrological relevant relief parameters.* The aim of the paper is to demonstrate the value of Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) derived Digital Elevation Model (X-SAR-DEM) Data for parameterisation of distributive hydrological models. The quality assessment results are compared with other remote sensing derived elevation data: a photogrammetrically derived Digital Terrain Model (DTM) of the Thuringian Bureau for Land Survey, ERS Tandem Mission data (C-Band) and a high resolution radar-retrieved DEM of the airborne E-SAR system of the German Aerospace Establishment DLR. The analysis was carried out in three test sites in Thuringia (Biosphere Conservation Area Rhön Mountains, Ilm-Catchment and Zeulenroda Reservoir Area) and comprises GPS measurements, difference images between several DTMs and DEMs, statistical analysis and quality estimations as well as derivation of secondary DEM products like slope, aspect, curvature, catchment area, river density, flow direction, flow accumulation, wetness index, transport capacity, etc. These parameters are used as spatial input for distributed hydrological models. A method is presented to improve and optimise the hydrological qualities of interferometric DEM models. The investigation has proven that the single-pass-products are clearly an improvement to existing repeat-pass remote sensing products from SAR (e. g. ERS1/2-DEM).

## 1 Einleitung

Die distributive hydrologische Flusseinzugsgebietsmodellierung verwendet regionalisierte Landschaftsausprägungen, zu denen neben der Landnutzung, den Böden und der Geologie insbesondere das Relief zählt. Das Relief eines Einzugsgebiets hat entscheidenden Einfluss auf die dort herrschenden hydrologischen, geomorphologischen und biologischen Prozesse. Die exakte Aufnahme der Topographie und die daraus ableitbare Einzugsgebietscharakteristik stellt deshalb vor allem für die distributive hydrologische Modellierung eine unverzichtbare Eingangsgröße dar (HOCHSCHILD 2001).

Nach BROCKMANN (1998) ist „die großräumige Erfassung räumlich-hydrologischer Informationen zum Aufbau und zur Kalibrierung quantitativer hydrologischer Modelle aus technischer und wirtschaftlicher Sicht nach wie vor nicht zufrieden stellend gelöst“. Mit der SAR-Interferometrie hat in den vergangenen Jahren ein Verfahren operationellen Status erreicht, welches der Datenaufnahme und -auswertung neue Perspektiven eröffnet. Dieses flugzeug- oder satellitengetragene Aufnahmesystem zur Erzeugung von Digitalen Höhenmodellen gewinnt deshalb zunehmend an Stellenwert, weil es in der Lage ist, effizient, kostengünstig und flächendeckend Höheninformationen in einer für mesoskalige hydrologische Anwendungen ausreichenden räumlichen Auflösung und Genauigkeit bereitzustellen. Dabei sind diese Systeme weitgehend unabhängig von Bewölkung und Beleuchtung. Darüber hinaus beinhalten die Daten der Radarrückstreuung weitere, aus hydrologischer Sicht interessante Informationen über Bodenfeuchte, Oberflächenrauigkeit und Biomasse (HAJNEK 2001).

Mit der im Februar 2000 durchgeführten *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) gelang es erstmals, einen homogenen digitalen Höhendatensatz mit nahezu globaler Abdeckung zu generieren (SCHMULLIUS et al. 2000). An Bord des Spaceshuttles „Endeavour“ befand sich neben dem amerikanischen C-Band-System (SIR-C) auch das deutsch-italienische X-Band Radar (X-

SAR). Beide Geräte nutzten die spezielle Systemkonfiguration der Single-Pass-Interferometrie. Diese Konfiguration wurde durch den Einsatz eines 60 m langen Antennenmastes ermöglicht (KOCH et al. 2002). Das hervorgegangene X-SAR/SRTM-Höhenmodell, welches die Landmasse zwischen 60° Nord und 58° Süd abdeckt, übertrifft mit einer Auflösung von 1 × 1 Bogensekunde (1" ≈ 30 m) alle bisher zur Verfügung stehenden globalen Höhendatensätze. Der größte Vorteil, den man sich von dieser Technik versprach, war die Eliminierung der temporären Dekorrelation als einen der bedeutendsten Fehlerfaktoren. Der Single-Pass Aufnahmetechnik wird für die Zukunft noch großes Entwicklungspotential zugeschrieben, welche im Fall von SRTM letztendlich durch die Länge (60 m) und Stabilität der physikalischen Basislinie und dem Signal-Rausch-Verhältnis des Systems limitiert war (BAMLER et al. 2003). Nach Untersuchungen von GÜVEN et al. (2004) liefern die SRTM-Daten bessere Ergebnisse als die vergleichbaren Produkte der optischen Sensoren ASTER, SPOT 5 und teilweise auch IKONOS. REICH & THIEL (2002) setzen nach eigenen Untersuchungen die Datengüte sogar den vergleichbar aufgelösten Geländemodellen der Landesvermessungsämter gleich und stellen darüber hinaus fest, dass die Daten durchweg genauer sind als die der ERS-Tandem-Mission. Das X-SAR-DHM beschränkt sich jedoch technisch bedingt auf etwa 50 km breite Aufnahmestreifen, zwischen denen in Abhängigkeit von der geographischen Breite Datenlücken bestehen.

## 2 Zielsetzung

Die Topographie der Oberfläche ist eine wesentliche Komponente des Landschaftshaushaltes, deren Kenntnis unverzichtbar ist für die Untersuchungen zur Landschaftsdynamik, wie z. B. des Landschaftswasserhaushaltes. Vor allem der Oberflächen- und der Zwischenabfluss (Interflow) sind der Steuerung des Reliefs unterworfen. Wichtige Bedeutung besitzen aber auch Hangneigung, Exposition und Hangwölbung. Die



Wölbung (konkav, konvex) hat direkten Einfluss auf die Abflusskonzentration sowie die Abflussgeschwindigkeit bzw. Abflussbeschleunigung. Diese Faktoren wirken sich unmittelbar auf die Transportkapazität des oberflächlich abfließenden Wassers und folglich auch auf das Erosionspotenzial aus (GÜNDRA et al. 2000). Im Hinblick auf die Erforschung der hydrologischen Dynamik und Abflussentstehung in distributiven meso- und makroskaligen Einzugsgebieten kann festgestellt werden, dass bis zur Verfügbarkeit der SRTM Höhenmodelle für Einzugsgebiete mit fehlender hydrometrischer Messinfrastruktur in der Regel zwar methodisch konsistente Informationen zur Landnutzung, Geologie und den Bodensubstraten vorlagen, Höhenmodelle aber in vielen Fällen nicht in ausreichender Qualität, Konsistenz oder grenzüberschreitender Gebietsabdeckung zur Verfügung standen.

Zielsetzung der hier vorgestellten Arbeiten ist die Untersuchung der Abbildungseigenschaften des SRTM-DHM im Hinblick auf die Ableitung hydrologisch relevanter Modellierungsparameter. Dazu wurde mit Hilfe einer eingehenden geostatistischen Genauigkeitsanalyse und dem Vergleich mit weiteren Höhenmodellen die Eignung und Anwendbarkeit dieses globalen Datensatzes für die hydrologische Modellierung beurteilt. Als Untersuchungsgebiete wurden drei Thüringer Einzugsgebiete (Ilm, Rhön, Zeulenroda) mit unterschiedlichem Reliefcharakter ausgewählt. Zum Vergleich standen das Referenz-Geländemodell DGM50 (25 m × 25 m) des Thüringer Landesvermessungsamtes sowie Höhenmodelle der ERS-Tandem-Mission bzw. aus einer E-SAR (Experimental Synthetic Aperture Radar) Befliegung zur Verfügung.

Aufbauend auf den durchgeführten Analysen wurde eine gezielte Methodik zur Verbesserung der hydrologischen Eigenschaften des SRTM-DHM entwickelt. Die Verbesserungen zielen auf die Korrektur der in Radar-Höhenmodellen enthaltenen Vegetationshöhen sowie texturbedingter Auswirkungen ab. Diese Korrekturen sind eine notwendige Erfordernis, um die Einschränkungen der interferometrisch erzeugten SAR-

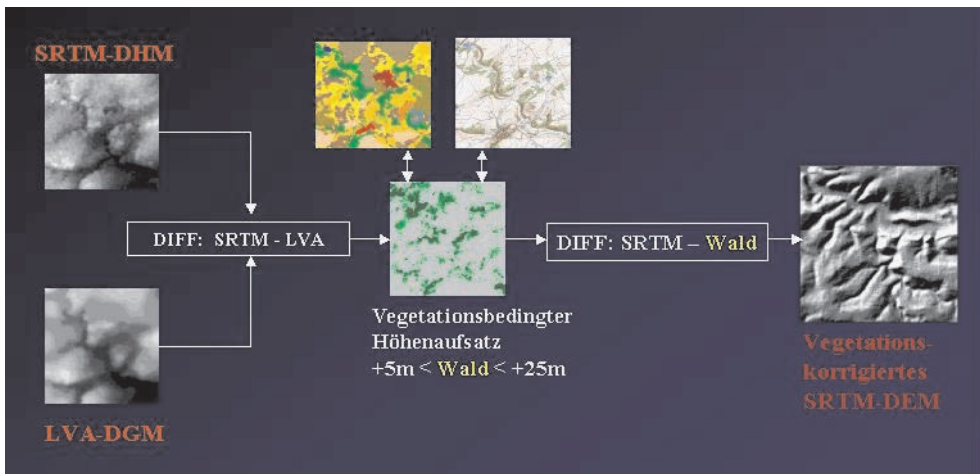
Höhenmodelle bei der Anwendung in hydrologischen Fragestellungen zu kompensieren bzw. so zu vermindern, dass das SRTM-DHM eine ernst zu nehmende Alternative zu photogrammetrisch-kartographisch erzeugten Geländemodellen der Landesvermessungsämter darstellen kann (HOCHSCHILD & WOLF 2004).

### 3 Datenaufbereitung und Berechnung der Reliefparameter

Bevor die Analysen zur Datenqualität und die Ableitung der Reliefparameter durchgeführt werden konnten, war zunächst eine umfangreiche Datenaufbereitung (Formatkonvertierung, Datumstransformation in UTM WGS84, Pixel-Resampling und Clipping der Einzugsgebiete) für alle verwendeten Höhen- und Geländemodelle notwendig. Da es sich bei den SRTM-Daten um ein interferometrisch erzeugtes SAR-Produkt handelt, unterliegt das Höhenmodell bestimmten Charakteristiken der Aufnahmegeometrie, die sich auf die Anwendbarkeit für die hydrologische Parameterableitung auswirken. Nutzungseinschränkungen bei einzugsgebietsbezogenen Ableitungen können sich durch geometrische Abbildungsfehler sowie durch die Interaktionseigenschaften der elektromagnetischen Wellen mit der Erdoberfläche ergeben.

#### 3.1 Vegetationskorrektur

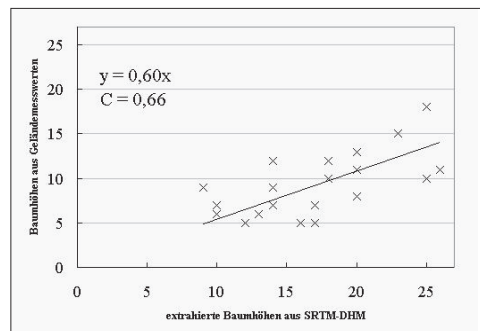
Interferometrisch erstellte DHM enthalten Höheninformationen der Vegetation und anthropogener Objekte. Besonders die kurzen Wellenlängen, wie das X-Band, können das Vegetationsdach kaum durchdringen. Ein Großteil der gesendeten elektromagnetischen Strahlung wird bereits von der Baumkrone reflektiert. Derartige Höhenaufsätze können vor allem in Auenbereichen grobe Fehler bei der Berechnung der Abflussrichtungen verursachen, da die Vegetation im Höhenmodell ein unnatürliches Fließhindernis bildet. Der vegetationsbedingte Höhenaufsatz wurde durch Subtraktion des LVA-DGM vom SRTM-DHM berechnet. Die so erzeugte Waldmaske wurde



**Abb. 1:** Methodischer Ablauf zur Erzeugung eines vegetationskorrigierten SRTM-DHM durch Subtraktion des LVA-DGM vom SRTM-DHM unter Verwendung einer Landnutzungsklassifikation (Land-sat 5 TM) und TK 1:10 000.

dann vom SRTM-DHM abgezogen, um das für die hydrologische Modellierung notwendige vegetationskorrigierte SRTM-DHM zu erhalten (Abb. 1).

Die Höhe der resultierenden Streuzentren liegt bei Radarwellen in Abhängigkeit von der Wellenlänge, Vegetationsdichte, -struktur und phänologischem Zeitpunkt zwischen Vegetationsoberfläche und dem Boden (HARDING & CARABAJAL 2001). Zur Validierung der Korrekturmethode wurden neben der Landnutzungsklassifikation auch Geländemessungen (Baumhöhenvermessung von Forstbeständen, Kartierung von Baumarten, Bestandsdichte, Bedeckungsgrad, Bestandsalter) durchgeführt, um eine Waldmaske anlegen zu können, mit der letztendlich die SRTM-Höhen automatisiert korrigiert werden konnten. Dazu wurden die SRTM-Bestandshöhen mit den korrespondierenden Geländemessungen in Beziehung gebracht. Diese Höhen wurden unter Berücksichtigung der Eindringtiefe der elektromagnetischen Strahlung in Vegetationsbestände korrigiert. Der durchschnittliche Waldhöhenaufsatz, der sich aus dem Digitalen Höhenmodell extrahieren ließ, entsprach bei 22 Messungen im Durchschnitt lediglich 60% der im Gelände erhobenen Baumhöhen (siehe Abb. 2). Dabei



**Abb. 2:** Scattergramm zwischen DHM-Baumhöhen und im Gelände gemessenen Baumhöhen.

zeigte sich eine starke Abhängigkeit vom Bestandsalter und der Bestandsdichte. Während die Rückstreuung der X-Band-Wellen direkt im Kronendach der Bäume zu erwarten gewesen wäre, stellte sich heraus, dass ein Teil der elektromagnetischen Wellen weitaus tiefer in die Waldbestände eindrang.

Verantwortlich dafür ist die Tatsache, dass in den Testgebieten überwiegend ausgewachsene Fichtenbestände auftreten, die kein ausgeprägtes Kronendach aufweisen (Abb. 3), was eine höhere Eindringtiefe der Radarwellen begünstigte. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Wuchshöhe zum Zeitpunkt der SRTM-Mission (Feb. 2000)



**Abb. 3:** Typischer Fichtenbestand im Testgebiet Zeulenroda.

berücksichtigt werden muss. Die jährliche Wuchshöhe ist in Abhängigkeit vom Bestandsart und -alter zu korrigieren.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass man die vegetationskorrigierten Höhenmodelle nicht ohne weiteres als Geländemodelle bezeichnen kann. Es handelt sich lediglich um eine Annäherung an die Charakteristik eines Geländemodells im Sinne einer Verbesserung der hydrologischen Eigenschaften für die Ableitung topographisch-hydrologischer Parameter.

### 3.2 Beseitigung texturbedingter Effekte

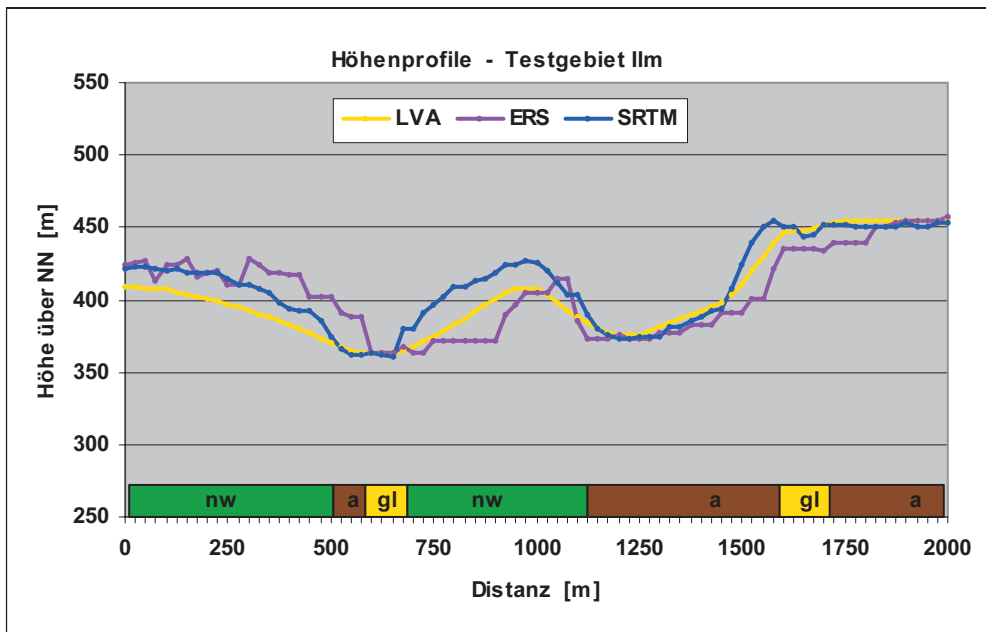
Aufgrund des relativ hohen *noise*-Level (small spatial frequency height errors) und vereinzelt auftretender Artefakte in den X-SAR-Daten war die Anwendung spezieller Filtertechniken notwendig. Da konventionelle Filteroperationen (Median-Filter, MATHER 2004) mit einem Verlust an morphologischen Details einher gehen, wurde zunächst ein Tiefpassfilter (*Mexican Hat*) sowie ein Limit-Filter mit einem Fenster von  $3 \times 3$  Pixeln eingesetzt. Dadurch wurde eine Reduktion des Speckle-Effekts und lokaler Datenfehler erreicht. Die Filtertechnik be-

wirkt eine für die Ableitung hydrologischer Parameter günstige Glättung der Oberfläche, ohne dabei die originalen Höhenwerte der Daten bzw. ihre hydrologischen Eigenschaften übermäßig zu modifizieren. Weiterhin erfolgte neben der lokalen Korrektur von Wasserflächen, die aufgrund von schwacher Kohärenz zum Teil erhebliche Höhenfehler beinhalten, mittels *Kriging*-Interpolation auch die Auffüllung abflussloser Senken. Diese stellen bei der Ableitung des Gewässernetzes unnatürliche Fließhindernisse dar und verursachen bei der Berechnung sekundärer Reliefparameter fehlerhafte Artefakte. Die Beseitigung erfolgte nach dem Verfahren von RIEGER (1998). Dabei wurden die Zellwerte am Auslass der Depression gezielt abgesenkt, so dass die Reliefinformation innerhalb der Senken größtenteils erhalten blieb.

### 3.3 Ableitung hydrologisch relevanter Parameter

Die Anwendungsmöglichkeiten Digitaler Höhenmodelle in der hydrologischen Modellierung sind abhängig von deren Qualität und räumlichen Auflösung. Die Anwendungsskalen von aus Höhenmodellen abgeleiteten Parametern reichen dabei von der Ableitung mikroskaliger Erosionswege bis hin zu regionalen und überregionalen Stoff- und Energiekreisläufen. SCHMIDT & DIKAU (1999) stellen ein Schema zur Extraktion geomorphometrischer Parameter aus digitalen Höhenmodellen vor. Generell unterscheidet man bei der digitalen hydrologischen Reliefanalyse primäre Reliefparameter, die sich direkt aus den Höhenwerten eines Geländemodells ableiten lassen (z. B. Exposition, Neigung, Wölbung, Einzugsgebietsgröße, etc.) und sekundäre Reliefparameter (z. B. Topographical Wetness Index), die sich aus der Kombination verschiedener primärer Reliefparameter berechnen lassen (MOORE et al. 1992).

Der Topographische Bodenfeuchteindex (engl.: Topographic Wetness Index,  $TWI = \ln(A_s/\tan\beta)$ ) geht auf BEVEN & KIRKBY (1979) zurück. Er beschreibt den Einfluss der Topographie auf das hydrologische Ge-



**Abb. 4:** Profilschnitt Testgebiet Ilm (nicht maßstäblich) mit Landnutzung (nw: Nadelwald, a: Acker, gl: Grünland).

schehen mit  $A_s$  als spezifisches Einzugsgebiet und der Hangneigung  $\beta$ , wobei die realistischsten Ergebnisse der Multiple Flow Direction Algorithmus liefert. Durch die Einbeziehung von weiteren Parametern wie z. B. dem Sättigungsdefizit kann der Index als Maß für die Bodenwassersättigung verwendet werden. Der Stream Power Index ( $SPI = A_s \tan\beta$ ) ist ein Maß für die Größe der potenziellen Erosionskraft des Oberflächenabflusses (MOORE et al. 1992). Der Slope-Length Factor [ $SL = (m + 1) (A_s/22,13)^m (\sin\beta/0,0896)^n$ ] stellt einen Index für die Sedimenttransportkapazität dar. Für Hanglängen  $< 100$  m und Hangneigungen  $< 14^\circ$  werden nach MOORE et al. 1992 die Konstanten  $m = 0,4$  und  $n = 1,3$  gesetzt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Geostatistische Analyse der Höhenmodelle

Die geostatistischen Analysen dienen der Untersuchung der SRTM-Daten im Hinblick auf numerische und kontextuelle Ge-

naugigkeiten. Unter anderem wurden hier Texturanalysen, Berechnung des PEARSON-Korrelationskoeffizienten, Streuungsmaße etc. durchgeführt. Infolge der Interferenzerscheinungen in den SRTM-Daten zeigte sich eine leicht verrauschte Textur. Dieser *Speckle*, der sich durch gezielte Filteroperationen beseitigen ließ, bewegt sich in einem Bereich von 1–3 m und schlägt sich in den Werten der Streuungsmaße nieder. Der Einfluss der Landnutzung ist in den Rasterdaten unverkennbar.

Über Waldgebieten weist das SRTM-DHM wegen seiner relativ hohen Kohärenz wesentlich genauere Ergebnisse auf als das ERS-Tandem-DHM. Mit Ausnahme der Gewässer treten keine Abweichungen bzw. Dekorrelationseffekte auf. Die Ergebnisse der bivariaten statistischen Untersuchungen zeigen, dass die Qualität der SRTM-Daten sehr zufriedenstellend ist, im Vergleich mit GPS- und TK10-Referenzpunkten sogar besser als die Herstellerhöhengenaugigkeit von 5–6 m. Für das Testgebiet Zeulenroda lag die mittlere Differenz zu den GPS-Messungen bei  $-1,8$  m, zu den TK10-Höhen-

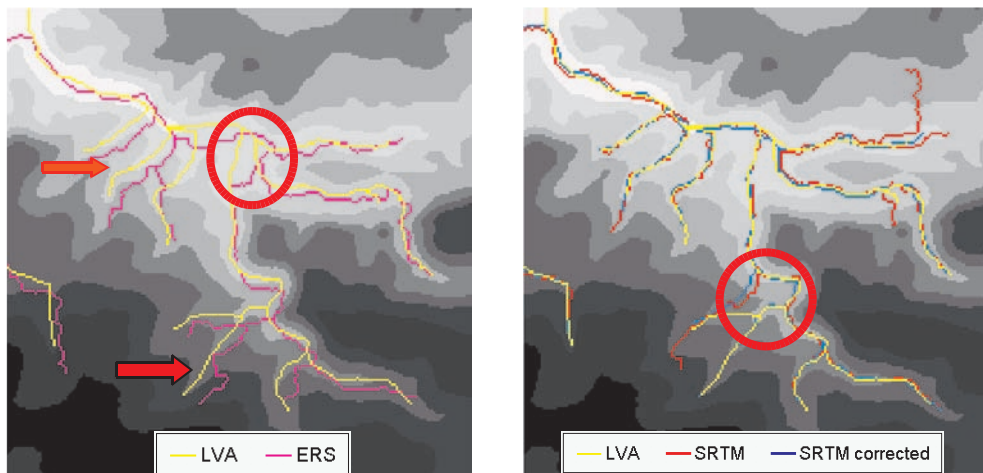
punkten bei  $-2,8$  m. Der RMS-Fehler war mit  $3,5$  m nur wenig höher als im E-SAR-DHM ( $3,0$  m) und im LVA-DGM ( $2,8$  m). Die größten Fehler traten aufgrund der Dekorrelation bei Wasserflächen auf, so dass diese Flächen ausmaskiert wurden und der Höhenwert aus der Topographischen Karte übernommen wurde.

Profildarstellungen ermöglichen eine gute Beurteilung der Datenqualität aus hydrologischer Sicht, da damit die Wiedergabe der Hanggeometrien (konvex, konkav) beurteilt werden kann. Abb. 4 zeigt ein solches Profil aus dem Einzugsgebiet der Ilm in Thüringen, bei dem deutlich wird, dass das SRTM-DHM den Geländeverlauf bedeutend akkurater nachbildet als das ERS-DHM, welches aufgrund der temporalen Dekorrelationen enorme Abweichungen bei der Wiedergabe der Höhe über Waldgebieten zeigt. Die linke Talflanke wird trotz unruhiger Textur des Waldaufsatzes noch nachvollziehbar abgebildet. Jedoch treten an der rechten Talseite massive Abweichungen zum LVA-DGM auf, bei denen es sich offenbar um Höhenfehler aufgrund niedriger Kohärenz über Wald handelt. Das SRTM-DHM dagegen gibt die Hangform trotz des Höhenaufsatzes der Waldbestände (ca.  $10-20$  m) kontinuierlich und ohne Höhensprünge wieder. Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Single-Pass-Konfiguration aufgrund der stabilen Basis-

linienabstände und der Minimierung temporaler Dekorrelationen eine erhebliche Verbesserung der numerischen und kontextuellen Genauigkeit gegenüber dem herkömmlichen Verfahren der Repeat-Pass-Interferometrie ermöglicht.

#### 4.2 Generierung der Reliefparameter

Innerhalb eines Geographischen Informationssystems wurden Hangneigung, Exposition, Wölbung, Abflussrichtungen, Einzugsgebietsgrenzen, Fließakkumulation, Fließlänge und Entwässerungsnetz als primäre-, Topographic Wetness Index (TWI), Stream Power Index und SL-Faktor als sekundäre Reliefparameter berechnet. Der Vergleich der abgeleiteten Entwässerungsnetze hat gezeigt, dass die geometrische Genauigkeit der Reliefpräsentation des SRTM-DHM sehr hoch ist. Während beim ERS-Tandem-DHM zum Teil erhebliche horizontale Lageverschiebungen bei der Extraktion der Tiefenlinien im Vergleich zum Referenzmodell nachgewiesen wurden, verliefen die Abflussbahnen des SRTM-DHM nahezu deckungsgleich mit dem LVA-DHM (Abb. 5). Trotz der unterschiedlichen Geländecharakteristik der drei Untersuchungsgebiete offenbarten die Analysen keine reliefabhängigen Fehler im SRTM-DHM, welche sich nachhaltig auf die abgeleiteten Parameter



**Abb. 5:** Vergleich der abgeleiteten Gewässernetze im Testgebiet Ilm.

ausgewirkt hätten. Selbst zwischen SRTM-Kreuzungspunkten auf- und absteigender Aufnahmeorbits und einfach beleuchteten Geländeausschnitten konnten keine signifikanten Qualitätsunterschiede nachgewiesen werden. Die Vorteile der zweifach beleuchteten Geländeausschnitte kommen offensichtlich erst im reliefenergiereichen Hochgebirge zum tragen, wenn die Hangneigungswerte  $50^\circ$  überschreiten und somit der Einfallswinkel nicht ausreicht, die Schattenbereiche steiler Hänge zu erreichen.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Da das Relief die hydrologische Prozessdynamik eines Einzugsgebiets steuert, stellt es einen Kernparameter für den Modellinput dar. Die Digitalen Geländemodelle nehmen in der Prozessmodellierung infolgedessen eine unverzichtbare Stellung ein. Die enormen Fortschritte im Bereich der Informationstechnologien haben der digitalen Reliefanalyse und damit der hydrologischen Modellierung neue weitreichende Möglichkeiten eröffnet.

Berücksichtigt man bei der Bewertung der SRTM-Daten die Verhältnismäßigkeit zur Auflösung und den Abbildungseigenschaften, wird das Potenzial der orbitgestützten Single-Pass-Interferometrie deutlich. In den durchgeführten Analysen ergaben sich klare Vorteile gegenüber bisherigen Höhenprodukten mit vergleichbarer Skalierung (z. B. ERS-1/2-DHM) in punkto Genauigkeit, Qualität und Konsistenz.

Trotz der hervorragenden Qualität der SRTM-Daten müssen sie vor der Verwendung in hydrologischen Fragestellungen einer Vorverarbeitung unterzogen werden, um den erforderlichen Standards gerecht zu werden. Hierzu wird eine Korrektur des SRTM-Reliefs durch Filterung, Beseitigung abflussloser Senken und Korrektur von vegetationsbedingten Höhenaufsetzungen, Gebäudeinformationen und fehlerbehafteten Wasserflächen empfohlen. Dennoch kann die in der Zielsetzung formulierte Frage nach der Datenqualität als eindeutig positiv beantwortet werden. Für den Bereich mesoskaliger hydrologischer Modellierungen lie-

fert das SRTM-DHM qualitativ gute Ergebnisse. Die Daten sind für kleine Einzugsgebiete hervorragend geeignet und stellen damit eine vielversprechende Alternative zu existierenden DHMs dar.

Derzeit werden die Arbeiten mit den amerikanischen SIR-C/SRTM-Daten fortgesetzt, die global in einem 90 m Raster frei verfügbar sind. Diese weisen aus hydrologischer Sicht einen gravierenden Vorteil gegenüber den X-SAR-Daten auf: sie liegen flächendeckend vor und können aufgrund der Datenhomogenität deshalb in der grenzübergreifenden Einzugsgebietsmodellierung problemlos eingesetzt werden.

## Literatur

- BAMLER, R., EINEDER, M., KAMPES, B., RUNGE, H. & ADAM, N., 2003: SRTM and beyond: current situation and new developments in spaceborne InSAR. – Proceedings of Joint ISPRS / EARSeL Workshop "High resolution mapping from space 2003", Oct. 6<sup>th</sup>-8<sup>th</sup>.
- BEVEN, K.J. & KIRKBY, M.J., 1979: A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. – *Hydrological Science Bulletin* **24**: 43–69.
- BROCKMANN, H., 1998: Einsatzmöglichkeiten der flugzeuggestützten Laser-Scanner-Technik zur Erfassung räumlich-hydrologischer Informationen an Fließgewässern. – *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen* **42** (2): 68–75.
- GÜNDRA, H., ASSMANN, A. & JÄGER, S., 2000: Geomorphologische Parameter mit hydrologischer Relevanz und die Qualität der zugrunde liegenden Digitalen Höhenmodelle. – *Hydrologie und Wasserwirtschaft* **3**: 114–121.
- GÜVEN, K., BUYUKSALIH, G. & JACOBSEN, K., 2004: Analysis of Digital Elevation Models determined by high Resolution Space Images. – *Int. Arch. PhRS*, Band XXXV, Teil B4: 636–641; Istanbul.
- HAJNSEK, I., 2001: Pilotstudie Radarbefliegung der Elbaue. Abschlussbericht. – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, Oberpfaffenhofen.
- HARDING, D.J. & CARABAJAL, 2001: SRTM and Laser Altimeter View of Western Washington State Topography. – *Eos Trans. AGU* **82**(47).
- HOCHSCHILD, V., 2001: Die Integration hochauflösender Fernerkundungsdaten für die physiographische Parametrisierung von Wasser- und

- Stofftransportmodellen – Fallbeispiele aus Thüringen und dem südlichen Afrika. – Habilitationsschrift, FSU Jena.
- HOCHSCHILD, V. & WOLF, M., 2004: ABLEITUNG hydrologisch relevanter Reliefparameter aus X-SAR/SRTM-Höhenmodelldaten. – In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBENER, G. (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2004*. – Beiträge zum 16. AGIT-Symposium Salzburg, 237–242; Heidelberg.
- KOCH, A., HEIPKE, C. & LOHMANN, P., 2002: Analysis of SRTM DTM – Methodology and Practical Results. – IPI Universität Hannover, Commission IV, WG IV/6.
- MATHER, P.M., 2004: *Computer Processing of Remotely Sensed Images*. – Wiley.
- MOORE, I.D., GRAYSON, R.B. & LADSON, A.R., 1992: Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications. – In: BEVEN, K.J. & MOORE, I.D. (eds.): *Terrain analysis and distributed modelling in hydrology*. – 7–34.
- REICH, M. & THIEL, K.-H., 2002: Vergleich von Höhenmodellen. – Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, Band 11, Vorträge 22. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF 24.–26. September 2002, Neubrandenburg.
- RIEGER, W., 1998: A phenomenon-based approach to upslope contributing area and depression in DEMs. – *Hydrological Processes* **12**: 857–872.
- SCHMIDT, J. & DIKAU, R., 1999: Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models. – In: DIKAU, R. & SAURER, H. (Hrsg.): *GIS for Earth Surface Systems – Analysis and Modelling of the Natural Environment*. – 153–174; Berlin.
- SCHMULLIUS, C., FLÜGEL, W., FROTSCHER, K., HOCHSCHILD, V., & MÜSCHEN, B., 2000: The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and Applications in Europe, Africa and Siberia. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **2000** (5): 361–366.
- Anschriften der Verfasser:
- Dipl.-Geogr. MARKUS WOLF  
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geographie, Löbdergraben 32, D-07737 Jena,  
Tel.: 03641-948 884, FAX: 03641-948 852,  
e-mail: Markus.Wolf@uni-jena.de
- Prof. Dr. rer. nat. VOLKER HOCHSCHILD  
Universität Tübingen, Institut für Geographie,  
Rümelinstr. 19–21, D-72074 Tübingen,  
Tel.: 07071-2975316, FAX: 07071-295318  
e-mail: c7bokl@geogr.uni-jena.de
- Prof. Dr. rer. nat. CHRISTIANE SCHMULLIUS  
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geographie, Löbdergraben 32, D-07737 Jena,  
Tel.: 03641-948 877, FAX: 03641-948852,  
e-mail: c9srech@uni-jena.de
- Manuskript eingereicht: Februar 2005  
Angenommen: Mai 2005





## DSM Generation and Interior Orientation Determination of IKONOS Images Using a Testfield in Switzerland\*

EMMANUEL BALTSAVIAS, ZHANG LI & HENRI EISENBEISS, Zürich

**Keywords:** photogrammetry, high-resolution satellite images, IKONOS, image matching, DSM generation, in-flight calibration, interior orientation

**Abstract:** We present processing of Ikonos triplet images over a testfield in Thun, Switzerland with accurate ground control points, 1600 m height range, variable land cover and suboptimal imaging conditions (snow, long shadows). A sophisticated matching algorithm for DSM generation is presented and the results are compared to reference data from airborne laser scanning. The RMS errors for the whole area, excluding vegetation, were 2–3 m, while for bare ground the accuracy is about 1 m or less. The accurate matching allowed the detection and quantification of errors in the interior orientation of the sensor, caused by changes in the relative position of the 3 CCDs forming the virtual CCD line. These errors were verified through a co-operation with Space Imaging and recomputation of the sensor interior orientation. The interior orientation errors caused height jumps of 1.3 to 1.5 m along two stripes at the overlap regions of the 3 CCDs. The method used for the detection and quantification of these errors is applicable for in-flight calibration of sensors forming a virtual image through butting of multiple CCD arrays, without the need of testfields with signalled points, which are difficult to establish and maintain. Depending on the accuracy of the matching method and of the reference DSM, we estimate that this in-flight calibration method can detect interior orientation errors causing parallax errors of 0.3–0.5 pixels or more.

**Zusammenfassung:** Erstellung eines digitalen Oberflächenmodells inkl. der Bestimmung der inneren Orientierung aus Ikonos Bildern eines Testgebietes in der Schweiz. In diesem Beitrag werden Ergebnisse eines Tests mit Ikonos-Triplet-Bildern präsentiert, die über Thun in der Schweiz aufgenommen wurden. Das Gebiet zeigt unterschiedliche Bodenbedeckung und Höhenunterschiede von ca. 1600 m. Genaue Pass- und Kontrollpunkte waren vorhanden, die Aufnahmebedingungen waren sub-optimal (Schnee, lange Schatten). Ein ausgefeilter Algorithmus zur Ableitung digitaler Oberflächenmodelle wird präsentiert, die Ergebnisse werden mit einem Referenzdatensatz, der über Laserscanning gewonnen wurde, verglichen. Der RMS Fehler beträgt für das gesamte Gebiet, unter Ausschluss der Vegetationsflächen, 2–3 m, während er im offenen Gelände 1 m oder besser ist. Die genaue Bildzuordnung und Quantifizierung von Fehlern der inneren Orientierung des Sensors, die durch Änderungen der relativen Lage der drei CCD Sensoren, die die virtuelle CCD Zeile bilden, hervorgerufen werden. Diese Fehler wurden im Rahmen einer Kooperation mit Space Imaging durch eine Neuberechnung der inneren Orientierung verifiziert. Die Fehler führten zu Höhensprüngen vom 1.3 m bzw. 1.5 m entlang zweier Streifen im Überlappungsbereich zwischen den drei CCD Sensoren. Die entwickelte Methode zur Erkennung und Quantifizierung dieser Fehler kann zur In-flight Kalibrierung von Sensoren verwendet werden, bei denen virtuelle Bilder durch Butting einzelner CCD Sensoren entstehen. Ein Testfeld mit signalisierten Punkten, das nur schwierig zu erstellen und zu pflegen ist, ist dafür nicht notwendig. Abhängig von der Genauigkeit der Bildzuordnung und der Referenzoberfläche wird geschätzt, dass Fehler der inneren Orientierung bestimmt werden können, die bzgl. der Parallaxe mindestens 0.3–0.5 Pixel betragen.

\* Enhanced version of a paper published in the proceedings of the ISPRS Hannover Workshop 2005 „High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information“, May 17–20, 2005, Institute of Photogrammetry and GeoInformation, University of Hannover (see also PFG 6/2005, pages 465–524).

## 1 Introduction

Linear CCD array sensors have been widely used to acquire panchromatic and multispectral images in pushbroom mode for photogrammetric and remote sensing applications. IKONOS, successfully launched on 24 September 1999, was the first civilian satellite with high-resolution sensors, acquiring panchromatic and multispectral images with 1-m and 4-m ground pixel size respectively. IKONOS can acquire two (stereo) or more images of the same region quasi simultaneously by agile pointing of the sensor through rotation of the satellite body, reducing thus the differences between these images and facilitating automated mensuration processes. This fact, together with the high spatial resolution of the images, the 11-bit quantization and the narrow field-of-view allows and requires an extension of the "classical" satellite image processing methods for the full exploitation of the potential of this data.

In recent years, a large amount of research has been devoted to the efficient utilization of these high spatial resolution images, and in particular regarding sensor modelling and image orientation (BALTSAVIAS et al. 2001, JACOBSEN 2003, GRODECKI & DIAL 2003, FRASER et al. 2002, FRASER & YAMAKAWA 2003, EISENBEISS et al. 2004) and automatic DSM/DTM generation (TOUTIN 2004, ZHANG & GRUEN 2004, POON et al. 2005).

In this paper, we first briefly report about the key algorithms on automatic triangulation. Then, we present an advanced image matching method and give a detailed DSM accuracy evaluation using IKONOS *Geo-level* images in a testfield in Thun, Switzerland, with large height range and very variable terrain relief and land cover, and a laser DSM as reference data. The images were acquired at different times and pre-processed with different calibration parameters. Our matching method was developed for automatic DSM generation from linear array images and provides dense, precise, and reliable results. The approach uses a coarse-to-fine hierarchical solution with a combina-

tion of several image matching algorithms and automatic quality control. Finally, we reveal and quantify errors in the interior orientation of the sensor and present a general and practical method for in-flight calibration.

## 2 Sensor Modeling and Block Adjustment

The imaging geometry of IKONOS is characterized by nearly parallel projection in along-track direction and perspective projection in cross-track direction. A rigorous model can be used to reconstruct the physical imaging geometry and to model transformations between object and image coordinate systems. Alternatively, Rational Function Models (RFMs) have recently drawn considerable interest in the remote sensing community. In particular, IKONOS is only supplied with rational polynomial coefficients (RPCs) instead of rigorous sensor model parameters, while RPCs are provided or can be derived for other optical satellite sensors as well. A RFM is generally the ratio of two polynomials derived from the rigorous sensor model and ground control and/or sensor orientation information. These models do not describe the physical imaging process but use a general transformation to describe the relationship between image and ground coordinates. If the RPCs are computed without Ground Control Points (GCPs) (as is the case, with the RPCs provided by Space Imaging (SI) for Ikonos), the geopositioning accuracy of the RPCs needs to be improved and a bias needs to be removed with a certain number of GCPs and an additional 2D transformation. For single typical size images, two translations are sufficient with Ikonos, while Quickbird exhibits more non-linearities and requires a higher order transformation, e. g. affine (EISENBEISS et al. 2004). GRODECKI & DIAL (2003) proposed a method to block-adjust high-resolution satellite images described by RFMs and illustrated the method with IKONOS examples, suggesting the use of a linear scale factor in scanning direction when the image is long, e. g. over 50 km.

With the supplied RPCs, the mathematical model used is

$$\begin{aligned} x + \Delta x &= x + a_0 + a_1x + a_2y \\ &= RPC_x(\varphi, \lambda, h) \\ y + \Delta y &= y + b_0 + b_1x + b_2y \\ &= RPC_y(\varphi, \lambda, h) \end{aligned} \quad (1)$$

where,  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  and  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  are the affine parameters for each image, and  $(x, y)$  and  $(\varphi, \lambda, h)$  the image and object coordinates of the points.

The block adjustment model expressed in equation (1) is justified for any photogrammetric camera with a very narrow field-of-view. Using this model, we expect that parameter  $b_0$  is used to absorb all along-track errors causing offsets in the scanning direction, while parameter  $a_0$  absorbs across-track errors causing offsets in the line CCD direction. Parameters  $b_1$  and  $a_2$  absorb shear effects caused by gyro drift during the image scan, while parameters  $a_1$  and  $b_2$  are used to absorb parts of the radial ephemeris error, and interior orientation errors such as focal length and a part of lens distortion errors. In our approach, we first used the RPCs to transform from object to image space and then using these values and the known pixel coordinates of GCPs we estimated either two translations (model RPC1) or all 6 affine parameters (model RPC2).

For satellite sensors with a narrow field of view like IKONOS, even simpler sensor models can be used, such as the 3D affine model (3DAFF) and the relief-corrected 2D affine (2DAFF) transformation. They are discussed in detail in BALTSAVIAS et al. (2001) and FRASER et al. (2002). Their validity and performance is expected to deteriorate with increasing area size and rotation of the satellite during imaging (the so-called forward scanning mode) which introduces non-linearities, and for the 3D affine model with increasing height range and poor GCP distribution.

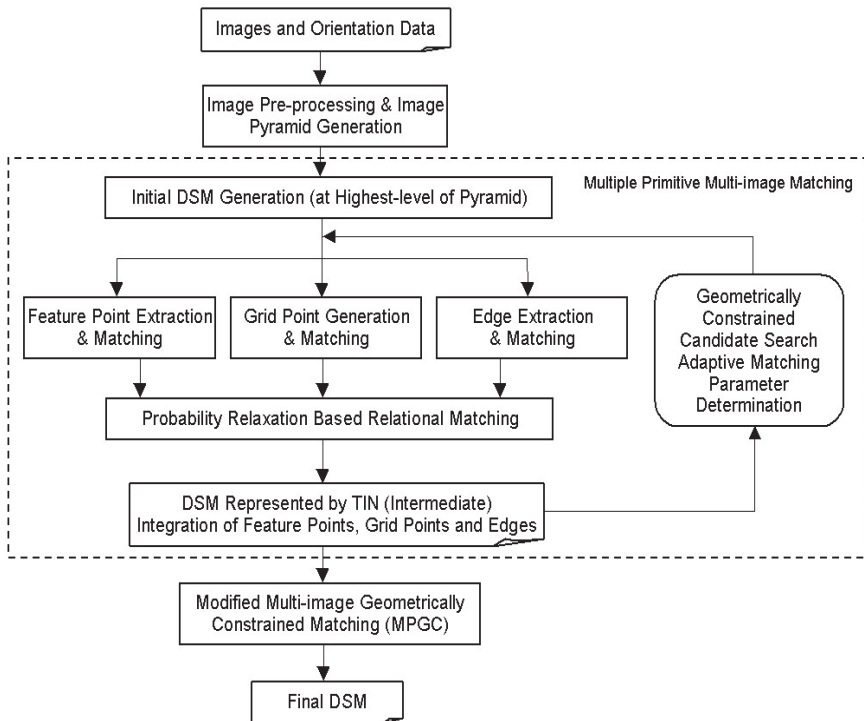
In order to apply the block adjustment, a certain number of GCPs and tie points have to be collected. In our approach, these points can be measured manually, semi-au-

tomatically or fully automatically. In particular, ellipse fitting and line intersection methods are suitable for GCP measurements over typical suburban, urban and rural areas (FRASER et al. 2002, EISENBEISS et al. 2004). In the experiments, these methods yielded suitable results for orientation of high-resolution satellite imagery. Another technique of choice can be least squares template matching (BALTSAVIAS et al. 2001).

### 3 The Matching Approach

We have developed an image matching approach for automatic DSM generation from linear array images, which has the ability to provide dense, precise, and reliable results. Actually, with minor modifications regarding the sensor model, the procedure can be used and has been used for frame images as well. The approach uses a coarse-to-fine hierarchical solution with a combination of several image matching algorithms and automatic quality control. The new characteristics provided by the linear array imaging systems, i. e. the multiple-view terrain coverage and the high quality image data, are also efficiently utilized in this approach.

The approach essentially consists of several mutually connected components: the image pre-processing, the multiple primitive multi-image (MPM) matching, the refined matching and the system performance evaluation. The overall data flow of this matching approach is shown schematically in Fig. 1. The linear array images and the given or previously estimated orientation elements as used as input. After pre-processing of the original images and production of the image pyramids, the matches of three feature types (feature points, grid points and edges) in the original resolution images are found progressively starting from the low-density features in the lowest resolution level of the image pyramid. A TIN of the DSM is reconstructed from the matched features at each pyramid level by using the constrained Delauney triangulation method. This TIN in turn is used in the subsequent pyramid level for derivation of approximations and adaptive computation of some



**Fig. 1:** Workflow of the automated DSM generation approach.

matching parameters. Finally, least squares matching is used to achieve more precise results for all matched features and for the identification of some false matches. At the end, a regular DSM grid is interpolated using a local neighbourhood and 2<sup>nd</sup> degree polynomial fit, without using breaklines explicitly. The procedure is characterized by the following:

1) **Multiple image matching:** We do not aim at pure image-to-image matching, but seek instead image-to-object correspondences. We have developed a new flexible and robust matching algorithm – the Geometrically Constrained Cross-Correlation (GCCC) method in order to take advantage of the multiple images. The algorithm is based on the concept of multi-image matching guided from object space and allows reconstruction of 3D objects by matching all available images simultaneously, without having to match all individual stereo-pairs and merge

the results. Only one image is used as template (reference), usually the nadir image if it is available. The cross-correlation coefficients of the template image with each of the remaining images are added, and then the maximum is found.

2) **Matching with multiple primitives:** We have developed more robust hybrid image matching algorithms by taking advantage of both area-based matching and feature-based matching techniques and utilizing both local and global image information. In particular, we combine the results of feature point and grid point matching through a probability relaxation based relational matching process, in order to enforce local consistency of the matching results, smooth spikes and select the best match points locally. The use of edges leads to preservation of surface discontinuities, while grid points bridge areas with little or no texture. With edge matching, even in areas of steep moun-

tains there are many successfully matched line features, which are necessary for modelling of very rough and steep terrain.

3) Self-tuning matching parameters: The adaptive determination of the matching parameters results in higher success rate and less mismatches. These parameters include the size of the correlation window, the search distance and the correlation threshold values. This is done by analyzing the matching results at the previous image pyramid level and using them at the current pyramid level.

4) High matching redundancy: With our matching approach, highly redundant matching results, including points and edges can be generated. Highly redundant matching results are suitable for representing very steep and rough terrain and allow the terrain microstructures and surface discontinuities to be well preserved. Moreover, this high redundancy also allows automatic blunder detection. Mismatches can be detected and deleted through analysis and consistency checking within a small neighbourhood of each match point.

5) Efficient surface modelling: The object surface is modelled by a triangular irregular network (TIN) generated by a constrained Delaunay triangulation of the matched points and edges. A TIN is suitable for surface modelling because it integrates all the original matching results, including points and line features, without any interpolation. It is adapted to describe complex terrain types that contain many surface microstructures and discontinuities.

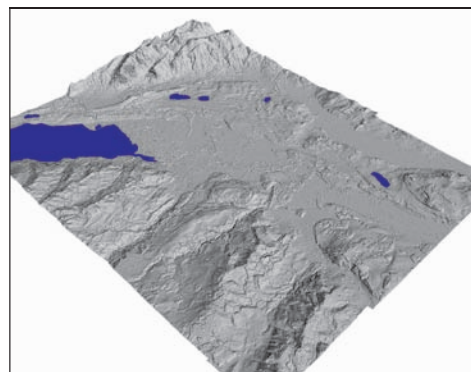
6) Coarse-to-fine hierarchical strategy: The algorithm works in a coarse-to-fine multi-resolution image pyramid structure, and obtains intermediate DSMs at multiple resolutions. Matches on low-resolution images serve as approximations to restrict the search space and to adaptively compute the matching parameters. The least squares matching methods are finally used to achieve sub-pixel accuracy for all matched features and identify some inaccurate and possibly false matches.

More details of this matching approach can be found in ZHANG & GRUEN (2004) and ZHANG (2005).

#### 4 Performance Evaluation

The study site is an area around the town of Thun, Switzerland. This area consists of a steep mountainous region in the south-western part and smooth hilly regions in the middle and northern parts. The town of Thun is located in the lower-middle part of the study area. The whole area is about  $17\text{ km} \times 20\text{ km}$  and 30% is covered by forests. The site has an elevation range of more than 1600 m (see shaded terrain model in Fig. 2) and the land cover is extremely variable.

Over this test area, three IKONOS image triplets (each covering ca.  $11\text{ km} \times 20\text{ km}$ ) were acquired, each triplet consisting of a stereopair and a nadir image. The first two image triplets (DEC\_O and DEC\_N) were acquired on the same day during winter time but were generated with different calibration parameters. These calibration parameters refer to the interior orientation of the sensor and allow an evaluation of the effect of interior orientation errors on DSM accuracy (see also section 5). In these two triplets, about 70% of the area was covered by snow, while sun elevation was very low (ca.  $19^\circ$ ) causing long shadows and low contrast. An-



**Fig. 2:** Shaded terrain model (5 m grid spacing) of the whole study area (seen from the North) generated by image matching and the triplet – DEC\_N.

**Tab. 1:** Main characteristics of the three IKONOS image triplets acquired over the study area.

Dataset	Acquisition & Generation Date	Sensor Azimuth	Sensor Elevation
DEC_O	2003-12-25 2004-01-19	180.39°	62.95°
	2003-12-25 2004-01-19	72.21°	82.15°
	2003-12-25 2004-01-19	128.17°	82.62°
DEC_N	2003-12-25 2005-03-02	180.39°	62.95°
	2003-12-25 2005-03-02	72.21°	82.13°
	2003-12-25 2005-03-02	128.17°	82.62°
OCT	2003-10-12 2004-02-11	10.74°	77.85°
	2003-10-12 2004-02-11	4.69°	85.26°
	2003-10-12 2004-02-11	197.09°	71.95°

other triplet (OCT) was acquired during autumn with no snow, less shadows and better illumination conditions (Tab. 1). All IKONOS images were Geo, 11-bit, with DRA (Dynamic Range Adjustment) off, and 1m panchromatic (PAN) and 4m multi-spectral (MS) channels (for DSM generation only the PAN images were used). For all IKONOS images, the RPCs were provided in the metadata files.

#### 4.1 Block adjustment

In order to precisely georeference the IKONOS images, about 50 well-distributed GCPs were collected with differential GPS in March 2004. The measurement accuracy was about 0.25 m. As expected, GCPs were difficult to find in rural and mountainous areas, but also in the town of Thun, where they had to be visible in all images simultaneously. Shadows and snow made their selection even more difficult. As a result, only

39 of them could be measured precisely in the images. The GCPs were measured in one of images of each triplet (usually the nadir) by the line intersection method and the conjugate points in the other images were computed with least squares matching.

Tab. 2 compares the results of the orientation of the first two IKONOS triplets (DEC\_O and DEC\_N) with different sensor models and different number of GCPs. All methods achieved RMSE values in East (X) and North (Y) direction of about half a meter. The maximum residuals were about 1 m in planimetry and 2 m in height. However,

**Tab. 2:** Comparison of sensor models and number of GCPs for the IKONOS triplet (DEC\_O) top and (DEC\_N) bottom regarding error statistics (in m). CPs are check points.

Sensor Model	GCPs (CPs)	X-RMSE (max error)	Y-RMSE (max error)	Z-RMSE (max error)
RPC2	22 (0)	0.32 (0.70)	0.78 (1.53)	0.55 (0.78)
RPC2	18 (4)	0.33 (0.80)	0.79 (1.48)	0.56 (1.41)
RPC2	12 (10)	0.32 (0.73)	0.82 (1.64)	0.60 (1.04)
RPC2	5 (17)	0.44 (1.04)	0.92 (1.83)	0.65 (1.15)
RPC1	22 (0)	0.35 (0.82)	0.41 (0.91)	0.67 (0.80)
3DAFF	22 (0)	0.32 (0.73)	0.78 (1.50)	0.55 (0.78)
RPC2	22 (0)	0.37 (0.70)	0.32 (0.79)	0.48 (1.07)
RPC2	18 (4)	0.38 (0.79)	0.33 (0.75)	0.50 (0.98)
RPC2	12 (10)	0.40 (0.92)	0.35 (0.85)	0.69 (1.66)
RPC2	5 (17)	0.45 (1.08)	0.43 (0.96)	0.76 (1.86)
RPC1	22 (0)	0.37 (0.76)	0.34 (0.66)	0.64 (1.26)
3DAFF	22 (0)	0.43 (0.89)	0.53 (0.90)	0.76 (1.83)

the results of the second triplet that was generated with new calibration parameters were better than those of the first triplet, especially in the North direction, due to interior orientation errors in the DEC\_O calibration (see also section 5). For the third triplet of OCT, it is not possible to make a comparison with the first two because in this triplet almost 50% of the area (northern part) was covered by clouds resulting in a different number and distribution of GCPs. However, even with the GCPs and check points (CPs) measured in the southern part of the images, the RMSE (RPC1) of the orientation was 0.30 m in East, 0.54 m in North and 0.77 m in height.

The results show that decreasing the number of GCPs down to 5 did not decrease the accuracy significantly, and that sub-meter accuracy can be achieved using only a few GCPs and the RPC models. The 3D affine (3DAFF) model also leads to accurate results, however with few GCPs the results

deteriorate significantly. For more detailed block adjustment results with different IKONOS datasets and different GCP distributions, see EISENBEISS et al. (2004). For the subsequent DSM generation, the sensor model RPC2 with all GCPs was used.

#### 4.2 DSM generation and evaluation

In order to quantitatively evaluate the accuracy of the generated DSM, a 2 m irregular-spacing laser DSM, with an accuracy of 0.5 m ( $1\sigma$ ) for bare ground areas and 1.5 m for vegetation areas, was used as reference data. The laser DSM was acquired in the year 2000 and provided by the Swiss Federal Office of Topography, Bern (Swisstopo). It only covers the southern part of the study area.

After all IKONOS image triplets were preprocessed by using the algorithms proposed in BALTSAVIAS et al. (2001) and the same parameters, our matching approach

**Tab. 3:** DSM accuracy evaluation results (in m) for three triplets, where, B1 – Bare ground; B2 – Bare ground (including mountainous area); B3 – Bare ground (including mountainous and shadow areas); C – City area only; V – Vegetation area only; W1 – Whole area; W2 – Whole area without vegetation areas. RMSE (95) and Average (95) are the RMS and average (with sign) height difference values after excluding the 5% largest differences.

		triplet DEC_O		triplet DEC_N		triplet OCT	
Terrain type	No. of compared points	RMSE Average	RMSE(95) Average(95)	RMSE Average	RMSE(95) Average(95)	RMSE Average	RMSE(95) Average(95)
B1	7,037,578	1.27 0.82	0.93 0.89	1.15 0.31	0.73 0.37	1.41 0.22	0.95 0.21
B2	7,993,875	1.84 0.92	1.04 0.92	1.90 0.34	0.93 0.35	1.77 0.29	1.09 0.29
B3	9,763,257	2.11 0.80	1.20 0.80	2.14 0.29	1.19 0.30	1.75 0.29	1.07 0.29
C	2,794,389	3.34 0.30	2.36 0.30	3.38 0.51	2.41 0.51	2.83 -0.25	2.08 -0.25
V	8,689,642	8.16 1.68	–	8.05 1.58	–	6.61 -1.97	–
W1	28,854,764	4.93 1.13	4.24 1.14	4.90 0.50	4.23 0.50	4.25 -0.40	2.96 -0.39
W2	18,022,149	2.74 0.70	1.45 0.69	2.54 0.35	1.41 0.34	2.05 0.16	1.32 0.16

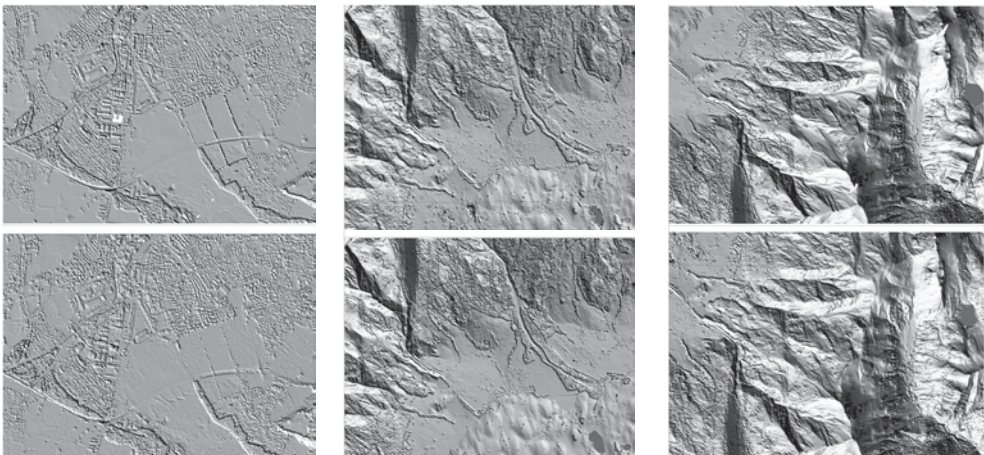
was applied. The three images of each triplet were matched simultaneously in order to achieve more reliable results. Some areas like lakes and rivers were manually defined as “dead areas” via a user-friendly interface and were excluded from matching. Taking the triplet DEC\_N as an example, the matching approach resulted in ca. 11 million points and 800,000 edges, of which more than 80% were labelled as highly reliable (quality indicator  $> 0.75$ ). This indicator varies from 0 to 1 and is computed through combination of various quality criteria like the cross-correlation coefficient, the slope of its maximum peak, the difference from the second highest peak etc.

Finally, three 5 m regular grid DSMs were interpolated from the raw matching results. Fig. 2 shows the shaded terrain model for the whole study area and Fig. 3 shows a comparison of the laser DSM and the results of matching for three sub-areas. As it can be seen, the resulting DSM reproduced quite well not only the general features of the terrain relief but also small geomorphological and other features visible in the IKONOS images. The resulting DSM showed many topographic details and different features, like small valleys in the mountains, detailed patterns related to streets and buildings in suburban and urban areas, linear features

related to highways and main road networks, sparse trees, small clusters of houses and forest areas.

A quantitative evaluation of the DSM was conducted by comparison with the laser DSM and nearly 28 million elevation points were used in statistical computations for the whole study area. We show here the results of the raw computations, without any a posteriori manual editing procedure applied. Tab. 3 gives the DSM accuracy evaluation results. We computed the differences as reference DSM minus the interpolated heights from our generated DSM. Differences more than 50 m (which were very few, in the worst case 0.03% of the total number of points, mostly in shadow areas and were not eliminated by the automatic blunder detection) were excluded. The accuracy of the generated DSM, excluding vegetation areas, is between 1.0–5 m, depending on the terrain relief and land cover. The results can be summarized as follows:

- High accuracy at meter or even sub-meter level can be achieved in bare ground areas. We could not select truly bare ground areas, instead our areas still contain many sparse trees and small clusters of houses. The analysis shows that in bare ground areas more than 70 percent of the points



**Fig. 3:** Shaded terrain models of three sub-areas, where the right two show the mountain area, the middle two vegetation areas and the left two the area around the town of Thun. In each subimage: top, Laser DSM (2 m average point distance); bottom, results of matching from the T\_OCT triplet.



have differences of less than 1m. Around the areas of sparse trees and small houses, the resulting DSM is lower than the laser DSM. This can be expected because usually these small features were either smoothed out by our matching method or removed in the automated blunder detection procedure.

- A bias of about 1.0–1.5 m can be observed in the DEC\_O results caused mainly by interior orientation errors. A part of the bias is also due to the 3 years difference between acquisition of the laser DSM and the Ikonos images, and regarding the vegetation due to the different state of the trees (in the October triplet and the laser data with leaves, in the December ones without). The difference of the average for case V between the OCT and the DEC triplets is exactly due to the different state of the trees. The same reason causes the difference of the average for cases C and W1 between the same triplets. Another factor that introduces systematic differences is the snow existing in the December images. While in the flat areas the snow thickness could be in the order of few cm to dm, in the higher regions it could reach 1 m or more.
- In urban and forest areas the accuracy becomes worse, which is due to the fact that the reference laser measurements and the DSM determined in matching may refer to partly different objects. Usually, the generated DSM should be higher than the laser DSM in forest areas (laser can sometimes penetrate the tree canopy) and narrow low-lying objects (like streets in very dense residential areas). This is not the case for the DEC triplets and especially the vegetation due to the different state of the trees and partly the smoothing performed in matching during blunder elimination. However, for large buildings, the two DSMs coincided quite well.
- Other factors that influenced the matching were the long and strong shadows and occlusions, especially in the mountain areas, and very low textured snow areas. However, after our particular preprocessing the long and strong shadows combined

with the influence of the lower sun elevation are good for DSM generation in bare ground areas because they seem to generate more image texture information (finer radiometric differences are better visible) with less noise.

- In steep mountain areas (slope more than  $70^\circ$ ), there are also some blunders with more than 400 m height difference. They are mainly caused by occlusions. In addition, the smoothness constraints smoothed out some steep and small features of the mountain areas (mainly in shadow areas) because there were not enough extracted and matched edges.
- In addition, the difference values show some stripe-like patterns for triplet DEC\_O (Fig. 6) and OCT. In these stripes, the height difference values show a jump of about 1.3–1.5 m. These patterns, however, do not appear in the dataset of DEC\_N (Fig. 6). The reason for these stripes is explained in section 5.
- The RMSE values of the OCT triplet compared to the ones of the DEC\_O (with the same interior orientation) show a slight improvement due to better illumination conditions and less shadows. This is evident especially in cases B3 and C. However, the difference is not very big, which stresses the importance of an appropriate preprocessing of the images in order to improve image quality for matching.

Taking all above factors into account, it becomes clear that IKONOS has a very high geometric accuracy potential and with sophisticated matching algorithms a height accuracy of around 1 m can be achieved in bare ground areas.

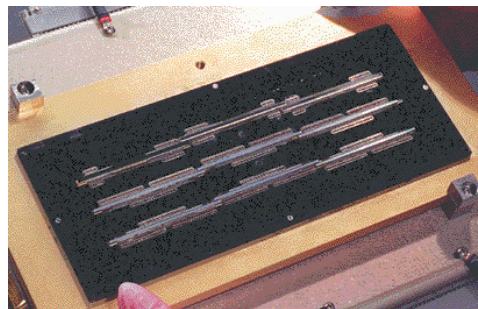
## 5 In-Flight Calibration and Determination of Interior Orientation Parameters

In-flight calibration is important for satellite sensors, since during launch the environmental conditions change rapidly and drastically and this usually causes changes in the internal sensor geometry, which is determined in a pre-launch calibration. Further-

more, when the camera is large some of the interior orientation parameters cannot be determined with a laboratory calibration (Space Imaging, personal communication). The environmental conditions after orbit stabilisation are also harsh and may cause internal geometry changes, however this is not as crucial as the changes that occur during launch. For these reasons, an inflight-calibration is usually a must and companies operating satellites take measures to perform such calibration, sometimes with the use of testfields and many accurate, often signalised GCPs. The establishment and maintenance of such testfields is difficult and costly. Inflight-calibration may not permit the determination of all internal geometry sensor parameters. This is even more the case with high-resolution satellites, like Ikonos, with a very narrow field-of-view and many internal geometry parameters and a complicated focal plane arrangement of multiple CCD linear arrays. In this case, many of the sensor parameters are highly correlated and not determinable. One may argue, that with the help of GCPs and use of RPCs, errors in the interior orientation parameters are absorbed without any negative effect in the determination of planimetric and 3D coordinates of ground points. However, as we will show below, some possible interior orientation errors, cannot be modelled by RPCs and can decrease the accuracy of 3D point positioning significantly. This is a problem for applications requiring very high accuracy, exploiting the full accuracy potential of satellites like Ikonos and Quickbird which lies in the 3–4 dm and 5–6 dm level for planimetry and height respectively (FRASER et al. 2002).

The design of the Ikonos focal plane is quite complicated. It consists of two TDI panchromatic CCD arrays, one for reverse and one for forward mode scanning, the TDI having 32 stages. In the reverse scanning the earth surface is imaged from North to South (independently of the sensor azimuth), in the forward from South to North, which means a continuous and quasi constant rotation of the satellite body. The number of TDI stages used is programmable

from the ground and is often 13. Furthermore, there are 4 multispectral arrays, without TDI. The two panchromatic and the multispectral arrays consists actually of 3 separate CCDs that are mechanically butted to form a long line. The Ikonos focal plane is shown in Fig. 4. The reason for use of 3 CCDs is probably that at the time of the sensor production a single CCD with that length was not possible. An additional reason can be that Kodak preferred for production speed, cost and reliability reasons to use standard, off-the-shelf and tried components. This sensor design is mentioned, although sometimes vaguely, in few SI papers, but it is not widely known. The length of each of the 3 CCDs is unknown, but we estimate it, based on a published photograph, to be about 5,000 pixels, allowing an overlap between the 3 CCDs of sufficient width. The central of the 3 CCDs is offset from the other two in the direction vertical to the CCD lines, while in the CCD line direction, the central CCD overlaps with the other two. This overlap allows radiometric and geometric corrections when stitching the 3 CCD line images to one. SI could perform geometric corrections, e. g. by matching of corresponding points in the overlap regions and adjusting the geometry of the partial images, but clearly matching could lead to some errors, especially in textureless areas, although this could be easily circumvented by using



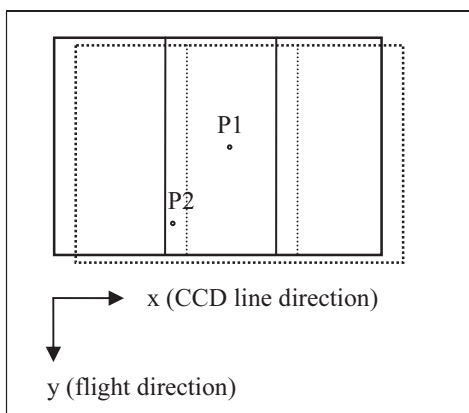
**Fig. 4:** The Ikonos focal plane showing the 3 CCDs forming each CCD row. We believe that the 3 CCD rows from top to bottom show the multispectral CCDs (each with 4 spectral channels), and the reverse and forward panchromatic CCDs with TDI (each with 32 stages (lines) (Copyright Space Imaging).

many images and many match points, to compute some simple corrections of the interior orientation which are stable for a period of few days or even months. Radiometric corrections are apparently performed. If the geometry of these 3 CCD lines is known and stable, then stitching the 3 images together should not be a problem. However, due to changes in the internal sensor geometry during and after launch, as mentioned above, the relative geometry of the 3 CCDs forming one virtual long line will not remain stable. Various deformations (shifts, rotations, etc.) may occur in the focal plane and out-of-plane, the most probable ones being shifts and rotations in the focal plane. Such problems may occur not just with Ikonos, but any sensor forming a virtual line from multiple single CCD lines, and independently of the way the CCDs are butted (optically, mechanically, through use of multiple lenses etc.). For Quickbird, possible errors are even more, since this sensor has a similar focal plane geometry as Ikonos, but with 6 CCDs (instead of 3) forming the virtual CCD line. The 6 partial CCD images are obvious in many Quicklooks in the Digital Globe archive, due to radiometric differences between them. Again the fact that Quickbird uses 6 CCDs to form a line is not widely known. For both Quickbird and Ikonos, the RPCs are computed for a whole image formed by the virtual CCD line, and thus deformations of the single CCDs can not be modeled.

First DSM accuracy analysis and visualisation of errors using the Thun testfield showed the stripes of Fig. 6 (left). The average height jump at profiles P3 and P4 was 1.5 m and at P1 and P2 1.3 m, corresponding to a parallax error in  $y$  (scanning direction) of about 0.7–0.8 pixels, while the  $x$ -parallax error was only 0.15–0.2 pixels. A first thought was that these stripes could be due to laser scanner errors. Neighbouring laser scanner strips may exhibit offsets, tilts etc., if the strips are not tied together appropriately in a common adjustment. This was even more probable as the Thun region was the very first region in Switzerland that was covered with laser scanner data and at that

initial stage the Swisstopo but also the companies performing the data collection, processing and editing had relatively little experience. The Thun region, among all Swiss territory covered with laser scanner data, is estimated by the Swisstopo to be the region with the least accurate laser DSM. However, the distance between the stripes observed in Fig. 6 (left) was too large compared to the laser scanner swath, and the fact that they were two, and approximately at the overlap regions of the 3 CCDs was quite suspicious. To verify the assumption of interior orientation errors of the Ikonos sensor, the following procedure was followed. First, the Ikonos quicklooks were used to find the approximate position of the overlap regions (and possible seam lines between the 3 CCDs). The quicklooks are the raw data, after stitching, with a spatial resolution of about 16 m. Then, these regions were transferred to the Geo images using corresponding points. Next, we identified areas that were almost totally flat in these overlap regions. We then matched semi-automatically with least squares matching in the Geo forward and backward images of the stereopair of the triplet DEC\_O very dense points along a profile that was vertical to each of the two overlapping regions (stripes). In these flat regions, interior orientation errors were visible as parallax jumps along the profiles. The above calibration procedure is not optimal as a) it requires flat regions and b) matching errors along one single profile, due e. g. to lack of texture, may cause parallax jumps. A more appropriate in-flight calibration procedure will be outlined below.

The fact that errors appear only in vertical stripes is easily understandable. A shift, e. g. in the middle of the 3 CCDs, will be stable during the quasi-simultaneous image acquisition of a stereopair or triplet, and thus for object points imaged at the same CCD no  $y$ -parallax (in the scanning direction) will be introduced (the planimetric position of such points will be shifted, but their height will be similar apart from positions of abrupt height discontinuities). However, ground points imaged at different CCDs will exhibit parallax (and height) errors. This will al-



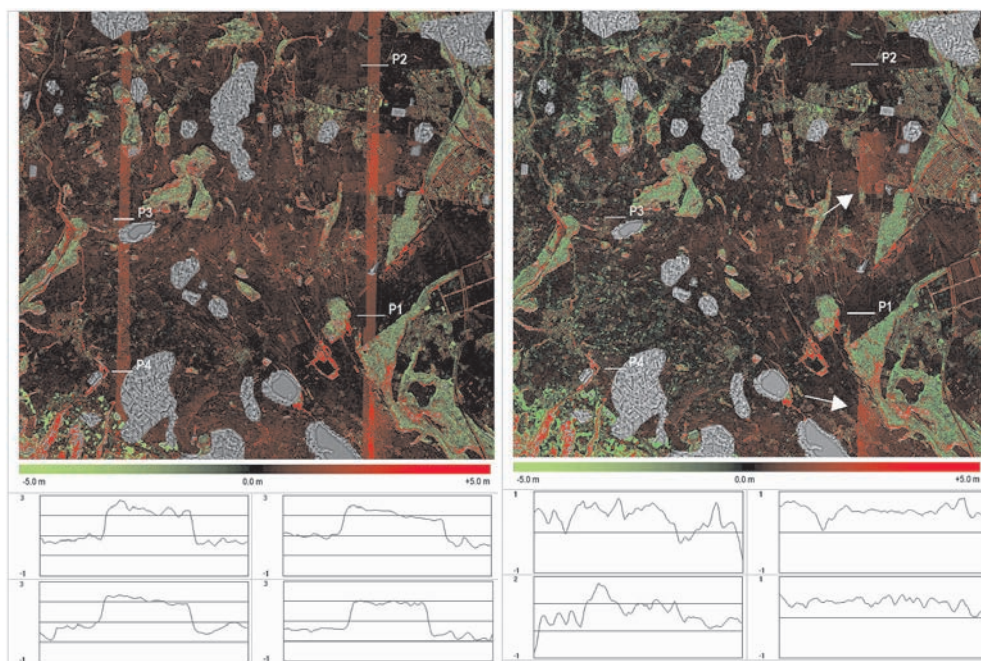
**Fig. 5:** The cause of vertical stripes with larger height error due to inaccurate interior orientation modelling. E. g. a possible shift of the middle CCD relative to the other two will cause the same pixel coordinate error for point P1, but not for point P2, introducing thus a y-parallax (and height) error.

ways happen as the pointing accuracy of Ikonos on the ground is in the order of few hundred meters. The width of the vertical stripes will vary depending on the pointing accuracy of the sensor but also on scale differences in the area between the different Ikonos images. An example is shown in Fig. 5 with the images of a stereopair (e. g. forward and backward) separated in 3 parts, each representing the part imaged by each of the 3 linear CCDs. Point P1 is imaged in both images in the middle CCD, and thus a possible relative shift of this CCD with respect to the other two will be the same in both images. However, point P2 is imaged in the middle and left CCDs and thus a relative shift between them will lead to a y-parallax and respective height error.

A better in-flight calibration procedure uses the very dense matching results and their differences from the reference data (e. g. laser DSM) in open, not rugged areas, ideally with enough texture to allow accurate matching. Thus, areas with trees, bushes, urban areas etc. were excluded, and areas shown at the position of profiles P1 to P4 (see Fig. 6, left) were selected. These profiles can actually be rectangular areas along the stripes to allow a high number of height differences to be used in the further

analysis. The high number allows a smoothing of matching errors and errors of the reference data and also an elimination of large differences due to few single trees and buildings included in the rectangle. As already mentioned, the accuracy of our matching algorithm in open terrain is 1 m or less. Through averaging of many height differences, we anticipate to estimate the height jump with an accuracy 0.3–0.5 m, depending also on the quality of the reference data. At the position of each profile the height jump at the left and right side of each profile is computed through averaging of values to the left and right side of each jump. The estimation of the jump at the left and right side of each profile allows to estimate whether there is only a shift between the 3 CCDs or also a rotation. The above procedure can be used as a general in-flight calibration method to determine such interior orientation errors. The reference data may come from any source and should have an accuracy of a few dm. In this respect, the laser data used here were not optimal, as their accuracy (one sigma) at open terrain was 0.5 m and they had some artifacts (see below and Fig. 6). The terrain does not have to be flat (undulating terrain is fully sufficient), while no signalised points are needed.

The above analysis with the DEC\_O was made in April 2004 but was not published for various reasons. After personal contacts with SI and verification of the encountered problems, SI performed a new more accurate determination of the Ikonos internal geometry, and the December 25<sup>th</sup> images were processed with this new calibration (DEC\_N), while the October images were still with the old calibration. It is unknown how this new calibration was performed by SI, but possibly using testfield(s). A comparison of Fig. 6 left and right shows a significant improvement with the new calibration and no apparent stripes and height jump in Fig. 6 right. It also stresses the importance of performing a frequent in-flight calibration by the companies operating satellites. The influence of the new calibration on the 3D po-



**Fig. 6:** Accuracy analysis based on colour coded height differences (in green and red negative and positive values, respectively). The height differences were computed from the reference DSM and the interpolated heights from the DSM generated by matching. At the bottom, the height differences along 4 profiles (P1 to P4, in the same sequence as shown in the top images). Left: for image triplet DEC\_O. Right: for image triplet DEC\_N after the new improved interior orientation determination.

sitioning accuracy is also shown in the Y-RMSE values of Tab. 2 and the average error values of cases B1, B2 and B3 of DEC\_O and DEC\_N in Tab. 3. An analysis of the October images showed a jump at both overlap regions, however, the width of the jump was smaller. The width of the overlap depends mainly on the across-track pointing accuracy of the satellite. It is also influenced by scale differences between the images, the stripes becoming more apparent when the scale differences increase (which is the case when the stereopair images are not symmetric with respect to the nadir or the terrain slope in flight direction is large).

The differences between laser DSM and the matching results of all triplets showed some systematic artifacts, see arrows in Fig. 6 right. These are attributed to errors in the laser DSM. It is scientifically very interesting to see that sophisticated matching methods and satellite images from 680 km

flying height can reveal errors in airborne laser scanning, although this is certainly not a cost-effective method for quality control of DSMs generated by laser scanning.

## 6 Conclusions

We presented processing of Ikonos triplet images over a testfield in Thun, Switzerland with accurate ground control points, 1600 m height range, variable land cover and sub-optimal imaging conditions (snow, long shadows). A sophisticated matching algorithm for DSM generation was presented and the results were compared to reference data from airborne laser scanning. The RMS errors for the whole area, excluding vegetation, were 2–3 m, while for bare ground the accuracy is about 1 m or less. As evidenced by the visual inspection of the results, our matching method can reproduce not only the general features of the terrain

relief, but also detailed features of relief. The results were partly influenced by the suboptimal accuracy of the reference DSM and its temporal difference from the acquisition of the Ikonos images. The largest errors usually occurred in the shadow, tree and building covered areas and the best results were obtained in bare ground areas. If the bias introduced by trees and buildings is taken out, we can expect a height accuracy of one pixel or even better from IKONOS imagery as "best case" scenario. A major problem of our automatic DSM generation approach is the automated detection of small blunders, which still exist in the results. This constitutes a relevant topic for further research.

The accurate matching allowed the detection and quantification of errors in the interior orientation of the sensor, caused by changes in the relative position of the 3 CCDs forming the virtual CCD line. These errors were verified through a cooperation with Space Imaging and recomputation of the sensor interior orientation. The interior orientation errors caused height jumps of 1.3 to 1.5 m along two stripes at the overlap regions of the 3 CCDs. The method used for the detection and quantification of these errors is applicable for in-flight calibration of sensors forming a virtual image through butting of multiple CCD arrays, without the need of testfields with signalised points, which are difficult to establish and maintain. Depending on the accuracy of the matching method and of the reference DSM, we estimate that this in-flight calibration method can detect interior orientation errors causing parallax errors of 0.3–0.5 pixels or more.

### Acknowledgements

We acknowledge the support of Space Imaging USA by provision of the images and fruitful discussions and the support of the Swiss Federal Office of Topography, Bern, which provided the laser DSM.

### References

- BALTSAVIAS, E.P., PATERAKI, M. & ZHANG, L., 2001: Radiometric and Geometric Evaluation of IKONOS Geo Images and Their Use for 3D Building Modeling. – Joint ISPRS Workshop on „High Resolution Mapping from Space 2001“, Hannover, Germany, 19–21 September.
- EISENBEISS, H., BALTSAVIAS, E.P., PATERAKI, M. & ZHANG, L., 2004: Potential of IKONOS and QUICKBIRD Imagery for Accurate 3D-Point Positioning, Orthoimage and DSM Generation. – IAPRS, Vol. **35** (B3): 522–528.
- FRASER, C., BALTSAVIAS, E.P. & GRUEN, A., 2002: Processing of IKONOS Imagery for Sub-meter 3D Positioning and Building Extraction. – ISPRS Journal of P&RS, **56** (3): 177–194.
- FRASER, C. & YAMAKAWA, T., 2003: Applicability of the Affine Model for IKONOS Image Orientation Over Mountainous Terrain. – Joint ISPRS/EARSeL Workshop on High-Resolution Mapping from Space 2003, Hannover, Germany, 6–8 October (on CD-ROM).
- GRODECKI, J. & DIAL, G., 2003: Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Polynomials. – PE&RS, **69** (1): 59–68.
- JACOBSEN, K., 2003: Geometric Potential of IKONOS- and QuickBird-Images. – In: FRITSCH, D. (Ed.): Photogr. Week '03, pp. 101.
- POON, J., FRASER, C., ZHANG, C., ZHANG, L. & GRUEN, A., 2005: Quality Assessment of Digital Surface Models Generated from IKONOS Imagery. – Photogrammetric Record, **20** (110): 162–171.
- TAO, C.V. & HU, Y., 2001: A Comprehensive Study of the Rational Function Model for Photogrammetric Processing. – PE&RS **66** (12): 1477–1485.
- TOUTIN, TH., 2004: Comparison of Stereo-Extracted DTM from Different High-Resolution Sensors: SPOT-5, EROS-A, IKONOS-II, and QuickBird. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, **42** (10): 2121–2129.
- ZHANG, L., 2005: Automatic Digital Surface Model (DSM) Generation from Linear Array Images. – Ph. D. Diss., Inst. Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich, No. 88.
- ZHANG, L. & GRUEN, A., 2004: Automatic DSM Generation from Linear Array Imagery Data. – IAPRS, Vol. **35** (B3): 128–133.

Address of the authors:

Dr. Sc. techn. EMMANUEL BALTSAVIAS  
 Dr. Sc. techn. LI ZHANG  
 Dipl.-Ing. HENRI EISENBEISS  
 Institute of Geodesy and Photogrammetry  
 ETH-Hoenggerberg, CH-8093 Zurich,  
 Tel.: +41-1-633 (3042, 3604, 3287)  
 (manos,zhang,ehenri)@geod.baug.ethz.ch

Manuskript eingereicht: Juni 2005

Angenommen: Juli 2005

## Einsatz eines terrestrischen Laserscanners für die DGM-Erstellung bzw. Volumenermittlung im Vergleich mit herkömmlichen Verfahren

CARMEN ENGELS, Bottrop, VOLKER DITTSCHIEDT, Ratingen & ALFRED MISCHKE, Bochum

**Keywords:** terrestrial laserscanner, topographic survey, DLM, garbage depot, GPS

**Zusammenfassung:** In diesem Artikel wird die Geländeaufnahme, DGM-Erstellung und Volumenermittlung mit einem terrestrischen Laserscanner verglichen mit dem herkömmlichen GPS-Messverfahren. Dieser Vergleich basiert auf Geländeaufnahmen zur Volumenermittlung auf einer Mülldeponie mittels Laserscanner und GPS. Mit den beiden Verfahren wurde das Müllvolumen einer gewichtsmäßig exakt spezifizierten Menge Hausmülls unabhängig voneinander bestimmt und ein Gewicht/Volumen-Faktor ermittelt. Hierzu wurden zunächst für jede Messmethode Digitale Geländemodelle aus den jeweiligen Messdaten erstellt, auf deren Basis die Volumina errechnet wurden. Die Qualität der Geländeaufnahmen konnte durch einen DGM-Vergleich sowie durch die Volumenermittlung untersucht und analysiert werden. Die auf dem durchgeführten Vergleich basierende abschließende Beurteilung der Messmethoden bezieht neben den erzielten Messergebnissen auch den benötigten Logistik-, Mess- und Auswerteaufwand mit ein. Berücksichtigt man als Entscheidungskriterium neben der Genauigkeit auch die aufgewendete Zeit für die Erstellung der DGM, so zeigt sich, dass für „einfache“ Vermessungsaufgaben herkömmliche Messverfahren wie Tachymeter und GPS grundsätzlich effektiver sind als der terrestrische Laserscanner. Das terrestrische Laserscanning stellt somit weniger eine Konkurrenz für die konventionellen Verfahren dar, sondern ist vielmehr eine sinnvolle Ergänzung.

**Summary:** *Laserscanner application for volumina determination and DTM-construction, respectively in comparison with conventional procedures.* This article compares a terrestrial laser scan to a GPS-measurement. Compared was the measurement of a garbage depot, leading to a digital landscape model (DLM) and a volumina calculation of the remaining depot-space.

Therefore, an exactly specified area was measured (with a laser scanner and with GPS) before and after filling with garbage. The resulting DLMs enabled the determination of the filled space – independently for both methods. The weight of the garbage was known, so that a space/weight factor could be calculated. Both methods gave nearly the same results (difference < 1%).

In a next step, the individual DLMs were compared. There were only small differences between results of laser scanning and GPS-measurement. They can be seen in a special differential-DLM, where only the deviations are presented.

At least, a final appraisal of results was done including other facts like logistical complexity, measuring and interpretation effort. Considering all factors, GPS turned out to be the better fitting method for “standard” measurements like the examined task, even if laser scanning yields to a suitable solution. So, laser scanning is an expedient completion to conventional measurement techniques – not a substitution.

## 1 Einleitung

Die geodätische Messtechnik hat sich aufgrund der raschen Entwicklungen in der Elektronik, der elektronischen Datenverarbeitung und der Sensorik stark verändert. Neuartige Messsysteme, die sich vor allem durch hohe Produktivität und Effizienz auszeichnen, drängen auf den Markt und konkurrieren mit älteren Messmethoden. Ein Verfahren, das in den letzten Jahren immer stärker auf sich aufmerksam gemacht hat, ist das Laserscanning (siehe z. B. MITCHELL 2004 oder JENKINS 2005). In der topographischen Geländeaufnahme und der daraus resultierenden Erfassung digitaler Geländemodelle wird seit geraumer Zeit das Airborne-Laserscanning eingesetzt. Laserscanning zeichnet sich allgemein durch einen hohen Automatisierungsgrad aus. Ist ein Messvorgang einmal gestartet, können extrem viele Punkte in sehr kurzer Zeit aufgenommen werden. Einzug in die kommerzielle Nutzung hat der terrestrische Laserscanner daher vor allem in den Bereichen der Nahbereichs-Photogrammetrie gefunden, wo nun statt Fotos oder ergänzend zu Fotos große Punktmengen aufgenommen werden. Anwendung findet der terrestrische Laserscanner hierbei in der Fassadenaufnahme, der Architekturvermessung und der Denkmalpflege (z. B. Aufnahme des Lübecker Holstentores in JAHN & KERSTEN 2004). Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Erstellung von 3D-Welten zur Anlagendokumentation (As-built-Dokumentation) (HOFFMAN 2005 und GREAVES & JENKINS 2004) und der Objektvermessung (Maschinenbauelemente). Es erschließen sich aber auch neue Spezialanwendungen, wie die Aufnahme spezieller Flechten im Shenandoah Nationalpark (WASKLEWICZ et al. 2005).

## 2 Zielsetzung

Es ist bisher kaum erforscht, in wieweit sich ein terrestrischer Laserscanner auch für Messaufgaben in den Bereichen der Geländeaufnahme oder DGM-Erstellung eignet, die bisher mit konventionellen Messmethoden (Tachymeter und GPS) durchgeführt

wurden (z. B. sächsische Ringwallanlage Willenscharen von HÖNNINGER & KERSTEN 2005). Aufbauend auf dieser Fragestellung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit des Fachbereichs „Vermessungswesen und Geoinformatik“ der Fachhochschule Bochum ein Laserscanner in einem Messgebiet, das bisher von herkömmlichen Messverfahren dominiert wurde, eingesetzt. Konkret wurde hier der Einsatz eines Laserscanners bei einer Geländeaufnahme zur Volumenermittlung und bei der Ableitung eines DGM untersucht und beurteilt. Die Volumenermittlung wurde hierbei auf einer Deponie in Bochum vorgenommen.

## 3 Verwendete Messsysteme

### 3.1 Laserscanner

Verwendet wurde ein 3D-Laserscanner HDS3000 der Firma Leica Geosystems in Verbindung mit der Auswerte- und Ansteuersoftware Cyclone. Für die Messungen mit dem HDS3000 sind zudem ein Laptop



**Abb. 1:** Laserscanner HDS3000 im Deponie-Messeinsatz.



mit installierter Scansoftware Cyclone und eine externe Scannerbatterie erforderlich (Abb. 1).

Der HDS3000 gehört zu der Kategorie der so genannten Panorama-Scanner, da er in der Lage ist, einen Scanbereich von  $360^\circ$  in horizontaler Scanrichtung und  $270^\circ$  in vertikaler Scanrichtung zu erfassen. Der HDS3000 bietet eine Reichweite von über 100 Metern, wobei sich die Herstellerangaben zur Einzelpunktgenauigkeit ( $\pm 6$  mm) nur auf eine Reichweite von 50 m beziehen. Die Auflösung des Scanners beträgt  $60 \mu\text{rad}$  (HZ/V). Die Laserspotgröße ist bei einer Entfernung bis zu 50 m unter 6 mm, wobei die Streckengenauigkeit bei 4 mm und die 3D-Punktgenauigkeit bei 6 mm liegen. Der Laserscanner arbeitet nach dem Prinzip des Impulsverfahrens und kann bis zu 1.800 Punkte/Sekunde bei einer minimal einstellbaren Rasterweite von 1,2 mm messen. Zu jedem Objektpunkt werden die dreidimensionalen Koordinaten sowie der Intensitätswert des reflektierten Laserimpulses gespeichert.

Für die Auswertung wird die lizenzierte Auswertesoftware Cyclone benötigt, mit der der Laserscanner zudem angesteuert werden kann. Hiermit wird die Verknüpfung (Registrierung) und Georeferenzierung der verschiedenen Scannerstandpunkte (Punktwolken) vorgenommen. Um die verschiedenen Scannerstandpunkte automatisch verknüpfen zu können, werden spezielle Zieltafeln für den HDS3000 (HDS-Targets) benötigt, die im Messgebiet gleichmäßig verteilt liegen. Durch reflektorloses Anzielen können diese HDS-Targets bei Bedarf mühelos georeferenziert werden.

### 3.2 GPS-System

Die GPS Messung wurde mittels eines Leica GPS-Zweifrequenzempfängers SR 530 mit Funkmodem für die Einwahl in den SAPOS<sup>®</sup>-Server (Satellitenpositionierungsdienst der Länder) durchgeführt. Die Messungen erfolgten in Echtzeit im RTK-Modus (Real Time Kinematic-Modus) mittels einer virtuellen Referenzstation (VRS) des SAPOS<sup>®</sup> HEPS-Service (Hochpräziser

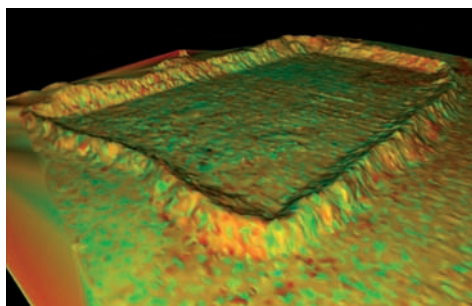
Echtzeit Positionierungs-Service; Korrektur von Trägerphasenmessungen zur Positionsbestimmung im RTK-Modus).

## 4 Ausgangssituation

Die Deponie erstreckt sich über eine Gesamtfläche von ca. 42 ha und hat ein genehmigtes Deponievolumen von etwa 13 Mio. m<sup>3</sup>. Auf der Deponie werden Haus- und Sperrmüll sowie Gewerbemüll gemäß den abfallrechtlichen Auflagen der Bezirksregierung angenommen. Zu den einbaufähigen Abfällen einer Deponie gehört insbesondere der Gewerbemüll. Dieser durfte nach der Deponieverordnung nur noch bis zum 31.05.2005 eingebaut werden. Laut Genehmigung ist eine maximale Einbauhöhe zwingend einzuhalten, die nicht signifikant überschritten werden darf. Um nun abschätzen zu können, wie viel Abfall bei der verbleibenden Resthöhe noch eingebaut werden kann, ist der Gewicht/Volumen-Faktor eine hilfreiche Größe. Dieser Abschätzung liegt auch die Kalkulation des Preises zu Grunde, der für die Deponierung der Abfälle berechnet wird. Von Seiten des Betreibers bestand daher das Interesse, diesen Faktor einmal über einen kürzeren Zeitraum bestimmen zu lassen, da die sonst als Berechnungsgrundlage dienenden Befliegungsdaten nur halbjährig aktualisiert werden.

## 5 Messgebiet

Auf dem Messgebiet wurde eigens für die Aufgabenstellung eine „Wanne“ (Abb. 2)



**Abb. 2:** Laserscanner DGMM der „Wanne“ – 1. Messung (3D-Ansicht in Cyclone).

mit folgenden Maßen konstruiert: 65 m lang, 35 m breit und 2 m hoch. Der Hauptgrund für diese Konstruktion war, dass zur Berechnung des Gewicht/Volumen-Faktors ein exakt definierter Bereich abgegrenzt werden musste, für den das Gewicht der verfüllten Menge Müll bekannt sein muss und das Volumen ermittelt werden kann.

## 6 Topographische Aufnahme

Um eine konkrete Aussage über die Leistungsfähigkeit eines Laserscanners anhand einer Geländeaufnahme und der daraus resultierenden DGM-Erzeugung und Volumenbestimmung treffen zu können, müssen die Messdaten mit denen eines herkömmlichen Messverfahrens verglichen werden. Aufgrund der örtlichen Situation (Himmelsfreiheit, kaum Festpunkte nutzbar) wurde das GPS-Verfahren als herkömmliches Messverfahren für den Vergleich ausgewählt. Somit wurde zur Volumenbestimmung die „Wanne“ vor und nach Befüllung mit Abfall mittels beider Messverfahren (GPS und Laserscanner) eingemessen. Aus den gewonnenen Messdaten wurde im Folgenden das Volumen des verfüllten (eingebauten) Abfalls ermittelt und damit abschließend der Gewicht/Volumen-Faktor ermittelt.

### 6.1 GPS-Aufnahme

Die Aufnahme der Wanne vor der Befüllung erfolgte durch Aufmessen der Wannenböschungen an den Unterkanten innen und außen sowie der Kronenlinie. Im Inneren der Wanne und außerhalb wurden vereinzelte Punkte aufgenommen, um den Geländeverlauf beschreiben zu können. Insgesamt wurden 240 Punkte in drei Stunden gemessen. Problematisch war allein die Aufnahme der Kronenlinie, da diese nicht immer exakt erkennbar war und teilweise approximiert werden musste. Die Aufnahme nach der Befüllung gestaltete sich einfacher, da es keinen Wanneninnerraum mehr als solchen gab, sondern nur noch eine Art „Deckel“. Gemessen wurden diesmal 260 Punkte in drei Stunden.

### 6.2 Laserscanner-Aufnahme

Um ein einheitliches Bezugssystem zwischen den beiden Messverfahren (terrestrischer Laserscanner und GPS) zu realisieren, wurden Holzpflocke als Tagesmarken im Boden der Deponie eingebracht und mittels GPS georeferenziert. Damit die Passpunkte vom Laserscanner genutzt werden können, sind diese mittels HDS-Targets zu signalisieren. Es wurden bei beiden Messungen sieben georeferenzierte Passpunkte als Verknüpfungspunkte im gesamten Objektraum verwendet, um die erhaltenen Punktwolken miteinander zu verknüpfen und zu georeferenzieren. Zur Erfassung der Wannenstruktur wurde eine Rasterweite von 10 cm × 12 cm für den Scan eingestellt. Die komplette Aufnahme der ersten Messung erfolgte über fünf Standpunkte mit einer Gesamtanzahl von ca. 7,1 Mio. gemessenen Punkten. Bei der zweiten Messung wurden sechs Standpunkte mit einer Gesamtanzahl von 7,2 Mio. gemessenen Punkten benötigt.

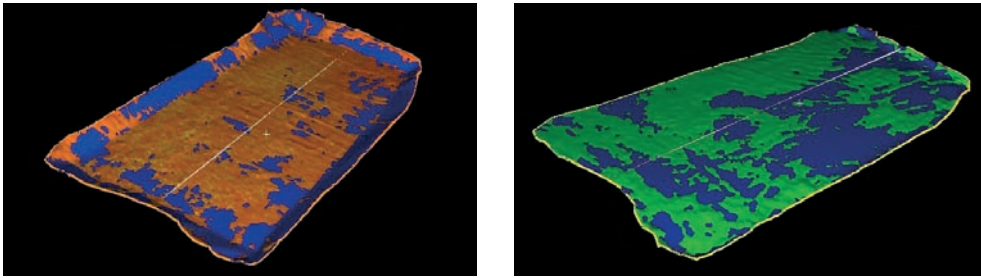
## 7 Auswertung

### 7.1 DGM-Vergleich

Basierend auf den Messungen für die DGM-Erstellung bzw. Volumenermittlung erfolgte der Vergleich von Laserscanning und GPS. Hierzu wurden zunächst für jede Messmethode Digitale Geländemodelle aus den jeweiligen Messdaten erstellt (Abb. 2).

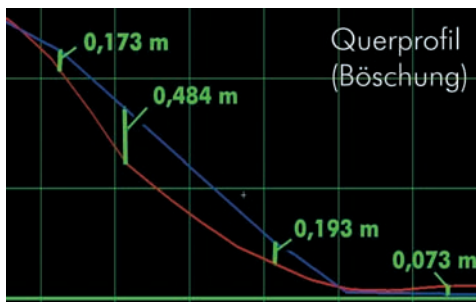
Um den Unterschied der beiden DGM – vor allem im Böschungsbereich – besser darstellen zu können, wurden die GPS-Punkte der ersten und zweiten Messung in Cyclone (siehe 3.1 Laserscanner) eingeladen und vermascht. Die nun vorhandenen DGM von GPS und Laserscanner wurden getrennt nach erster und zweiter Messung zusammengefügt. Abb. 3 zeigt die kombinierte Darstellung des GPS-DGM (blau) mit dem aus den Laserscannerdaten gewonnenen DGM (orange bei erster Messung und grün bei zweiter Messung).

Aus der kombinierten Darstellung ist erkennbar, dass in weiten Teilen der ersten Messung das DGM des Laserscanners hö-



**Abb. 3:** Kombinierte Darstellung – erste Messung (links), zweite Messung (rechts); orange bzw. grün bedeutet Laserscanner-DGM liegt höher; blau bedeutet GPS-DGM liegt höher.

her liegt als das GPS-DGM. Umgekehrt ist die Situation im Böschungsbereich, bei der das GPS-DGM höher liegt. Dies ist durch die Generalisierung der Böschungslinie bei der GPS-Messung zu erklären, bei der lediglich Ober- und Unterkante aufgenommen wurden. Der Laserscanner hingegen nimmt die gesamte Geländestruktur im Böschungsbereich auf. Um die Abstände der einzelnen DGM besser visualisieren zu können, wurden Querprofile erzeugt. Abb. 4 stellt anhand eines ausgewählten Querprofils der ersten Messung den Abstand der DGM im Böschungsbereich dar und veranschaulicht den Unterschied in der Aufnahme dieses Böschungsabschnittes sehr gut. Hierbei stellt die obere Linie im Böschungsbereich den generalisierten – mittels GPS aufgenommenen – Böschungsverlauf dar. Hierbei ist zu erkennen, dass mittels Laserscanner die unmittelbare Oberfläche des Geländes aufgenommen wurde. Zudem ist sehr gut erkenn-



**Abb. 4:** Querprofil „Wannen“-Böschung: GPS-DGM in blau, Laserscanner-DGM in orange.

bar, dass im Wanneninnenraum, hervorgerufen durch Generalisierung sowie dem Einsinken des GPS-Gerätes, das GPS-DGM niedriger als das Laserscanner-DGM liegt.

In der zweiten Messung ist erkennbar, dass das Laserscanner-DGM größtenteils über dem GPS-DGM liegt.

## 7.2 Differenz-DGM

Um die durch verschiedene Messverfahren erzeugten DGM vergleichen zu können, wurde aus der Differenz zweier DGM wieder ein DGM erstellt. Im Idealfall (bei identischen DGM) würde als Resultat eine ebene horizontale Fläche (mit Höhe Null) als Differenz-DGM herauskommen. Für lageidentische Punkte, die durch Reduktion der Punktwolke des Laserscanner-DGM gewonnen wurden, konnten anschließend die Höhen auf den zu vergleichenden DGM durch Interpolation berechnet werden. Die Höhendifferenzen in den lageidentischen Punkten repräsentieren die Abweichungen der DGM voneinander und wurden einer statistischen Analyse unterzogen. Im Folgenden wurden die Höhendifferenzen, mit einer Klassenbreite von 0,1 m, als Histogramm aufgetragen. Das Ergebnis zeigt, dass die Differenzen normalverteilt sind (Abb. 5). Es ergab sich eine mittlere Differenz von 9 cm, die das GPS-DGM unterhalb des Laserscanner-DGM liegt. Eine Erklärung hierfür wäre, dass der Laserscanner immer die oberste sichtbare Schicht erfasst, während der GPS-Lotstock im Müll einsinken kann.

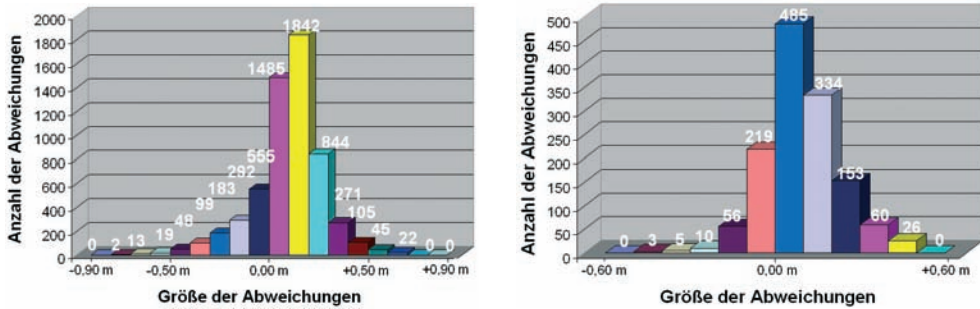


Abb. 5: Differenz-Histogramm der 1. Messung (links) und der 2. Messung (rechts).

Zur Visualisierung wurde aus den Differenzen ein DGM abgeleitet, das sich mit Cyclone sehr anschaulich darstellen ließ. Mittels dieser Visualisierung konnte untersucht werden, an welchen Stellen systematische Effekte und die betragsmäßig größten Differenzen auftraten.

Die Differenzanalyse der ersten Messung ergab, dass größere Differenzen ( $>|\pm 0,3|$  m) im Böschungsbereich besonders stark vertreten sind und dort gleichmäßig verteilt liegen, wie in Abb. 6 zu sehen ist. Diese Differenzen entstanden durch die bereits angesprochene generalisierte Geländeaufnahme mittels GPS, wodurch systematische Differenzen über 0,3 m entstanden. Größere Differenzen ( $>|\pm 0,3|$  m) sind im Innenraum der Wanne (s. Abb. 6) hingegen seltener und liegen an Stellen, die durch herausragenden und herumliegenden Abfall (nur mit dem Laserscanner aufgenommen) hervorgerufen wurden, so dass die Fehler hier keiner Systematik unterlagen, sondern als rein zufällig angesehen werden können.

Die Differenzanalyse der zweiten Messung ergab, dass sowohl im Innen- als auch im Randbereich der Wanne kaum größere Differenzen ( $>|\pm 0,3|$  m) entstanden (Abb. 6). Hierbei traten keine Abweichungen durch herausragenden Abfall auf, da die Geländeoberfläche nach der Verfüllung verdichtet wurde.

### 7.3 Faktorberechnung

Die exakte Tonnenangabe des in die „Wanne“ eingebauten Mülls wurde vom Betreiber ermittelt und zur Verfügung gestellt, wodurch sich der gesuchte Faktor zu  $\sim 0,55$  t/m<sup>3</sup> mittelt. Die Ergebnisse der Volumeberechnung, basierend auf den zwei unterschiedlichen angewandten Messverfahren, waren in beiden Fällen näherungsweise identisch, obwohl die Punktdichte (6 Mio-Punkte beim Laserscanner und 250 bei GPS) extrem unterschiedlich war. Trotz des relativ schwierig zu erfassenden Geländes und der daraus resultierenden notwendigen Gene-

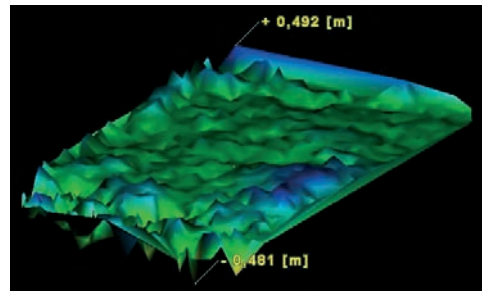
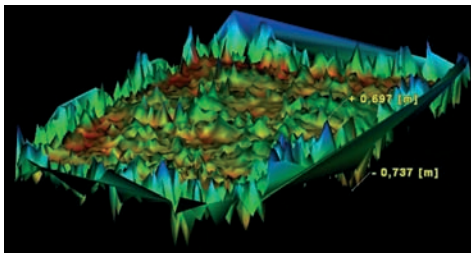


Abb. 6: Differenz-DGM der 1. Messung (links) und der 2. Messung (rechts), hohe negative Differenzen rot über gelb und grün zu hohen positiven Differenzen in dunkel blau.

**Tab. 1:** Berechnung des Faktors.

Verfahren	Tonnen [t]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Faktor [t/m <sup>3</sup> ]
GPS	~ 3200	5833	0,55
Laserscanner	~ 3200	5883	0,54

ralisierung bei der GPS-Messung betrug die mit den beiden Verfahren ermittelte Differenz in der Volumenbestimmung nur 0,85 % (Tab. 1). Dieser Unterschied in der Volumenbestimmung von unter einem Prozent kann als sehr gering angesehen werden und ist für eine Volumenbestimmung in der Geländeaufnahme einer Deponie nicht relevant. Es zeigt sich somit, dass die unterschiedlichen Messverfahren und die durchgeführte Generalisierung hier kaum Auswirkungen auf das ermittelte Volumen hatten.

## 8 Fazit

Die auf dem durchgeführten Vergleich basierende abschließende Beurteilung der Messmethoden bezieht neben den erzielten Messergebnissen auch den benötigten Logistik-, Mess- und Auswerteaufwand mit ein. Die erfolgreiche Durchführung der Volumenbestimmung mit GPS und Laserscanner ergab unabhängig voneinander einen Gewicht/Volumen-Faktor von 0,54 t/m<sup>3</sup> (Tab. 1). Dieses Ergebnis zeigt, dass prinzipiell beide Verfahren für die Geländeaufnahme eingesetzt werden können. Allerdings war der notwendige Aufwand zur Durchführung der Messung mit dem Laserscanner ungleich höher als der mit GPS (14 Stunden zu 6 Stunden). Soll ein Gebiet schnell und nicht so detailliert aufgenommen werden, spricht der Zeit- und Arbeitsaufwand eindeutig für das GPS-Verfahren. Hiermit konnte sehr effizient und mit einer für die Aufgabenstellung ausreichenden Genauigkeit dasselbe Gebiet in kurzer Zeit aufgenommen werden. Berücksichtigt man als Entscheidungskriterium neben der Genauigkeit auch die aufgewandte Zeit für die Erstellung der DGM (Laserscanner: 15 Stunden; GPS: 6 Stunden), so zeigt sich,

dass für „einfache“ Vermessungsaufgaben herkömmliche Messverfahren wie Tachymeter und GPS grundsätzlich effektiver sind als der Laserscanner. Das terrestrische Laser-scanning stellt somit weniger eine Konkurrenz für die konventionellen Verfahren dar, sondern ist vielmehr eine sinnvolle Ergänzung. Die Stärken des Laserscanners liegen ohne jeden Zweifel in der exakten Vermessung von Objekten mit komplexen Oberflächenstrukturen. Diese einzigartige Überwindungsmöglichkeit hat den Laserscanner z. B. zum Standardmessverfahren in der Architektur-Photogrammetrie werden lassen (LUHMANN 2005). In vielen Vermessungsbereichen, in denen heute mit GPS oder Tachymetrie gemessen wird, ist allerdings nicht zu erwarten, dass der Laserscanner diese routinemäßigen Verfahren verdrängen wird.

## 9 Ausblick

Die derzeitige Beurteilung des Laserscanners in dieser Arbeit muss vermutlich aufgrund gerade stattfindender Entwicklungen in etwa 10 Jahren revidiert werden. So kann man sich einen zukünftigen Laserscanner vorstellen, der in der Handhabung kompakter ist (kein externes Notebook, keine externe Stromversorgung, etc.) und daher im Zuge einer generell fortschreitenden Miniaturisierung einfach handlicher. Stellt man sich vor, dass zukünftige Laser und Elektronik noch weniger Strom verbrauchen, und somit eine kleine Batterie die Stromversorgung über 12 Stunden sichert, könnte solch ein wirklich handlicher Laserscanner in Kombination mit den vorhandenen Stärken eines Laserscanners eine echte Alternative zu den herkömmlichen Messgeräten auch im Alltag sein.

## 10 Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der Stadt Bochum für die Anregung und Unterstützung bei der Durchführung dieses Projektes sowie dem Team des Umweltservice Bochum für die freundliche Unterstützung und der Bereitstellung des Messgebietes. Ebenso gebührt unser Dank Herrn Dipl.-Ing. HA-

RALD SAEGER der Firma Leica Geosystems für die Bereitstellung des Laserscanners HDS3000.

## Literatur

- DITTSCHIEDT, V. & ENGELS, C., 2005: Einsatz eines Laserscanners für die Volumenermittlung bzw. DGM-Erstellung im Vergleich mit herkömmlichen Verfahren. – Unveröffentlichte Diplomarbeit im Fachbereich Vermessungswesen und Geoinformatik der Fachhochschule Bochum.
- GREAVES, T. & JENKINS, B., 2004: Laser Scanning Changes the Rules! – *The American Surveyor*, Cheves Media, May–June 2004.
- HÖNNINGER, C. & KERSTEN, T., 2005: Einsatz des 3D-Laserscanning-Systems Mensi GS100. – *VDV 3/2005*, S. 204ff.; Chiemlorz Verlag, Wiesbaden.
- HOFFMANN, E., 2005: Plant Design: Specifying Laser Scanning Services. – *CEP-Magazine (Chemical Engineering Progress)*, S. 34–38, May 2005.
- JAHN, I. & KERSTEN, T., 2004: Erfassung des Lübecker Holstentores mit dem 3D Laserscanning System Cyra. – *VDV*, Band 23, *Denkmäler 3D*; Chmielorz Verlag, Wiesbaden.
- JENKINS, B., 2005: Surging Demand, Opportunity & Fresh Product at SPAR 2005. – *The American Surveyor*, Cheves Media, July–Aug. 2005.
- LUHMANN, T., 2005: *Photogrammetrie – Laser-scanning – Optische 3D-Messtechnik*. – Herbert Wichmann Verlag.
- MITCHELL, H., 2004: Laser Scanning. – *Position Magazine*, Issue 9, Feb.–March 2004.
- WASKLEWICZ, T., STALEY, D.-M. & SERUNTINE, L., 2005: Recording Lichen Species in Shenandoah National Park using Terrestrial 3D Laser Scanning Techniques. – [http://geography.memphis.edu/thad/nsf/articles/SNP\\_Laser.pdf](http://geography.memphis.edu/thad/nsf/articles/SNP_Laser.pdf), 2005-08-17

## Anschriften der Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) CARMEN ENGELS  
Düppelstraße 33, D-46238 Bottrop  
Tel.: 02041-700316  
e-mail: carmen\_engels@yahoo.de

Dipl.-Ing. (FH) VOLKER DITTSCHIEDT  
Schleiferstraße 33, D-40878 Ratingen  
Tel.: 02102-27561  
e-mail: tarkin27@yahoo.de

Prof. Dr. techn. ALFRED MISCHKE  
Fachhochschule Bochum  
FB Vermessungswesen und Geoinformatik  
Lennershofstraße 140, D-44801 Bochum  
Tel.: 0234-3210514, Fax: 0234-3214735  
e-mail: alfred.mischke@fh-bochum.de

Manuskript eingereicht: Juli 2005  
Angenommen: August 2005

## Berichte

### **ISPRS Workshop 3D Mapping from InSAR and LiDAR** 7.–10. 6. 2005 in Banff, Alberta, Kanada

Die ISPRS Konferenz „3D Mapping from InSAR and LiDAR“ fand im *The Banff Centre* statt, das idyllisch im Herzen der kanadischen Rocky Mountains liegt. Vor der Konferenz wurde das eintägige Tutorial *Geo-Referencing, LiDAR, Imaging Systems, and InSAR: Principles and Applications* angeboten. Der Veranstalter des Workshops war die ISPRS Arbeitsgruppe WG I/2 *SAR and LiDAR Systems*. Zur Veranstaltung kamen 50 Teilnehmer aus 11 Ländern. An der Vorbereitung und Durchführung der Konferenz waren beteiligt: CHARLES TOTH (*The Ohio State University*), BRYAN MERCER (*Intermap Technologies*), BORIS JUTZI (*FGAN-FOM*) und NASER EL-SHEIMY (*University of Calgary*). Die lokale Organisation wurde von *Intermap Technologies* und der *University of Calgary* koordiniert.

Insgesamt wurden 24 technische Präsentationen aus Industrie, Forschung und universitären Einrichtung und zwei Übersichtsvorträge über Radar und LiDAR-Technik vorgestellt. Der erste Übersichtsvortrag wurde von GOTTFRIED KONECNY (*Universität Hannover*) über *The Role of Radar in Mapping the World – Past, Present and Future* gehalten. Er zeigte anschaulich die Entwicklung in der Radartechnik in den letzten 40 Jahren. Der zweite Übersichtsvortrag *The Status of LiDAR Today and Future Directions* wurde von MIKE RENSLOW (Spencer Gross Associates) präsentiert. Sein schwungvoller Vortrag konzentriert sich auf kommerzielle LiDAR Systeme, wobei er einen Trend hinsichtlich umfangreicher Datenaufzeichnung prognostizierte, die dann eine Postprozessierung der Daten in Abhängigkeit von der Anwendung ermöglichen soll. Unterhaltsam und informativ war der zusätzliche Vortrag von CHARLES TOTH, der die Beteiligung der Ohio State University an der *2004 DARPA Grand Challenge* zeigte.

Der Schwerpunkt der technischen Präsentationen lag auf LiDAR (14), SAR (7) und Geokodierung (3). Bei den LiDAR-Vorträgen wurden ausschließlich luftgestützte Systeme betrachtet. Präsentationen und Diskussionen erstreckten sich von der Messgenauigkeit bei kommerziellen LiDAR Systemen, über die Merkmalsgewinnung bei der *Full Waveform* Auswertung, der Datenfusion von Digitalkamera und LiDAR, bis hin zur Objekterkennung und Objektrekonstruktion. Bei den SAR-Präsentationen wurden sowohl luft- als auch satellitengestützte Systeme behandelt. Viele Beiträge wurden rege diskutiert. Die Dokumente zu den vorgestellten Präsentationen sind im ISPRS Archiv online verfügbar. Weiterführende Informationen befinden sich unter <http://www.fom.fgan.de/isprs/ws05/>.

BORIS JUTZI, Ettlingen

### **CIPA 2005 XX International Symposium „International Cooperation to Save the World's Cultural Heritage“** 26. 9.–1. 10. 2005 in Turin, Italien

Das 20. Symposium des Internationalen Komitees für Architekturphotogrammetrie (CIPA) fand mit 319 Teilnehmern aus 31 Ländern große Resonanz. Zweck des Symposiums war es, entsprechend dem Hauptziel von CIPA, Teilnehmer aus unterschiedlichen Fachgebieten, insbesondere Experten aus Baudokumentation, Bauforschung und Restaurierung auf der einen Seite und Anbieter von Aufnahmetechnik wie Photogrammetrie und Laserscanning andererseits zum Dialog und in gemeinsamen Projekten zusammen zu führen. Dem entspricht die CIPA-Struktur als Kind von ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) und ICOMOS (International Council on Monuments and Sites, innerhalb der UNESCO) – also der Seite des technischen Know-hows und der von Anwen-

dung und Interpretation im Rahmen der Dokumentation.

Zum Gelingen der Veranstaltung trug auch der in vielerlei Hinsicht attraktive Tagungsort Turin bei. Im Alpenbogen gelegen, eine an Architekturdenkmälern und Museen überreiche Stadt im Herzen des Piemonts, die sich intensiv für die kommenden olympischen Winterspiele rüstet: Überall wird gebaut, verschönert und renoviert. Schon diese geballte Beschäftigung mit der Pflege der Vergangenheit wäre Grund gewesen, diesen Tagungsort auszuwählen. Auf bleibende Einrichtungen im Kontext zu Restaurierung, Bauforschung und Dokumentation wurde bereits in der Eröffnungssitzung durch die Vertreter von Staat, Region, Stadt, aus Wirtschaft und Wissenschaft hingewiesen. Einen Höhepunkt dieser Veranstaltung bildete die Verleihung der CIPA-Ehrenmitgliedschaft auf Lebenszeit an Persönlichkeiten, die sich um CIPA und Photogrammetrie verdient gemacht haben, durch den CIPA-Präsidenten, Prof. P. PATIAS an: Prof. ROSS W. A. DALLAS (Großbritannien), Prof. CEVAT ERDER (Türkei), Prof. JOZEF JAN JACHIMSKI (Polen) und Prof. PETER WALDHÄUSL (Österreich), den vormaligen CIPA Präsidenten. Erwähnt werden sollte auch die begeisterte Aufnahme des Films „Information from Imagery“, angefertigt von ISPRS, um ein interessiertes Publikum zu informieren und insbesondere bei der jungen Generation für die wachsende Vielfalt der von ISPRS betreuten Felder Interesse zu wecken.

Die Arbeitssitzungen an den folgenden fünf Tagen fanden mit Ausnahme von vier Plenarsitzungen im Allgemeinen in Parallelsitzungen statt, analog zur CIPA-Struktur der drei übergeordneten Arbeitsgruppen: I – Data Acquisition and Recording Techniques for Cultural Heritage Documentation, II – Documentation and Information Management, III – Training, Technology Interchange and Communication. Es gab 217 Beiträge. Drei Poster-Sessions fanden hervorragende Resonanz, konnten sie doch von allen Teilnehmern besucht werden; angeregte Diskussionen am Rande zeugten von regem Erfahrungsaustausch. Auf einen Bei-

trag sei aus aktuellem Anlass besonders hingewiesen: Prof. ARMIN GRÜN, Zürich, der über die technischen Arbeiten bei der Rekonstruktion der berühmten monumentalen in Afghanistan zerstörten Buddha-Statuen berichtete, legte den Teilnehmern nahe, den anlaufenden Spielfilm „The Giant Buddhas“ nicht zu veräumen, der auch die Arbeit unseres Berufsstandes zumindest am Rande würdigt.

Es war nicht zu verkennen, dass das Laserscannen ins Zentrum dieses Symposiums gerückt war: alle Facetten, von Gerätetechnik über die Behandlung der Punktwolke, Segmentierung, Extraktion, Triangulation, Matching – bis hin zum Texturieren mit hochwertigem Digitalbild und all dies vom Kleinobjekt bis zur Kulturlandschaft als Ganzem. Damit einher geht die 3D-Präsentation, sei es als Modell, Virtual Reality, im Informationssystem oder im Internet. Auch die begleitende Fachfirmenausstellung mit elf Ausstellern – Anbietern von Dienstleistung im Bereich Baudokumentation und von Mess- und Auswertetechnik – war vom Einfluss des Laserscannens geprägt.

Einen Höhepunkt des Symposiums bildete die technische Exkursion zu zwei Schlössern, beide in der Liste des Weltkulturerbes: *Castello di Racconigi*, ein prächtiges voll eingerichtetes Schloss mit eindrucksvollem englischen Park und besonders der *Königspalast von Venaria Reale*, ein Komplex von 480.000 m<sup>2</sup>. Einzigartig war hier die Gelegenheit, zu erleben, wie der riesige Bau und der Park als Ganzes und praktisch überall zugleich restauriert werden. Hier wurde jüngst auch das überregionale Centro Conservazione e Restauro auf einer Fläche von 8.000 m<sup>2</sup> angesiedelt. Die Stiftung hat die Aufgabe, eine Führungsrolle auf dem Gebiet der nationalen und internationalen Konservierung und Restaurierung einzunehmen.

Gelegenheit, Kontakte zu knüpfen und weiter zu vertiefen, bot sich auch bei anderen gemeinschaftlichen Ereignissen, wie z. B. dem Social Dinner am Vorabend der Abschlussveranstaltung, die mit besonderem Dank an den Vorsitzenden des Organisationskomitees Prof. SERGIO DEQUAL, Po-



litecnico di Torino, endete. Ihm war es mit Unterstützung seines Teams gelungen, dem Großereignis dennoch eine wohlthuend familiäre Atmosphäre zu verleihen. Gemäß dem Auftrag des Symposiums, die Erhaltung und die Dokumentation des Kulturerbes nach Kräften zu fördern, wurde auch die Tagung selbst hervorragend dokumentiert: Alle Beiträge sind in zwei Bänden auf ca. 1.200 Seiten im kostengünstigen Schwarzweißdruck niedergelegt sowie zusätzlich auf CD im Original; die umfangreiche Dokumentation konnte man bereits bei Tagungsbeginn in Empfang nehmen.

Nach Abschluss des CIPA-Symposiums fanden sich noch etwa zwei Dutzend der Tagungsteilnehmer während zwei Tagen zu Veranstaltungen im Rahmen der *RECORDIM-Initiative* zusammen. Dies ist ein auf 5 Jahre terminiertes Partnerschaftsprojekt (2002 – 2007) zwischen international tätigen Denkmalpflege-Organisationen unter Leitung des Koordinators Prof. R. LETELLIER mit dem konkreten Ziel, die Kluft zwischen Informationsnutzern und -anbietern zu überwinden. Es bietet ein gutes Beispiel für die Vielfalt und die Intensität der Aktivitäten der CIPA-Teilnehmer. Nun sieht man dem nächsten Symposium entgegen, 2007 in Athen, unter dem Motto „*Anticipating the future of the cultural past*“ (1.–6. 10. 2007). Vorher aber besteht noch die Gelegenheit, sich nicht nur in den zahlreichen CIPA-Taskgroups zu treffen, sondern auch im Rahmen des ISPRS-Symposiums in Dresden 2006 (Com. V/2) „*Image engineering and vision metrology*“.

MICHAEL SCHERER, Bochum

### **7<sup>th</sup> Conference on Optical 3-D Measurement Techniques**

3.–5. October 2005 in Vienna, Austria

This conference was organized by the Research Group for Engineering Geodesy of the Institute of Geodesy and Geophysics of the Vienna University of Technology (Prof. HERIBERT KAHMEN) together with the Institute of Geodesy and Photogrammetry of the

Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland (Prof. ARMIN GRUEN). The meeting was co-sponsored by the ISPRS Commission V, the IAG Sub-Commission 4.2 and the FIG Commissions 5 and 6. It was the seventh conference in a row and the first six conferences were held alternately in Vienna and Zurich in the years 1989, 1993, 1995, 1997, 2001 and 2003. The conference was attended by 151 participants from 27 countries from all over the world. Thereby the largest number of participants was from Germany (41 participants) followed by Austria with 19 and Switzerland with 14 participants. From other continents the conference was attended by 18 participants from Asia, 8 from Australia and 4 from America. About 100 papers were presented in 19 technical sessions and one poster session. Thereby the major topic was *Laser-scanning* where a total number of 30 papers was presented in 5 technical sessions.

On the first day four presentations were held in the session *Newest Developments in Optical 3-D Measurement Techniques* after the opening ceremony. Here the use of Laser Scanners for the survey and 3-D modeling of a warship and skeletons of Dinosaurs and the use of Laser Scanners for mapping bullet trajectories in a crime scene as well as the kinematic determination of digital road surface models using mobile mapping systems was presented. Apart from Laserscanning presentations about *Mobile Mapping* and *Mobile Multi-sensor Systems* were held in 3 sessions on the last day of the conference. Furthermore two sessions on *Face- and Body-Modeling*, *Close-range Imaging and Metrology* and *3D-Modeling* were held and one session each on *New (Digital Camera) Developments*, *Surface Measurement Techniques*, *Measurement and Modeling in As-built Applications* and *Calibration Measurement and Modeling in As-built Applications*.

On the first two days of the conference, six companies (i. e., Trimble and Geodäsie Austria, Riegl, Zoller and Fröhlich, Aicon and 3dAgency) participated in the technical exhibition arranged in the entrance hall of the conference centre. On the third day, a poster session with 24 presentations was

held parallel to the technical sessions. The social events included a reception in the Vienna City Hall on the first day of the conference and a typical dinner at a Viennese Wine Tavern "Heuriger" on the second day.

The conference proceedings are published in two Volumes and have in total 825 pages. They can be ordered at a prize of € 40 (plus € 15 for postage and packing for delivery in Europe) by sending an e-mail to [conf@pop.tuwien.ac.at](mailto:conf@pop.tuwien.ac.at). The proceedings are also available on CD-ROM. Further information can also be found on the website of the conference at <http://info.tuwien.ac.at/ingeo/optical3d/o3d.htm>.

Due to the great success of the conference it was decided to organize the 8<sup>th</sup> conference on "Optical 3-D Measurement Techniques" in two years and it will be held in Zurich most likely in late September 2007.

GÜNTHER RETSCHER, Vienna  
Chairman of the Organizing Committee

## INTERGEO 2005

Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement vom 4. bis 6. 10. 2005 in Düsseldorf

Der DVW e.V., Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, hatte zu seiner jährlich veranstalteten Fachkonferenz mit Ausstellung in diesem Jahr unter dem Motto

*Grenzen überschreiten  
Global denken und handeln*

eingeladen. Die Erweiterung der Europäischen Union und die unmittelbare Nachbarschaft zu den Niederlanden waren der Ausgangspunkt, sich auf vielfältige Art mit dem Überschreiten von Grenzen auseinander zu setzen. Und viele, die eine Beziehung zum Vermessungswesen im weitesten Sinne haben, waren gekommen.

Sehr gut organisiert und festlich war die Eröffnungsveranstaltung im großen Saal des Congress Center Düsseldorf mit einer Ansprache durch Dipl.-Ing. HAGEN GRAEFF, Hamburg, Präsident des Deut-

schen Vereins für Vermessungswesen e.V. – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (DVW). Es folgte eine Begrüßung durch Assessor JOACHIM DEUTSCHMANN, stellvertretender Vorsitzender des Deutschen Markscheider-Vereins e.V. (DMV), der in diesem Jahr Mitveranstalter der INTERGEO war.

Den Festvortrag hielt Prof. Dr. Dr. h.c. GERT KAISER, Präsident des Wissenschaftszentrums NRW und von 1983 bis 2003 Rektor der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, mit dem Titel

*Vom öffentlichen Bild der Wissenschaft.*

Er führte sinngemäß aus:

Die Wissenschaft hat in der Öffentlichkeit an Ansehen verloren. Es besteht kein öffentliches Vertrauen in die Wissenschaft, sie könne uns in eine großartige Zukunft führen. Wissenschaftsskepsis ist verbreitet. Aber es gibt auch optimistische Anzeichen für eine Wende: Die Zahl der Studenten in den Naturwissenschaften steigt jetzt wieder.

Seit dem „Sündenfall der Wissenschaften“, dem Bau und Abwurf der Atombombe im Jahre 1945, sitzt das Misstrauen gegen die Wissenschaft fest in der Öffentlichkeit und den Medien. Es gab einmal Zeiten, da hat die Menschheit an die Wissenschaft als „Allheilmittel“ geglaubt und charismatische Wissenschaftler-Persönlichkeiten verehrt.

Heute werden Nobelpreisträger als Beschwichtiger gebraucht, nicht als Begeisterter oder Anfeuerer. Es werden „Jahre der Wissenschaften“, „Jahre der Physik“ veranstaltet. Aber PR-Kampagnen brachten bisher auch nicht die Lösung.

Wir brauchen Begeisterung der jungen akademischen Generation! Die Abkehr von den naturwissenschaftlichen Fächern seit den 80er Jahren hatte viele Gründe: schweres Studium, schlechte Bezahlung der Absolventen, schwer, eine Anstellung zu bekommen. Rechts- und Sozialwissenschaften wurden bevorzugt. Anwalt und Manager waren die Zielberufe. Eine ganze Generation hatte sich von den Naturwissenschaften abgewandt. Technik und Naturwissenschaften galten als „Feinde der Natur“ – besonders in Deutschland. Es gab und gibt in Deutschland und Frankreich technik-feindliche Protestgruppen gegen die Globalisierung, die gegen Wissenschaft, Technik, Industrie auftreten, weil diese in Verbindung gebracht werden mit Gen-Manipulation, Umweltzerstörung usw. Technik-Skepsis und Wissenschaftsangst haben zu Parolen wie „Zurück zur

Natur“ geführt. Aber es ist eine irri- ge Annahme, dass das möglich wäre.

Und schon bei der Mikroelektronik (Chip- Herstellung) setzt sich allgemein die Erkenntnis durch, dass der Anteil der Wissenschaften am Erfolg immer größer wird. Bei der Verwendung natürlicher Rohstoffe ist in Zukunft der Nutzeffekt um den Faktor 10 zu steigern. Nur durch höchste innovative Anstrengungen unter Einhaltung strikter Gebote und Gesetze ist dieses Ziel zu erreichen.

Es gibt kein „Zurück zur Natur“ oder „Zurück ins Paradies“, sondern nur ein „Vorwärtsgehen“ und durch außerordentliche Leistungen zur Wiederherstellung der Natur und unseres Verhältnisses zur Natur beizutragen. Geistige, künstlerische und technische Anstrengungen sind dafür erforderlich. Das Ziel unserer wissenschaftlichen Arbeit lautet: „Vorwärts zur Natur“. Wir haben uns schon auf diesen Weg gemacht. Aber wir brauchen noch mindestens eine Generation, um das Ziel zu erreichen. Und wir müssen die jungen Menschen für die Wissenschaft wiedergewinnen, um Überleben und Wohlstand zu sichern.

Die verdienstvolle HINTE GmbH mit Geschäftsführer OLAF FREIER als Organisator der INTERGEO, konnte zum Abschluss der Veranstaltung bekannt geben: In den beiden repräsentativen und gut übersichtlichen Ausstellungshallen 3 und 4 und auf dem umfangreichen Freigelände wurden 16.000 Ausstellungsbesucher gezählt. 515 Aussteller aus 24 Ländern auf 25.000 m<sup>2</sup> brutto-Ausstellungsfläche (netto: 10.700 m<sup>2</sup>) mit rund 800 Produkten. Die Zahl der Kongressteilnehmer lag bei 1.600.

Dipl.-Ing. HAGEN GRAEFF, Hamburg, fasste auf der Pressekonferenz am 4.10. 2005 das Ergebnis des Düsseldorfer Kongresses für das Vermessungswesen wie folgt zusammen: „Damit konnte die INTERGEO 2005 erneut ihre herausragende Position als zentraler Dreh- und Angelpunkt der gesamten Branche bestätigen“.

Diese INTERGEO 2005 war eine großartige Veranstaltung und Leistungsschau des Vermessungswesens mit einem anspruchsvollen Vortragsprogramm von rund. 120 Beiträgen in 20 aktuellen Themenblöcken: *Tsunami, e-Learning, Wasser-Management, Geoinformation ohne Grenzen, terrestrische Datenerfassung, Luft- und satellitengestützte*

*Datenerfassung, Geodätische Datenanalyse, Terrestrisches Laserscanning, Airborne Laserscanning, Hydrographie und Wasserwirtschaft, Stadumbau, Landmanagement mit geänderten Rahmenbedingungen, Geoinformation im Immobilienmanagement, Innovations- und Technologiepolitik, Markscheidewesen und geotechnische Raumplanung, Infrastruktur und Ingenieurwesen, GIS mobil, Datenstrukturen – Datenbanken, Geodaten – Infrastrukturen, Geodätische Aspekte neuartiger Satellitenmissionen (Gravitationsfeld, Bahnberechnung, Altimetrie, SAR, neue Sensoren), Ingenieurgeodäsie, Studium und Berufseinstieg, e-Government, web-basierte Geodaten, Katastrophenmanagement, Geodaten in Kommunikationsunternehmen, ALKIS, ATKIS, AFIS, usw.*

*Dazu gab es ein Erdmessungsforum, ein Positionierungsforum, ein GIS-Nutzungsforum, ein Forum GIS in EVU/Telekom/Verwaltung, ein Forum GIS-Tools und Techniken, ein Geomarketing-Forum eine „Geodätische Woche“ mit zahlreichen Sessions, mehrere Podiumsdiskussionen usw.*

Anerkennung für die gute Organisation der INTERGEO 2005 gebührt auch dem lokalen Kongressdirektor, Herrn MICHAEL ZWIRNMANN und seinem Organisationsteam in Düsseldorf.

Die INTERGEO 2006 wird in Verbindung mit dem XXIII. FIG Kongress vom 10. bis 12. Oktober im ICM in München veranstaltet.

KLAUS SZANGOLIES, Jena

## INTERGEO 2005 Trendanalyse

### Allgemeines zur INTERGEO 2005

„Grenzen überschreiten“ lautete das Motto der INTERGEO 2005, die vom 4.–6.10. 2005 in Düsseldorf stattfand. Die Besucherzahlen lagen mit 16.000 ungefähr auf dem Niveau des Vorjahres, wobei sich das Gros der Besucher auf den zweiten der drei Messtage konzentrierte. Bemerkenswert gut besucht war im Gegensatz zur Vorjahresmesse in Stuttgart der letzte Tag der INTERGEO,

wobei die Umstellung von zweieinhalb auf drei komplette Messetage aus Sicht der Besucher sich als durchwegs positiv erwies.

Etwa 515 Aussteller aus 24 Ländern präsentierten sich in knapp zwei Hallen der Messe Düsseldorf sowie auf einem kleinen Freigelände. Gegenüber dem Vorjahr war eine erhöhte Ausstellerzahl bei vergleichbarer Ausstellungsfläche zu verzeichnen. Wegen der vergleichsweise großen Messehallen wirkte die Messe jedoch sehr überschaubar. Parallel zur Messe fand wie auch in den letzten Jahren der Kongress statt, der unter dem Motto „Grenzen überschreiten“ die Besucher zu einer Vielzahl von Fachvorträgen einlud.

Der Trend, dass die Technologie auf der Messe in den Hintergrund tritt und stattdessen fertige Lösungen präsentiert werden, setzte sich in diesem Jahr fort. Vor diesem Hintergrund konzentrierte sich die Analyse der Messe neben den innovativen Technologien vor allem auf die Anwendung von GIS. Folgende Anwendungsbereiche wurden von den Autoren im Auftrag des Runden Tisch GIS e.V. untersucht: GIS und Verkehr, GIS Lösungen für das Katastrophenmanagement sowie GIS an Schulen und Hochschulen. Die technologischen Schwerpunkte der Analyse lauteten OGC Web Services, Serviceorientierte Architekturen (SOA) und hier vor allem die Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten, Satellitennavigation und Sensorik, sowie 3D- und 4D-GIS.

### **GIS und Verkehr**

Im Rahmen der Befragung wurde deutlich, dass Verkehr und Infrastruktur aktuell wichtige Themen für die GIS-Branche darstellen. Ein Trend, den fast alle befragten Firmen nannten, ist auf eine Gesetzesänderung zurück zu führen: Vor kurzem mussten die Kommunen von der kameralen Buchführung auf die doppelte Buchführung in Konten umstellen. Dies bedeutet, dass sämtlicher gemeindlicher Besitz erfasst und bewertet werden muss, wie auch die Straßeninfrastruktur. Des Weiteren wird diese Maßnahme oft zum Anlass genommen, ein umfangreiches Informationssystem aufzu-

bauen, das beispielsweise auch die Kanalnetze, Leitungen oder Lichtsignalanlagen enthält. Die Entwicklung von Straßendatenbanken und umfassenderen Systemen stellt demnach ein wichtiges Geschäftsfeld für die GIS-Dienstleister dar und wurde, laut Aussage verschiedener Aussteller, oft von Kommunalen Vertretern nachgefragt. Hierzu wurden einige interessante Lösungen vorgestellt.

Die Dokumentation der Infrastruktur ist ferner für Unternehmen im Schienenverkehr von großer Bedeutung. Sie benötigen Software, mit der die komplexen und umfangreichen Informationen zur Infrastruktur sinnvoll verwaltet und koordiniert werden können. Auch hierzu wurden auf der diesjährigen INTERGEO Lösungen präsentiert.

Im kommunalen Bereich sind Baustellenkataster ein aktuell beobachteter Trend. Hiermit verbinden die Gemeinden verschiedene Ziele: Das System dient einerseits zur Koordination verschiedener Bauvorhaben, die das gleiche Gebiet betreffen, andererseits soll so der Überblick über die eingesetzten Geräte optimiert werden. Zusätzlich können Baustelleninformationssysteme auch der Verbesserung des Bürgerservices dienen, in dem sie beispielsweise als Eingangsinformation für die dynamische Routenführung in der Fahrzeugnavigation eingesetzt werden.

Als Innovation in der Fahrzeugnavigation wurde von einem großen Automobilzulieferer die Einbindung von 3D Stadtmodellen in die Navigationssysteme der nahen Zukunft gezeigt. Die Hersteller der Systeme versprechen sich durch den Coolness-Faktor, der nach wie vor von 3D Darstellungen ausgeht, eine gesteigerte Nachfrage nach den Systemen bei der jüngeren Käuferschicht und all jenen, die ständig auf dem aktuellsten Stand der Technik sein möchten.

Als weiteres wichtiges Geschäftsfeld zeigte sich auf der diesjährigen Messe das Flottenmanagement. Dies beinhaltet sowohl die optimale Planung von Routen z. B. für Speditionen, als auch die Ortung und Verfolgung der Fahrzeuge. Häufig wird es ermöglicht, den Fahrern zusätzliche Beschränkun-

gen aufzuerlegen: So können bestimmte Routen festgelegt werden, die während der Fahrt nicht verlassen werden dürfen oder die Einhaltung der Lenkzeiten wird kontrolliert. Die Ortung der Fahrzeuge ermöglicht schnelle Reaktionen auf unvorhergesehene Ereignisse: So können kurzfristig Routen verändert und an die aktuelle Situation angepasst werden.

Im Bereich der Datenanbieter wurde ein Modell präsentiert, für das deutschlandweit Verkehrsfrequenzen berechnet wurden. Mittels verschiedener Parameter werden Straßenabschnitte nach der durchschnittlichen Verkehrsmenge klassifiziert, so dass die Kfz-Belastung einer Strecke pro Tag und der darin enthaltenen Lkw-Anteil wiedergegeben werden kann.

In der Analyse wurden schnell die vielfältigen Aspekte deutlich, die das Themenfeld Verkehr umfasst. Neben dem hier betrachteten Straßen- und Schienenverkehr wurden auf der diesjährigen Messe auch für die Schifffahrt und den Luftverkehr interessante Referenzprojekte präsentiert. Dadurch ergeben sich große Potentiale für die GIS-Branche, die sicherlich noch nicht alle erschlossen sind. Hier kann in den nächsten Jahren noch mit vielen interessanten Projekten gerechnet werden.

### **GIS im Katastrophenmanagement**

Über die Notwendigkeit von zielgerichtetem Katastrophenmanagement muss man spätestens seit dem Tsunami im Dezember 2004 und nach den zahlreichen Naturkatastrophen des Jahres 2005 (Waldbrände in Portugal, Überschwemmungen im Alpenraum, Hurrikans in den USA, Erdbeben in Pakistan) nicht mehr diskutieren. Entsprechend zahlreich waren auch die Vorträge im Rahmen des Kongressprogramms.

Im Gegensatz dazu war erstaunlicherweise auf der Messe selbst wenig zu diesem Thema zu sehen: Explizite Projekte im Bereich des Katastrophenmanagements waren nur vereinzelt vorhanden. Auf dem Stand der Bundesanstalt für Kartographie und Geodäsie (BKG) konnten beispielsweise Informationen über deNIS II („deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem II“) einge-

holt werden. deNIS II integriert Daten von Bundesressorts, Ländern, Instituten und internationalen Institutionen in ein auf Krisenmanagement ausgerichtetes GIS, welches Funktionen des Monitorings, der Kommunikation, der Frühwarnung und umfangreiche Exportmöglichkeiten umfasst.

Als komplexer Lösungsansatz für Fragen des Katastrophenmanagements erweist sich auch das EU Programm GMES („Global Monitoring of Environment and Security“), das sich ebenfalls dem Thema Riskmanagement widmet und nach einer Forschungsphase in operationell einsetzbaren Systemen münden soll.

Im Gegensatz zu den wenigen umfangreichen Projekten fanden sich vermehrt kleinere Detaillösungen. Diese umfassen neue Module zur 2-dimensionalen Ausbreitungsberechnung von Hochwasser, verbesserte Methoden des Laserscannings für Volumen- und Höhenberechnungen und neue Algorithmen für die Korrektur von Höhenmodellen, die für jegliche Hochwasserszenarien den wichtigsten Grundbaustein darstellen.

Eine mit der aktuellen Häufigkeit an Naturkatastrophen korrespondierende Anzahl an Lösungskonzepten aus der GIS-Branche war aber zusammenfassend auf der INTERGEO 2005 nicht zu verzeichnen.

### **GIS an Schulen und Hochschulen**

Unter den Befragten im Bereich der Hochschulen herrschte allgemein die Meinung vor, GIS an Universitäten stetig zu vertiefen. Dazu müsste bereits frühzeitig an den Schulen eine Basis für das bessere Verständnis für GIS- und den IT-Basistechnologien gelegt werden. Hierbei ist es besonders wichtig, Schüler spielerisch an ein GIS heranzuführen, um das Interesse für diesen Bereich zu wecken. Voraussetzung ist hierbei allerdings das Vorhandensein von geeigneter, einfacher Software, die sowohl für die Schüler als auch für die Lehrer leicht verständlich gestaltet sein sollte in Verbindung mit geeigneten Geodaten aus dem räumlichen Umfeld der jeweiligen Schule. Die Forderung nach einfacher Software und geeigneten Daten werden in idealer Weise sicherlich durch

„Google Earth“ erfüllt (siehe Abschnitt „Resümee und Ausblick“ dieser Analyse). Weiterhin zeigte sich, dass alle Universitäten in den letzten Jahren im Bereich Geoinformatik steigende Studentenzahlen verbuchen konnten. Dieser Trend wird sich auch in Zukunft weiter fortsetzen. Wichtig wird es hierbei sein, die Kapazitäten auszuweiten, um den Studenten ein ausreichendes Angebot an Dozenten, aber auch an Computern und Arbeitsplätzen anbieten zu können.

Interessant waren vor allem die Projekte, die seitens der Universitäten und Fachhochschulen angeboten und durchgeführt werden. Auffallend war, dass viele Hochschulen – ähnlich wie die TU München – an interkommunalen Projekten arbeiten. Der Nutzen einer Zusammenarbeit mit der Praxis, also mit Vermessungsämtern, Gemeinden, den Stadtwerken oder Wohnungsgesellschaften wurde stets besonders betont.

Die Projekte an Hochschulen thematisieren meist das Touristische GIS, aber auch dreidimensionale Stadtmodelle und Katastrophenszenarien. Weitere Projekte behandeln den vernetzten Bebauungsplan (Informationssystem für Gemeinden), Techniken der 3-D-Visualisierung, virtuelle Führung durch öffentliche Gebäude, Qualitätssicherungen, Entwicklung eines Kriminalitätsinformationssystems mittels Open Source-Technologie, Berechnung von Höhenbezugsflächen, Mobile Services sowie die Erfassung von Kriegsgräbern und Friedhöfen mit Hilfe eines GIS.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Geoinformatik an Schulen eine weitaus wichtigere Stellung einnehmen muss, um auch weiterhin den positiven Trend der steigenden Studentenzahlen im Bereich Geoinformatik fortsetzen und unterstützen zu können. Von Seiten der Hersteller wäre dazu eine bessere Unterstützung z. B. durch Schulungen und Weiterbildungen für Lehrer oder die Präsentation von Anwendungsbeispielen an Schulen wünschenswert.

Auffällig auf der diesjährigen Messe war jedoch, dass im Gegensatz zu Stuttgart im letzten Jahr, verhältnismäßig wenig Studenten und kaum Schüler anwesend waren. Dies zeigt nochmals sehr deutlich, wie wich-

tig es für die GIS-Branche ist, den Bereich und das Interesse bei Schulen und Hochschulen auszubauen und zu unterstützen.

### **OGC Web Services**

Da Geo Web Services und speziell die Standards für Geo Web Services des Open Geospatial Consortiums (OGC) keine neuen Themen bei der Trendanalyse sind, wurde in diesem Jahr vor allem beobachtet, wie sich die Situation rund um dieses Thema seit dem letzten Jahr verändert hat. Dabei wurden Fragen nach der Umsetzung aktueller Versionen der Standards, die Bedeutung von OGC Standards für die GIS Hersteller und die Forderung nach OGC Standards seitens der Anwender gestellt.

Bezüglich der OGC Standards ergab sich ein sehr einheitliches Bild. Die Web Map Service Spezifikation (WMS) wird ausnahmslos durch alle befragten GIS-Hersteller unterstützt, jedoch sehr selten in der aktuellen Version 1.3. Grund für die Zurückhaltung gegenüber dieser, in der Zusammenarbeit zwischen OGC und ISO entstandenen Version ist laut Aussagen der Hersteller, dass sie funktional gegenüber der verbreiteten Version 1.1.1 keinen Fortschritt bedeutet und daher auch von den Kunden kaum nachgefragt wird. Auch die aktuellen Versionen von WFS (1.1), Filter Encoding (1.1) und GML (3.1.1) werden kaum unterstützt. Bei WFS und Filter Encoding dominiert (noch) die Version 1.0 in Verbindung mit GML 2.1.2.

Auch die Aussagen der Hersteller zur Nachfrage nach OGC Standards waren einheitlich. Die Unterstützung von OGC Spezifikationen wird vor allem bei Ausschreibungen der Öffentlichen Hand gefordert. WMS ist hier Standard, WFS immer mehr im Kommen. Prominentes Beispiel ist das Projekt GeoPortal.Bund, das auf der INTERGEO freigeschaltet wurde. Aus dem EVU-Bereich ist die Nachfrage dagegen eher gering.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass OGC nach wie vor als Basis für Interoperabilität in der GIS-Branche eine wichtige Rolle spielt. Vorbei scheint jedoch die Zeit zu sein, in der die Unterstützung von

OGC Standards als Marketingstrategie angewandt wurde. Lediglich Firmen im Umfeld der Freien und Open Source Software sowie eine Firma, die sich speziell auf das Thema Geodateninfrastrukturen spezialisiert hat, bewarben ihre Produkte und Dienstleistungen mit dem Label OGC.

### **Sicherheit von Geo Web Services**

In den letzten Jahren stellte sich die Situation für Sicherheitslösungen im Geoinformatik Umfeld auf der INTERGEO überwiegend so dar, dass große GIS Hersteller ausschließlich projektspezifische Sicherheitslösungen angeboten haben. Dabei wurden nicht unbedingt offene Standards verwendet, da meist keine Interoperabilitäts-Anforderungen mit GI-Systemen anderer Hersteller bestanden. Ein Beispiel für diese Sicherheitslösungen findet sich bei Portal-Software, die im kommunalen Umfeld im lokalen Netzwerk oder im Intranet betrieben wird. Diese Geschäftspolitik konnte auch in diesem Jahr auf der INTERGEO beobachtet werden.

Zusätzlich war zu beobachten, dass Anbieter von Geodaten aus dem öffentlichen Bereich überwiegend auf Standards setzen, die größtenteils vom OGC kommen. Es existieren vermehrt „inselartige“ Geodaten-Infrastrukturen, die noch nicht richtig zusammengewachsen sind. Viele Datenanbieter sehen hier die Chance, neue Geschäftsfelder zu eröffnen, wenn zusätzlich geschützte und kostenpflichtige Geodaten über die gleiche Infrastruktur mit angeboten werden könnten. Viele öffentliche Datenanbieter haben daher das Ziel, in ein bis zwei Jahren ihre Dienste dahingehend zu erweitern, dass auch geschützte und kostenpflichtige Geodaten interoperabel angeboten werden können. Um dieses Ziel zu erreichen, besteht ein großes Interesse an entsprechenden Sicherheitslösungen und Standards.

Momentan werden kostenpflichtige Geodaten meist über Shop-Systeme oder zum Download angeboten. Mit derartigen Lösungen können Endanwender keine „online“ Verarbeitung basierend auf Geodatenkombinationen durchführen, da keine entsprechenden Geo Web Services angeboten

werden. Für die Bereitstellung von Geo Web Services für kostenpflichtige Geodaten wäre es dann erforderlich, existierende Preisstrukturen anzupassen, um an Stelle von „CD-Preisen“ ausschnittbasierte oder inhaltsbezogene Preise anzubieten.

Auf der INTERGEO 2005 gab es wenige Stände, bei denen Sicherheitslösungen angeboten wurden. Interesse und Potential besteht für Schulungskurse, die Sicherheitslösungen für Geo-Dienste zum Thema haben. Dies wird vor allem von den Geodatenanbietern aus dem öffentlichen Bereich als erforderlich und wünschenswert angesehen, die selbst Betreiber von Geo Web Services sind und in naher Zukunft diesen Vertriebskanal für kostenpflichtige Geodaten anbieten wollen.

### **Satellitenavigation und Sensorik**

Wie bereits erwartet und in den Medien angekündigt, war auf der diesjährigen INTERGEO von GALILEO wenig zu sehen, mit Ausnahme eines großen Herstellers, der aktiv mit einem neuen Chip warb, der sowohl GPS als auch GLONASS und GALILEO Signale verarbeiten kann. Die übrigen Anbieter zeigten sich im Zuge der Analyse zwar interessiert am Einsatz von GALILEO, verwiesen aber berechtigterweise auf die zögerliche Entwicklung des Projektes.

Im Bereich Sensorik waren, wie 2004, die Laserscanner stark vertreten. Der Entwicklung dieser Aufnahmetechnik scheinen die Möglichkeiten der Auswertung nachzuhinken. So ist das Problem der automatischen Erkennung von Objekten noch nicht befriedigend gelöst und die Vielzahl der mit dem Laserscanner erzeugten Punkte führt manche Auswertungsprogramme an ihre Leistungsgrenze, sodass z. B. bei Hochwasser-Simulationsprogrammen die Punktdichte wieder reduziert werden musste, um zu annehmbaren Rechenzeiten zu kommen.

Bei den Luftbildaufnahmesystemen wurden fast ausschließlich digitale Sensoren präsentiert, wobei auch hier – ähnlich wie beim Laserscanner – die praktische Anwendung den scheinbar überzeugenden Mög-

lichkeiten einer neuen Technik hinterherhinkt. So waren von einer der großen deutschen Luftbildfirmen noch keine praktischen Erfahrungswerte zu ihrem neu eingeführten digitalen System zu bekommen. Interessanterweise kommen im Bereich der Photogrammetrie immer häufiger Schrägluftbilder zum Einsatz. Dies liegt am zunehmenden Bedarf, der mit der verstärkten Verbreitung von 3D-Stadtmodellen zu tun hat. So benötigt man beispielsweise für die Gestaltung der Fassaden Schrägaufnahmen von den Gebäuden. Neue und leistungsstarke Algorithmen erlauben zudem Messungen auch innerhalb von Schrägaufnahmen durchzuführen.

### 3D- und 4D-GIS

Die dritte Dimension war auch auf der diesjährigen INTERGEO ein weit verbreitetes Thema. Eine ganze Reihe von Softwareanbietern, Dienstleistern, Forschungsinstituten und Hochschulen präsentierte Produkte zur 3D-Datenerfassung, -Modellierung und -Präsentation über 3D-Viewer, sowie eine Vielzahl an Lösungen für Anwendungsszenarien in den Bereichen Stadt- und Raumplanung, Landschaftsplanung, Baumkataster, Standortplanung und -marketing, Stadt- und Tourismus-Informationssysteme, Katastrophenschutz, Netzplanung bei Mobilfunkbetreibern, Denkmalschutz sowie Archäologie. Als relativ neue Anwendungsgebiete für 3D-Visualisierungen wurden Sicherheitskonzepte für Großveranstaltungen und Personenschutz, Navigationssysteme (Integration von 3D-Landmarks, siehe Abschnitt GIS und Verkehr), Bürgerbeteiligung in der Planung, Lärmschutzkataster in Städten und Vegetationsmodellierung präsentiert.

Neben den bisherigen Datenquellen für 3D-Visualisierungen, wie beispielsweise Luftbildern, terrestrischer Photogrammetrie und Satellitenbildern, hat sich das Laserscanning etabliert.

Der Nachfrage seitens der Anwender nach Werkzeugen zur schnellen, automatisierten Generierung und Texturierung von 3D-Modellen entspricht eine Reihe von Produkten der Softwareanbieter.

Im Mittelpunkt stehen immer noch 3D-Visualisierung und Virtual Reality, wobei der Trend hin zu interaktiven Online-Anwendungen und Echtzeitvisualisierung geht. Die Mehrzahl der Viewer ermöglicht zwar die Verknüpfung der 3D-Geometrien mit Attributen sowie den Import von GIS-Daten bzw. den Export von 3D-Modellen in mit GIS-Systemen compatible Formate. „Echte“ 3D-Datenbanken beziehungsweise 3D-GIS, in denen 3D-Objekte mit Raumbezug, Attributen und Metadaten sowie unterschiedliche Levels of Detail verwaltet werden können und 3D-Analysefunktionen zur Verfügung stehen, werden zwar eindeutig als Trend gesehen, derartige Produkte sind derzeit jedoch auf dem Markt nur vereinzelt vorzufinden. Die Fortführung von 3D-Stadtmodellen sowie die automatische Typisierung und Gebäudegeneralisierung sind aktuell weitere Schwerpunkte in der Entwicklung. Neben der digitalen Visualisierung wurde auf der Messe auch ein 3D-Drucker vorgestellt, der einen dreidimensionalen Ausdruck auf der Basis einer CAD-Datei ermöglicht. Beispielausdrucke wurden für Stadt- und Geländemodelle präsentiert, die sehr realitätsnah wirkten.

Der allgegenwärtige Trend zur Interoperabilität hat nun auch die 3D-Systemwelt erfasst, die bisher vor allem durch zahlreiche unterschiedliche proprietäre Formate charakterisiert war. Die Notwendigkeit für Standards wächst aus der Erkenntnis, dass die Wirtschaftlichkeit von 3D-Daten durch deren Mehrfachnutzung für unterschiedliche Anwendungen, beziehungsweise die Integration in Geodateninfrastrukturen gesteigert werden kann. An dem Austauschformat CityGML, welches die Übertragung von 3D-Geometrien inklusive Topologie und Sachdaten ermöglicht, wird zur Zeit ebenso gearbeitet wie an Web 3D Services (W3DS) als einer neuen Art von OGC Web Service.

Die Integration der Zeit in 3D-Modelle, also der Weg hin zum 4D-GIS, wird zwar als zukünftiger Trend gesehen, marktreife Produkte und Lösungen wurden in diesem Bereich auf der INTERGEO 2005 allerdings noch nicht präsentiert.



### Resümee und Ausblick

Die Stimmung unter den Autoren dieser Analyse war gut. So wurden interessante Neuigkeiten und ein umfassender Überblick zu den Themen Geoinformation, Geodäsie und Landmanagement geboten. Ein Wermutstropfen zeigt sich allerdings: die Gelegenheiten zur informellen Kommunikation auf den Standparties werden immer seltener. Einige Firmen haben sich aus diesem Bereich komplett zurückgezogen, andere verlagern die Veranstaltungen nach extern.

Unter den befragten Ausstellern war die Stimmung geteilt. Während die führenden, internationalen Unternehmen von Marktwachstum und Umsatzsteigerung berichteten, schien es, als ob kleinere, eher regional strukturierte Firmen an diesem Wachstum nicht teilhaben können. Einer der bedeutendsten Trends der Branche wurde auf der diesjährigen INTERGEO nicht ausgestellt, war aber großes Gesprächsthema auf vielen Messeständen: „*Google Earth*“ heißt das Programm, das seit Ende Juni 2005 in einer Basisversion zum kostenlosen Download anbietet. Jeder, der einen halbwegs modernen Computer mit schneller Internetverbindung besitzt, kann diese virtuellen Flüge seither selbst durchführen – und zwar nicht nur ins Stadtzentrum von New Orleans, sondern an praktisch jeden Ort auf unserem Planeten – kostenlos und speziell in Ballungsräumen auf Basis von Satellitenbildern mit durchaus respektabler Auflösung.

Die INTERGEO bezeichnet sich selbst als „*weltweit größte Kongressmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*“. Mit Spannung erwartet war also, ob und wie die GIS Branche auf die neuen Entwicklungen rund um *Google Earth* und *Google Maps* reagieren würde, vor allem da auch weitere bedeutende Firmen wie Microsoft, Yahoo und Amazon gegenwärtig gewaltige Anstrengungen unternehmen, ähnliche Angebote aufzusetzen.

Die Reaktionen reichten von echter Konkurrenzangst („es existiert bereits eine Studie über den Einsatz von Google als kommunales Auskunftssystem“), Versuchen der Verharmlosung („kaum GIS-Funktionalität, schlechte Daten“) über Aussagen, dass

Google sicher eine Türöffnerfunktion übernehmen könne, um neue Märkte für „echte“ GI-Systeme zu erschließen bis hin zu einer offensiven Herangehensweise an das Thema. So wurden bereits Lösungen zur Kopplung von Google und GIS präsentiert und ein deutscher Hersteller veröffentlichte bereits vor der INTERGEO in seiner Kundenzeitschrift eine Anleitung zur Einbindung eigener Daten in Google Earth. Irgendwie hinterließ der Besuch der Messe das Gefühl, dass Google im GIS-Wohnzimmer einen Globus mitten auf den Tisch gestellt hat. Der steht jetzt da und jeder betrachtet ihn erst einmal vorsichtig. Noch ist es schwierig einzuschätzen, was sich nun ändern wird. Nur dass sich etwas ändern wird – das ist wohl sicher.

An dieser Stelle geht ein herzliches Dankeschön an den *Runder Tisch GIS e.V.* und an die diesjährigen Eintrittskarten-Sponsoren GE Energie Management Service, INFOGRAPH Gesellschaft für Informationstechnologie und graphische Datenverarbeitung mbH, INTERGRAPH Deutschland GmbH und PLEdoc GmbH sowie an all unsere Gesprächspartner. Sie haben uns durch Ihre großzügige Unterstützung ermöglicht, wichtige Erfahrungen, neues Wissen und neue Kontakte zu sammeln.

Die Nachwuchsförderung des *Runder Tisch GIS e.V.* hat ganz nach dem Motto der diesjährigen INTERGEO im besten Sinne dazu beigetragen, Grenzen zu überschreiten – Grenzen zwischen den Generationen: sowohl die geführten Interviews als auch die Gespräche am Stand des Vereins ermöglichten einen wertvollen Gedankenaustausch zwischen erfahrenen Berufskollegen und der nachwachsenden Generation.

Die nächste INTERGEO wird von 10.–12. Oktober 2006 in München unter dem Motto „*Wissen und Handeln für die Erde*“ stattfinden.

Anschrift der Verfasser:

Dr. ANDREAS DONAUBAUER  
ULRIKE EBNER  
ASTRID FICHTINGER  
Dr. FRANZ JAKOB

Dr. ANDREAS MATHEUS  
 STEFAN MAYR  
 CHRISTIAN OPINCARU  
 SONJA PRITSCHET  
 MUNA RIFAI  
 EVELYN ROSSMEIER  
 MARTIN SOUTSCHEK  
 JULIA STAHL

Runder Tisch GIS e.V.  
 c/o Technische Universität München  
 Fachgebiet Geoinformationssysteme  
 Arcisstraße 21, 80333 München



**Deutscher Verein  
 für Vermessungswesen e.V.**  
 Gesellschaft für Geodäsie,  
 Geoinformation und Landmanagement

Der heutige Deutsche Verein für Vermessungswesen wurde 1871 als technisch-wissenschaftlicher Verein mit dem Namen »Deutscher Geometer Verein« gegründet. Gründungsziel war es, das »gesamte Vermessungswesen, namentlich durch Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse und praktischer Erfahrungen zu heben und zu fördern«. Ergänzend dazu ist es der heutige Vereinszweck des DVW, die Ziele und Belange seiner Mitglieder in den Bereichen Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement zu vertreten, zu fördern und zu koordinieren sowie fachliche Entwicklungen und praktische Erfahrungen zu vermitteln. Der DVW bedient sich hierzu insbesondere der INTERGEO®, den Seminaren der Arbeitskreise und der Fachzeitschrift **zfv** (Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement).

Der DVW wird geleitet vom Präsidium, das gegenwärtig aus folgenden 6 Mitgliedern besteht:

Präsident:  
 – Dipl.-Ing. HAGEN GRAEFF, Hamburg,  
 3 Vizepräsidenten:  
 – Dipl.-Ing. CHRISTOF REK, Berlin

– Dr.-Ing. KARL-FRIEDRICH THÖNE, Erfurt  
 – Prof.Dr.-Ing. GÜNTER SCHMITT, Karlsruhe  
 Schatzmeister:  
 – Dipl.-Ing. EBERHARD ZIEM, Düsseldorf  
 Schriftleiter zfv:  
 – Dr.-Ing. HARTMUT FRITZSCHE, München.

Dem Präsidium ist eine Geschäftsstelle zugeordnet mit der Leiterin  
 – Frau Dipl.-Ing. CHRISTIANE SALBACH  
 Am Badenbergr 28, D-79235 Vogtsburg-Oberrotweil, e-mail: christiane.salbach@dvw.de

Die 8800 Mitglieder des DVW sind in 13 Landesvereinen gegliedert:

Baden-Württemberg	Niedersachsen/Bremen
Bayern	Nordrhein-Westfalen
Berlin-Brandenburg	Rheinland-Pfalz
Hamburg/Schleswig-Holstein	Saarland
Hessen	Sachsen
Mecklenburg-Vorpommern	Sachsen-Anhalt
	Thüringen

Insgesamt wird die Zahl der Vermessungsingenieure im berufstätigen Alter in Deutschland auf 25 000 geschätzt.

In sieben Arbeitskreisen des DVW werden aktuellen Fragestellungen aus den Bereichen der Geodäsie, der Geoinformation und des Landmanagements beraten und abgestimmt. Die Arbeitskreise stellen vor Beginn einer neuen Wahlperiode, die vier Jahre dauert, ein Arbeitsprogramm mit Schwerpunktthemen auf, welches von der Mitgliederversammlung bestätigt wird. Die Bearbeitung der Schwerpunktthemen erfolgt dabei sowohl aus Sicht der Wissenschaft als auch der Praxis. Die Ergebnisse werden in Fachtagungen, Seminaren, der Schriftenreihe, der zfv und in Stellungnahmen zu Gesetzentwürfen vorgestellt.

Mit Beginn des Jahres 2003 haben die neuen Arbeitskreise ihre Tätigkeit aufgenommen:

AK 1: – Beruf	GABRIELE DASSE
– Frauen im DVW	SONJA ANDRESEN
AK 2:	
– Geoinformation und Geodatenmanagement	Prof. HARTMUT MÜLLER

- AK 3: – Messmethoden und Systeme  
Prof. RUDOLF STAIGER
- AK 4: – Ingenieurvermessung  
Prof. LOTHAR GRÜNDIG
- AK 5: – Landmanagement  
RAINER MÜLLER-JÖKEL
- AK 6: – Immobilienwertermittlung  
DIETER KERTSCHER
- AK 7: – Experimentelle, Angewandte und Theoretische Geodäsie  
Prof. NICO SNEEUW
- www.dvw.de

Publikationsorgan des DVW ist die „zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement“ mit 6 Heften im Jahr. Außerdem publiziert der DVW die „DVW-nachrichten“ und die „DVW-Schriftenreihe“.

Die INTERGEO 2005, Kongress und Fachmesse für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, wurde veranstaltet vom 4. bis 6. Oktober in Düsseldorf.

Die INTERGEO 2006 wird vom 10. bis 12. Oktober in München stattfinden in Verbindung mit dem FIG-Kongress.

Quelle: www.dvw.de



Das Markscheidewesen ist eine wichtige Disziplin des Bergbaus. Es beinhaltet im Wesentlichen:

- Erkundung, Untersuchung und Bewertung von Bodenschätzen, Lagerstättenmodellierung,
- Planung, messtechnische Erfassung sowie rissliche, kartographische Dokumentation von Bergwerken einschließlich Tagebauen und der Tagesanlagen,
- Erfassung, Auswertung und bedarfsgerechte Bereitstellung von Geoinformationen (bergbaubezogenes Geoinformationswesen),
- Begutachtung und Regulierung bergbaubedingter Schäden.

Gegründet im Jahre 1879 als „*Rheinisch-Westfälischer Markscheiderverein*“, ist der DMV die traditionelle Vereinigung der Vermessungsfachleute im Bergbau. Die industrielle Entwicklung in den vergangenen 125 Jahren hat insbesondere auch im Bergbau zu großen Veränderungen geführt. Heute heißt der DMV „*Deutscher Markscheider-Verein e.V.*“, er hat rund 500 Mitglieder. Der Zweck des DMV wird gegenwärtig wie folgt definiert:

- Förderung von Wissenschaft, Forschung und Praxis im Markscheidewesen,
- Mitarbeit bei der Entwicklung der Berg- und Geotechnik, der Bergwirtschaft und des Bergrechts,
- Mitwirkung bei der Aus- und Fortbildung im Markscheidewesen,
- Wahrnehmung und Vertretung der Belange und Interessen des Berufsstandes und
- Pflege des Ansehens des Berufsstandes.

Der gegenwärtige Vorstand des DMV:

– Vorsitzender: Markscheider Dr.-Ing. PETER GOERKE-MALLET, 48147 Münster, e-mail: peter.goerke-mallet@deutsche-steinkohle.de

– Stellv. Vorsitzender: Assessor JOACHIM DEUTSCHMANN, 59394 Nordkirchen, e-mail: joachim.deutschmann@deutsche-steinkohle.de

– Schatzmeisterin: Dipl.-Ing. MARION KNORR, 03185 Maust, e-mail: marion@fknorr.de

– Schriftleiter der Fachzeitschrift „Markscheidewesen“: Prof. Dr.-Ing. AXEL PREUßE, 44379 Dortmund, e-mail: preusse@ifm.rwth-aachen.de

Die Zeitschrift erscheint 3 × jährlich.

Geschäftsstelle: Deutscher Markscheider-Verein e.V., Assessor ULRICH HÜBNER, Shamrockring 1, 44623 Herne, e-mail: geschaeftsstelle@markscheider-dmv.rwth-aachen.de.

Der DMV ist untergliedert in 7 Bezirksgruppen mit eigenen Vorsitzenden:

Ruhr (Gladbach),  
Rhein (Brühl),  
Saar (Schiffweiler-Stennweiler),

Niedersachsen (Peine),  
Mitte (Dresden),  
Elbe/Neiße (Groß Gaglow),  
Süd (Karlsruhe).

Der DMV ist Mitglied der ISM, International Society for Mine Surveying.

Quellen: [www.dmv-ev.de](http://www.dmv-ev.de)  
Markscheidewesen 3/05, Jahrgang 112

### Deutsche Geodätische Kommission

bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften e.V. (DGK e.V.)

Vorsitzender der DGK:

Prof. Dr. HARALD SCHLEMMER, Darmstadt

Ständiger Sekretär:

Prof. Dr. REINHARD RUMMEL, München  
Geschäftsführer und Redakteur:

Dipl.-Ing. H. Hornik, München

e-mail: [hornik@dgfi.badw.de](mailto:hornik@dgfi.badw.de)

Adresse der DGK: <http://dkg.badw.de/>

Laut Satzung hat die DGK e.V. folgende Aufgaben:

- Wissenschaftliche Forschung auf allen Gebieten der Geodäsie einschließlich Photogrammetrie, Kartographie, Geoinformationswesen und ländliche Neuordnung,
- Organisation und Unterstützung sowie Beteiligung an nationalen und internationalen Forschungsprojekten und Beobachtungskampagnen,
- Vertretung der Geodäsie im nationalen und internationalen Rahmen,
- Koordinierung aller Bereiche geodätischer Forschung in der Bundesrepublik Deutschland,
- Koordinierung des Geodäsiestudiums an den wissenschaftlichen Hochschulen der Bundesrepublik Deutschland,
- Publikation ihrer Forschungsergebnisse und deren Verbreitung. Die DGK publiziert die *Veröffentlichungen der Deutschen Geodätischen Kommission* mit den Reihen

- A: Theoretische Geodäsie,
- B: Angewandte Geodäsie,
- C: Dissertationen,
- D: Tafelwerke
- E: Geschichte u. Entwicklung d. Geodäsie,
- DGK Jahresberichte,
- BEK Veröffentlichungen.

Die DGK wählt aus dem Kreis ihrer Mitglieder und soweit erforderlich aus Vertretern anderer geodätischer Institutionen einen *Wissenschaftlichen Beirat*. Die Amtszeit der Mitglieder beträgt fünf Jahre. Gegenwärtig besteht dieses Gremium aus folgenden Personen:

- Sprecher:  
Prof. Dr. BERNHARD HECK, Karlsruhe
- Mitglieder:  
Prof. Dr. REINHARD DIETRICH, Dresden  
Prof. Dr. WOLFGANG FÖRSTNER, Bonn  
Prof. Dr. DIETER FRITSCH, Stuttgart  
Prof. Dr. ERIK GRAFAREND, Stuttgart  
Prof. Dr. H. GÜNTER HEIN, München  
Prof. Dr. LIQIU MENG, München  
Prof. Dr. GÜNTER SCHMITT, Karlsruhe  
Prof. Dr. JOSEF FRANKENBERGER, München

Zu den Aufgaben des Wissenschaftlichen Beirates gehört insbesondere:

- a) die Unterstützung der DGK und des DGFI bei der Planung von Forschungsaufgaben,
- b) die Beratung und Begutachtung des Arbeitsprogramms des DGFI,
- c) auf Anfrage die wissenschaftliche Bewertung und Begutachtung von Vorhaben universitärer und außeruniversitärer Einrichtungen, sowie
- d) die Koordinierung der geodätischen Forschungsarbeiten in der Bundesrepublik Deutschland im Benehmen mit den betroffenen Einrichtungen.

Der *Wissenschaftliche Beirat* tritt im Bedarfsfalle, zumindest jedoch alle zwei Jahre, auf Einladung des Sprechers zu einer gemeinsamen Sitzung zusammen. Beratungsergebnisse und Empfehlungen werden der DGK vorgetragen.

Die DGK hält regelmäßig *Jahressitzungen*, im Bedarfsfall auch *außerordentliche Sitzungen* ab.

Die Höchstzahl der *Ordentlichen Mitglieder* der Kommission beträgt 45, im Allgemeinen sind dies Professoren der Geodäsie an deutschen Universitäten. Wissenschaftler aus anderen Staaten können als *Korrespondierende Mitglieder* zugewählt werden. Außerdem gibt es die Kategorie der *Ständigen Gäste*.

Zur Durchführung von Forschungsarbeiten betreibt die Kommission das *Deutsche Geodätische Forschungsinstitut (DGFI)* in 80539 München, Marstallplatz 8, Tel.: +49-89-23031-1107, Fax: +49-89-23031-1240, e-mail: mailer@dgfi.badw.de. Das DGFI hat ca. 30 Mitarbeiter. Direktor ist Prof. Dr. HERMANN DREWES.

Quellen: <http://dgk.badw.de>  
<http://www.dgfi.badw.de>



Die Hauptaufgabe der Internationalen Kartographischen Vereinigung (ICA) besteht darin, die Kartographie als Wissenschaft und Beruf im internationalen Maßstab zu fördern und weiter zu entwickeln. Die ICA ist die im Weltmaßstab autorisierte Vertretung der Kartographie, zuständig für die Konzeption, die Produktion, den Vertrieb und das Studium von Karten. Die ICA ist die Dachorganisation der nationalen kartographischen Gesellschaften.

Zur Erfüllung ihrer Aufgaben kooperiert die ICA mit nationalen Regierungen und internationalen Regierungsstellen sowie mit kommerziellen Einrichtungen und wissenschaftlichen Gesellschaften.

Ein Schwerpunkt der Aktivitäten der ICA ist gegenwärtig die „Kartierung von Afrika durch Afrikaner“.

Im Zeitraum 2003–2007 wird die ICA geleitet von den Mitgliedern der Exekutive:

- Präsident Prof. Dr. MILAN KONECNY, Uni Brunn, CZ,
- Generalsekretär Prof. Dr. FERJAN ORMELING, Uni Utrecht, NL,
- 7 Vizepräsidenten.
- Schriftleiterin der *ICA News* (erscheinen 2 × jährlich) ist Frau GRACIELA METTERNICHT, Curtin Uni of Technology Perth, AU.

Für die wissenschaftlich-fachliche Arbeit sind 18 Kommissionen und 4 Arbeitsgruppen eingerichtet worden:

- Kommission „Kartographie und Kinder“  
Leiter: PATRICK WIEGAND, GB
- Kommission „Aus- und Weiterbildung“  
Ltr.: LASZLO ZENTAI, HU
- Kommission „Zusammenarbeit von Frauen und Männern in der Kartographie“  
Ltr.: EWA K. BLUM, PL
- Kommission „Generalisierung und Vielfalt der Darstellung“  
Ltr.: ANNE RUAS, F und  
WILLIAM A. MACKANESS, GB
- Kommission „Geschichte der Kartographie“  
Ltr.: ALEXEY POSTNIKOV, RU
- Arbeitsgruppe „Wertsteigernde Daten- und Software-Aktualisierung“  
Ltr.: ANTONY COOPER, ZA und  
AMMATZIA PELED, IL
- Kommission „Kartenherstellung“  
Ltr.: PHOLIPPE DE MAEYER, B
- Kommission „Kartierung mit Satellitenbildern“  
Ltr.: SERGE LE BLANC, F
- Kommission „Kartenprojektionen“  
Ltr.: DAAN STREBE, US
- Kommission „Karten und Grafiken für Blinde und Sehgeschädigte“  
Ltr.: JONATHAN ROWELL, GB
- Kommission „Karten und Internet“  
Ltr.: MICHAEL P. PETERSON, US
- Kommission „Seekartographie“  
Ltr.: RON FURNESS, AU
- Kommission „Hochgebirgskartographie“  
Ltr.: LORENZ HURNI, CH
- Kommission „Nationale und Regionale Atlanten“  
Ltr.: TIMOTHY F. TRAINOR, US

Kommission „Kartographie der Himmelskörper“

Ltr.: KIRA B. SHINGAREVA, RU

Kommission „Standards für Raumdaten,“

Ltr.: HAROLD MOELLER, US

Kommission „Theoretische Kartographie“

Ltr.: ALEXANDER WOLODTSCHENKO, D

Kommission „Allgegenwärtige Kartierung“

Ltr.: TAKASHI MORITA, J

Kommission „Visualisierung und virtuelle Räume“

Ltr.: ALAN M. MACEachREN, US

Arbeitsgruppe „Kartierung von Afrika durch Afrikaner“

Ltr.: Haggai Nyapola, KE

Arbeitsgruppe „Geschichte der kolonialen Kartographie im 19. und frühen 20. Jahrhundert“

Ltr.: ELRI LIEBENBERG, ZA

Arbeitsgruppe „Raumdaten-Unsicherheiten und Kartenqualität“

Ltr.: ROBERT B. McMASTER, US und  
KIRSI VIRRANTAU, FIN

Komitee für Publikation

Ltr.: ROBERT B. McMASTER, US

Die ICA veranstaltet im Abstand von zwei Jahren Internationale Konferenzen. Die letzten zwei fanden statt:

21. ICA International Cartographic Conference 2003 in Durban, ZA

22. ICA International Cartographic Conference 9.–16. Juli 2005 in A Coruña, E

Quelle: <http://www.icaci.org>

ICA Newsletter: [g.metternicht@curtin.edu.au](mailto:g.metternicht@curtin.edu.au)



### European Space Agency Europäische Weltraumorganisation

Die ESA wurde 1975 durch Zusammenschluss der Vorgängerorganisationen ESRO (Satelliten) und ELDO (Trägerraketen) gegründet. Sie hat heute 17 Mitgliedstaaten:

Belgien  
Dänemark  
Deutschland

Luxemburg  
Niederlande  
Norwegen

Finnland

Frankreich

Griechenland

Großbritannien

Irland

Italien

Österreich

Portugal

Schweden

Schweiz

Spanien

Im Rahmen von Kooperationsverträgen arbeiten auch Kanada und Ungarn an bestimmten Projekten mit.

Die ESA ist eine zwischenstaatliche Organisation mit dem Auftrag, für ausschließlich friedliche Zwecke die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Weltraumforschung und Raumfahrt und ihrer weltraumtechnischen Anwendungen zu fördern.

Alle Mitgliedstaaten nehmen an den grundlegenden Tätigkeiten und Weltraumforschungsvorhaben (*obligatorische Programme*) teil. Darüber hinaus beteiligen sie sich (*wahlweise*) an so genannten fakultativen Programmen:

- Bemannte Raumfahrt,
- Schwerelosigkeitsforschung,
- Erdbeobachtung,
- Telekommunikation,
- Navigation,
- Entwicklung von Trägerraketen.

An der Spitze der ESA stehen:

- Generaldirektor JEAN-JACQUES DORDAIN,
- MICHEL COURTOIS, Direktor für Programme für bemannte Raumfahrt, Schwerelosigkeitsforschung und Exploration,
- GAELE WINTERS, Direktor für Operationen und Infrastruktur,
- HANS KAPPLER, Direktor für Industriefragen und Technologieprogramme,
- RENÉ OOSTERLINCK, Direktor für Außenbeziehungen,
- DAVID SOUTHWOOD, Wissenschaftsdirektor,
- ANTONIO FABRIZI, Direktor für Raumfahrzeugträger,
- DANIEL SACOTTE, Direktor für Exploration,
- VOLKER LIEBIG, Direktor für Erdbeobachtungsprogramme und
- GIUSEPPE VIRIGLIO, Direktor für bemannte Raumfahrt.

Entscheidungsgremien der ESA sind: der *Rat* mit den Programmräten für

- Nachrichtensatelliten,
- Erdbeobachtung,
- Trägerraketen,
- Bemannte Raumfahrt und Schwerelosigkeitsforschung und
- Navigation

sowie den Ausschüssen

- für das Wissenschaftliche Programm (SPC)
- Verwaltung- und Finanzierung (AFC)
- für Industriepolitik (IPC)
- für Internationale Beziehungen (IRC)
- Sicherheit (SEC).

Die ESA hat ihren Hauptsitz in *Paris*, hier werden die Beschlüsse für Zukunftsprojekte gefasst. Darüber hinaus hat die ESA jedoch in ganz Europa weitere Zentren mit jeweils verschiedenen Aufgabenbereichen:

- Das Europäische Weltraumforschungs- und technologiezentrum *ESTEC* (European Space Research and Technology Centre) mit Sitz in *Noordwijk* in den Niederlanden ist die Konstruktionszentrale für die meisten ESA-Raumfahrzeuge.

- Das Europäische Raumflug-Kontrollzentrum *ESOC* (European Space Operations Centre) ist für die Überwachung der ESA-Satelliten in erdnahem oder interplanetarem Orbit verantwortlich und befindet sich in *Darmstadt* in Deutschland.
- Das Europäische Astronautenzentrum *EAC* (European Astronauts Centre) trainiert Astronauten für künftige Missionen und liegt in *Köln* in Deutschland.
- Das Europäische Raumfahrt-Forschungsinstitut *ESRIN* (European Space Research Institute) befindet sich in *Frascati* bei Rom in Italien. Zu seinen Aufgaben gehören das Sammeln, Speichern und Verteilen von Satellitendaten an die ESA-Partner und die Funktion als Informations-Technologie-Zentrale der Organisation.

Weiterhin unterhält die ESA Verbindungsbüros in den USA, in Russland und Belgien, einen Raumflughafen in Französisch-Guayana sowie Bodenstationen und Bahnverfolgungstationen (Tracking Stations) in verschiedenen Teilen der Welt.

Quelle: <http://www.esa.int/esaCP/index.html>

## DIN-Besprechung

### **DIN 18740-3 Photogrammetrische Produkte – Teil 3: Anforderungen an das Orthophoto. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 29 Seiten**

Im November 2001 hatte der DIN-Arbeitsausschuss „Photogrammetrie und Fernerkundung“ (DIN-AA) im Normenausschuss Bauwesen (NABau) den ersten Teil der Norm „Photogrammetrische Produkte“ veröffentlicht, in dem die „Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild“ behandelt wurden (DIN 18740-1); er wurde besprochen in KIEFER (2001). Mittlerweile liegt nun ein weiterer Teil vor (DIN 18740-3, Ausgabe: 2003-10), der sich mit den „Anforderungen an das Orthophoto“ befasst.

Die Zielrichtung der vorliegenden Norm ist dieselbe wie beim ersten Teil, nämlich die Kommunikation zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern zu erleichtern und zu verbessern, indem die zu beachtenden Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Parameter aufgelistet und erläutert, Auswahlmöglichkeiten aufgeführt und die zugehörigen Genauigkeitsforderungen beschrieben werden. Dazu gehört auch eine Zusammenstellung der einschlägigen Fachbegriffe, teils übernommen aus bereits vorliegenden Normen, teils neu definiert.

Entsprechend dem Stand der Technik beschränkt sich diese Norm auf digitale Orthophotos (DOP) – und zwar auf solche auf der Grundlage von fotografischen Luftbildern –

sowie daraus abgeleitete Orthophoto-Produkte in digitaler und analoger Form. Die zugrunde liegenden digitalen Messbilder können entweder durch Scannen aus analogen Luftbildern entstanden oder direkt mit digitalen Luftbildkameras aufgezeichnet sein. Diese beiden Themenkomplexe werden in eigenen Normen ausführlicher behandelt, wobei „Anforderungen an das gescannte Luftbild“ vor kurzem als Norm-Entwurf veröffentlicht wurde (DIN 18740-2, Ausgabe: 2004-05). Teil 4 dieser Normenreihe „Anforderungen an digitale Bilder“ befindet sich „in Bearbeitung“ (NEUMANN & SCHWEBEL 2003).

Die Forderungen an DOP betreffen das Ausgangsmaterial (analoges bzw. digitales Messbild, Höhenmodell), Prozesse (A/D-Wandlung bzw. digitale Bildaufzeichnung, Bildtransformation), Eigenschaften der DOP (geometrische und radiometrische Auflösung, Lagegenauigkeit), Besonderheiten des „True Orthophoto“ und aus DOP abgeleitete Produkte (digitales Orthophotomosaik, digitale Orthophotokarte, analoge Ausgaben). Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit der Prüfung von Orthophoto-Produkten.

Auch die vorliegende Norm enthält – genauso wie der Vorgänger – in mehreren „informativen Anhängen“ Checklisten für den praktischen Einsatz. „Anhang (informativ)“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Vervielfältigung ausdrücklich gestattet ist – im Gegensatz zum normativen Teil, der urheberrechtlich geschützt ist und dessen Vervielfältigung einer Genehmigung bedarf (Erlöse dienen zur Finanzierung der Normungsarbeit).

Anhang A besteht aus dem Formblatt „Spezifikation für Orthophotoprojekte“, das für die Abstimmung zwischen Vertragspartnern ausdrücklich empfohlen werden kann. Es ist mit leichten Anpassungen auch als Datenblatt zur Kundeninformation geeignet. Anhang B enthält eine ausgefüllte Fassung dieses Formblatts anhand eines Beispiels aus der Praxis. Anhang C schließlich besteht aus einer weiteren Checkliste „Beispiel eines Prüfberichtes nach DIN 18740-3“, wobei nicht ganz nachzuvollzie-

hen ist, warum es als „Beispiel“ bezeichnet wird; handelt es sich doch um ein leeres Formular, das vom Anwender kopiert, ausgefüllt und in Verbindung mit dem ausgefüllten Anhang A verwendet werden kann.

Der Rezensent nimmt erfreut zur Kenntnis, dass der DIN-AA der Versuchung widerstanden hat, den leider immer wieder auftauchenden – aber zu allgemeinen – Begriff „Orthobild“ zu etablieren, der auch nach seiner Ansicht alle geometrisch entzerrten Arten von Bilddaten – also z. B. auch solche von Radarbildern oder Thermalaufnahmen – umfasst, während „Orthophoto“ klar zum Ausdruck bringt, dass die Grundlage Fotografien (im wörtlichen Sinn „Lichtbilder“) sind, wahlweise aufgezeichnet mittels einer Silberschicht auf Film oder lichtempfindlichen Zellen in Verbindung mit einem elektronischen Speichermedium. Der Versuch, für den englischen Begriff „True Orthophoto“ ein deutsches Äquivalent zu finden, wurde (leider?) nach anfänglichen Versuchen wieder aufgegeben.

Die vorliegende Norm schließt eine Lücke und kann allen Praktikern auf der Auftraggeber- wie auf der Auftragnehmerseite eine wertvolle Hilfe im Arbeitsalltag sein. Erste Versuche haben die Einsatzfähigkeit bereits bestätigt (vgl. z. B. WIGGENHAGEN & WISSMANN 2003). Deshalb bleibt nur zu wünschen, dass sie eine möglichst weite Verbreitung und Anwendung finden möge.

## Literatur

- KIEFER, L., 2001: DIN 18740-1 Photogrammetrische Produkte – Teil 1: Anforderungen an Bildflug und analoges Luftbild. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation 2001: 458–259.
- NEUMANN, K. & SCHWEBEL, R., 2003: Normentwurf für gescannte Luftbilder. – Vortrag, 23. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, Bochum 2003, S. 157–162.
- WIGGENHAGEN, M. & WISSMANN, U., 2003: Untersuchungen zur Prüfung digitaler Photogrammetrischer Produkte nach DIN 18740. – Vortrag, 23. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, Bochum 2003, S. 163–177.

PETER REIß, München



## Hochschulnachrichten

### ETH Zürich

Vier Preise für die Professur Photogrammetrie und Fernerkundung im Jahre 2005.

Im Jahre 2005 gingen vier Preise an den Bereich für Photogrammetrie und Fernerkundung der ETH Zürich und belegen die erfolgreiche Arbeit des Teams um Prof. A. GRÜN in der Digitalen Photogrammetrie.

Dr. **JANA NIEDEROEST** erhielt den Eratosthenes Preis des Förderkreis Vermessungstechnisches Museum e.V. Dortmund für ihre hervorragenden Beiträge zur Geschichte der Vermessung und Kartographie. Ihre Arbeit ist zusammengefasst und publiziert in der Dissertation *Das Relief der Zentralschweiz von Franz Ludwig Pflyffer (1716–1802): 3D Rekonstruktion, Analyse und Interpretation*. Der Preis wurde auf der INTERGEO, Oktober 2005 in Düsseldorf übergeben.

**JAFAR AMIRI PARIAN** erhielt den Leica Geosystems-Preis 2005 für seine ausgezeichneten *Arbeiten zur hochpräzisen Modellierung, Kalibrierung, Orientierung und Punktbestimmung von digitalen Panoramakameras*. Dieser Preis wird alle zwei Jahre ausgeschrieben und wurde anlässlich der Generalversammlung der Schweizerischen Gesell-

schaft für Optik und Mikroskopie (SSOM) am 31. August in Davos übergeben.

Dr. **ZHANG LI** wurde mit dem Carl Pulfrich Preis 2005 von Z/I Imaging ausgezeichnet. Der Preis wird vergeben für außergewöhnliche wissenschaftliche oder anwendungsorientierte Arbeiten in Photogrammetrie und Fernerkundung. Er erhielt den Preis für seine *algorithmischen und Softwareentwicklungen zur Verarbeitung von Bildern luftgestützter Linear Array CCD Kameras und Satellitensensoren*. Der Preis wird alle zwei Jahre vergeben und wurde am 7. September 2005 anlässlich der Photogrammetrischen Woche in Stuttgart überreicht.

Prof. **ARMIN GRÜN, FABIO REMONDINO** und Dr. **ZHANG LI** erhielten den E.H. Thompson Award 2005 der Remote Sensing and Photogrammetry Society (RSPSoc), Vereinigtes Königreich für ihren Artikel *Photogrammetric Reconstruction of the Great Buddha of Bamiyan, Afghanistan*. Der Preis wird alle zwei Jahre vergeben für einen herausragenden Artikel in der Zeitschrift „Photogrammetric Record“ und wurde anlässlich der RSPSoc Annual Conference, 7. September in Portsmouth überreicht.

## Vorankündigungen

### 2006

21.–24. Februar: **ISPRS WG VIII/4 joint Workshop on Tropical Ecology with 19<sup>th</sup> Annual Meeting of German Society for Tropical Ecology in Kaiserslautern**. Auskünfte durch: Laurent Polidori, e-mail: polidori@cayenne.ird.fr und GTOE2006, e-mail: gtoe2006@uni-kl.de und Uwe Rascher, e-mail:

u.rascher@fz-juelich.de    www.uni-kl.de/  
gtoe2006

22.–24. Februar: **ISPRS WG II/3 & II/6 Workshop on Multiple Representation & Interoperability of Spatial Data** (Chair Prof. Monika Sester) in **Hannover**. Auskünfte: e-mail: mark.hampe@ikg.uni-hannover.de,

[www.ikg.uni-hannover.de/isprs/call\\_for\\_papers.htm](http://www.ikg.uni-hannover.de/isprs/call_for_papers.htm), [www.commission2.isprs.org/wg3/workshop](http://www.commission2.isprs.org/wg3/workshop)

22.–24. Februar: **INTERGEO EAST** Trade Fair and Conference for Landmanagement, Geoinformation, Building Industry and Environment in **Belgrade**. Auskünfte: [www.intergeo-east.com](http://www.intergeo-east.com), HINTE-Messen & Kongresse, Fax: +49-721-93133-710

1.–3. März: 11. **Münchener Fortbildungsseminar „Geoinformationssysteme“** in **München**. Leitung: Prof. M. Schilcher. Auskünfte durch: Runder Tisch GIS e.V. und TU München, FG Geoinformationssysteme, Arcisstr. 21, 80290 München. <http://www.runder-tisch-gis.de>, Tel.: +49-89-2892 28 49, Fax: +49-89-2892 28 78; e-mail: [roland.dietrich@bv.tum.de](mailto:roland.dietrich@bv.tum.de)

2./3. März: **ISPRS WG VIII/1 1<sup>th</sup> Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Urban Remote Sensing – Challenges & Solutions** in **Berlin-Adlershof**. Auskünfte durch: Prof. Patrick Hostert, Workshop Chairman, e-mail: [sig-urs@hurs.de](mailto:sig-urs@hurs.de) und Prof. Carsten Jürgens, Chairman EARSeL SIG URS. [www.hurs.de](http://www.hurs.de)

9.–12. März: 5<sup>th</sup> **FIG Regional Conference for Africa** in **Accra**, Ghana. Auskünfte: Tel.: +45-3886 1081, Fax: +45-3886 0252, e-mail: [fig@fig.net](mailto:fig@fig.net), [www.fig.net](http://www.fig.net),

28. März – 1. April: 5<sup>th</sup> International Symposium **Turkish-German Joint Geodetic Days “Geodesy and Geoinformation in the Service of our Daily Life”** in **Berlin**. Auskünfte durch: Prof. Lothar Gründig, Tel.: +49-30-314-23315, e-mail: [gruendig@inge3.bv.tu-berlin.de](mailto:gruendig@inge3.bv.tu-berlin.de) oder [turkish-german@fga.tu-berlin.de](mailto:turkish-german@fga.tu-berlin.de) [www.survey.tu-berlin.de/turkish-german](http://www.survey.tu-berlin.de/turkish-german)

29./30. März: **Interdisciplinary Workshop on Management of Earthquake Risks** in **Zürich**. Auskünfte durch: Annette Walzer, e-mail: [walzer@ibk.baug.rthz.ch](mailto:walzer@ibk.baug.rthz.ch) <http://www.merci.ethz.ch>

3./4. April: DIN-Tutorial **„Qualitätsanforderungen und Qualitätsnachweise für die Digitale Photogrammetrie“** in **Karlsruhe**. Auskünfte: Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF), Universität Karlsruhe, Englerstr. 7, 76128 Karlsruhe, Tel.: 0721-608-2315, Fax: 0721-608-8450, e-mail: [dintutorial@ipf.uni-karlsruhe.de](mailto:dintutorial@ipf.uni-karlsruhe.de)

5./6. April: **GEOVIS 2006 „Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung“** in **Potsdam**, GeoForschungszentrum. Auskünfte: GFZ, Sektion 5.4, 14473 Potsdam, Telegrafenberg, Tel.: 0331-288-1541, Fax: 0331-288-1570, e-mail: [dransch@gfz-potsdam.de](mailto:dransch@gfz-potsdam.de), [www.visualisierung.dgfk.net/veranstaltungen.htm](http://www.visualisierung.dgfk.net/veranstaltungen.htm)

23.–26. April: **GITA Annual Conference 29** in **Tampa, FL., USA**. Auskünfte: Tel.: +1-303-337 0513, Fax: +1-303-337 1001, e-mail: [info@gita.org](mailto:info@gita.org), [www.gita.org](http://www.gita.org)

24.–29. April: International Summer School der ISPRS WG V/6 *“Medical images, human motion and body measurement”* on **Advances in Medical Imaging** in **Aghios Nikolaos**, Kreta, Griechenland. Auskünfte durch: Dr. Nicola D’Apuzzo, Sekretär, e-mail: [isprs@homometrica.ch](mailto:isprs@homometrica.ch), [www.homometrica.ch/isprs](http://www.homometrica.ch/isprs)

1.–5. Mai: **ASPRS Annual Conference** in **Reno** Hilton Hotel, Nevada, USA. Auskünfte durch: ASPRS, Tel.: +1-301-493-0290, Fax: +1-301-493-0208, e-mail: [asprs@asprs.org](mailto:asprs@asprs.org) [www.asprs.org/asprs/meetings/calendar.html](http://www.asprs.org/asprs/meetings/calendar.html)

7.–12. Mai: 2006 **International Congress of Imaging Science (ICIS’06)** – “Linking the Explosion of Imaging Applications with the Science and Technology of Imaging” in **New York**. Auskünfte durch: ICIS’06, Tel.: +1-703-642-9090, e-mail: [icis06@imaging.org](mailto:icis06@imaging.org), <http://www.imaging.org/>

8.–11. Mai: 5<sup>th</sup> International Symposium on **Mobile Mapping Technology (MMT 2006)** in **Padua**, Italien. Auskünfte durch: Prof. A. Vettore, e-mail: [antonio.vettore@](mailto:antonio.vettore@)

unipd.it oder Prof. N. El-Sheimy, e-mail: elsheimy@ucalgary.ca, www.cirgeo.unipd.it/sitoCIRGEO/mmt\_frst.html

8.–11. Mai: **ISPRS Mid-term Symposium Commission VII “Remote Sensing: From Pixels to Processes”** in Enschede, Niederlande. Auskünfte durch: Prof. John L. van Genderen, Pres. Com. VII, Tel.: +31-53-487 4254, e-mail: gendren@itc.nl, www.commission7.isprs.org, www.itc.nl/isprsc7/symposium/default.asp

11./12. Mai: **2. GIS-Ausbildungstagung** am GFZ in Potsdam. Auskünfte durch Prof. Jochen Schiewe, Osnabrück, e-mail: jschiewe@fzg.uni-osnabrueck.de, http://gis.gfz-potsdam.de

15.–17. Mai: 25<sup>th</sup> **Urban Data Management Symposium (UDMS 2006)** in Aalborg, Dänemark. Auskünfte durch: UDMS Executive Secretary Mrs. Elfride M. Fendel, e-mail: e.fendel@otb.tudelft.nl, www.udms.net

19. Mai: Tagung des AK „Interpretation von Fernerkundungsdaten“ der DGPF **Landschaft und Klima – Erfassung ihrer Wechselbeziehungen mit modernen Fernerkundungstechnologien** in Berlin-Schönefeld auf dem ILA-Gelände. Auskünfte durch: Dr. Horst Weichelt, e-mail: dgpf-akfe@hweichelt.de, Tel.: 03381-8904 311

29. Mai – 2. Juni: 26. **EARSeL-Symposium** in Warschau. Auskünfte durch: Frau Gesine Böttcher, EARSeL-Sekretariat Hannover, e-mail: boettcher@ipi.uni-hannover.de und www.earsel.org

8.–10. Juni: **Geomatiktage 2006** in Luzern. Auskünfte durch: SGPBF, www.igs-gfs.vvk.ch/d/oeffentlichkeit/veranstaltungen/findex.html

27.–30. Juni: **ISPRS Mid-term Symposium Commission VI – “E-Learning & the Next Steps for Education”** in Tokyo/Japan. Auskünfte durch: Prof. Kohei Cho, Pres. Com. VI., Department of Network and Computer Engineering, Tokai University, 2-28-4, To-

migaya, Shibuya-ku, Tokyo, 151-0063, Japan, Tel.: +813-3481-0611, Fax: +813-3481-0610, e-mail: kcho@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp oder: cho@yoyogi.ycc.u-tokai.ac.jp, www.commission6.isprs.org www.tric.u-tokai.ac.jp/ISPRSc6/TC6\_2006\_Symp.htm

28./29. Juni: 21. **Intergraph-Anwender-Konferenz GeoForum 2006** in Weimar, congress centrum neue weimarhalle. Auskünfte durch: Dr. Matthias Alisch, Tel.: 49-228-3915-123, Fax: 49-228-3915-223, e-mail: matthias.alisch@intergraph.com

3.–6. Juli: **ISPRS Mid-term Symposium Commission I – “From Sensors to Imagery”** in Marne-la-Vallée/ Paris. Auskünfte durch: Alain Baudoin, Pres. Com.I, CNES, 2, place Maurice Quentin, F-75039 Paris Cedex 01, Tel.: +33-144767810, Fax: +33-144767867, e-mail: alain.baudoin@cnes.fr, sfpt@ensg.ign.fr, www.cnes.fr, www.commission1.isprs.org, www.colloquium.fr/sfpt2006

4./5. Juli: 1<sup>th</sup> International Conference on **Object-based Image Analysis “Bridging Remote Sensing and GIS”** in Salzburg. Diese Konferenz ist gekoppelt mit **AGIT 2006**. Auskünfte durch: Dr. Stefan Lang, Z\_GIS Centre for Geoinformatics, Universität Salzburg, Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg, Tel.: +43-662-8044 5262, Fax: +43-662-8044 5260, e-mail: stefan.lang@sbg.ac.at, www.uni-salzburg.at/zgis/lang, www.agit.at/obia

4./5. Juli: 9<sup>th</sup> Symposium on the **3-D Analysis of Human Movement in Valenciennes**, Frankreich. Auskünfte durch: Franck Barbier, e-mail: franck.barbier@univ-valenciennes.fr, www.univ-valenciennes.fr/congres/3D2006/

8. Juli: **ICA Workshop on Geospatial Analysis & Modeling** in Wien. Auskünfte durch: Bin Jiang, Tel.: +46-26-64-8901, e-mail: bjj@hig.se, www.hig.se/~bjj/ica/workshop

10.–12. Juli: 12<sup>th</sup> **International Symposium on Spatial Data Handling in Wien**. Auskünfte durch: Programme Committee, e-mail: greg.elmes@mail.wvu.edu, [http://www.agile-secretariat.org/docs/12th\\_SDH.pdf](http://www.agile-secretariat.org/docs/12th_SDH.pdf)

12.–14. Juli: **ISPRS Mid-term Symposium Commission II – GICON 2006 “Geoinformation Connecting Societies” in Wien**. Auskünfte durch: Prof. Wolfgang Kainz, Pres. Com.II., Department of Geography and Regional Research, University of Vienna, Universitätsstr. 7, A-1010 Wien. Tel.: +43-1-4277-48640, Fax: +43-1-4277-9486, e-mail: wolfgang.kainz@univie.ac.at, <http://www.gicon2006.at/> [www.commission2.isprs.org/](http://www.commission2.isprs.org/)

31. Juli – 4. August: **IEEE/ IGARSS 2006 in Denver, CO, USA**. Auskünfte durch: Ms. Lisa A. Ostendorf, Tel.: +1-540-658-1676, Fax: +1-540-658-1686, e-mail: [ieeegrss@adelphia.net](mailto:ieeegrss@adelphia.net), <http://www.igarss06.org>

7./8. August: International Workshop on **3D Geoinformation 2006 (3DGeoInfo'06) in Kuala Lumpur**. Auskünfte durch: Alias Abdul Rahman, Tel.: +60-7-553 0563, Fax: +60-7-556 6163, e-mail: [alias@fksg.utm.my](mailto:alias@fksg.utm.my)

1.–3. September: **ISPRS 7th Joint ICA/ EuroGeographic International Workshop on Incremental Updating & Versioning in Haifa, Israel**. Auskünfte durch: Ammatzia Peled, Tel.: +972-48-34 3591, Fax: +972-48-34 3763, e-mail: [peled@geo.haifa.ac.il](mailto:peled@geo.haifa.ac.il), <http://geo.haifa.ac.il/~icaupdt/>

4.–7. September: **ISPRS Mid-term Symposium Commission VIII “Remote Sensing Applications and Policies” in Haifa, Israel**. Auskünfte durch: Ammatzia Peled, Pres. Com.VIII, Tel.: +972-48-34 3591, Fax: +972-48-34 3763, e-mail: [peled@geo.haifa.ac.il](mailto:peled@geo.haifa.ac.il), [www.commission8.isprs.org](http://www.commission8.isprs.org), [http://geo.haifa.ac.il/~isprs/ISPRS%20TC%20VIII%20Mid%20Congress%](http://geo.haifa.ac.il/~isprs/ISPRS%20TC%20VIII%20Mid%20Congress%20)

11.–13. September: 26. **Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Berlin**. Auskünfte: [www.dgpf.de](http://www.dgpf.de)

12.–14. September: 28. **DAGM-Tagung 2006 in Berlin**. Auskünfte durch: Konferenz-Sekretariat Frau Andrea Semionyk, Frauenhofer Institut für Telekommunikation, Heinrich-Hertz-Institut, Image Processing Department. Einsteinufer 37, D-10587 Berlin, Tel.: +49-30-31002-561, Fax: +49-30-3927200, e-mail: [dagm06@hhi.de](mailto:dagm06@hhi.de), <http://dagm06.hhi.de>

14.–22. September: 9<sup>th</sup> International Symposium on **High Mountain Remote Sensing Cartography in Graz** mit mehrtägiger Alpenexkursion. Auskünfte: e-mail [wolfgang.sulzer@uni-graz.at](mailto:wolfgang.sulzer@uni-graz.at), [http://www.kfuni-graz.ac.at/geowww/hmrsc/hmrsc\\_9.htm](http://www.kfuni-graz.ac.at/geowww/hmrsc/hmrsc_9.htm)

18./19. September: **AgA-Tagung “Arbeitsgemeinschaft Automation in Kartographie, Photogrammetrie und GIS”** der DGfK im Hasso-Plattner-Institut **Potsdam**. Auskünfte und Einreichung von Beiträgen: [www.ikg.uni-hannover.de/aga](http://www.ikg.uni-hannover.de/aga)

20.–22. September: **ISPRS Mid-term Symposium Commission III “Photogrammetric Computer Vision PCV'06” in Bonn**. Auskünfte durch: Prof. Wolfgang Förstner, Pres. Com.III, Tel.: +49-228-732 2713, Fax: +49-228-732 2712 e-mail: [wf@ipb.uni-bonn.de](mailto:wf@ipb.uni-bonn.de), [www.commission3.isprs.org](http://www.commission3.isprs.org), [www.ipb.uni-bonn.de/isprs/pcv06/](http://www.ipb.uni-bonn.de/isprs/pcv06/)

25.–27. September: **ISPRS Mid-term Symposium Commission V “Image Engineering and Vision Metrology” in Dresden**. Auskünfte durch: Prof. Hans-Gerd Maas, Pres. Com.V, Tel.: +49-351-463-33680, Fax: +49-351-463-37266, e-mail: [hmaas@rcs.urz.tu-dresden.de](mailto:hmaas@rcs.urz.tu-dresden.de), [www.commission5.isprs.org](http://www.commission5.isprs.org), [www.tu-dresden.de/fghgipf/ComV/pages/symposium.html](http://www.tu-dresden.de/fghgipf/ComV/pages/symposium.html)

27.–30. September: **ISPRS Mid-term Symposium Commission IV “Geospatial Databases for Sustainable Development” in Goa/ Indien**. Auskünfte durch: Shailesh Nayak, Pres. Com.IV, Tel.: +91-79-2691 4141, Fax: +91-79-26915, e-mail: [snaykad1@sanchar.net.in](mailto:snaykad1@sanchar.net.in) oder: [shailesh@sac.isro.org](mailto:shailesh@sac.isro.org),

www.commission4.isprs.org, <http://commission4.1uphost.net/symposium.html>

8.–13. Oktober: XXIII. Internationaler **FIG – Kongress “Shaping the Change”** in **München**. Auskünfte durch: FIG Office, Tel.: +45-38-861081, Fax: +45-38-86 0252, e-mail: [fig@fig.net](mailto:fig@fig.net) und Thomas Gollwitzer, Kongressdirektor, Tel.: 49-9-414022-200, Fax: +49-9-414022-101, e-mail: [congress.director@fig2006.de](mailto:congress.director@fig2006.de), [www.fig2006.de/](http://www.fig2006.de/)

9.–13. Oktober: **IX Global Spatial Data Infrastructure Conference** in **Santiago, Chile**. Auskünfte durch: Instituto Geografico Militar (IGM), e-mail: [gsdi9@igm.cl](mailto:gsdi9@igm.cl), [www.igm.cl](http://www.igm.cl)

10.–12. Oktober: **INTERGEO 2006 „Wis-sen und Handeln für die Erde“** in **München**, ICM-Messegelände. Kongressdirektor: Dipl.-Ing. Walter Henninger. Auskünfte durch: e-mail: [www.dvw.de](http://www.dvw.de), [www.intergeo2006.de](http://www.intergeo2006.de) und [www.hinte-messe.de](http://www.hinte-messe.de)

6.–10. November: **ASPRS Fall Meeting in San Antonio** Crowne Plaza Hotel, Texas, USA. Auskünfte durch: ASPRS, Tel.: +1-301-493-0290, Fax: +1-301-493-0208, e-mail: [asprs@asprs.org](mailto:asprs@asprs.org), [www.asprs.org/asprs/meetings/calendar.html](http://www.asprs.org/asprs/meetings/calendar.html)

20.–24. November: **13<sup>th</sup> Australasian Remote Sensing & Photogrammetry Conference 2006** in **Canberra**. Auskünfte durch: Erica Stevens, Tel.: +61-2-6257-3299, Fax: +61-2-6257-3256, e-mail: [arspc@icms.com.au](mailto:arspc@icms.com.au), [www.arspc.org](http://www.arspc.org)

## 2007

29.–31. Mai: **ISPRS IC WG I/V + V/I, WG I/2 + 3 5<sup>th</sup> International Symposium on Mo-**

**bile Mapping Technology (MMT2007)** in **Pa-dua**, Italien. Auskünfte durch: Dr. Naser El-Sheimy, Chair IC WG I/V, Tel.: +1-403-220-7587, Fax: +1-403-284-1980, e-mail: [naser@geomatics.ucalgary.ca](mailto:naser@geomatics.ucalgary.ca), [www.cirgeo.unipd.it/sitocirgeo/mm\\_frst.html](http://www.cirgeo.unipd.it/sitocirgeo/mm_frst.html)

29. Mai – 1. Juni: **ISPRS WG I/5, IV/3 Workshop “High Resolution Earth Imaging for Geospatial Information”** in **Hannover**. Auskünfte durch: Karsten Jacobsen, e-mail: [karsten@ipi.uni-hannover.de](mailto:karsten@ipi.uni-hannover.de) und Christian Heipke, e-mail: [heipke@ipi.uni-hannover.de](mailto:heipke@ipi.uni-hannover.de), <http://www.ipi.uni-hannover.de>

2.–6. Juni: **FIG XXX General Assembly and Working Week** in **Hong Kong**. Auskünfte durch: FIG Office, e-mail: [fig@fig.net](mailto:fig@fig.net), [www.fig.net/events/events2007.htm](http://www.fig.net/events/events2007.htm)

3.–7. September: **51. Photogrammetrische Woche 2007** in **Stuttgart**. Auskünfte durch: Martina Kroma, Tel.: +49-711-121 3386, Fax: +49-711-121 3297, e-mail: [martina.kroma@ifp.uni-stuttgart.de](mailto:martina.kroma@ifp.uni-stuttgart.de), [www.ifp.uni-stuttgart.de/aktuelles/veranstaltungen.html](http://www.ifp.uni-stuttgart.de/aktuelles/veranstaltungen.html)

19.–21. September: **ISPRS WG III/4 + 5, IV/3 Workshop “Photogrammetric Image Analysis” (PIA07)** in **München**. Auskünfte durch: Uwe Stilla, Tel.: +49-89-289-22671, Fax: +49-89-280 9573, e-mail: [stilla@bv.tum.de](mailto:stilla@bv.tum.de), <http://www.ipk.bv.tum.de/isprs/pia07>

## 2008

3.–11. Juli: **21. ISPRS Kongress in Beijing**, China. Auskünfte durch: CSGPC, Tel.: +86-10-6833 9005, Fax: +86-10-6831 1564, e-mail: [fanbsm@public.bta.net.cn](mailto:fanbsm@public.bta.net.cn), <http://www.isprs2008-beijing.com>

## Zum Titelbild

### DeCOVER ein neuer Ansatz für einen deutschen Landbedeckungsdatensatz



Der Bedarf an aktueller Landbedeckungsinformation zur Bewältigung öffentlicher Aufgaben wurde in den letzten Jahren durch neue Entwicklungen im Umweltrecht (z. B. Kyoto-Protokoll, Wasserrahmenrichtlinie, FFH-Richtlinie) immer dringender. Die Geodatenerhebung 2004 in der Bundesverwaltung, durchgeführt durch die Geschäfts- und Koordinierungsstelle des IMAGI, zeigt, dass von allen Ressorts Geodaten zur Landnutzung am meisten nachgefragt werden. Die den Ländern und dem Bund zur Verfügung stehenden Datengrundlagen weisen jedoch Mängel auf. Datengrundlagen der Länder, z. B. ATKIS, BNTK sind im Hinblick auf Aktualität, geometrische Genauigkeit, Länder übergreifende Konsistenz und Aggregierbarkeit für die Berichterstattung an die EU nur sehr eingeschränkt nutzbar. Die auf Bundesebene vorhandenen, europäisch harmonisierten CORINE-Daten besitzen weder eine ausreichende thematische und räumliche Detailschärfe noch eine hinreichende Aktualität. Somit bieten die derzeit zur Verfügung stehenden Daten weder für Länder- noch für Bundesbehörden ausreichende Unterstützung bei den aktuellen

und zukünftigen rechtsverbindlichen Beobachtungs-, Überwachungs- und Berichtsaufgaben. Aus nationaler Sicht ist es sinnvoll, die durch das europäische Programm „Global Monitoring for Environment and Security“ (GMES) sowie die durch europäische Projekte wie LUCAS und CORINE etablierten Kompetenzen im Bereich Landbedeckungserfassung aufzugreifen und in einem nationalen Projekt zu bündeln. Hierdurch können bereits vorliegende Teilergebnisse aus den einzelnen europäischen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu einer operationellen Anwendung zusammengeführt und auf die Nutzeranforderungen der Länder und des Bundes abgestimmt werden.

Ziel des nationalen Demonstrationsvorhabens DeCOVER soll es sein, ein Konzept zur kostengünstigen bundesweiten Erfassung und Aktualisierung der Landbedeckung mit an Länder- und Bundesbedarf angepasster thematischer und räumlicher Genauigkeit zu erstellen und in einer großräumigen Anwendung zu demonstrieren. Das geplante Vorhaben setzt hierzu auf folgenden innovativen Kernaspekten auf:

- Herstellung der Interoperabilität bestehender Datengrundlagen (ATKIS, BNTK, CORINE) hinsichtlich inhaltlicher und geometrischer Gemeinsamkeiten ohne Informationsverlust, um Synergien für die Datenaktualisierung zu schaffen und Datenaustausch zu vereinfachen.
- Vorschlag einer DeCOVER-Klassifikation auf der Basis des Nutzerbedarfs, die definierte und vollständige Schnittstellen zu den Klassifikationssystemen von ATKIS, BNTK und CORINE aufweist.
- Nach Objektarten getrennte, flexible Aktualisierung der Datensätze ATKIS, BNTK und CORINE auf DeCOVER-Ebene, um spezifischen Nutzeranforderungen gerecht zu werden.
- Satellitenfernerkundungsgestützte Detektion veränderter Gebiete mit Fortführungsbedarf.

- Flexible Fortführung der Kartierung nach Informationsbedarf und Relevanz durch Interpretation von Satellitenfernerkundungsdaten und Ausweisung von Flächen mit großmaßstäbigem Kartierungsbedarf.
- Berücksichtigung der laufenden Aktivitäten im Rahmen des Aufbaus von nationalen und europäischen Geodateninfrastrukturen bei DeCOVER-Aktivitäten.
- Anwendung neuester Satellitentechnologien, durch TerraSAR-X Radardaten und RapidEye-Daten.

Hinsichtlich des letztgenannten Punktes wird eine wesentliche Forschungsaufgabe in der Prüfung der Verwendbarkeit der Datendiffusion von TerraSAR-X mit RapidEye-Daten für DeCOVER liegen. Dabei sollen die Vorteile der optischen Sensorinformationen von

Rapideye mit der besseren Auflösung von TerraSAR-X kombiniert werden.

DeCOVER soll den Nutzern in Zukunft ein zuverlässiges und kostengünstiges Verfahren zur Datenaktualisierung zur Verfügung stellen. Die Informationen zur Landbedeckung werden zwischen den Ländern vergleichbar und gleichzeitig wird der Informationsgehalt von ATKIS und BNTK verbessert.

Darüber hinaus wird über die DeCOVER-Klassifikationsebene die Berichterstattung an die Europäische Kommission unterstützt, indem die Aggregation der Information zum europäischen CORINE-Schlüssel ermöglicht wird.

GODELA ROßNER (DLR), OLIVER BUCK & Dr. ANDREAS MÜTERTHIES (EFTAS)

## Neuerscheinungen

HEINZ SCHMIDT-FALKENBERG, 2005: Geophänologie und die kontinuierliche messtechnische Erfassung der Hauptpotentiale des Systems Erde. 3 Bände. Hardcover im Schuber. Rund 700 Bilder/Tabellen. Projekte-Verlag, Thüringer Str. 30, 06112 Halle, Bestellung unter Tel.: 0345-686 5665, Fax: 0345-1202238, e-mail: [info@projekte-verlag.de](mailto:info@projekte-verlag.de), [www.projekte-verlag.de](http://www.projekte-verlag.de), ISBN 3-938227-99-0. € 75,00

LEIBNIZ-INSTITUT für LÄNDERKUNDE, (Hrsg.), 2004: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland – Unser Land in Karten, Texten und Bildern. Printausgabe: 6 Bände (Softcover). Jeder Band mit ca. 150–160 S., 40–60 zwei- und vierseitigen Themenbeiträgen, 50 großformatigen und kleineren neu erstellten Originalkarten, zahlreichen Fotos, Luft- und Satellitenbildern und ca. 150 Grafiken, Abbildungen und Tabellen. 1042 S., 35 s/w Abb., 1885 farb. Abb., Kartonierte. ELSEVIER SPEKTRUM Akademischer Verlag. Bestellung: Tel.: 07071-935369, Fax: 07071-935393, e-mail: [bestellung@elsevier.de](mailto:bestellung@elsevier.de), [www.elsevier.de](http://www.elsevier.de). Ge-

samtausgabe Buch: ISBN 3-8274-1523-3, € 99,00. Gesamtausgabe CD-ROM: ISBN 3-8274-1576-4, € 99,00. Gesamtausgabe Buch + CD-ROM: ISBN 3-8274-1577-2, € 149,00.

INTERGEO® 04.–06.10. 2005 in Düsseldorf. Katalog als CD-ROM. Hinte GmbH, Griesbachstr. 10, 76185 Karlsruhe, Tel.: +49-721-93133-0, e-mail: [info@hintemesse.de](mailto:info@hintemesse.de), [www.intergeo.de](http://www.intergeo.de)

ROBERT DREIKLUFT, 2005: Die Sahara. Natur und Geschichte. 192 S. mit 150 farb. Abb., geb. Primus Verlag, Riedeselstr. 57a, 64283 Darmstadt, [www.primusverlag.de](http://www.primusverlag.de), ISBN 3-89678-538-9, € 34,90

OEEPE Workshop on Next Generation Spatial Database, 2003. K. MURRAY, (Ed.) und ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management, 2003. M. O. ALTAN & H. TASTAN, (Eds.). EuroSDR Official Publication No. 45. CD-ROM. ISSN 0257-0505, ISBN 90-5179-149-6. [www.eurosd.org](http://www.eurosd.org)

From OEEPE to EuroSDR: 50 years of European Spatial Data Research and beyond. Seminar of Honour. CHRISTIAN HEIPKE, RISTO KUITTINEN & GÜNTER NAGEL (Eds.) Als Buch mit 108 S. und als CD-ROM. EuroSDR Official Publication No. 46. ISSN 0257-0505, ISBN 90-5179-150-X. [www.eurosd.org](http://www.eurosd.org)

EuroSDR Commission 5 Workshop Enschede, 22.-24. January 2003: Visualization and Rendering. Proceedings. EuroSDR Official Publication No. 47. CD-ROM. ISSN 0257-0505, ISBN 90-5179-151-8. [www.eurosd.org](http://www.eurosd.org)

Workshops (1) Ontologies & Schema Translation, April 2004, (2) Positional Accuracy

Improvement, May 2004 & (3) E-delivery, February 2005. EuroSDR Official Publication No. 48. CD-ROM. ISSN 0257-0505, ISBN 90-5179-249-2. [www.eurosd.org](http://www.eurosd.org)

DETLEF BUSCHE, JÜRGEN KEMPF & INGRID STENGEL, 2005: Landschaftsformen der Erde. Bildatlas der Geomorphologie. 352 S. mit 810 Abb., geb. Primus Verlag, Riedeselstr. 57a, 64283 Darmstadt, [www.primusverlag.de](http://www.primusverlag.de), ISBN 3-89678-552-4, € 39,90

RICHARD DIKAU & JUERGEN WEICHSELGARTNER, 2005: Der unruhige Planet. Der Mensch und die Naturgewalten. 191 S. mit 130 Abb., geb. Primus Verlag, Riedeselstr. 57a, 64283 Darmstadt, [www.primusverlag.de](http://www.primusverlag.de), ISBN 3-89678-545-1, € 39,90

#### 4. Hamburger Forum für Geomatik

**Termin:** 17. und 18. Mai 2006

**Ort:** Hamburg, Bürgerhaus Wilhelmsburg

**Veranstalter:**

Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V. (DHyG)

Deutscher Verein für Vermessungswesen (DVW), Landesverein Hamburg  
Schleswig-Holstein e.V.

Hafen City Universität Hamburg, Department Geomatik

Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung

Verband der Deutschen Vermessungsingenieure (VDV) e.V., Landesverband  
Hamburg/ Schleswig Holstein

Verein zur Förderung der Geomatik an der Hochschule für angewandte  
Wissenschaften Hamburg e.V.

**Motto:** Digitale Welt – Produkte, Entwicklungen und Trends

**Programm 17.5.:** Begrüßung, Grußworte, Sessions "Sensorik" und „3-D-Modelle“

**Programm 18.5.:** Sessions „Geoinformation und eGovernment“ und „Mobiles  
GIS“

**Teilnahmebeitrag:** bei Anmeldung bis zum 15. April 2006:

85 € für Mitglieder/ Mitarbeiter/innen der Veranstalter

25 € für Auszubildende, Anwärter, Referendare

110 € für Sonstige

**Buchung/ Information:**

DVW, Landesverein Hamburg/ Schleswig-Holstein e.V., PF: 10 18 20, 20012  
Hamburg

Tel.: +49 (0)40 42826 5126, Fax: + 49 (0)40 42826 5966

e-mail: [geschaefsstelle@dvw-hamburg-schleswig-holstein.de](mailto:geschaefsstelle@dvw-hamburg-schleswig-holstein.de)

Internet: [www.haw-hamburg.de/geomatik/forum2006/](http://www.haw-hamburg.de/geomatik/forum2006/)